



Budownictwo na obszarach zurbanizowanych

Nauka, praktyka, perspektywy

*redakcja
Anna Halicka*

MONOGRAFIE

Budownictwo na obszarach zurbanizowanych

Nauka, praktyka, perspektywy

Monografie – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Budownictwa i Architektury
ul. Nadbystrzycka 40
20-618 Lublin

Budownictwo na obszarach zurbanizowanych

Nauka, praktyka, perspektywy

redakcja
Anna Halicka



Politechnika Lubelska
Lublin 2014

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Wojciech Radomski

prof. dr hab. inż. Andrzej Brandt

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2014

ISBN: 978-83-7947-070-9

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjatorp.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 500 egz.

SPIS TREŚCI

CONTENTS

Anna Halicka:

Budownictwo na obszarach zurbanizowanych – nauka, praktyka, perspektywy 7

Budownictwo na obszarach o zabudowie zwartej

Marek Kapela:

Problemy konstrukcyjne wykonywania budynków „plombowych”.

Rozbiórki i wyburzenia budynków w zabudowie pierzejowej

Construction problems with erection of infill buildings.

Dismantling and demolition of buildings in frontage development 17

Elżbieta Przesmycka:

Problemy rewitalizacji zabytkowych centrów miast

Revitalization problems of historic city centers 27

Anna Siemińska-Lewandowska:

Głębokie wykopy w miastach

Deep excavations in the cities 39

Budynki wysokie i wysokościowe

Tomasz Błaszczyński:

Specyfika technologiczno-konstrukcyjna budynków wysokich

Tall buildings technological and constructional specificity 51

Andrzej Flaga:

Oddziaływanie wiatru na budynki wysokie w zabudowie wielkomiejskiej

Wind action on tall buildings in building development 69

Ryszard Kowalczyk:

Systemy konstrukcyjne budynków wysokich

Structural Systems of Tall Buildings 87

Paweł Sulik, Bartłomiej Sędlak, Piotr Turkowski, Wojciech Węgrzyński:

Bezpieczeństwo pożarowe budynków wysokich i wysokościowych

Fire safety of high-rise buildings 105

Charakterystyka współczesnych obszarów zurbanizowanych

Bohdan Jałowiecki:

Rola socjologa w kształtowaniu miast i zarządzaniu nimi 121

Nina Juzwa:

Miasta polskie wobec paradygmatu zrównoważonego rozwoju kraju 131

Robert Masztalski:

Specyfika współczesnych obszarów zurbanizowanych i tendencje w ich kształtowaniu

The specificity of contemporary urban areas and trends in their shaping 141

Zbigniew Władysław Paszkowski:

Problemy utrzymania miejskich zasobów budowlanych 153

Zbigniew K. Zuziak:

Zmiany strukturalne w miastach polskich na początku XXI w.

Miedzy sztuką budowania miast a polityką przestrzenną

Structural changes in the Polish cities at the beginning of 21-st century.

Between the art of building cities and spatial policy 165

Infrastruktura miast

Andrzej Kotowski:

- Kwantyfikacja problemu zmian klimatu w projektowaniu infrastruktury
wodno-kanalizacyjnej miast
Quantification of the climate change problems in water and sewerage infrastructure design ... 177

Cezary Madryas:

- Budowle podziemnej przestrzeni miast
The structures of underground space in urban areas 191

Andrzej Rudnicki:

- Kształtowanie układów komunikacyjnych miast
Shaping the urban transport systems 207

Tomasz Siwowski:

- Współczesne mosty miejskie
Contemporary urban bridges 221

Kazimierz Szymański:

- Współczesne rozwiązania techniczne w zakresie utylizacji odpadów komunalnych
Modern technical solutions in the field of municipal waste disposal 237

Nowoczesne kształtowanie budynków miejskich i ich wnętrz z uwzględnieniem komfortu użytkowania

Jerzy Mikulik:

- Inteligentne budynki
Intelligent buildings 249

Elżbieta Nowicka:

- Specyfika projektowania akustycznego budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej
The specificity of the acoustic design of residential and public buildings 261

Edyta Plebankiewicz:

- Kierunki działań zmierzających do obniżania kosztów w cyklu życia budynków miejskich
The direction of activities aiming at decreasing the cost of city buildings' life cycle 271

Problemy i niepokoje współczesnych miast

Zbigniew Bać:

- Humanizacja zespołów mieszkaniowych w osiedlach wielkopłytowych
Humanization of housing settlements in slabs housing 283

Ewa Kuryłowicz, Maria Saloni-Sadowska:

- Współczesne osiedla miejskie powstające we współpracy z deweloperami i ich
cechy wynikające ze współczesnej obyczajowości, stosunków własnościowych
i przepisów prawa – m.in. wygradzanie przestrzeni. Refleksja teoretyczna i praktyczna
*Contemporary residential areas built in cooperation with developers. Their
features resulting from social habits, ownership conditions and legal
requirements - the problem of gated communities. Theoretical and practical reflection* 293

Grażyna Schneider-Skalska:

- Rewitalizacja obszarów poprzemysłowych
Revitalization of postindustrial grounds 305

Marian Tracz, Krzysztof Stypuła:

- Ruch miejski a warunki środowiskowe
Impacts of city traffic on urban environment 317

Michał Wójtowicz:

- Wielka płyta – problem techniczny czy społeczny?
Buildings made of large panel elements – technical or social problem? 329

Budownictwo na obszarach zurbanizowanych – nauka, praktyka, perspektywy

Anna Halicka

*Katedra Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,
e-mail: a.halicka@pollub.pl*

1. Definicja obszarów zurbanizowanych

Miasto, według [2], jest historycznie ukształtowanym typem osiedla i obszarem koncentracji społeczności o odrębnej, uznanej i określonej prawnie, organizacji. Pojęcie „obszary zurbanizowane” jest nieco szersze. Obejmuje tereny o miejskim charakterze zabudowy i infrastruktury, gdzie wyraźne przekształcenia zabudowy i zagospodarowania związane są z pozarolniczą działalnością gospodarczą lub wynikają z przyjęcia miejskiego stylu życia i pracy [13]. „Obszar zurbanizowany” jest zatem pojęciem przeciwnym do „obszaru wiejskiego”.

Proces koncentracji ludności na obszarach miejskich zachodzi wskutek czynników społeczno-kulturowych i ekonomicznych. Skutki urbanizacji obserwuje się w sferze [12,18]:

- demograficznej - zmiana liczby ludności miejskiej oraz ilościowy rozwój miast,
- społecznej – upowszechnianie się miejskiego stylu życia,
- ekonomicznej - zmiana źródeł utrzymania i powstawanie zawodów nierolniczych,
- przestrzenno-architektonicznej - wzrost przestrzenny obszarów miejskich, tworzenie nowych miast oraz nabywanie cech miejskich przez inne jednostki osiedleńcze, a także zmiany form przestrzennych,
- technicznej - wyzwania dla budownictwa i infrastruktury miejskiej.

W Rozporządzeniu Min. Rozwoju Regionalnego i Budownictwa w sprawie ewidencji gruntów i budynków [14], do tzw. gruntów zabudowanych i zurbanizowanych zaliczono:

- tereny mieszkaniowe: zajęte pod budynki mieszkalne i urządzenia z nimi związane (podwórza, dojazdy, przejścia, place gier i zabaw) i ogródki przydomowe,
- tereny przemysłowe: zajęte pod budynki i urządzenia służące produkcji przemysłowej, a także ujęcia wody, oczyszczalnie ścieków, stacje transformatorowe, wysypiska, urządzenia magazynowo-składowe, bazy transportowe i remontowe,
- inne tereny zabudowane: zajęte pod budynki związane z administracją, służbą zdrowia, handlem, kultem religijnym, rzemiosłem, usługami, nauką, oświatą, kulturą i sztuką, wypoczynkiem, łącznością, cmentarzami,
- zurbanizowane tereny niezabudowane: wyłączone z produkcji rolniczej i leśnej, przeznaczone pod zabudowę,
- tereny rekreacyjno-wypoczynkowe: ośrodki wypoczynkowe, plaże, parki, skwery; tereny zabytkowe (np. ruiny zamków, pomniki przyrody), tereny sportowe, tereny o funkcjach rozrykowych (wesołe miasteczka), ogrody zoologiczne i botaniczne,
- tereny komunikacyjne: drogi (w tym place postojowe), tereny kolejowe, porty lotnicze, porty i przystanie, obiekty komunikacji miejskiej, dworce autobusowe.

2. Krótki rys historyczny rozwoju miast [10]

Miasta zmieniały się wraz z rozwojem cywilizacji - w różnych okresach historycznych, formacjach gospodarczych oraz regionach geograficznych różniły się funkcjami, wielkością i formą. Ewolowały od najstarszych założeń urbanistycznych z epoki brązu bez wytyczonych granic z nieregularnymi ulicami otaczającymi centralny plac i pałac, ku układom planowym. Pierwsze planowe układy urbanistyczne (tzw. system hippodamejski) powstały w V w.p.n.e. - miasto o wyraźnych granicach z centralną agorą jako ośrodkiem administracyjno-handlowym oraz akropolem - ośrodkiem kultu religijnego dzielono na kwartały arteriami biegnącymi w osi północ-południe i wschód-zachód.

Zalążkami miast były często warowne obozy wojskowe (w starożytnym Rzymie tzw. castrum Romanum) otaczane osiedlami, lub katedry czy klasztor (miasta biskupie lub miasta kolegiackie powstające od IV wieku).

W średniowieczu miasta powstawały w ramach planowych akcji osadniczych - na terenie Europy Środkowej były to miasta z siatką prostopadłych ulic, prostokątnym rynkiem i zabudową śródmiejową (ratusz), natomiast miasta lokowane we Francji miały plan sieciowy lub promienisty z klasztorem, zamkiem lub skrzyżowaniem ważnych dróg handlowych w centrum. W miastach nadmorskich Włoch, Niemiec i Niderlandów tworzono sieć kanałów w celu udostępnienia statkom miejskich magazynów i kantorów.

W renesansie pojawiła się koncepcja tzw. miasta idealnego, której twórcą był Leonardo da Vinci, rozwijana w okresie baroku. Miasto miało być racjonalnie przemyślaną całością (była to najczęściej forma rezydencji o bastionowym systemie obronnym), a piękno miasta miało być tożsame z jego funkcjonalnością - wszystkim grupom ludności przydzielono w mieście optymalne miejsce. Zaleceniem było na przykład, aby dominantą miasta był pałac, zamek lub cytadela otoczona ogrodami; pomiędzy reprezentacyjnymi fasadami należało kształtować place, a szerokość ulic stanowiła co najmniej połowę wysokości przyległych pałaców. Do najsłynniejszych miast idealnych należy Zamość.

Większość współczesnych miast europejskich ukształtowana została w wieku XIX. Uprzemysłowienie wymagało przestrzennego rozwoju miast, a ten stał się możliwy dzięki likwidacji przestarzałych już fortyfikacji. Zapobiegając chaosowi przestrzennemu, zaczęto wprowadzać przepisy budowlane regulujące kształt, wysokość i styl architektoniczny budowli. Podstawowym rodzajem zabudowy stały się kamienice, układające się w pierzeje. Stare części miast traciły znaczenie, powstawały nowe z gmachami i placami publicznymi. Ważnym obiektem miast stał się dworzec kolejowy, położony zazwyczaj poza centrum. Zaczęto też rozdzielać funkcje poszczególnych części miasta - fabryki przenoszono na obrzeża tworząc dzielnice przemysłowe, a w ich pobliżu wznoszono osiedla robotnicze. Te ostatnie, zamieszkiwane przez najbiedniejszą ludność, przeradzały się często w slumsy. Pod koniec stulecia na obrzeżach miast rozwinęło się także budownictwo willowe.

Istotnym etapem rozwoju myśli urbanistycznej była uchwała Kongresu Architektury Nowoczesnej w 1933 r. zwana „Kartą Ateńską”, która wytyczyła kierunek kształtowania miast aż do połowy lat 70. XX wieku. Postulowała ona, aby zabudowę miejską tworzyły wysokie, stojące w szerokich odstępach budynki mieszkalne wznoszone pośród przestrzeni zielonych. Dzielnice miały być rozdzielane drogami szybkiego ruchu, a drogi dalekobieżne miały być izolowane od budynków pasami zieleni.

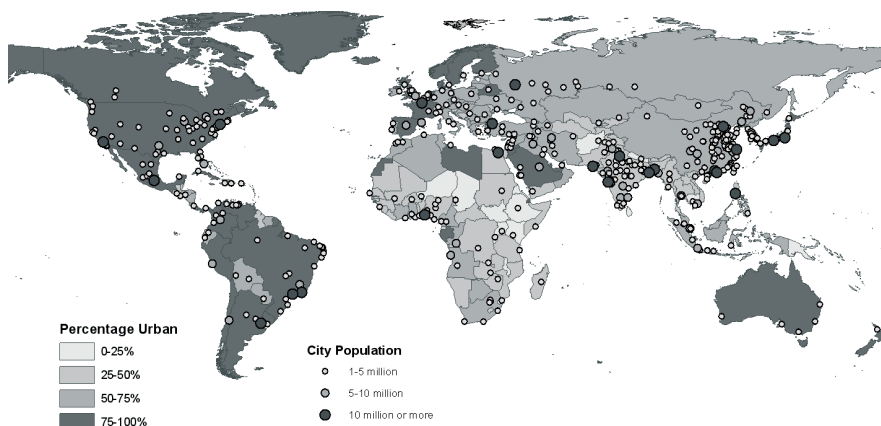
W efekcie stosowania wyżej opisanych zasad, powstały wielkie zespoły mieszkaniowe. Ich twórcą i ideologiem był Le Corbusier, który stworzył pojęcie tzw. „budynku - maszyny do mieszkania”. Pierwszy taki blok oddano do użytku w 1952 r. w Marsylii - były tu 23 rodzaje mieszkań, na 8 piętrze zlokalizowano dwukondygnacyjną ulicę handlową,

a na dachu basen, plac zabaw dla dzieci, solarium i klub. Te koncepcje trafiły na podatny grunt szczególnie w państwach Europy Wschodniej w latach 60., 70. i 80. XX wieku. Budowano budynki wielopiętrowe i wieloklatkowe, zazwyczaj w technologii wielkiej płyty lub wielkiego bloku, tworząc wielkie zespoły mieszkaniowe najczęściej na przedmieściach dużych miast lub jako samodzielne miasta-sypialnie przy kompleksach przemysłowych.

W latach 80. XX wieku rozpoczął się powrót do miasta tradycyjnego i w przestrzeni publicznej swoją rolę odzyskały ulice i place, ale przystosowane do współczesnego ruchu pojazdów. Budynom nadaje się indywidualny charakter. Zabudowę wielorodzinną realizuje się w formie domów szeregowych lub budynków kilkupiętrowych, zazwyczaj położonych wzdłuż ciągów komunikacyjnych. Najpowszechniejszym typem zabudowy mieszkaniowej jest jednak budownictwo jednorodzinne tworzące wokół miast rozległe przedmieścia.

3. Współczynnik urbanizacji

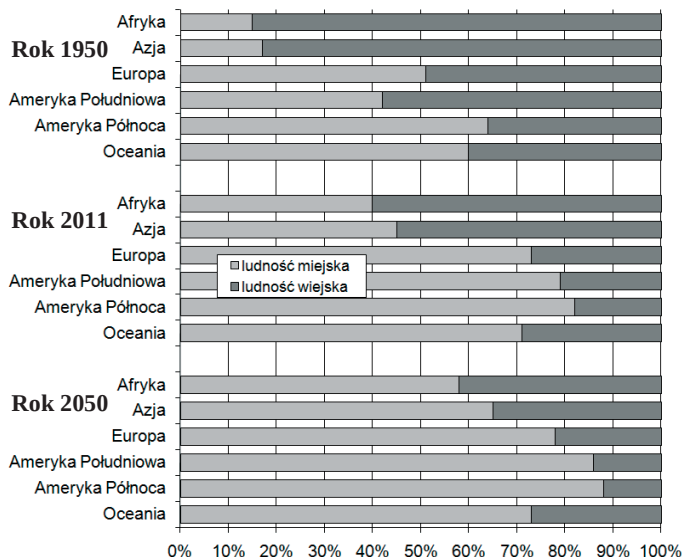
Udział ludności miejskiej w całej populacji opisywany jest współczynnikiem urbanizacji. Na początku XIX wieku globalny współczynnik urbanizacji w skali całego świata wynosił jedynie 2,4% (ale w Anglii i Holandii – ok. 30%, w Belgii, Szkocji i Japonii 15 - 20%, a w USA 10% [3]), a w roku 1900 wynosił on już 13%. Po II wojnie światowej urbanizacja zaczęła obejmować kraje Trzeciego Świata, podczas gdy w krajach rozwiniętych zaczęły następować procesy dezurbanizacji (migracja ludzi z obszarów węzłowych - centrów miast - na obszary zewnętrzne lub do miast mniejszych) i kontrurbanizacji (zmniejszenie zaludnienia i zmiana charakteru poszczególnych fragmentów miast w tereny typowo handlowo-administracyjno-usługowe, typowo mieszkalne lub jednolicie przemysłowe) [19].



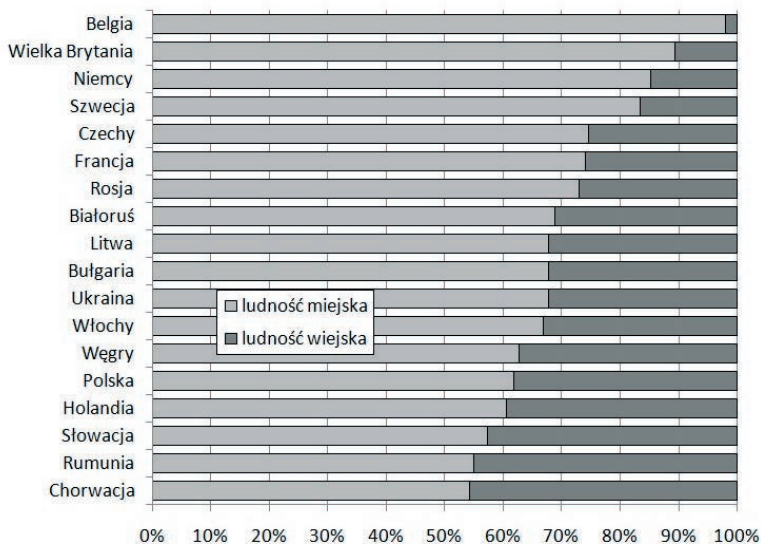
Rys. 1. Wskaźnik urbanizacji w roku 2011 na świecie, według danych ONZ [16]

Obecnie najmniej zurbanizowane kraje znajdują się w Afryce, zwłaszcza Wschodniej (Rwanda, Burundi) i Azji Południowej (Bhutan), a najbardziej - kraje Europy Zachodniej i Północnej oraz kontynent amerykański (rys.1).

Na rys. 2 przedstawiono zmianę wskaźnika urbanizacji między rokiem 1950 a 2011 oraz prognozę na rok 2050, z podziałem na kontynenty. O ile w roku 1950 jedynie Ameryka Północna i Ameryka Południowa miały wskaźnik urbanizacji ponad 60%, a Europa przekroczyła nieznacznie 50%, o tyle prognozy na rok 2050 wskazują, że na wszystkich kontynentach wskaźnik ten będzie większy niż 50%, a w Ameryce Północnej osiągnie niemal 90%.



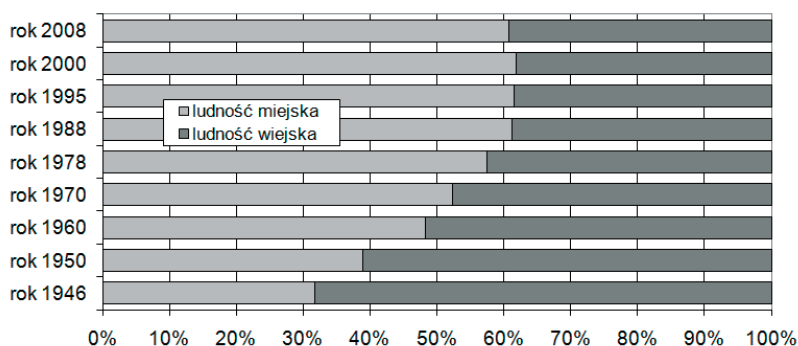
Rys. 2. Procent ludności miejskiej i wiejskiej w latach 1950 i 2011 oraz prognoza na rok 2050, według danych ONZ [17]



Rys. 3. Wskaźnik urbanizacji w Polsce na tle niektórych państw europejskich, na podstawie GUS [6]

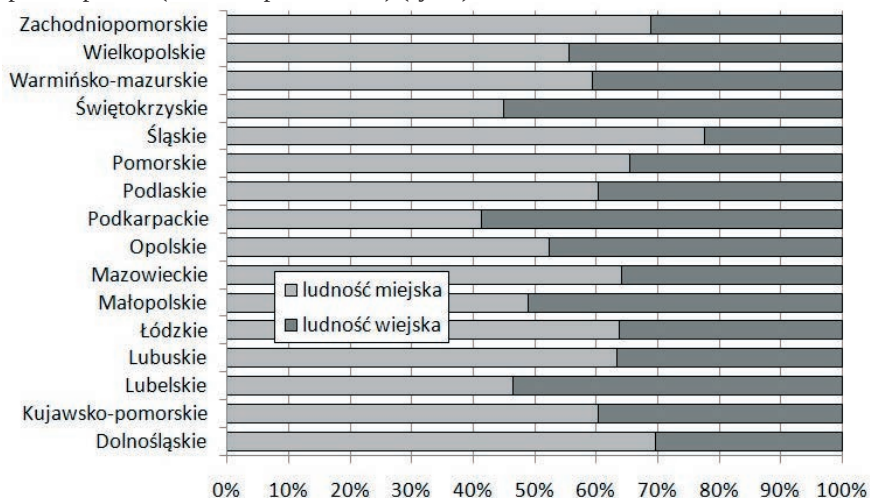
Procent ludności miejskiej w Polsce wzrastał od 32% w roku 1946 (był to wskaźnik zdecydowanie mniejszy niż dla całej ówczesnej Europy) do niemal 62% w roku 2002 (rys.4). Wskaźnik ten utrzymuje się z lekką tendencją spadkową i w roku 2011 wynosił 60,6%. Jest mniejszy niż średnia europejska, która wynosi ponad 70%.

Na rys.3 pokazano, jak kształtuje się on na tle niektórych państw Europy. W Europie najwięcej ludności miejskiej jest w Belgii (98%), najmniej w Portugalii (48%). Poziom urbanizacji w Polsce jest na poziomie Słowacji, Węgier, ale także Austrii i Holandii.



Rys. 4. Zmiany wskaźnika urbanizacji w Polsce w latach 1946 – 2008, na podstawie [15]

W kraju najbardziej zurbanizowane jest województwo śląskie (niemal 80%), a najmniej podkarpackie (niewiele ponad 40%) (rys.5).

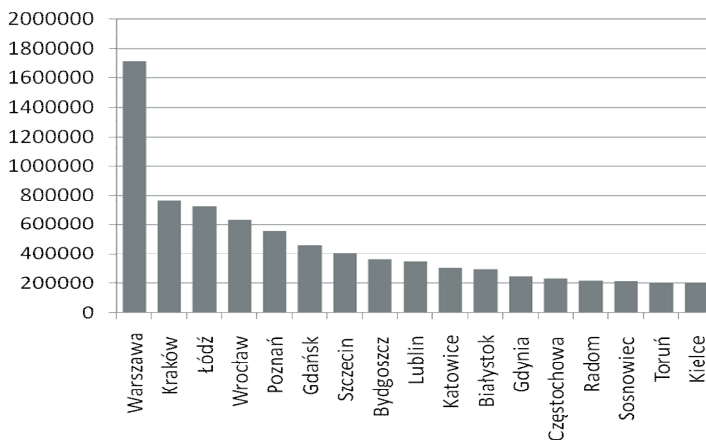


Rys. 5. Wskaźnik urbanizacji poszczególnych województw w roku 2013, na podstawie GUS [9]

4. Miasta polskie w statystyce

W końcu roku 2013 w Polsce było 908 miast [4]. Miasta te należą do następujących kategorii wielkości:

- 103 miasta poniżej 2500 mieszkańców,
- 215 miast od 2 500 do 4 999 mieszkańców,
- 181 miast od 5 tys. do 9 999 mieszkańców,
- 186 miast od 10 tys. do 19 999 mieszkańców,
- 112 miast od 20 tys. do 39 999 mieszkańców,
- 72 miasta od 40 tys. do 99 999 mieszkańców,
- 22 miasta od 100 tys. do 199 999 mieszkańców,
- 10 miast od 200 tys. do 399 999 mieszkańców,
- 7 miast ponad 400 tys. mieszkańców.



Rys. 6. Miasta polskie powyżej 200 tys. mieszkańców, na podstawie GUS [4]

Za najstarsze miasta Polski można uznać te, które uzyskały prawa miejskie oparte na prawie niemieckim (magdeburskim) w początkach XII wieku. Pierwszej lokacji dokonał książę Henryk Brodaty w roku 1211, udzielając przywileju korzystania z praw miejskich Złotori. Kolejne miasta, które uzyskały prawa miejskie przed 1230 rokiem to: Wleń, Lwówek Śląski, Opole, Racibórz, Leśnica, Głucholazy, Sobótka, Cieszyn, Nysa, Środa Śląska, Ujazd, Biała, Krosno Odrzańskie, Wrocław, Świebodzice, Byczyna.

Najmłodszymi miastami w Polsce są: Dobrzyca, Modliborzyce, Mrozy, Stepnica i Zaklików, które status miasta otrzymały z dniem 1 stycznia 2014.

5. Problemy współczesnych miast

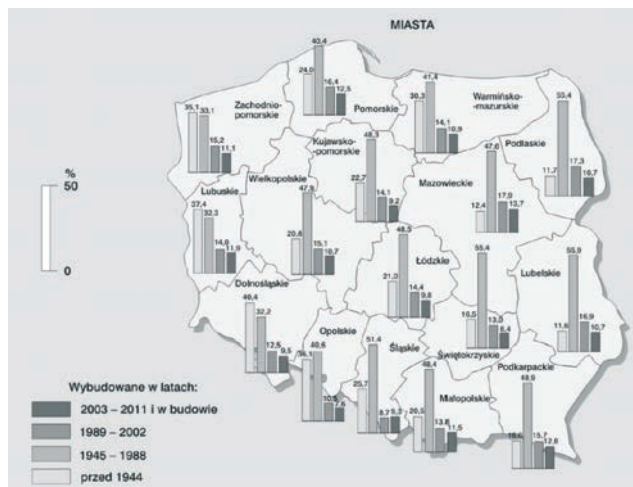
Miasta są dużymi skupiskami ludności i występuje tu wiele zjawisk i problemów natury socjologicznej. Dziś trudno wyobrazić sobie zarządzanie miastem bez posiłkowania się wiedzą specjalistyczną, jaką jest socjologia miast.

Obok problemów socjologicznych władze współczesnych miast borykają się z problemami natury technicznej. Są nimi:

- konieczność zapewnienia wystarczającej liczby mieszkań – problemy wynikają z deficytu terenów budowlanych i deficytów finansowych potencjalnych mieszkańców,
- problemy komunikacyjne – konieczność zapewnienia dojazdu do pracy i do centrum miasta oraz zapewnienia miejsc parkingowych (trudne zwłaszcza w strefach gęstej zabudowy) i równocześnie, w przypadku braku obwodnicy, konieczność przejmowania ciężkiego ruchu tranzytowego,
- konieczność zaopatrzenia ludności w wodę oraz odprowadzania ścieków,
- zanieczyszczenie powietrza przez istniejący w miastach przemysł, paleniska domowe oraz pojazdy spalinowe (niebezpieczeństw smogu),
- konieczność odbioru, składowania i utylizacji odpadów komunalnych;
- hałas komunikacyjny i przemysłowy.

W miastach współgrać muszą ze sobą dzielnice i poszczególne budynki wzniesione w różnym czasie według różnych standardów technicznych (rys.7) – Stare Miasta, XIX-

wieczne ulice z kamienicami, XX-wieczne dzielnice blokowisk, dzielnice domków jednorodzinnych i współczesne budynki deweloperskie. Każda z wymienionych grup ma swą specyfikę i dlatego trudno tu o uniwersalne rozwiązania wyszczególnionych wyżej problemów.



Rys.7 Wiek budynków mieszkalnych w polskich miastach, na podstawie GUS [8]

Obok zagadnień technicznych zwrócić też trzeba uwagę na estetykę miasta, choć jest to sfera subiektywna. Obraz miasta kształtowany jest przez układ urbanistyczny, ale w pamięci odwiedzających miasto pozostają raczej bryły i elewacje budynków oraz obiekty inżynierskie – mosty i wiadukty, kościoły, stadiony oraz place. Władze każdego miasta chciałoby, aby ich z ich miastem kojarzyła się jakiś oryginalna budowla.

Szczególnym, nieodłącznym dziś elementem na ulicach miast są reklamy, które niejednokrotnie dominują w krajobrazie i ten indywidualny charakter miast zacierają i zaśmiecają.

6. Rozwój miast i rozwiązywanie ich problemów technicznych jako zagadnienie interdyscyplinarne

Rozwój miast oraz rozwiązywanie problemów wyszczególnionych w p. 5 wiąże się z pokonywaniem wielu barier technicznych i wymaga działań interdyscyplinarnych. Problemy te nie mogą być rozwiązane bez wkładu nauki, w szczególności nauk technicznych.

Rozpocząć trzeba od roli urbanistyki, która na podstawie analizy struktur miejskich kształtuje układy przestrzenne miast, a więc reprezentuje spojrzenie globalne na miasto. Urbanistyka stawia dwa cele: minimalizację konfliktów interesów użytkowników poszczególnych obiektów budowlanych oraz ochronę środowiska (przyrodniczego i kulturowego).

Przechodząc do spojrzenia bardziej szczegółowego, poniżej podano kilka przykładów zagadnień technicznych związanych z budownictwem na obszarach zurbanizowanych, których rozwiązania stanowią wyzwanie dla współczesnych nauk technicznych.

6.1. Budynki wysokie i wysokościowe

Konieczność zapewnienia mieszkań, ale także zapewnienia dużej liczby biurowców w centrach wielkich miast, przy braku wolnych terenów pod zabudowę wymusza wznosze-

nie budynków wysokich i wysokościowych. Projektowanie tych budynków jest szczególnym przykładem konieczności współdziałania wielu specjalistów.

Bryły budynków wysokich i wysokościowych dominują w krajobrazie i ich ukształtowanie stanowi wyzwanie dla architekta, ale jest to także wyzwanie dla konstruktorów. Zaprojektować trzeba bezpieczną konstrukcję, poddaną nie tylko znacznym obciążeniom pionowym, ale przede wszystkim obciążeniom wiatru. Dla określenia obciążenia wiatrem posiłkować się trzeba wiedzą wysoce specjalistyczną – inżynierią wiatrową.

Budynki wysokie i wysokościowe muszą być wyposażone w wielopoziomowe parkingi podziemne – pojawia się więc konieczność bezpiecznego rozwiązania głębokiego posadowienia. Miasta najczęściej zlokalizowane są nad rzeką, a budynki posadawiane są w trudnych warunkach gruntowych na słabych gruntach dolin rzecznych. W rozwiązaniu takich posadowień trzeba posiłkować się pogłębioną wiedzą z zakresu geotechniki.

Budynki wysokie i wysokościowe wymagają też specjalnych rozwiązań w zakresie technologii wykonania, a w szczególności zapewnić trzeba transport materiałów budowlanych, w tym mieszanki betonowej, na wysokie poziomy.

Projektanci branży sanitarnej stają również przed wyzwaniem – na wysokie poziomy dostarczyć trzeba media – wodę i czynnik grzewczy, a klimatyzacji wymagają w każdym z takich budynków już nie dziesiątki, ale setki pomieszczeń.

6.2. Centra miast

Działania interdyscyplinarne niezbędne są też przy rozwiązywaniu problemów gęsto zabudowanych centrów miast. Tu wyzwaniem jest stworzenie drożnego układu komunikacyjnego, przy równoczesnej konieczności ochrony mieszkańców przed hałasem i drganiami generowanymi przez pojazdy – jest to zadanie dla inżynierii komunikacyjnej. Często najkorzystniejszym, choć najtrudniejszym technicznie rozwiązaniem jest metro. Jego projektowanie i wykonanie wymaga wysoce specjalistycznej wiedzy z zakresu geotechniki i budownictwa podziemnego.

W wielu przypadkach, ze względu na niemożność doprowadzenia istniejącego układu komunikacyjnego do wymagań współczesnych, ale także dla ochrony obiektów zabytkowych, podejmuje się decyzję o zamknięciu dla ruchu ścisłych centrów miast. Pojawiają się natomiast idee wprowadzenia komunikacji alternatywnej – np. kolejek linowych.

Innym istotnym zagadnieniem jest adaptacja istniejących budynków (kamienic) do wymagań współczesnych inwestorów. Szczególna uwaga należy się budynkom i dzielnicom zabytkowym, które z jednej strony wymagają doprowadzenia ich do stanu spełniającego współczesne standardy, z drugiej strony objęte są ochroną konserwatorską i spełniać muszą jej wymagania. Jednym z takich wymagań jest przeprowadzanie specjalistycznych badań historyczno-architektonicznych, często także nadzorów archeologicznych.

W przypadku inwestycji realizowanych w centrach miast znów, obok wiodącej roli architekta, który wprowadza współczesne funkcje do budynków tradycyjnych, pojawiają się wyzwania dla konstruktorów. Są nimi np: zmiana układu konstrukcyjnego budynku związana z potrzebą uzyskania dużych pomieszczeń, pogłębianie piwnic budynku, a często także piwnic budynków sąsiednich dla projektowanych pod budynkiem parkingów podziemnych. Jeśli podjęta zostanie decyzja o wyburzeniu budynku znajdującego się w strefie pierzei, specjalnej uwagi wymagać będzie zabezpieczenie budynków sąsiadujących i ich fundamentów, a jeśli pozostawione mają być cenne historycznie ściany elewacyjne trzeba je ustabilizować na czas budowy i powiązać z nową konstrukcją.

6.3. Problemy istniejących zasobów budowlanych

Aktualnym problemem w Polsce są osiedla mieszkaniowe z drugiej połowy XX wieku tzw. blokowiska. Budynki wykonane są tu w technologiach prefabrykowanych: wielkiej płyty lub wielkiego bloku. Stały się one przedmiotem głośnych polemik medialnych – odpowiedzi wymaga podstawowe pytanie: w jakim stopniu jest to problem techniczny, a w jakim - społeczny. Odpowiedzi tej udzielić mogą jedynie interdyscyplinarne zespoły, w skład których wejdą konstruktorzy, specjaliści branży instalacyjnej, ale także socjolodzy.

6.4. Kształtowanie budynków miejskich z uwzględnieniem komfortu użytkowania

Dla użytkownika budynku niezwykle istotny jest komfort użytkowania. Trudno tu o uogólnienia, ponieważ budynki miejskie mogą mieć różnorodną funkcję, a parametry decydujące o komforcie użytkowania będą w każdym z nich inne.

Z pewnością wspólnym mianownikiem są problemy komfortu cieplnego i minimalizacji zużycia energii zgodnie z wymogami UE, rozwiązywane przez fizykę budowlaną oraz inżynierię sanitarną (centralne ogrzewanie, klimatyzacja). Wiele współczesnych rozwiązań instalacyjnych wymaga jednak urządzeń o znacznych rozmiarach. Często urządzenia te sytuowane są na dachach budynków, zaburzając odbiór wizualny starannie zaprojektowanej bryły budynku.

Istotne są również zagadnienia akustyki, zarówno w budynkach mieszkalnych, oraz na zupełnie inną skalę, w budynkach teatrów czy filharmonii.

Współczesną tendencją jest projektowanie budynków inteligentnych, których „życie” (procesy dostarczania mediów, zapewnianie komfortu cieplnego, systemy alarmowe, przeciwpożarowe, kontrola dostępu), sterowane jest za pomocą specjalistycznych systemów. Te działania wychodzą poza zakres inżynierii lądowej i wymagają zaangażowania automatyków.

7. Rola nauki w rozwoju miast i obszarów zurbanizowanych

Działania związane z obiektami miejskimi i infrastrukturą miast wymagają podejścia interdyscyplinarnego. Często mają one taki stopień skomplikowania, że niezbędne jest zaangażowanie nauki. Dlatego realizacja sztandarowych obiektów miejskich nie może się obyć bez udziału ludzi nauki. Przykładem jest Most Rędziński we Wrocławiu, Świątynia Świętej Opatrzności Bożej w Warszawie, przekrycie Stadionu Miejskiego w Poznaniu. Udział ten jest znaczący na etapie projektowania i wykonawstwa, ale niestety często również na etapie poawaryjnych ekspertyz (np. warszawskie metro).

Władze miast coraz lepiej rozumieją rolę nauki w rozwiązywaniu problemów miejskich i dlatego przyznają granty badawcze. Przykładem może być zrealizowany przez Uniwersytet Łódzki i Politechnikę Łódzką grant Prezydenta Miasta Łódź „Możliwości wykorzystania terenów poprzemysłowych i powojaskowych na terenie Łodzi - określenie kierunków przekształceń” [5].

Podobnie, przedsiębiorstwa zarządzające infrastrukturą miejską zapraszają do współpracy uczelnie wyższe. Przykładem może być Małopolski Klaster Wodny. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie zaprosiło do współpracy Akademię Górniczo-Hutniczą, Politechnikę Krakowską, Uniwersytet Rolniczy, Uniwersytet Ekonomiczny oraz Instytut Ochrony Przyrody PAN. Współpraca ma służyć rozwojowi lub modyfikacji istniejących procesów i instalacji dla osiągnięcia lepszych wyników techniczno-ekonomicznych w krakowskiej spółce wodociągowej [1].

8. Zakończenie

W miastach mieszka obecnie ponad 60% Polaków. Zatem zagadnieniami obszarów zurbanizowanych zainteresowana jest większość polskiego społeczeństwa. Podejmowanie wyzwań technicznych związanych z rozwojem miast, ale także efektywne rozwiązywanie ich problemów, może odbyć się jedynie przy zaangażowaniu nauki.

W niniejszej monografii postawiono sobie za cel interdyscyplinarne spojrzenie na polskie miasta i wybrane zagadnienia związane z miastami, ich infrastrukturą i budowlami miejskimi. Jest to jednak spojrzenie specyficzne – spojrzenie pracowników nauki, którzy wiedzą swą wspomagającą rozwój miast i rozwiązywanie ich problemów.

Autorami poszczególnych rozdziałów są wybitni specjaliści z różnych dziedzin. Przedstawiono wybrane zagadnienia urbanistyczne, architektoniczne oraz socjologiczne. Pokazano także rozwiązania techniczne, jakie nauka ma do zaoferowania mieszkańcom miast w zakresie infrastruktury miejskiej (sieci i układów komunikacyjnych), budowni wysokich, zabudowy centrów miast, osiedli z budynków wielkopłytowych oraz kształtowania budynków miejskich z uwzględnieniem komfortu użytkowania.

Literatura i źródła

- 1 Biedrzycka A.: Granty na projekty rozwojowe w wodociągach krakowskich, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 2/ 2014
- 2 Encyklopedia Popularna PWN, Warszawa 2013
- 3 Giddens A.: Socjologia. Warszawa: PWN, 2004, s. 594
- 4 GUS. Portal informacyjny, <http://stat.gov.pl/statystyka-regionalna/rankingi-statystyczne/miasta-o-najwiekszej-liczbie-ludnosci-3018>
- 5 GUS. Rocznik statystyczny województw 2013
- 6 GUS. Rocznik statystyki międzynarodowej 2012
- 7 GUS. Stan i struktura ludności oraz ruch naturalny w przekroju terytorialnym w 2013 roku
- 8 GUS. Narodowy Spis Powszechny, Ludności i Mieszkań 2011. Zamieszkane budynki
- 9 GUS. Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2013 r.
- 10 <http://pl.wikipedia.org/wiki/Miasto>
- 11 http://uml.lodz.pl/miasto/edukacja/uczelnie/granty_prezydenta_miasta_lodzi/
- 12 Jałowiecki B.: Płaszczyzny urbanizacji, w: Społeczeństwo i przestrzeń zurbanizowana. WSP Rzeszów 1999
- 13 Markowski T., Marszał T.: Metropolie, obszary metropolitalne, metropolizacja : problemy i pojęcia podstawowe, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN, Warszawa 2006, s. 16-17
- 14 Rozp. Min. Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dn. 29 marca 2001 r. w sprawie ewidencji gruntów i budynków (Dz.U.2001.38.454)
- 15 Rozwój miast w Polsce. Raport wprowadzający Ministerstwa Rozwoju Regionalnego , Warszawa 2010
- 16 United Nations. Department of Economic and Social Affairs http://esa.un.org/unup/Maps/maps_urban_2011.htm
- 17 United Nations. Department of Economic and Social Affairs http://www.un.org/unup/Analytical-Figures/Fig_2.htm
- 18 Szczepański M., Jałowiecki B.: Miasto i przestrzeń w perspektywie socjologicznej. Warszawa: Scholar, 2002
- 19 Węclawowicz G.: Geografia społeczna miast. Warszawa: PWN, 2003, s. 60-61

Problemy konstrukcyjne wykonywania budynków "plombowych". Rozbiórki i wyburzenia budynków w zabudowie pierzejowej

Marek Kapela

*Instytut Budownictwa, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska
Filia w Płocku, e-mail: mkap@pw.plock.pl*

Streszczenie: Wzrost cen działek oraz zły stan techniczny starych budynków powodują, że coraz częściej rozbiera się obiekty usytuowane w gęstej zabudowie miejskiej. W referacie przedstawiono problemy związane z rozbiórką takich budynków oraz realizacją na ich miejscu nowych. Rozbiórkę budynków plombowych musi poprzedzać dokładne rozeznanie ich konstrukcji oraz połączenia z budynkami sąsiednimi. Sposób realizacji rozbiórki i wznoszenia nowego budynku powinien zapewniać bezpieczeństwo ludzi i budynków sąsiednich. W referacie przedstawione zostały również specyficzne problemy związane z posadowieniem budynków w zabudowie pierzejowej oraz przy przebudowie budynków zabytkowych.

Słowa kluczowe: zabudowa pierzejowa, rozbiórka budynków, podbijanie fundamentów, kotwienie ścian

1. Wprowadzenie

Zabudowa pierzejowa jest charakterystyczna dla starych dzielnic miejskich. Ze względu na wiek, a często również niewłaściwy sposób eksploatacji stan techniczny wielu z tych budynków jest zły. Rozbiórki budynków mogą być podyktowane:

- złym stanem technicznym lub zużyciem funkcjonalnym obiektu,
- wzrostem cen działek oraz koniecznością modernizacji zabudowy miejskiej,
- zmianami w zagospodarowaniu przestrzennym terenu,
- decyzją właściciela obiektu lub nakazem prawa.

Budynki nie wpisane do rejestru zabytków można wyburzyć całkowicie. Zakres rozbiórek lub przebudowy budynków zabytkowych musi być uzgodniony z konserwatorem zabytków. W obu przypadkach występuje szereg problemów własnościowych, prawnych i technicznych. Problemy własnościowe pojawiają się, gdy granice budynku nie pokrywają się z granicami działek. Poważnym problemem prawnym jest uzyskanie pozwolenia na rozbiórkę, a następnie na budowę. Przy zabudowie plombowej w obszarze oddziaływania obiektu znajdują się zawsze sąsiednie budynki, których właściciele zgodnie z art. 28.2 Ustawy Prawo Budowlane [1] są "stronami w postępowaniu" i mogą skutecznie blokować uzyskanie pozwoleń. Problemy techniczne dotyczą przede wszystkim rozbiórek i ograniczenia ich wpływu na sąsiednie budynki. Trudności przy projektowaniu i realizacji budynków w zabudowie plombowej dotyczą zwykle: zabezpieczenia budynków sąsiednich i dostosowaniu do nich nowej konstrukcji budynku, konieczności wykonania jednej lub kilku kondygnacji podziemnych z miejscami parkingowymi, ograniczeń przy prowadzeniu robót budowlanych związanych z brakiem odpowiedniego placu budowy i dostępu do budynku.

2. Rozbiórki budynków

Prawie zawsze realizację nowego budynku w zabudowie plombowej poprzedza rozbiórka budynku starego. Prace rozbiórkowe są zwykle bardziej ryzykowne niż wznoszenie obiektów. Nieprzemyślane działania mogą doprowadzić do niekontrolowanego zawalenia się budynku i spowodować śmierć ludzi lub uszkodzenie sąsiednich zabudowań. Na rozbiórkę trzeba wykonać projekt i uzyskać pozwolenie, gdyż ze względu na bezpośrednie sąsiedztwo innych budynków i granic działek nie są spełnione warunki uprawniające do formy zgłoszenia (art. 31.1 Ustawy Prawo Budowlane [1]).

2.1. Prace przygotowawcze

Przed przystąpieniem do sporządzenia projektu rozbiórki należy rozpoznać wyburzany obiekt, jego konstrukcję, użyte materiały oraz stan techniczny. Należy również przeprowadzić dokładne rozeznanie otoczenia obiektu. W warunkach gęstej staromiejskiej zabudowy konieczne jest dokonanie oceny wpływu rozbiórki na sąsiednie budynki. Zwykle budynki te nie mają żadnej dokumentacji technicznej, co znacznie utrudnia i wydłuża okres przygotowawczy. Trzeba przeanalizować położenie ścian oddzielających budynki w stosunku do granic działek. Rozbierany budynek może być konstrukcyjnie połączony z sąsiednimi budynkami. Stare budynki były często rozbudowywane lub nadbudowywane i ustalenie ich powiązania jest często trudne. Nawet dobre rozeznanie nie daje całkowitej pewności, że rozbiórka pozostanie bez wpływu na sąsiednie budynki. Przykładem tego może być rozbiórka oficyny, przylegającej ścianą podłużną do innej oficyny na sąsiedniej posesji (rys. 1). Budynki były rozdzielone konstrukcyjnie – w kilku odkrywkach stwierdzono szczelinę pomiędzy ścianami budynków na całej ich wysokości. Po rozbiórce budynku oficyny okazało się, że pozostały budynek ma jedynie cienkie ściany ustawione na deskach podłogowych. Konieczne było wyłączenie go z eksploatacji i podparcie ścian przyporami.



Rys. 1. Ściana budynku po rozbiórce budynku przyległego

W innym przypadku ściany rozdzielone na piętrach, na parterze i piwnicach tworzyły jeden wspólny mur. Granice działek były często ustalane administracyjnie i nie pokrywają się z granicami budynków. Kolejnym problemem jest również ustalenie poziomów posadowienia budynków, które mogą być różne i przy rozbiórce może dojść do podkopania

fundamentów sąsiedniego budynku. Nawet przy tych samych poziomach posadowienia, rozbiórka fundamentów może spowodować osiadanie sąsiedniej ściany na skutek wypierania gruntu spod fundamentów, uplastycznienia gruntu wywołanego wodami opadowymi lub podniesienia fundamentów na skutek przemarzania gruntu. Wszystkie te problemy powinny być rozwiązane w projekcie rozbiórki.

2.2. Projekt rozbiórki

Inwestor występując z wnioskiem o pozwolenie na rozbiórkę załącza:

- zgodę właściciela obiektu,
- prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane,
- szkic usytuowania obiektu budowlanego,
- opis zakresu i sposobu prowadzenia robót rozbiórkowych,
- opis sposobu zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i mienia,
- ewentualnie inne opinie wymagane odrębnymi przepisami.

Organ wydający pozwolenie na rozbiórkę, może uznać, że konieczne jest wykonanie projektu rozbiórki. W praktyce inwestor zwykle zleca sporządzenie projektu rozbiórki, co przyspiesza postępowanie i umożliwia prawidłowe przeprowadzenie samej rozbiórki. Szczegółowy zakres i formę projektu budowlanego określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [2].

Prawidłowo sporządzony projekt rozbiórki powinien nie tylko spełniać wymogi formalne, ale zawierać wszystkie niezbędne informacje umożliwiające bezpieczną rozbiórkę obiektu, tj.:

- podstawowe informacje o obiekcie i jego stanie technicznym,
- informację czy w obiekcie nie ma materiałów niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia, w tym azbestu,
- analizę lokalizacji obiektu i wpływu jego rozbiórki na sąsiadującą zabudowę,
- plan organizacji placu rozbiórki z zaznaczonym ogrodzeniem i drogami wyjazdowymi,
- niezbędną analizę statyczną obiektu w każdej fazie rozbiórki,
- ustalenie metody rozbiórki wraz ze wskazaniem niezbędnych urządzeń i sprzętu,
- schematy kolejności prowadzenia robót.

Do projektu należy również sporządzić informację dotyczącą bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, ze względu na specyfikę projektowanej metody rozbiórki. W informacji tej należy zwrócić szczególną uwagę na występujące zagrożenia podczas realizacji rozbiórki. Taka informacja ma służyć potem kierownikowi robót rozbiórkowych do sporządzenia planu BIOZ.

Rola projektanta nie kończy się na przekazaniu dokumentacji, ale zwykle konieczne jest sprawowanie nadzoru autorskiego, gdyż podczas realizacji rozbiórki mogą zdarzyć się sytuacje nieprzewidziane w projekcie.

2.3. Metody rozbiórki

Istotnym problemem, który należy rozwiązać w projekcie jest wybór właściwej metody rozbiórki. Przyjęta metoda powinna zapewniać maksymalne bezpieczeństwo podczas prowadzonych robót, minimalizować ich negatywne oddziaływanie na otoczenie oraz powinna być efektywna ekonomicznie. O wyborze metody wyburzania powinny decydować przede wszystkim warunki prowadzenia robót. Obecnie do prac wyburzeniowych stosowane są głównie metody: ręczna, mechaniczna, chemiczna, wybuchowa oraz metody kombinowane [3].

Metoda ręczna polega na rozbiórce głównie przy użyciu siły ludzkiej z zastosowaniem narzędzi ręcznych, w tym młotów udarowych. Obiekty rozbiera się w kolejności odwrotnej do kolejności ich wznoszenia. Metoda ta umożliwia dobrą segregację materiału rozbiórkowego. Jej wadą jest duża pracochłonność i wysokie koszty. Zwykle jest bezpieczna dla otoczenia i zabudowań sąsiednich, lecz niebezpieczna dla samych robotników wykonujących prace rozbiórkowe. Metodą ręczną zawsze przeprowadza się pierwszy etap rozbiórki polegający na usunięciu z budynku elementów wykończenia, instalacji, stolarki, pokrycia dachu i obróbek blacharskich oraz drewnianej konstrukcji dachu.

Metoda mechaniczna polega na wykorzystaniu ciężkiego sprzętu, którym poczynając od górnych kondygnacji do poziomu terenu, operator sukcesywnie rozbiera obiekt budowlany przez odrywanie niewielkich fragmentów od zasadniczej konstrukcji.

Metoda chemiczna polega na rozsadzaniu elementów konstrukcyjnych głównie żelbetowych przez wprowadzanie do wywierconych otworów substancji zwiększającej swoją objętość w procesie krystalizacji.

Metoda wybuchowa polega naaruszeniu stateczności konstrukcji obiektu lub jego części za pomocą materiałów wybuchowych, co prowadzi do zawaleniu obiektu w miejscu lub w określonym kierunku [4]. Odwrotnie jak przy poprzednio omówionych metodach rozbiórka jest realizowana od dołu do góry.

W przypadku zabudowy plombowej wybór metod jest znacznie zawężony. Stosuje się głównie metodę ręczną i w ograniczonym stopniu metody mechaniczne[5]. Jeśli konstrukcja budynku rozbieranego jest oddzielona od budynków sąsiednich, a ich stan techniczny na to pozwala, to w późniejszym etapie rozbiórki możliwe jest wykorzystanie koparki uzbrojonej w kleszcze. Najczęściej do prac rozbiórkowych używane są koparki na podwoziu gąsienicowym o wydłużonych wysięgnikach. Hydrauliczne kleszcze o sile zwykle ok. 3000 kN pozwalają nie tylko na kruszenie murów czy żelbetowych elementów konstrukcji, ale także z łatwością przecinają stalowe pręty i kształtowniki. Roboty wyburzeniowe prowadzone przy użyciu kleszczy są stosunkowo ciche i bezpieczne. Dzięki dużemu wysięgowi operator maszyny może zachowywać bezpieczną odległość od rozbieranego obiektu.



Rys. 2. Koparka uzbrojona w kleszcze

2.4. Ochrona budynków sąsiednich

Obowiązkiem inwestora jest zapewnienie ochrony budynków sąsiednich. Ochrona ta powinna obejmować zarówno etap rozbiórki, jak i realizacji nowego budynku. Budynki sąsiednie narażone są na:

- uszkodzenia w wyniku nieprawidłowo prowadzonej rozbiórki,
- uszkodzenia spowodowane realizacją nowego obiektu, a szczególnie jego części podziemnej,
- drgania,
- hałas i kurz.

Jeżeli stan techniczny budynków sąsiednich jest zły lub projekt nowego budynku przewiduje wykonanie głębokiego wykopu to organ wydający pozwolenie na budowę nakazuje wykonanie ekspertyz zawierających ocenę wpływu realizacji inwestycji na sąsiednie budynki.

2.4.1. Inwentaryzacja uszkodzeń budynków sąsiednich

Przed przystąpieniem do realizacji rozbiórki powinna zostać wykonana szczegółowa inwentaryzacja uszkodzeń budynków sąsiednich. Dokumentacja taka powinna obejmować zarysowania lub ubytki tynków naniesione na rysunki elewacji. W przypadku występowania uszkodzeń wewnątrz budynków - należy je nanieść na rysunki ścian wewnętrznych lub stropów odniesione do poszczególnych lokali. Niezależnie od dokumentacji rysunkowej powinna być wykonana dokumentacja fotograficzna. Wykonanie takiej dokumentacji jest kłopotliwe, ale niezbędne, gdyż chroni interesy zarówno inwestora, jak i sąsiadów. Uszkodzenia mogą powstać na etapie rozbiórki oraz realizacji nowego budynku i mogą być spowodowane przez drgania lub nierównomierne osiadanie budynków.

2.4.2. Pomiary, rejestracja i ocena drgań

Prace rozbiórkowe często powodują powstawanie drgań. Są to drgania pochodzące od urządzeń udarowych lub wywołane spadającymi elementami o dużej masie. Drgania mogą być przekazywane przez elementy budynku lub przez podłoże gruntowe. Przez elementy budynku drgania mogą być przekazywane tylko w przypadku konstrukcyjnego połączenia tych budynków. Przekazywaniu tych drgań można próbować zapobiec przez rozdzielenie budynków przy wykorzystaniu zabiegów technologicznych – np. zastosowanie pił diamentowych. Drgań przekazywanych przez podłoże całkowicie nie da się wyeliminować, można je jedynie ograniczyć.

Wyniki rejestracji drgań mogą chronić inwestora lub wykonawcę przed ewentualnymi roszczeniami, ale stanowią również bieżącą informację dotyczącą szkodliwości drgań powstających podczas prowadzenia robót budowlanych i powinny skutkować ewentualną zmianą technologii ich prowadzenia.

W celu określenia poziomu drgań stosuje się stacje pomiarowe wyposażone w trójosiowe akcelerometry przeznaczone do pomiaru drgań sejsmicznych i parasejsmicznych. Czujniki instaluje się na ścianie fundamentowej od strony placu budowy, na poziomie gruntu. Stacje pomiarowe za pośrednictwem Internetu przesyłają dane do bazy pomiarowej i mogą być zdalnie kontrolowane. Drgania przenoszone na budynki rejestrowane są w trybie czuwania. Po przekroczeniu poziomu 0.01 m/s^2 sygnał jest zapisywany i przesyłany do bazy, gdzie po przetworzeniu danych i określeniu szkodliwości zarejestrowanych drgań wysyłane jest powiadomienie poprzez SMS lub email do kierownika budowy i inspektora nadzoru.

Najczęstsze parametry pomiarowe zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry pomiarowe drgań

Rozdzielczość	0.0005 m/s ²
Zakres rejestrowanych częstotliwości	0.3 ÷ 500 Hz
Częstotliwość próbkowania	1000 Hz
Typ rejestracji	czuwanie z wykrywaniem drgań
Poziom wykrywania zjawisk - przyspieszenia	0.01 m/s ² dla każdej składowej

Podstawą do oceny wpływu drgań na sąsiednie budynki może być polska norma PN-85/B-02170 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki [6] lub norma DIN 4150-3 [7]. W przypadku uzyskania niekorzystnych wyników pomiarów można zmienić rodzaj sprzętu lub technologię rozbiórki. Zwykle największe drgania wywołuje rozbiórka fundamentów przy użyciu młotów uderowych. W celu ograniczenia wpływu drgań na sąsiednie budynki, fundamenty można „podkopywać”, co ułatwi ich rozkruszenie. Jeśli w miejscu rozbieranego obiektu ma powstać nowy z częścią podziemną, to rozbiórkę można podzielić na dwa etapy. W pierwszym etapie należy rozebrać część nadziemną i fundamenty kolidujące ze ścianą szczelinową, a następnie wykonać ścianę szczelinową nowego budynku. Drugi etap rozbiórki fundamentów realizuje się wówczas w wykopie, co ułatwia prace wyburzeniowe i redukuje ich negatywny wpływ na sąsiednie budynki. Przy drganiach wywoływanych przez spadające elementy budynku o dużej masie, dobre efekty daje wykonanie „poduszki” z gruzu.

2.4.3. Pomiary przemieszczeń

Wykonywanie pomiarów przemieszczeń budynków jest konieczne podczas realizacji głębokich wykopów w sąsiedztwie istniejącej zabudowy. W przypadku rozbiórek pomiary takie nie są wymagane, ale jeśli rozbiórka bezpośrednio poprzedza realizację nowego budynku, to warto bazę pomiarową założyć wcześniej i pomiarami objąć również etap rozbiórki. Repery umieszcza się na sąsiednich budynkach możliwie blisko obiektu przeznaczanego do rozbiórki na takiej wysokości, aby nie uległy uszkodzeniu. Dalsze repery umieszczane są w zależności przewidywanego zasięgu strefy oddziaływania wykopu [8]. Wszystkie repery tworzą sieć badawczą. Wyniki pomiaru wyjściowego „0” i każdego kolejnego są poddawane matematycznemu wyrównaniu za pomocą specjalistycznego oprogramowania geodezyjnego. Każdorazowo określone są wartości osiadań lub wznoszeń badanych reperów. Zwykle uzyskiwane błędy średnie wartości przemieszczeń mieszczą się w przedziale 0,25÷0,35mm. W przypadku budynków wysokich i smukłych konieczne jest również umieszczenie punktu pomiarowego na dachu budynku i pomiary przemieszczeń poziomych. Pomiar wyjściowy "0" powinien być wykonany przed przystąpieniem do robót. Częstotliwość kolejnych pomiarów powinna być określona przez projektanta, w zależności od podstępu robót. Pomiar końcowy powinien być wykonany po zakończeniu inwestycji, a w przypadku głębokich wykopów po stabilizacji przemieszczeń.

2.4.4. Zabezpieczenie budynków sąsiednich

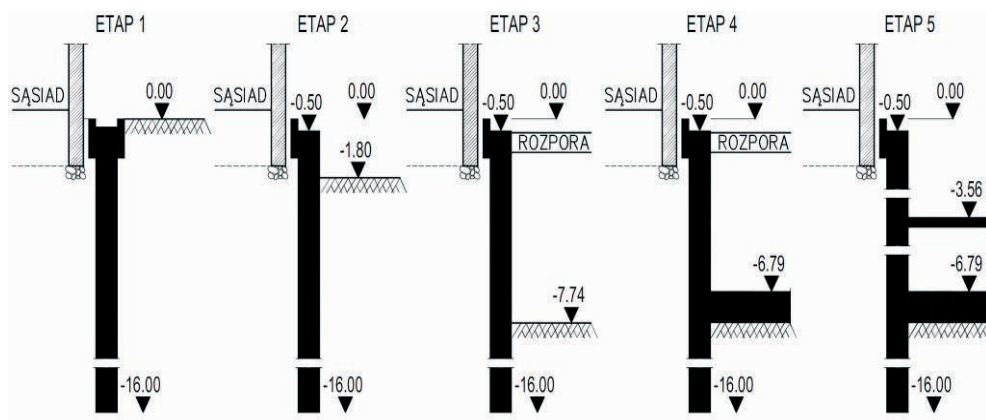
W przypadku złego stanu technicznego budynków sąsiednich ekspertyzy mogą wskazywać na konieczność ich zabezpieczenia. Najczęściej trzeba zabezpieczać spękane ściany przez ich "zszycie" lub zakotwienie do ścian prostopadłych i stropów, a w skrajnych przypadkach także przez założenie ściąągów. Do kotwienia najczęściej stosuje się systemy Helifix lub Brutt Saver wykorzystujące kotwy ze stali nierdzewnej o średnicach: 3; 4,5; 6; 8; 10mm. Wybrzuszone ściany trzeba spiąć kształtownikami i ściągami. Zabezpieczenie ściągami jest rozwiązaniem tymczasowym i po ukończeniu realizacji inwestycji powinno być zdemontowane lub zastąpione trwałą i estetyczną naprawą.

3. Realizacja budynków w zabudowie plombowej

W zabudowie plombowej występują budynki, które są objęte ochroną konserwatorską i nie mogą być całkowicie wyburzone. Problemy występujące przy ich przebudowie są odmienne od tych, które występują przy realizacji nowych budynków.

3.1. Budynki nowe

Nowoprojektowane budynki powinny mieć układ konstrukcyjny niezależny od budynków sąsiednich. Najczęściej jest to układ konstrukcyjny podłużny, w którym ściany nośne są prostopadłe do ścian szczytowych budynków sąsiednich. Największym problemem jest realizacja części podziemnej budynku. Obowiązek zapewnienia odpowiedniej liczby miejsc parkingowych sprawia, że nowe budynki mają jedną lub więcej kondygnacji podziemnych i są posadowione znacznie głębiej niż budynki sąsiednie. Przy dwóch lub więcej kondygnacjach podziemnych najlepszym rozwiązaniem jest zabezpieczenie wykopu za pomocą ścian szczelinowych. Ściany te stanowią również oparcie dla konstrukcji nowego budynku.



Rys. 3. Etapy wykonania ściany szczelinowej z rozporami przy ścianie sąsiedniego budynku

Przy jednej kondygnacji podziemnej dobrym rozwiązaniem jest "podbicie" fundamentów za pomocą iniekcji strumieniowej (Jet-Grouting). Iniekcyjne podbijanie fundamentów stanowi alternatywę dla rozwiązań tradycyjnych eliminując niedogodności i zagrożenia im towarzyszące. W wyniku iniekcji w podłożu powstaje nowy materiał, tzw. cementogrunt, który jest mieszaniną gruntu i cementu. Pobicia istniejących fundamentów wykonane technikami iniekcyjnymi charakteryzują się:

- szybkim postępem prac,
- minimalizacją zagrożeń dla podbijanych obiektów poprzez ograniczenia osiadań,
- brakiem wstrząsów,
- nie wymagają rozkopywania podłoża poniżej poziomu spodu fundamentu.
- nie wymagają stosowania odwodnienia w przypadku występowania zwierciadła wody gruntowej sięgającego powyżej spodu fundamentu zastępczego.

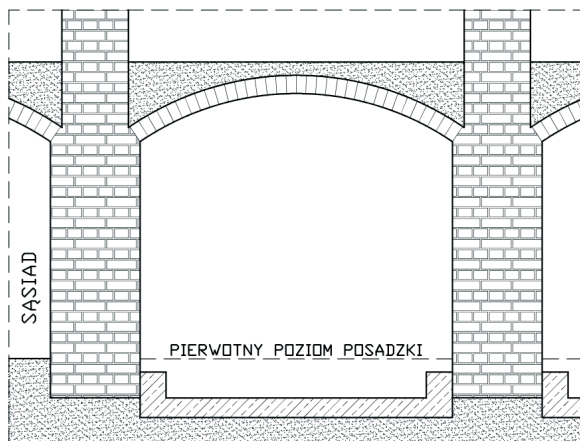
Po związaniu cementogruntu można wykonać wykop do projektowanej głębokości i rozpocząć realizację nowego budynku. Przy zabezpieczonych budynkach sąsiednich sposób realizacji budynków plombowych nie odbiega w sposób istotny od innych budynków. Budynek nowy należy oddylać od budynków sąsiednich i zapewnić prawidłowe odwodnienie na stykach z sąsiadami, aby zabezpieczyć styki przed dostawaniem się wody.



Rys. 4. Podbijanie fundamentów za pomocą iniekcji strumieniowej

3.2. Budynki zabytkowe

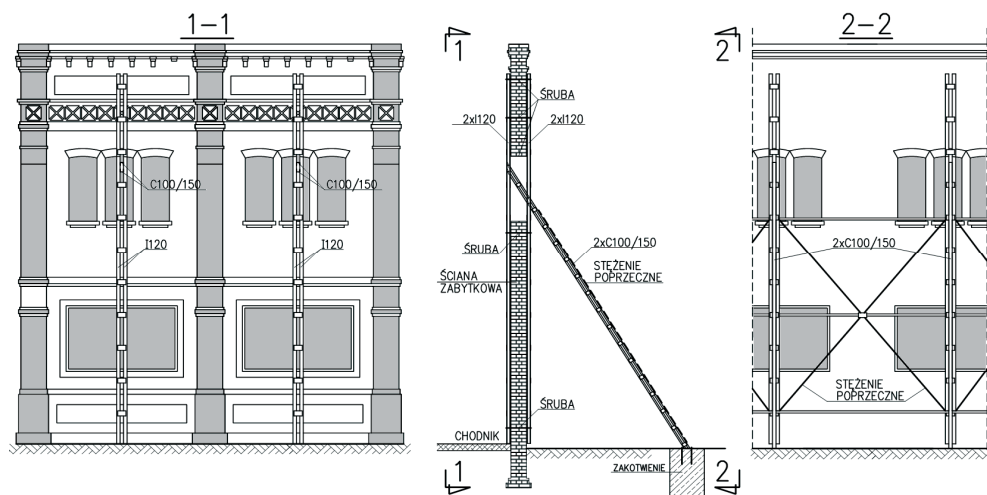
Znacznie bardziej skomplikowana jest przebudowa budynków istniejących, w których stare elementy budynku trzeba połączyć z nową konstrukcją. Ze względu na zły stan techniczny drewnianych stropów i dachów, konserwator zaleca najczęściej ochronę elewacji budynku i ewentualnie sklepień piwnicznych. W nowej funkcji budynku przewidziane są zwykle duże pomieszczenia bez ścian na parterze oraz parking lub restauracje w kondygnacji piwnicznej. Pogodzenie nowej funkcji z pozostawieniem chronionych elementów jest zadaniem trudnym dla konstruktora i wykonawcy. Zabytkowe piwnice są niskie i muszą być pogłębione przez odcinkowe podbicie fundamentów lub wykonanie płyty żelbetowej z pionowymi ścianami odsuniętymi od sąsiadów.



Rys. 5. Pogłębienie piwnic przy sąsiedzie

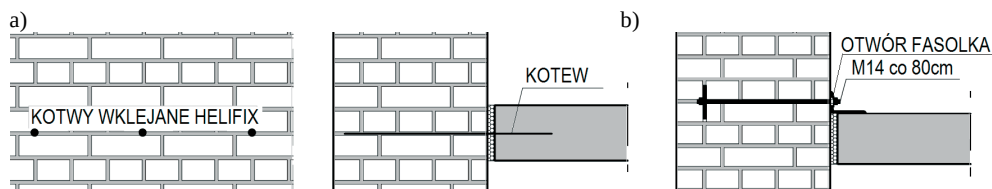
Zmianę konstrukcji budynku ze ścianowej na szkieletową można uzyskać przez wykonanie, w miejscu projektowanych słupów, stóp fundamentowych opartych na mikropalach. Słupy wykonywane są przez "wcięcie" w murowane ściany piwnic. Oparcie słupów na mikropalach znacznie zwiększa nośność fundamentów i pozwala na zwiększenie rozstawu słupów.

Poważnym problemem jest zapewnienie stateczności ścian zewnętrznych po usunięciu stropów. Przy zabudowie plombowej ściany podłużne nie są powiązane ze ścianami poprzecznymi, które należą do budynków sąsiednich. Przed lub w trakcie rozbiórki stropów ściany zewnętrzne muszą zostać usztywnione niezależną konstrukcją, najczęściej stalową. W projekcie tej konstrukcji należy uwzględnić obciążenie wiatrem i ewentualne mimośrodowo spowodowane odchyleniem ściany od pionu.



Rys. 6. Tymczasowe usztywnienie i podparcie ściany frontowej

Zabytkowa ściana nie jest w stanie przenieść obciążeń od stropów. Stropy opierane są na niezależnej konstrukcji. W trakcie wznoszenia budynku ściana powinna być sukcesywnie kotwiona do stropów. Ze względu na możliwe różnice osiadań, połączenie ściany z nowymi stropami powinno umożliwiać niewielkie przemieszczenia pionowe. Połączenie takie można uzyskać przez kotwienie ściany do stropów za pomocą kotew systemowych Helifix lub Brutt Saver. Kotwy o średnicach $\phi 8$ lub $\phi 10$ powinny mieć rozstaw $30 \div 40$ cm (rys. 7a). Innym rozwiązaniem może być zakotwienie ściany za pomocą śrub (rys. 7b). Śruby mocowane są w ścianie za pomocą blach kotwiących, a do stropu za pomocą kątowników z otworem fasolkowym, umożliwiającym przesuw pionowy. Kątownik może być spawany do marek zabetonowanych w stropie lub na kotwy wklejane. W ścianach otynkowanych blachy mogą być ukryte pod tynkiem, a w ścianach nieotynkowanych muszą być ukryte pod warstwą cegły.



Rys. 7. Kotwienie ściany w stropie

a) kotwy Helifix wklejane w mur

b) śruby kotwiące mocowane do kątownika z otworem fasolkowym

Kolejnym problemem jest wykonanie wjazdów do garaży usytuowanych pod budynkiem. Wjazdy takie sytuuje się od strony podwórza. Ścianę można podchwycić po obu stronach za pomocą belek stalowych podpartych mikropalami. Rozstaw mikropali należy

dostosować do szerokości wjazdu. Po wykonaniu wykopu mikropale można zabetonować parami w żelbetowych słupach.

4. Uwagi końcowe

Projektowanie, rozbiórka, wykonywanie nowych budynków i przebudowa budynków zabytkowych w zabudowie plombowej napotykają na specyficzne trudności. Są one związane z koniecznością ochrony budynków sąsiednich i dostosowania do nich konstrukcji realizowanych obiektów. Od projektantów i wykonawców tego typu prac wymagana jest duża wiedza i doświadczenie. W referacie przedstawiono związane z tym problemy oraz podano kilka rozwiązań stosowanych przy rozbiórkach i realizacji budynków w zabudowie plombowej.

Literatura

- 1 Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane. Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414.
- 2 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego. Dz. U. nr 120 poz. 1133.
- 3 Łukowski M. Przegląd metod rozbiórki budynków i budowli – w tym zasady zachowania bezpieczeństwa ludzi i sąsiednich obiektów. XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. Szczyrk 2007, s. 383-424.
- 4 Krzewiński R., Rekucki R. Techniki burzenia obiektów budowlanych z wykorzystaniem materiałów wybuchowych. Inżynieria i Budownictwo nr 4/2011, s. 243-245.
- 5 Kapela M., Rozbiórka obiektów budowlanych metodą mechaniczną. Inżynier Budownictwa, 6/2008.
- 6 PN-85/B-02170 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- 7 DIN 4150-3 Vibration in buildings - Part 3: Effects on structures.
- 8 Instrukcja ITB nr 376 Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów. W. Kotlicki, L. Wysokiński. Warszawa 2002 r.

Construction problems with erection of infill buildings. Dismantling and demolition of buildings in frontage development

Marek Kapela

*Institute of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Mechanics and Petrochemistry (Plock)
Warsaw University of Technology, e-mail: mkap@pw.plock.pl*

Abstract: Densely situated objects in cities are more often dismantled because of the increase of real estate prices and poor technical conditions of the old buildings. The paper presents problems connected with demolition of such buildings and realization of new ones in their place. Demolition of infill buildings must be preceded by precise identification of their construction and connection to adjoining building. The method of demolition and erection of a new building ought to ensure security of people as well as adjoining buildings. In this paper, specific issues concerned with founding the buildings in frontage development and reconstruction of historic buildings are also presented.

Keywords: building frontage, demolition of buildings, underpinning the foundations, anchoring walls

Problemy rewitalizacji zabytkowych centrów miast

Elżbieta Przesmycka

Wydziałowy Zakład Konstrukcji i Budownictwa Ogólnego, Wydział Architektury, Politechnika
Wrocławska, e-mail: elzbieta.przesmycka@pwr.wroc.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań metod rewitalizacji centrów miast i problemów z tym związanych. Na wybranych przykładach polskich i zagranicznych realizacji z ostatnich kilkunastu lat przybliżono ogólne tendencje panujące obecnie w tym zakresie. Badania przeprowadzono w kontekście wskazań zawartych w kilku najważniejszych europejskich dokumentach związanych z procesami odnowy miast i zrównywania ich szans rozwoju w ramach Unii Europejskiej.

Słowa kluczowe: rewitalizacja, zabytkowe centra miast, architektura, place miejskie

1. Wprowadzenie

Pojęcie rewitalizacji czy odnowy w odniesieniu do miasta, jest pojęciem nadrzędnym w stosunku do takich pojęć jak: rehabilitacja, modernizacja, regeneracja, czy konserwacja, itp. W tym kontekście rewitalizacja łączy w sobie elementy planowania przestrzennego, ochrony dziedzictwa kulturowego i środowiska naturalnego mające na celu poprawę rozwoju gospodarczego i społecznego,

Do działań rewitalizacyjnych zaliczyć należy odbudowę lub przebudowę aktywnych w przeszłości obszarów miejskich (np. centów starych miast), mocno zdekapitalizowanych lub nawet zniszczonych w wyniku działań wojennych, lub powojennych dewastacji i rozbiórek. Ich odbudowa (przebudowa) służy zarówno rewitalizacji tych terenów, jak i całego miasta. Rewitalizacja-odnowa miast to proces wielokierunkowy, rozłożony w czasie. Jego horyzont nie zamyka się w ramach jednej kadencji samorządu - zwykle obejmuje dziesięć do piętnastu lat, a w szczególnych, znanych przypadkach - nawet więcej.

2. Konwencja o ochronie dziedzictwa architektonicznego Europy i Karta Lipska w kontekście zrównoważonego planowania miast

Miasta europejskie stanowią historyczne dziedzictwo poszczególnych państw i jako takie wymagają ochrony zarówno ich założeń urbanistycznych, jak też ich zabudowy. Państwa członkowskie Rady Europy w 1985 roku w Grenadzie podpisały *Konwencję o ochronie dziedzictwa architektonicznego Europy*.¹ [6].

¹ *European Treaty Series (ETS)/Série des traités européens (STE)*, nr 121, 3 października 1985 roku.

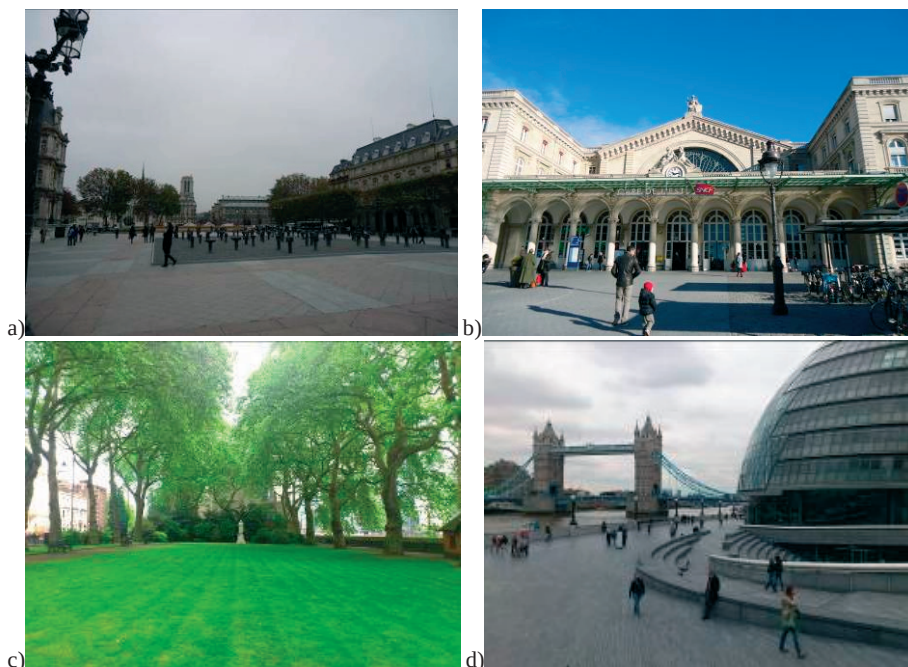
Uwzględnione były w niej poprzednie postanowienia kilku dokumentów : *Europejskiej Konwencji Kulturalnej*, podpisaney w Paryżu 19 grudnia 1954 roku,(Polska przystąpiła do niej w 1989r) a zwłaszcza jej art. 1; *Europejskiej Karty Dziedzictwa Architektonicznego*, przyjętej przez Komitet Ministrów Rady Europy 26 września 1975 roku oraz *Rezolucji nr (76) 28 w sprawie przystosowania prawa do wymogów zintegrowanej ochrony dziedzictwa architektury*, przyjętej 14 kwietnia 1976 roku. *Konwencja* uwzględniała również zalecenie Zgromadzenia Parlamentarnego Rady Europy nr 880 (1979) w sprawie ochrony europejskiego dziedzictwa architektonicznego oraz Zalecenie Komitetu Ministrów (80) 16 w sprawie specjalistycznego szkolenia architektów, urbanistów, inżynierów budowlanych, architektów krajobrazu, a także Zalecenie Komitetu

Sygnatariusze *Konwencji* stwierdzili, że jednym z celów Rady Europy jest ochrona dziedzictwa architektonicznego stanowiącego bogactwo dziedzictwa kulturalnego Europy, bezcennego świadectwa jej przeszłości i stanowiącego wspólne dziedzictwo wszystkich Europejczyków.

Dla celów *Konwencji*, wprowadzono między innymi określenie *Dziedzictwa architektonicznego*, rozumianego jako „*dobra trwale obejmujące: zabytki: wszelkie budowle i obiekty wyróżniające się szczególną wartością historyczną, archeologiczną, artystyczną, naukową, społeczną lub techniczną, w tym zespoły budynków: jednolite zespoły zabudowy miejskiej lub wiejskiej na tyle zwarte, aby tworzyły określoną jednostkę urbanistyczną*”[6].

Zgodnie z Artykułem 3 *Konwencji* każda ze Stron zobowiązała się do wprowadzenia systemu ochrony prawnej dziedzictwa architektonicznego; zadbania i nadzoru i ochrony prawnej dóbr, o których była mowa, w tym *zespołów budynków i terenów*.

Od tego czasu opracowano i uchwalono wiele dokumentów podpisanych przez państwa UE, które miały pomóc we właściwym wprowadzaniu ochrony dziedzictwa historycznego. Wymienić tu należy takie dokumenty jak: *Europejską Konwencję Krajobrazową*, 2000, czy *Europejską Perspektywę Rozwoju Przestrzennego*, 2000² [2][3].



Rys. 1. a - Paryż, przestrzeń publiczna przed Ratuszem, b - Paryż, Plac przed Gare de L'Est po rewitalizacji, c - Londyn, zachowany historyczny skwer w Westminster, d - Londyn nowa realizacja City Hall

Ministrów nr R (81) 13 z dnia 11lipca 1981roku w sprawie działań na rzecz wspomagania zanikających rzemiosł w kontekście działalności artystycznej. Podkreślono znaczenie, jakie odgrywa zachowanie dla przyszłych pokoleń świadectw rozwoju kultury oraz poprawa środowiska miejskiego i wiejskiego. Zwrócono uwagę na to, że zachowanie i wzbogacanie dziedzictwa architektonicznego sprzyja rozwojowi gospodarczemu, społecznemu i kulturalnemu państw i regionów.

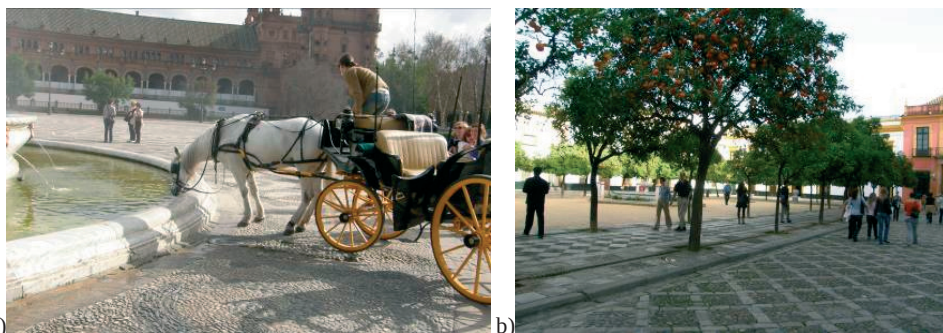
² , *European Landscape Convention*, sporządzona 20 października 2000r we Florencji , ratyfikowana przez Polskę 27 września 2004roku. European Environmental Bureau, Brussels, ESDP *European Spatial Development Perspective, Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the EU*, Potsdam, maj 1999.

W 2007 roku ministrowie państw członkowskich odpowiedzialni za rozwój miast uzgodnili wspólne zasady i strategie polityki rozwoju miejskiego i przyjęli tzw. *Kartę Lipską, na rzecz zrównoważonego rozwoju miast europejskich*. Dokument ten został opracowany mając na uwadze wyzwania i możliwości, a także różnice historyczne, gospodarcze, społeczne i ekologiczne miast europejskich,³. Poprzedzające go bezpośrednio prace w Lille, Rotterdamie i porozumienie z Bristolu, stanowią podstawę dla prac polityków europejskich, którzy mają za zadanie tworzyć politykę architektoniczną Unii otwartą na różnorodne społeczności w aspekcie spójności terytorialnej Unii [4].

Dokument ten przyjmuje za najważniejsze trzy wymiary zrównoważonego rozwoju:

- dobrobyt ekonomiczny,
- równowagę społeczną
- aspekty środowiskowe.

Zgodnie ze Strategią Zrównoważonego Rozwoju Unii Europejskiej, dorobku w zakresie polityki miejskiej (*Urban Acquis*), uznano, że miasta stanowią unikalne wartości kulturowe i architektoniczne. Za istotne uznano utrzymanie równowagi społecznej i ochronę zróżnicowania kulturowego oraz realizację wysokiej jakości w zakresie projektowania, architektury i ochrony środowiska. Zalecenia polityki zintegrowanego rozwoju miast przedstawiono w Agendzie Terytorialnej dla Unii Europejskiej oraz w Karcie Europejskiej „*Network of Vital Cities*” Berlin, 2006 [1]. Stanowią one podstawowy warunek dla wdrożenia Strategii Zrównoważonego Rozwoju UE dla wszystkich miast Unii.



Rys. 2. a, b - Sevilla place publiczne z zachowaną historyczną nawierzchnią i otaczającą zabudową

Miasto (*polis, civitas*) rozumiane jest dziś jako osada ludzka o pewnym stopniu spójności oraz jako złożone układy osadnicze, czy całe regiony miejskie. W projektowaniu miast istotne jest założenie podjęcia takiego zespołu działań politycznych, gospodarczych i społecznych, które pozwolą zaspokoić potrzeby poszczególnych obywateli i społeczności obecnych i przyszłych pokoleń.

Efektem tych działań powinno być tworzenie bezpiecznego środowiska miejskiego: energooszczędnego (samowystarczającego), dostępnego, przyjaznego i właściwie zarządzanego. Zakłada się, że miasta powinny planować i chronić swój ekosystem i dziedzictwo kulturowe.

³ Karta Lipska została przyjęta w czasie spotkania ministrów w sprawie rozwoju miast i spójności terytorialnej w Lipsku, w dniach 24-25 maja 2007 r



Rys. 3. a - Lizbona nowe centrum w historycznej zabudowie poprzemysłowej, b - Cascais nowe centrum w historycznej twierdzy

3. Polska polityka w zakresie planowania miast

Po sześciu latach od przyjęcia karty Lipskiej przyjęto w Polsce *Koncepcję Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030* (KPZK 2030) [5].

Jest to najważniejszy dokument dotyczący ładu przestrzennego Polski. Jego celem strategicznym jest: *efektywne wykorzystanie przestrzeni kraju i jej zróżnicowanych potencjałów rozwojowych do osiągnięcia: konkurencyjności, zwiększenia zatrudnienia i większej sprawności państwa oraz spójności społecznej, gospodarczej i przestrzennej w długim okresie.*

KPZK 2030 kładzie szczególny nacisk na budowanie i utrzymywanie ładu przestrzennego, ponieważ decyduje on o warunkach życia obywateli, funkcjonowaniu gospodarki i pozwala wykorzystywać szanse rozwojowe.

Zgodnie z tym dokumentem, rdzeniem krajowego systemu gospodarczego i ważnym elementem systemu europejskiego staje się układ obszarów funkcjonalnych najważniejszych polskich miast, zintegrowanych w przestrzeni krajowej i międzynarodowej. Jednocześnie na rozwoju największych miast skorzystają mniejsze ośrodki i obszary wiejskie. Dokument ten zakłada, że polityka przestrzenna jest obok polityki społecznej i polityki gospodarczej główną składową polityki rozwoju. Realizując w równej mierze cele ekonomiczne, społeczne i ekologiczne dąży do jak najbardziej racjonalnego gospodarowania przestrzenią.

3.1. Historyczne centra miast w Polsce- stan obecny

Okres ostatnich kilku lat to czas ogromnych zmian w krajobrazie polskich miast, jak też i małych zespołów osadniczych. Miasta duże, o zróżnicowanej funkcji, zmieniają dziś swój charakter. Pozostała zabudowa poprzemysłowa na dużych obszarach zurbanizowanych staje się potencjalnie atrakcyjna dla powstawania nowych centrów handlowo usługowych, najczęściej lokalizowanych poza historycznymi obszarami miast. Historyczne tereny centrów miejskich, głównie rynków i dzielnic śródmiejskich dawniej pełniących funkcje mieszkalne, handlowe i usługowe zaczynają przechodzić transformację zarówno funkcjonalną jak też ekonomiczno-społeczną. Zmienia się struktura zamieszkania i użytkowania. Im bardziej atrakcyjne historycznie, tym bardziej dominującą staje się funkcja administracyjna, kulturowo-edukacyjna czy turystyczna. (Warszawa, Kraków, Wrocław, Lublin, Gdańsk). W dużych zespołach miejskich sposoby rewitalizacji przebiegają najczęściej zgodnie

z wzorami europejskimi. Zarówno kontekst urbanistyczny jak też odnowa tkanki architektonicznej szanuje wartości kulturowe i tożsamość miejsca. Główną rolę w realizacji właściwych rozwiązań projektowych kontrolują właściwe urzędy konserwatorskie. Inna sytuacja jest w większości małych ośrodków osiedleńczych, które posiadają także duży historyczny potencjał kulturowy.



Rys. 4. a - Kraków Plac Szczepański po rewitalizacji, b - Lizbona, Praça Dom Pedro IV

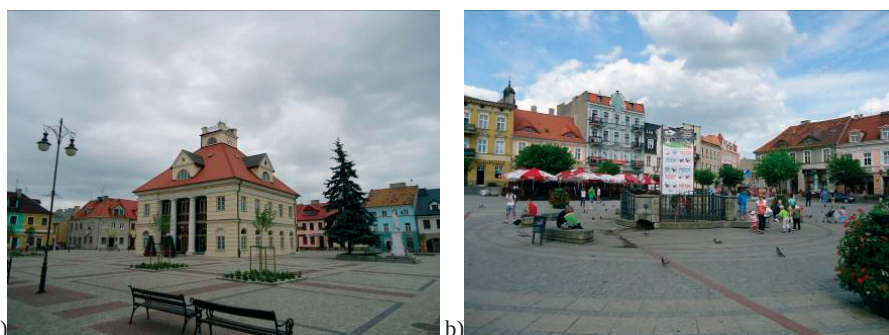
3.2. Procesy rewitalizacyjne centrów małych miast w Polsce

Miasta małe, dawniej ściśle związane z rolnictwem, jego obsługą w zakresie handlu dziś pełnią nieco inną rolę. W dobie powszechnej komunikacji samochodowej, przeobrażeń struktury rolnictwa zanikła funkcja wymiany towarowej. Dawne rynki z tradycyjnymi targami zaczęły się przekształcać w okresie międzywojennym. Wtedy to zgodnie z tworzonymi planami regulacji tworzone nowe przestrzenie przeznaczone dla uciążliwego handlu. Przeznaczano ku temu miejsca najczęściej na obrzeżach. Główny rynek zaczynał pełnić rolę reprezentacyjną, z pomnikami, skwerem obsadzonym zielenią. Ta forma dotrwała do początku lat dziewięćdziesiątych [7].

Okres zmian ustrojowych odbił się znacząco na wyglądzie małych miast. Możliwości dofinansowania w ramach różnych programów unijnych, wyzwolił w miejscowych społecznościach potrzebę zmiany wizerunku własnych miejscowości. Dziś widać już efekty tych działań. Niestety mniej lub bardziej udanych.

Zapotrzebowanie na miejsca spotkań mieszkańców skutkuje wieloma realizacjami nowych rozwiązań przestrzennych.

Rynki zaczynają nabierać innego niż dawniej wyrazu. Wzorami stają się w wielu przypadkach nowe place dużych miast i potrzeby w zakresie unowocześniania sieci drogowej (parkingi, wymiana nawierzchni placów, ronda komunikacyjne, obwodnice itp.).



Rys. 5. Rynki po rewitalizacji, a- Łęczyca, b- Gniezno

Niestety można obserwować brak odniesień do wcześniej przedstawionych tu dokumentów unijnych, które za najważniejszy cel stawiają kompleksowe projektowanie i planowanie z poszanowaniem wartości kulturowych i architektonicznych miejsca. W większości miast dominują projekty wybranych fragmentów przestrzeni miejskich, najczęściej rynków.

Wygląd rynku determinują także, a może przede wszystkim działania własne mieszkańców w procesach unowocześniania własnych domów i ich najbliższego otoczenia, co stanowi o jego współczesnym charakterze. W wielu przypadkach efekty rewitalizacji nie oddają historycznego charakteru miasta i jego kulturowej tożsamości. Króluje bowiem moda na kolorowe tynki, niejednolite pokrycia dachowe z pospolitych materiałów, często o agresywnej kolorystyce i nie naturalnym połysku. Powszechne procesy dociepleń budynków, wymiany stolarki okiennej i drzwiowej odbywają się całkowicie poza jakąkolwiek kontrolą bez poszanowania tradycji miejsca, co jeszcze bardziej wpływa na całkowite zagubienie wartości historycznej tkanki architektonicznej. Zjawisko to nie omija także znaczących dla krajobrazu miejskiego budowli sakralnych i publicznych [8].

3.3. Skala małego miasta a proces rewitalizacji jego centrum.

Niewielkie zespoły osadnicze, jakimi są miasteczka, czy osiedla stanowią wrażliwe na zmiany układy urbanistyczne i w tym kontekście każde działanie przestrzenne może zmienić ich walory historyczne zarówno w sensie pozytywnym jak też odwrotnie.

Kameralna w skali zabudowa większości miasteczek bardzo szybko bywa niszczona. Dotyczy to głównie jeszcze pozostałej historycznej zabudowy drewnianej, która znika z ich krajobrazu, zastępowana zabudową współczesną. Zabudowa kamienna, także charakterystyczna dla niektórych regionów kraju pokrywana zostaje systemami dociepleń zacierającymi jej historyczne walory.

To wszystko jest dopełniane współczesnymi realizacjami projektów nawierzchni ulic, chodników i placów w większości nie nawiązującymi do miejscowego dziedzictwa kulturowego. Rozwiązania drogowe poza dużymi miastami nie respektują charakteru tożsamości miejsca, wprowadzając tanie materiały i technologie budowlane, które w połączeniu z lokalnymi modami preferują niewłaściwą kolorystykę i rozwiązania materiałowe. Dominuje wszechobecna kostka brukowa (szara i brudno-różowa), zaś sama powierzchnia rynków zaczyna być wykładana, na wzór dużych miast, szlachetną kostką granitową. Niestety, jakość materiału jest niska, powierzchnia nierówna, co przy braku fachowców –kamieniarzy daje mierne efekty. Tworzenie nowych przestrzeni brukowanych jest także pretekstem do wycinania drzew, które rosną zazwyczaj tam od kilkudziesięciu lat. Niektórzy konserwatorzy zabytków i miejscowi decydenci są najczęściej za wycinką drzewostanu, odwołując się do dawnej funkcji handlowej rynków, zapominając przy tym, iż czasy dawno się zmieniły i dziś funkcja rynku bywa inna, zbliżona do „wypoczynkowo-towarzyskiej”.



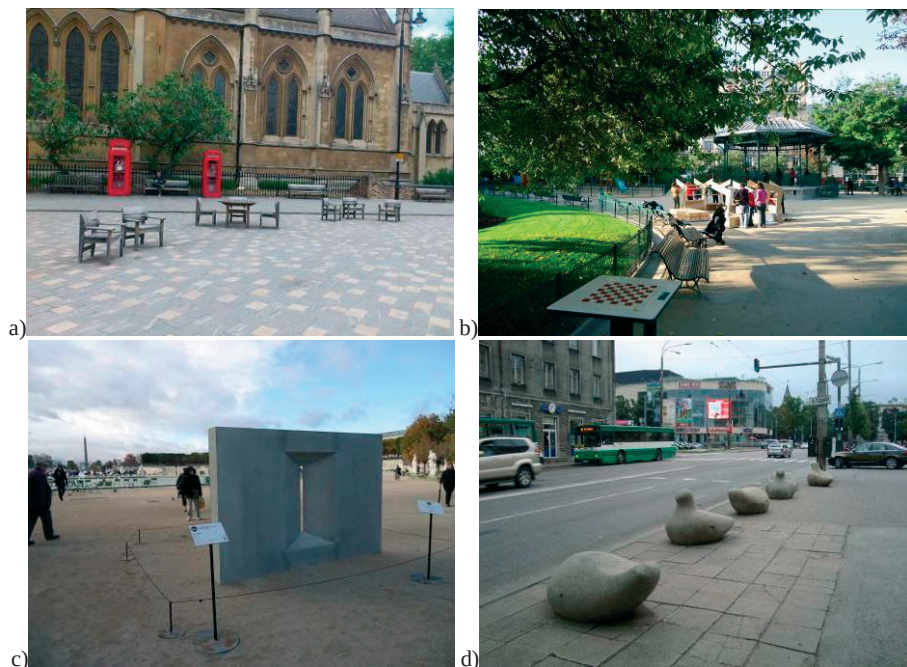
Rys. 5 Centra historycznych małych miast Polski po rewitalizacji a - Opatów, b - Suchowola, c - Międzyrzec, d - Mielec, e - Urzędów, f - Janów Podlaski

4. Sposoby zapobiegania niewłaściwym praktykom rewitalizacji

Badając od kilkunastu lat sposoby rewitalizacji centrów miast w Polsce należy stwierdzić, że brakuje w wielu przypadkach **stosowania zintegrowanej polityki rozwoju miasta**.

Podstawowa zasadą powinno stać się opracowywanie wizji rozwoju miasta przy angażowaniu mieszkańców i zachęcania do aktywnego uczestniczenia w kształtowaniu ich bezpośredniego środowiska życia.

W zakresie polityki zintegrowanego rozwoju miasta powinno się przyjąć strategię działania polegające oprócz modernizacji sieci infrastruktury i podnoszenia wydajności energetycznej tworzenie oraz zapewnianie wysokiej jakości przestrzeni publicznej. Możliwe będzie to przez wprowadzanie wysokiego standardu kultury budownictwa i poprawę jakości środowiska fizycznego, w tym rejonów ubogich w obszarze miasta.



Rys. 6. Przestrzenie publiczne w centrach historycznych a - Londyn, b, c - Paryż, d - Tallin

4.1. Odnowa miast

Podstawowym wektorem zintegrowanych strategii rozwoju miast jest tworzenie harmonii związku społeczności z ich terytorium, która znajduje swój wyraz w kształtowaniu krajobrazu i architektury miast. Pojawiło się pojęcie „odnowa miast”, które to określenie staje się dziś nadrzędne w stosunku do takich pojęć jak: rehabilitacja, czy rewitalizacja.

U podstaw działań zmierzających do poprawy kondycji miast europejskich jest integracja czyli organizacja elementów systemu działających według wspólnych zasad i wykazujących silne poczucie jedności.

Niezmierzalnym staje się dobrze zaprojektowany system komunikacji miejskiej gdzie priorytetem staje się przywracanie centrum miasta pieszym i wprowadzaniu komunikacji rowerowej tworząc strefy ruchu pieszego w centrach miast, łączące się w systemy współczesnej komunikacji miejskiej.

Tworzenie własnego niepowtarzalnego wizerunku miasta respektującego jego dziedzictwo kulturowe można uzupełniać realizacjami kompleksowych projektów architektoniczno-urbanistycznych z użyciem stosownych, także nowoczesnych materiałów i technologii.

Tu należy zwrócić szczególną uwagę na takie kształtowanie budowli zarówno architektonicznych jak i inżynierskich, aby wpisywały się w ideę długotrwałego rozwoju zrównoważonego miasta.

Najważniejszym dla właściwych rozwiązań projektowych staje się czerpanie wzorców z miejscowej architektury, urbanistyki i sztuki budowania, które pomagają określić i zachować tożsamość miejsca.

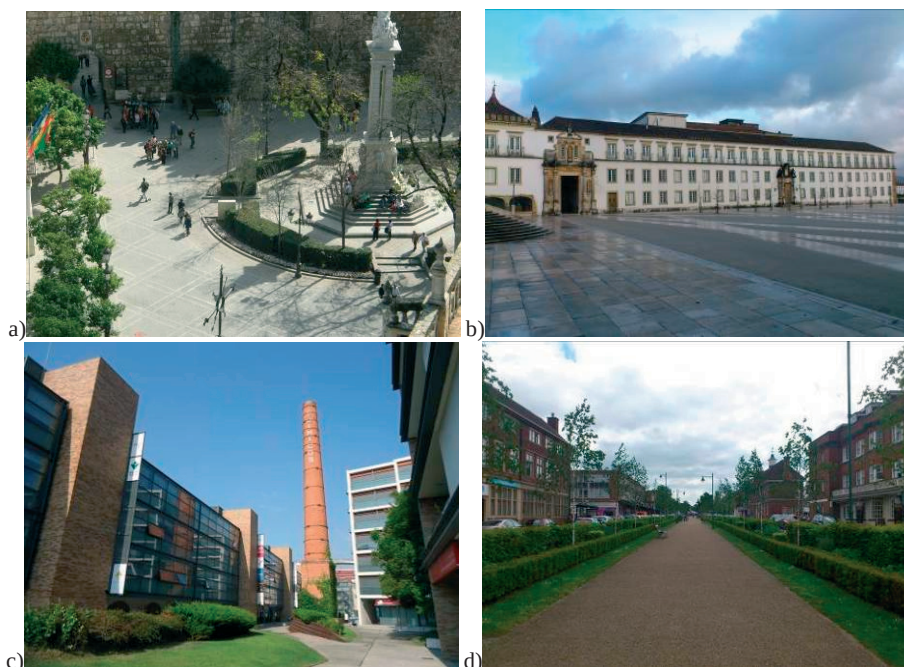
4.2. Jakość przestrzeni publicznej centrów miejskich

Przestrzeń publiczna stanowi ważny element struktury miasta, stanowi zgodnie z definicją „obszar o szczególnym znaczeniu dla zaspokojenia potrzeb mieszkańców,

poprawy jakości ich życia i sprzyjający nawiązywaniu kontaktów społecznych (...)” - ustawa z dn. 27 marca 2003r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. Nr 80, poz. 717 z późn. zm.). W Polsce do dziś nie istnieje jeszcze krajowa polityka architektoniczna, zaś proces budowlany regulowany jest tylko przepisami prawa budowlanego.

W Europie zwraca się wielką uwagę na podkreślanie lokalnego „swojskiego” charakteru danego terenu w celu utrzymania i podkreślenia indywidualnej tożsamości miejsca. Charakter lokalny obiektu rozpatrywany jest dziś pod względem ekonomicznym co oznacza, że obiekt powinien być wykonany z lokalnych materiałów budowlanych i powinien dawać się ewentualnie łatwo usunąć.

Dla środowiska oznacza to używanie miejscowych technologii tradycyjnych oraz lokalnych materiałów, co równocześnie ułatwia konserwowanie istniejących obiektów. Dotyczy to w szczególności historycznych dzielnic miast i ich zabudowy. W realizacjach europejskich można znaleźć wiele tego typu dobrych realizacji.



Rys. 7. Rewitalizacja przestrzeni publicznych a - Sevilla, b - Coimbra, c - Lizbona, d - Letchworth

4.3. Adaptowalność przestrzeni i zabudowy

Ostatnie zmiany zachodzące w funkcjonowaniu zespołów osadniczych, ich częstych zmianach zwróciły uwagę na problem adaptowalności, co oznacza, że przyjęte rozwiązanie projektowe powinno gwarantować możliwość wymiany funkcji w zależności od potrzeb obecnych i przyszłych użytkowników, przy zachowaniu lokalnego charakteru.

Pod względem socjalnym należy umożliwiać różnorodne wykorzystanie przestrzeni publicznej, a zachęcanie do uprawy i pielęgnacji zieleni powinno wpłynąć na ograniczenie wandalizmu. Szczególną wagę przywiązuje się dziś do historycznych technologii wznoszenia i utrzymania ich znajomości przez specjalistów przekazujących swą wiedzę z pokolenia na pokolenie oraz stosowania takich samych jak kiedyś materiałów lokalnych. Nie przeszkadza to równolegle wprowadzaniu atrakcyjnych nowych rozwiązań architektonicz-

nych przy zastosowaniu nowych technologii wznoszenia, ale wykorzystujących także tradycyjne materiały.

W zakresie polityki zintegrowanego rozwoju miasta i przestrzeni miejskich wprowadzanie nowych budowli może wzmocnić identyfikację mieszkańców z regionem i w ten sposób zwiększyć jego atrakcyjność. Zacieranie granic między przestrzenią publiczną a prywatną poprzez umiejętne łączenie nawierzchni, trotuarów, jezdni tak, aby spełniając swoje funkcje komunikacyjne jednocześnie stawały się częścią obiektów architektonicznych zachęca użytkowników do korzystania z nich. To samo dotyczy ich wyposażenia i infrastruktury, które tworzą dzieła na pograniczu architektury i architektury krajobrazu.

4.4. Wartość miasta w kontekście rewitalizacji centów historycznych

Maksymalizacja wartości miasta i jego nieruchomości dokonuje się przede wszystkim poprzez kreowanie wysokiej jakości przestrzeni publicznych, co najczęściej ma miejsce w historycznych jego centrach. Stąd podstawą powinno być kompleksowe planowanie miejscowe oraz projektowanie urbanistyczne przestrzeni publicznych w oparciu o wyniki konkursów urbanistycznych i architektonicznych oraz społeczna partycypacja w tworzeniu narzędzi kształtowania i gospodarowania przestrzenią publiczną. Ochrona dziedzictwa kulturowego rewitalizowanej przestrzeni historycznej nie powinna uniemożliwiać tworzenia nowej przestrzeni publicznej.

Zgodnie z założeniami Nowej Karty Ateńskiej⁴ w celu wzmocnienia miejskiego wymiaru Strategii Zrównoważonego Rozwoju Unii Europejskiej, Strategii Lizbońskiej oraz Europejskiej Strategii Zatrudnienia zakłada się, że w XXI wieku Europa będzie zdecydowanie zmierzać w kierunku integracji.

Zakłada się, że w Europie powstaną sieci miast, które zachowują bogactwo i zróżnicowanie kulturowe wynikające z ich długiej historii i umiejętnie połączą swą teraźniejszość i przyszłość z przeszłością przez co przyczynią się w decydującym stopniu do dobrobytu i wygodnego życia ich mieszkańców; łącząc harmonijnie środowisko zurbanizowane ze środowiskiem przyrodniczym [9].

W wielu dokumentach podkreśla się, że wymaga to zaangażowania wielodyscyplinarnych zespołów w długotrwałe procesy planistyczne prowadzone w różnych skalach, mające na celu zachowanie spójności miasta.

Można obecnie zauważyć, że przyszłymi użytkownikami miast Europy będą nie tylko ich mieszkańcy, ale również dojeżdżający regularnie lub okresowo do pracy lub w innych celach. Europejskie miasta stają się coraz bardziej wielokulturowe i wielojęzyczne w wyniku narastających tendencji do unifikacji Europy, która będzie miała powolny wpływ na mobilność ludności i miejsca poszukiwania pracy. Zjawiska te wymagać będą utrzymywania równowagi i wzajemnych przystosowań, tak aby mieszkańcy miasta zachowując swą kulturową tożsamość i dziedzictwo zachęcali przybyszów do kultywowania ich cech społecznych i kulturowych, a także aby obie strony uczestniczyły we właściwych proporcjach w rozstrzyganiu problemów dotyczących ich społecznego i fizycznego otoczenia.

Przestrzeganie zasad zrównoważonego rozwoju, integrującego w sobie wymiar ekonomiczny, społeczny i ekologiczny zachodzących zmian oraz opartego na szerokim współuczestnictwie wszystkich grup społecznych.

Zmieniające się proporcje pomiędzy poszczególnymi grupami wieku w starzejącej się populacji Europy, wymagają przywrócenia spójności i więzi pomiędzy różnymi generacjami ludności miasta.

⁴ W 1998 r. ERU opublikowała Nową Kartę Ateńską: Kartę Miast Europejskich w XXI wieku. The New Charter of Athens: Alinea, Firenze, a w 2003 jej aktualizację.

Przy opracowywaniu koncepcji, sposobu użytkowania i lokalizacji miejsc i obiektów o charakterze publicznym, należy mieć na uwadze potrzeby wszystkich grup wieku, utrzymywania ich wzajemnych kontaktów i aktywności, a zwłaszcza specyficzne reakcje i rytm życia emerytów i ludzi w podeszłym wieku. Indywidualna tożsamość mieszkańców jest ściśle związana z tożsamością ich miasta.

Karta Ateńska z 2003 roku podkreśla iż Dynamika rozwoju spójnego miasta, wynikająca z imigracji do miast, wpłynie znacząco na rozwój nowej i silniejszej tożsamości miejskiej. A każde miasto rozwine swój własny „mieszany” charakter społeczny i kulturowy, wynikający zarówno z jego historii jak i zachodzących nowych zdarzeń. Pozwoli to na utrzymanie różnorodność charakteru i tożsamości miast i regionów w różnych częściach Europy.

Karta zakłada także iż w miastach XXI wieku dbać się będzie o zapewnienie wszystkim bliskiego sąsiedztwa miejsc zamieszkania i miejsc pracy, a także kontaktu ze starannie utrzymywanymi elementami kulturowego i przyrodniczego dziedzictwa, takimi jak: urokliwe krajobrazy, wykopaliska archeologiczne i inne zabytki, tradycyjne osiedla, parki, skwery, rezerwaty przyrody oraz różnego rodzaju tereny otwarte, rolnicze i powierzchnie wodne [4][9].



Rys. 8. Lizbona, kompleksowe rewitalizacje miejskich przestrzeni historycznych dzielnic a - Bairro Arco de Cego de Lisboa, b - Belém

5. Podsumowanie

Należy pamiętać, że zrównoważone planowanie miast łączy w sobie elementy planowania przestrzennego, rozwoju gospodarczego i społecznego, ochrony środowiska naturalnego i dziedzictwa kulturowego. Ten wielokierunkowy proces nie zamyka się w ramach jednej kadencji rządzących, ale zwykle obejmuje okres co najmniej kilkunastu lat, gdzie rewitalizacja centrów miejskich najczęściej rozpoczyna dalsze działania odnowy miejskiej. Analizując efekty działań rewitalizacyjnych w Polsce na tle innych krajów Unii Europejskiej można przyjąć, że problemy rewitalizacji centrów historycznych miast można rozwiązać przede wszystkim poprzez odrodzenie projektowania urbanistycznego, które będzie chronić i wzbogacać ulice, place, bulwary i trakty spacerowe jako podstawowe elementy zespalaające miasto.

Za najważniejszą należy uznać rehabilitację tych fragmentów tkanki miasta, które uległy degradacji lub były zaplanowane w oderwaniu od potrzeb człowieka. Także podejmowanie działań ułatwiających osobiste kontakty mieszkańców oraz zwiększające im możliwości rekreacji i rozrywki, przy zapewnieniu poczucia bezpieczeństwa powinno stanowić podstawowy cel rewitalizacji.

Paradygmatem decydującym o skuteczności rewitalizacji historycznych centrów miejskich niezależnie od wielkości i skali miasta powinna być troska o zachowanie piękna i wysoki poziom estetyczny wszystkich fragmentów miasta.

Fotografie zamieszczone w tekście wykonała autorka.

Literatura

- 1 European Charter "Network of Vital Cities".
www.dssw.de/fileadmin/repository_redakteure/downloads/Service/VITAL_CITIES_Charta_mit_14_Unterschriften_vom_12052006.pdf?PHPSESSID=3229e4ecb06de92a68b327ae20495d7a, dost. 20.05.2014.
- 2 European Landscape Convention, 2000, European Environmental Bureau, Brussels,
www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/heritage/landscape/TFLOR-2007-7rev-Synoptic_bil.pdf, dost. 20.05.2014.
- 3 European Spatial Development Perspective, Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the EU, European Commission, Luxembourg 1999,
www.ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_en.pdf, dost. 20.05.2014.
- 4 Karta Lipska na rzecz zrównoważonych Miast, 2007
www.mir.gov.pl/rozwoj/Politykamiastr/miast/KartaLipska.aspx, dost. 20.05.2014.
- 5 Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (KPZK 2030),
www.mir.gov.pl/rozwoj_regionalny/polityka_przestrzenna/kpzk/aktualnosci/documents/kpzk2030.pdf, dost. 20.05.2014.
- 6 Konwencja o ochronie dziedzictwa architektonicznego Europy, European Treaty Series (ETS)/Série des traités européens (STE), nr 121,
www.nid.pl/upload/iblock/621/6219bf31b7025833330c1c4182cd5215.pdf, dost. 20.05.2014.
- 7 Przesmycka E. Przeobrażenia zabudowy i krajobrazu miasteczek Lubelszczyzny, Lublin 2001.
- 8 Przesmycka E. Rynki małych miast Polski południowo-wschodniej wczoraj i dziś, architektura Krajobrazu, Wrocław, 2009, nr 2, s. 48-52.
- 9 The New Charter of Athens 2003: The European Council of Town Planners' Vision for Cities in the 21st Century, European Council of Town Planners/Conseil Européen des Urbanistes, Alinea Editrice, 2003.

Revitalization problems of historic city centers

Elżbieta Przesmycka

Department of Construction and Civil Engineering, Faculty of Architecture, Wrocław University of Technology, e-mail: elzbieta.przesmycka@pwr.wroc.pl

Abstract: The article presents the results of studies on methods of revitalization of city centers and problems related to them. The chosen Polish and foreign examples of realizations in this area of the last dozen years bring closer the general tendency in current trends. The research was conducted within the context of indication in several most important European documents related to the processes of urban renewal and equating their opportunities for development within the European Union.

Keywords: revitalization, historical cities centers, architecture, public spaces

Głębokie wykopy w miastach

Anna Siemińska-Lewandowska

*Instytut Dróg i Mostów, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska,
e-mail: a.lewandowska @il.pw.edu.pl*

Streszczenie: W referacie omówiono zagadnienia budowy głębokich wykopów na terenach miejskich, silnie zurbanizowanych. Podano rodzaje najczęściej stosowanych obudów głębokich wykopów z podziałem wg kryterium oddziaływania na otoczenie na sztywne i podatne. Przedstawiono metody budowy głębokich podziemi budynków oraz obiektów infrastruktury komunikacyjnej w aspekcie bezpieczeństwa robót i wpływu na sąsiednie budynki, powierzchnię terenu i środowisko. Przedstawiono przykłady wzajemnego wpływu konstrukcji budowanych w głębokich wykopach i istniejącej podziemnej i naziemnej infrastruktury miejskiej.

Słowa kluczowe: głębokie wykopy, obudowa, metody wykonania, przemieszczenia, oddziaływanie

1. Wprowadzenie

Projektowanie i budowa głębokich wykopów są obecnie w Polsce, ale też i na świecie, nieodłącznym elementem budownictwa na terenach zurbanizowanych, gdzie brak miejsca na powierzchni terenu zmusza inwestorów do poszukiwania powierzchni biurowych czy mieszkalnych w coraz wyższych budynkach z coraz głębszymi kondygnacjami podziemnymi. W śródmiejskich i zabytkowych dzielnicach miast często buduje się tzw. „plomby” w miejscach zrujnowanych podczas wojny kamienic lub wewnątrz zachowanych ze względów konserwatorskich elewacji.

Rozwój miejskiej komunikacji zbiorowej polegającej głównie na transporcie szynowym (metro, pre-metro, tramwaje, szybka kolej miejska) wiąże się z budową w centrum miast linii podziemnych z dużymi stacjami przesiadkowymi, które są wielogabarytowymi obiektami podziemnymi. Tunele szlakowe najczęściej ze względu na zabudowę miejską wykonuje się metodami zmechanizowanymi (tarczami); stacje najczęściej powstają w wykopach szerokoprzestrzennych, których głębokość np. obecnie w Warszawie wynosi ponad 30 m.

Wykorzystywanie maszyn TBM do drążenia tuneli komunikacyjnych i technicznych wymaga budowy szybów – komór startowych i odbiorczych, mających głębokość sięgającą nierzadko kilkudziesięciu metrów i znaczne wymiary w planie.

Rozwój i urbanizacja miasta to także rozbudowa sieci kanalizacyjnej i wodociągowej oraz konieczność odprowadzania ścieków poprzez system tuneli kanalizacyjnych do oczyszczalni położonych najczęściej na peryferiach miasta. Budowa lub unowocześnianie podziemnej infrastruktury technicznej wiąże się z wykonywaniem, co prawda wąskich, ale na ogół głębokich wykopów liniowych bezpośrednio pod ulicami, w tzw. żywej tkance miejskiej.

Proces deglomeracji, czyli tendencja do opuszczania centrum miasta i zamieszkania w suburbiach wywołuje problem dużego dziennego napływu do śródmiejskich dzielnic

biurowych samochodów, które powinny znaleźć miejsca na podziemnych parkingach. Warszawa i inne polskie miasta cierpią na chroniczny brak miejsc parkingowych zarówno na powierzchni terenu jak i pod nią. W miastach Europy Zachodniej czy Dalekiego Wschodu budowa podziemnych garaży połączonych często z centrami handlowymi czy dworcami jest standardem, świadczącym o wysokiej jakości życia. Jest to również w powiązaniu z podziemnymi przejściami dla pieszych sposób na chronienie się przed zimą (Finlandia – Helsinki, Norwegia – Oslo) lub upałem i deszczem w tropikach (Singapur, Hong-Kong). Podziemne, wielokondygnacyjne garaże i tunele dla pieszych buduje się w głębokich wykopach.

W każdym z podanych wyżej przykładów wykonywania głębokich wykopów na terenie zurbanizowanym, powstająca wykopie konstrukcja podziemna a później część nadziemna obiektu, często styka się z istniejącą zabudową, nierzadko zabytkową, lub znajduje się w bliskiej odległości od eksploatowanych tuneli metra, drogowych czy kolejowych. To wpływa na dobór rodzaju obudowy i sposób wykonywania konstrukcji. Podstawowym kryterium projektowania konstrukcji w głębokich wykopach jest bezpieczeństwo robót i ograniczenie niekorzystnego oddziaływania na sąsiadujące z wykopem obiekty oraz na środowisko. Jak wspomniano powyżej bezpieczeństwo konstrukcji i prac budowlanych wynika z przyjętej w projekcie metody budowy części podziemnej oraz z rodzaju zastosowanej obudowy wykopu. Teoretyczna prognoza przemieszczeń obudowy wykopu i sąsiadów umożliwia ocenę ewentualnych zagrożeń oraz kontrolę, dzięki monitorowaniu konstrukcji, poprawności i jakości prowadzonych prac i przyjętych założeń projektowych.

Odrębnym zagadnieniem jest dostosowanie przyjętej metody budowy do udokumentowanych odpowiednim rozpoznaniem warunków geologicznych, geotechnicznych i hydrologicznych w podłożu budowanego obiektu a także w strefie jego oddziaływania. Głębokie wykopy, w myśl normy Eurokod 7, zaliczane są do tzw. drugiej a często nawet do trzeciej kategorii geotechnicznej. Oznacza to konieczność wykonania na potrzeby projektu budowlanego dokumentacji geologiczno – inżynierskiej oraz wyznaczenie wartości parametrów podłoża (szczególnie mechanicznych) badaniami in-situ oraz laboratoryjnymi. Niezbędne jest również opracowanie opinii środowiskowej i zatwierdzenie jej przez odpowiednie organy administracji państwowej oraz załączenie do projektu budowlanego projektu monitorowania konstrukcji wykopu i obiektów do niego przyległych.

Na koniec, wybór rodzaju obudowy i metod wykonania głębokiego wykopu powinien uwzględniać też aspekty ekonomiczne oraz analizę ryzyka.

2. Rodzaje obudów głębokiego wykopu

Ze względu na kryterium minimalizacji przemieszczeń podłoża i ściany wykopu, obudowy można podzielić na sztywne, gwarantujące ograniczenie oddziaływania na sąsiadów oraz podatne, które można stosować tam, gdzie deformacje terenu są akceptowalne. Obudowy podatne to:

- ściana berlińska,
- ściana z grodzic stalowych nazywana ścianką szczelną,
- ściany gwoździowane.

Do obudów sztywnych zalicza się:

- ściany szczelinowe formowane w gruncie lub prefabrykowane,
- palisady z pali CFA oraz mikropali,
- ściany z kolumn formowanych iniekcją strumieniową popularnie nazywaną technologią „jet grouting”

Stateczność obudowy wykopu może być zapewniona przez stalowe rozpory (poziome lub zastrzały), kotwy gruntowe, przypory z gruntu rodzimego oraz stropy lub fragmenty stropów kondygnacji podziemnych gdy obudowę wykopu wykonuje się w technologii ścian szczelinowych.

Każdy z systemów rozparcia, podobnie jak zastosowany typ obudowy ściany wykopu, w mniejszym lub większym stopniu wpływa na wartości pionowych i poziomych przemieszczeń wokół wykopu.

Przy wyborze rodzaju obudowy uwzględniane są następujące czynniki:

- warunki geotechniczne oraz poziom wody gruntowej,
- głębokość wykopu i jego położenie w stosunku do istniejących obiektów naziemnych i podziemnych,
- rodzaj zabudowy sąsiadującej z wykopem,
- metody budowy części podziemnej obiektu powstającego w wykopie,
- uwarunkowania środowiskowe,
- specjalne wymagania narzucone przez właścicieli obiektów sąsiednich.

Konstrukcja i sposób wykonania każdej z podanych wyżej rodzajów obudów są powszechnie znane i zostały szczegółowo opisane w wielu publikacjach takich jak: [1], [2], [3], [4], [5]. Na świecie najczęściej stosowanymi obudowami wykopów są palisady, w kraju ściany szczelinowe, a w następnej kolejności ścianki szczelne i ściana berlińska. W niniejszym referacie omówiono możliwości ich stosowania i konsekwencji przyjętego rozwiązania przy budowie głębokiego wykopu w zwartej zabudowie miejskiej.

2.1. Ściana berlińska

Ściana berlińska została opatentowana w latach 20. XX wieku jako element metody odkrywkowej budowy tuneli, którą stosowano do budowy linii metra w Berlinie. Jest to obudowa tymczasowa, stosunkowo wiotka, składająca się ze stalowych słupów osadzanych w gruncie i poziomej opinki. Opinka zabezpiecza ściany wykopu i umożliwia przeniesienie obciążenia parciem gruntu na pionowe elementy stalowe. Na ogół stosuje się opinkę drewnianą (deski, kantówka, półokrągłaki), rzadziej stalową; w krajach Europy zachodniej - beton natryskowy zbrojony siatką, co jest rozwiązaniem najbardziej kosztownym. Słupy stalowe to zazwyczaj dwuteowniki HEB – zwykle wysokości od 240 do 500 mm, profile IPE (dwuteowniki o pocienianych środnikach) o wysokości od 240 do 500 mm lub dwa ceowniki 300mm do 400 mm.

Obudowę berlińską wykonuje się sukcesywnie, w miarę postępu robót ziemnych. Ze względu na hałas i drgania nie dopuszcza się, aby na terenie miejskim słupy były wbijane. Dlatego stosuje się osadzanie słupów w wierconym otworze wypełnionym zawieszoną samotwardniejącą (mieszanina wody, ilu i cementu o wytrzymałości 1 do 2 MPa), a po zainstalowaniu słupa otwór na długości poniżej dna wykopu wypełnia się betonem. W miarę pogłębiania wykopu montuje się opinkę między półkami dwuteowników lub ceowników. Wysokość montowanego jednorazowo pasa opinki zależy od rodzaju gruntu (w sybkich piaskach może to być ok. 0,5 m zaś w gruntach spoistych, zwartych, np. glinach, ilach nawet do 1,5 m). Wysokość ta zależy również od obciążenia ściany i sytuacji na powierzchni terenu w sąsiedztwie wykopu. Wykop, w zależności od jego głębokości docelowej i szerokości rozpiera się kształtownikami stalowymi, rurami lub przy dużych szerokościach (powyżej 22 m) kotwami gruntowymi. Przy sprzyjających warunkach geotechnicznych wykopy w obudowie berlińskiej wykonywano do głębokości 24 m i 28 m [3]. W Warszawie na ogół głębokość ta wynosi od 10 m do 12 m. Przekrój wykopu na I linii metra w Warszawie budowanego w obudowie ze ścianie berlińskiej pokazano na rys. 1, a widok



Rys. 3. Wykop w obudowie berlińskiej – wyjście ze stacji metra w Warszawie [fot. autor]

Podjmując decyzję o wyborze ściany berlińskiej jako obudowy wykopu należy zwrócić uwagę na konieczność wykonania odwodnienia terenu, jeżeli poziom wody gruntowej znajduje się powyżej dna projektowanego wykopu; należy ocenić czy warunki geotechniczne umożliwiają wykonanie studni głębinowych i wytworzenie leja depresji. Jeżeli zasięg leja depresji będzie wykraczał poza granice własności terenu, wówczas należy wykonać operat i uzyskać pozwolenie wodno – prawne. Konieczne jest też opracowanie opinii środowiskowej oceniającej jak odwadnianie terenu wpłynie na osiadania sąsiednich obiektów – budynków i podziemnej infrastruktury oraz na roślinność. Po zakończeniu robót w głębokim wykopie i wybudowaniu części podziemnej fragmenty ściany berlińskiej (słupy zabetonowane w dnie wykopu i opinka) zostają w gruncie, o czym nie zawsze pamiętają właściciele sąsiednich posesji. Przy kolejnych pracach budowlanych w głębokim wykopie sąsiadującym z wybudowanym w obudowie berlińskiej obiektem, trzeba będzie te elementy usunąć (dodatkowe prace i dodatkowy koszt), a na ogół nie jest to uwzględniane np. w kosztorysie inwestorskim. Wykonując analizę oddziaływania wykopu na otoczenie np. metodą elementów skończonych trzeba te pozostałości uwzględnić w siatce modelu.

2.2. Ściana z grodzic stalowych – ścianka szczelna

Przez wiele lat uważano, że w terenie gęsto zabudowanym, ścianka szczelna nie może być stosowana jako obudowa głębokiego wykopu z uwagi na zagrożenie bezpieczeństwa przyległych budynków, gdyż jest konstrukcją wiotką i wymaga rozpierania lub kotwienia na wielu poziomach. Obecnie, szczególnie na południu Polski, ściana z grodzic stalowych jest powszechnie wykorzystywana jako obudowa wykopów o głębokości sięgającej kilkunastu metrów. Jedyny warunek technologiczny to stosowanie urządzeń do wciskania brusów, tak aby ograniczyć negatywny wpływ instalacji ściany zarówno na grunt (drżania i wibracje powodują rozluźnienie gruntów niespoistych) jak i na obiekty. W celu zwiększenia sztywności obudowy można też stosować technologię mieszaną polegającą na pograżeniu grodzic w wykopie szczelinowym wypełnionym wypełniwą iłowo-cementową, tworząc w ten sposób rodzaj konstrukcji zespolonej. Grodzice stosowane jako obudowy klasyfikuje się wg kształtu przekroju poprzecznego oraz typu zamków [6]. Najbardziej powszechne kształty to grodzice korytkowe w kształcie litery U, Z, grodzice skrzynkowe z profili dwuteowych i w literę H oraz grodzice płaskie i rurowe. Po osadzeniu brusów, wykop w miarę głębienia rozpiera się kotwami gruntowymi lub stalowymi rozporami. Szczegółowe dane dotyczące techniki wykonania ścianki szczelnej, elementów projektowania i wymagań technicznych znajdują się w normie [7].

Obudowa głębokiego wykopu wykonana w technologii ścianki szczelnej jest ekonomicznie uzasadniona w gruntach nawodnionych. Dzięki zagłębieniu brusów w warstwy nieprzepuszczalne można znacznie ograniczyć zakres odwodnienia i objętości wody zrzucanej do sieci, co daje wymierne oszczędności. Nie ma potrzeby uzyskiwania dodatkowych zezwoleń, dzięki czemu skraca się czas oczekiwania na decyzje administracyjne. Obudowa z brusów jest obudową traconą, ale dzięki temu staje się ona rusztowaniem do szalunków zewnętrznych ścian podziemia. Dlatego między innymi, z uwagi na koszty, obudowy wykopów w technologii ścianki szczelnej mogą być konkurencyjne cenowo w stosunku do ścian szczelinowych o grubości 80 cm i więcej.

W przypadku budowy głębokiego wykopu w obudowie ze ścianki szczelnej na terenie o zwartej zabudowie miejskiej szczególną uwagę należy zwrócić na monitorowanie konstrukcji wykopu i sąsiednich obiektów i np. w ścianie instalować rurki do pomiarów inklinometrami. Dzięki nim możliwa jest stała obserwacja przemieszczeń poziomych obudowy wykopu, terenu i przyległych budynków i ewentualna szybka reakcja, w przypadku przekroczenia alarmowych progów wartości przemieszczeń. Na rys. 4 pokazano wykop o głębokości 14 m wykonany w obudowie z grodzic stalowych. Stateczność ściany wykopu zapewnia jeden rząd kotew gruntowych tymczasowych zainstalowanych na oczepach, a w dolnej części ściany kotwy trwałe wykonane bezpośrednio w grodzicy. Szalowanie ścian jest mocowane do grodzic. W narożach zainstalowano rozpory stalowe rurowe. Wykop ten był przez cały okres budowy monitorowany. Przemieszczenia poziome obudowy mierzono za pomocą inklinometrów a sąsiednie obiekty i powierzchnię terenu obserwowano metodami geodezyjnymi.



Rys. 4. Wykop w terenie zabudowanym w obudowie z grodzic stalowych – [fot. AARSLEF]

2.3. Ściana szczelinowa

Technologia wykonywania ścian szczelinowych jest szczegółowo opisana w publikacjach [2], [5], [8], [9] oraz w normie [10]. Ściana szczelinowa wylewana w gruncie, którą wykonuje się sekcjami o długości od około 3 m do 6 m jest obudową wykopu zapewniającą znacznie większe ograniczenie przemieszczeń aniżeli opisane powyżej obudowy wykopu-ściany berlińska i szczelna. Ściany szczelinowe najczęściej mają grubość 60 cm, 80 cm oraz 100 cm (na budowie metra w Warszawie nawet 120 cm) i są jednocześnie elementem konstrukcyjnym podziemnej części obiektu (tunelu, stacji metra, podziemnego parkingu).

Podczas głębienia wykopu ściany te są rozpięte stalowymi rozporami, kotwami gruntowymi oraz, co było niemożliwe w przypadku stosowania obudów wiotkich, stropami lub fragmentami stropów podziemnych kondygnacji. Ten ostatni sposób budowy części podziemnej obiektu nazywany metodą stropową lub półstropową gwarantuje bezpieczeństwo robót podziemnych oraz ogranicza wpływ wykopu na zabudowę sąsiednią. Głębokość ściany szczelinowej wynika z obliczeń statycznych obudowy wykopu i wynosi na ogół od 15 m do 30 m, dla różnych głębokości wykonywanego pod ich osłoną wykopu. Zdarza się jednak często, że projektant części podziemnej wraz z wykonawcą decydują wspólnie o takim wydłużeniu ścian szczelinowych, aby zagłębić je w warstwie gruntu nieprzepuszczalnego. Dzięki temu ogranicza się zakres odwadniania terenu tylko do obszaru wykopu, co jak już wspomniano powyżej nie wymaga odpowiednich pozwoleń wodno-prawnych. Wówczas głębokość ścian szczelinowych może wynosić nawet ponad 50 m, tak jak to ma miejsce na stacjach Rondo ONZ i Świętokrzyska na budowanej II linii metra w Warszawie. Należy jednak mieć świadomość, że decyzja o pogłębianiu ścian do warstwy gruntów nieprzepuszczalnych powinna być poprzedzona starannym rozpoznaniem geotechnicznym. Może się zdarzyć, że mimo iż na przekrojach geologiczno – inżynierskich występują na wymaganych głębokościach np. warstwy ilów, w rzeczywistości układ warstw jest inny. Grozi to utratą stateczności dna wykopu, dużym napływem wód gruntowych do głębionego wykopu i w konsekwencji awariami w sąsiedztwie, na powierzchni terenu. Taka sytuacja wydarzyła się w październiku 2012 r na budowie II linii metra.

Mimo wieloletniego doświadczenia budując ściany szczelinowe w odległości nierzadko kilkunastu centymetrów od istniejących fundamentów budynków, należy zwrócić uwagę na fazę głębienia szczeliny w osłonie cieczy stabilizującej (zawiesiny ilowej) i na etapowanie prac w wykopie. Jak dowodzą dane z pomiarów przemieszczeń [11] pierwsze, znaczące osiadania powierzchni terenu w sąsiedztwie budowanej ściany szczelinowej pojawiają się gdy wykop szczelinowy jest wykonany do pełnej wymaganej w projekcie głębokości, a jego stateczność zapewnia zawiesina ilowa, która dzięki zjawisku tiksotropii tworzy żel o niewielkiej wytrzymałości strukturalnej. Jak wspomniano powyżej, ściany wykonuje się sekcjami o długości około 6 m. Jeżeli w bezpośrednim sąsiedztwie wykopu znajduje się budynek – zabytkowy lub w złym stanie technicznym, projektant obudowy wykopu stawia warunek, aby długość jednej sekcji ściany szczelinowej nie była większa niż tzw. jeden zabiór chwytaka koparki tzn. około 2,9 m. Wymaga się również, aby czas jaki upływa między zakończeniem głębienia szczeliny a rozpoczęciem betonowania sekcji (po wstawieniu szkieletu zbrojeniowego) metodą betonowania podwodnego był możliwie jak najkrótszy. Etapowanie robót w wykopie w decydujący sposób wpływa na przemieszczenia ściany wykopu oraz otoczenia. Wykonywane w kraju pomiary dowiodły [12], że największe poziome przemieszczenia ściany szczelinowej pojawiają się gdy ściana jest wspornikiem. Oznacza to, że jeżeli dąży się do ograniczenia oddziaływania wykopu na otoczenie, należy możliwie szybko podeprzeć ścianę w poziomie terenu wykonując np. strop poziomu „0”. Kolejne punkty podparcia (stropami lub rozporami czy kotwami) i fazowanie robót ziemnych znajduje odzwierciedlenie w obliczeniach statycznych obudowy wykopu. W projekcie budowlanym obudowy wykopu należy oprócz wyliczonych wartości momentów zginających i sił porzeczych określić przemieszczenia poziome obudowy w każdej fazie realizacji tzn. zarówno podczas głębienia wykopu jak też i wznoszenia konstrukcji. Często o wymiarowaniu obudowy wykopu decyduje faza wznoszenia wewnętrznej konstrukcji.

Technika wykonywania ścian szczelinowych jest w Polsce znana od lat 70 tych. Obecnie istnieje wiele specjalistycznych firm wykonawczych, które opanowały tę

technologię na poziomie światowym. Ze względu na to, że jest to obudowa sztywna, nie wymagająca przy sprzyjających warunkach zewnętrznego odwodnienia terenu, jest to technologia stosowana w Polsce powszechnie jako obudowa wykopu na terenie miejskim.

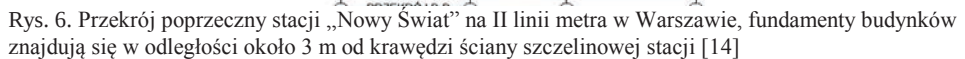
3. Metody budowy głębokich wykopów

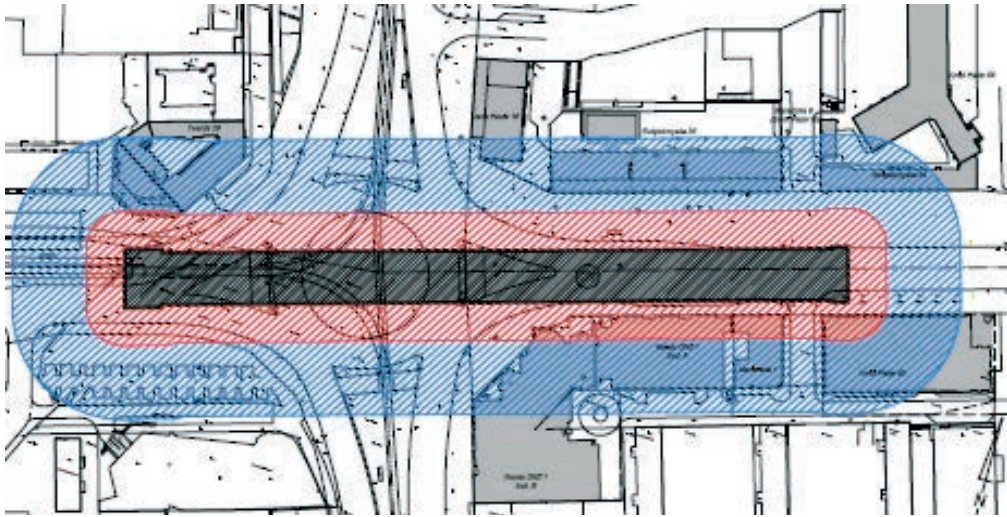
Głębokie wykopy najczęściej wykonuje się jako wykopy otwarte, szerokoprzestrzenne, których stateczność zapewniają rozpory, kotwy lub przypory z gruntu rodzimego. Ten sposób budowy może być stosowany w miastach pod warunkiem, że inwestor dysponuje dużym placem budowy, w sąsiedztwie wykopu nie ma budynków wrażliwych na osiadania a warunki gruntowe są korzystne (np. brak wody gruntowej). W ten sposób buduje się duże budynki biurowe z dwu kondygnacyjnymi podziemiami na terenach przemysłowych np. w Warszawie na Służewcu Przemysłowym, gdzie powstało zagłębienie biurowe w sąsiedztwie lotniska i obwodnicy.

W przypadku wykonywania głębokich wykopów na terenie zwartej zabudowy miejskiej, obszarach zabytkowych, czy chronionych, gdzie koniecznym jest ograniczenie wpływu wykopu na otoczenie stosuje się metodę stropową lub półstropową. Ten pierwszy sposób budowy wybrano np. do wykonania wszystkich stacji na II linii metra w Warszawie. Na rys. 5 pokazano przekrój poprzeczny stacji C10 „Rondo ONZ”, a na rys. 6 stacji C12 „Nowy Świat”. Obydwie stacje budowane są pod ul. Świętokrzyską w obszarze silnie zurbanizowanym. Głębokość wykopu na stacji C10 wynosi 15,5 m p.p.t., a na stacji C12 26 m p.p.t. Fazy budowy korpusu stacji C10 metodą stropową są następujące:

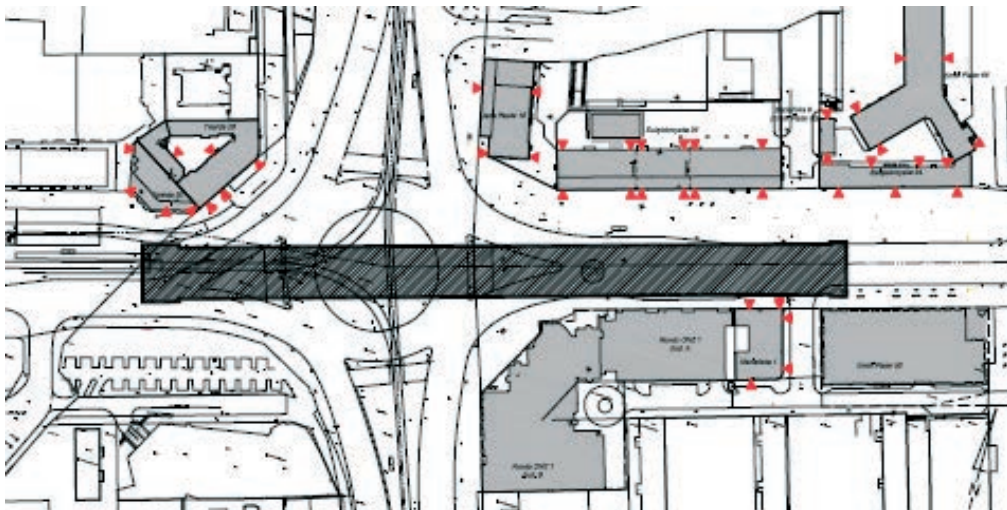
- Wykonanie ścian szczelinowych o długości 53 m oraz pali i baret,
- Wykonanie wykopów do dolnej krawędzi górnego stropu ,
- Wykonanie stropu stacji,
- Zasypanie górnego stropu z pozostawieniem otworów technologicznych,
- Głębenie podstropowo wykopu do poziomu dolnej krawędzi stropu pośredniego
- Wykonanie stropu pośredniego,
- Wykonanie odwodnienia wewnątrz ścian szczelinowych do poziomu płyty dennej,
- Głębenie wykopu do rzędnej docelowej dna tj. 15,5 m p.p.t.
- Wykonanie płyty dennej,
- Wyłączenie odwodnienia i przywrócenie naturalnego ciśnienia wody w gruncie.

W podobny sposób wykonano stację „Nowy Świat”. Na każdej stacji przeprowadzono analizę oddziaływania wykopu na otoczenie i wyznaczono strefy oddziaływania korzystając z instrukcji [13]. Na stacji C10 szerokości tych stref uzależnione od głębokości wykopu i rodzaju gruntu mają wymiar w planie - strefa bezpośredniego wpływu SI = 15,5 m i strefa pośredniego oddziaływania SII = 31,0 m . Łącznie obie strefy mają szerokość równą 46,5 m. Ich układ pokazano na rys. 7. W zasięgu wpływu wykopu stacji C10 znajdują się budynki wybudowane przed II wojną światową oraz powstałe po 1945 r a także wybudowane ostatnio wysokościowce – budynek Rondo 1. Dokonano też klasyfikacji budynków z punktu widzenia stanu ich uszkodzeń korzystając ze skali wg [13] od 0 do 5. W zależności od liczby punktów zaplanowano system monitorowania przemieszczeń – rys. 8. W ścianach szczelinowych stacji umieszczono inklinometry. Prognozowane i pomierzone przemieszczenia stacji, powierzchni terenu i budynków zweryfikowano obliczeniami metodą elementów skończonych. Model numeryczny stacji C10 i siatkę elementów pokazano na rys. 9.





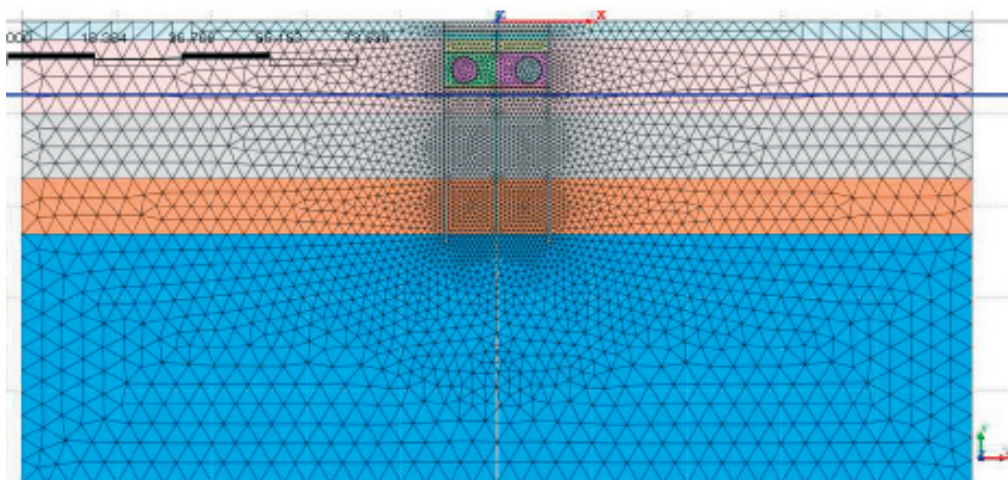
Rys. 7. Zasięg stref oddziaływania wykopu stacji „Rondo ONZ” na II linii metra w Warszawie [14]



Rys. 8. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na budynkach w strefie oddziaływania stacji „Rondo ONZ” na II linii metra w Warszawie [14]

Przyjęta metoda budowy pozwoliła na ograniczenie przemieszczeń sąsiednich budynków i powierzchni terenu, co zostało udokumentowane wynikami pomiarów geodezyjnych i inklinometrycznych. Analiza MES potwierdziła poprawność przyjętych założeń odnośnie faz budowy i parametrów elementów konstrukcyjnych stacji.

Analiza numeryczna metodą MES jest jedyną metodą pozwalającą na ocenę i prognozę przemieszczeń budowanej w głębokim wykopie konstrukcji, sąsiednich obiektów i powierzchni terenu. Podobne obliczenia wykonano dla oceny bezpieczeństwa konstrukcji tunelu trasy W-Z w Warszawie podczas budowy metodą stropową części podziemnej budynku biurowego na Starym Mieście oraz dla budynków biurowych z głębokimi podziemiai budowanych w sąsiedztwie tuneli szlakowych i stacji III linii metra w Warszawie.



Rys. 9. Model numeryczny stacji C10 II linii metra w Warszawie [15]

4. Podsumowanie

Przedstawione w referacie obudowy wykopów oraz metody budowy mogą być zastosowane w warunkach miejskich pod warunkami podanymi poniżej.

Należy ocenić jakość i zakres dokumentacji geologiczno – inżynierskiej oraz sposób wyznaczania obliczeniowych parametrów gruntów (szczególnie mechanicznych), które będą stosowane w projekcie obudowy wykopu; rozważyć możliwość wykonania dodatkowych otworów badawczych i badań *in – situ*.

Sprawdzić, czy możliwe jest wykonanie odwodnienia w zakresie niezbędnym do wykonania wykopu (w przypadku stosowania ściany berlińskiej), w celu zmniejszenia parcia wody na ścianę lub wykonania odwodnienia wewnątrz wykopu,

Określić zasięg stref oddziaływania wykopu na podstawie np. [13] i w zależności od istniejącej w tych strefach zabudowy i ich stanu dobierać rodzaj obudowy unikając np. obudów podatnych,

Wykonać wstępne obliczenia i ocenić prognozowane wartości przemieszczeń poziomych obudowy wykopu, nierzadko już na etapie projektu koncepcyjnego, dla kilku wariantów typu obudowy i sposobu prowadzenia robót ziemnych. To pozwoli inwestorowi i projektantowi całości obiektu na podjęcie właściwej decyzji i jej uzasadnienie również w aspekcie bezpieczeństwa istniejących sąsiadów i ewentualnie obiektów podziemnych.

Sprawdzić system rozparcia wykopu i ocenić czy sąsiedzi wyrażą zgodę na wykonanie np. kotew gruntowych pod ich obiektem (na ogół nie zgadzają się i trzeba szukać innych rozwiązań)

Obliczyć, stosując metodę elementów skończonych, przewidywane przemieszczenia powierzchni terenu, sąsiednich obiektów naziemnych i podziemnych.

Literatura

- 1 Grzegorzewicz K. Obudowa ścian głębokich wykopów, Seminarium „Głębokie wykopy na terenach wielkomiejskich” IDiM PW i IBDiM, Warszawa, 2002, str. 45 – 70
- 2 Jarominiak A. Lekkie konstrukcje oporowe. WKiŁ. Warszawa 1999
- 3 Ou Ch. Deep Excavation Theory and Practice. Taylor & Francis Group, 2006
- 4 Puller M. Deep excavations, a practical manual. London , Thomas Telford. 1996,

- 5 Siemińska-Lewandowska A. Głębokie wykopy. Projektowanie i wykonawstwo. WKiŁ, 2010
- 6 Mazurkiewicz B. Projektowanie ścianek szczelnych , Materiały konferencyjne Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń, 2005, str. 75 – 92
- 7 PN-EN 12063:2001 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne.
- 8 Grzegorzewicz K. Technika wykonywania ścian szczelinowych. Wydawnictwo Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, 1975
- 9 Grzegorzewicz K. , Kłosiński B. , Rychlewski P. Warunki techniczne wykonania i odbioru ścian szczelinowych. Wydawnictwo Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, 2014 (w druku),
- 10 PN-EN 1538:2010 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ściany szczelinowe
- 11 Long M. Database for retaining wall and ground movements due to deep excavations. Journal of Geotechnic & Geoenvironmental Engineering, No 3/2001, s. 203-224
- 12 Siemińska-Lewandowska A. Przemieszczenia kotwionych ścian szczelinowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001
- 13 Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów Instrukcja Instytutu techniki Budowlanej, zeszyt 376/2002
- 14 Projekt i budowa II linii metra od stacji „Rondo Daszyńskiego do stacji „Dworzec Wileński” w Warszawie, Projekt Wykonawczy, ILF Consulting Niderlandy S.A., Rocksoil, Prota. ul. Postępu 158, Warszawa
- 15 Opinie techniczne dotyczące wykonania konstrukcji stacji C10, C11 II linii metra w Warszawie. Zakład Geotechniki i Budowli Podziemnych, Instytut Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska, 2013

Deep excavations in the cities

Anna Siemińska-Lewandowska

*Road and Bridges Institute, Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology,
e-mail: a.lewandowska@il.pw.edu.pl)*

Abstract: The paper discusses the issues of the construction of the deep excavation in urban areas, highly urbanized. The most commonly used types of structures of deep excavations walls are presented as well as methods of construction. The walls structures are divided according to the criterion of impact on surrounding building such as stiffness or flexibility. The methods for the construction of deep excavations in terms of the safety of the works and impact on adjacent buildings, the ground surface and the environment are discussed. The examples of interaction between the structures built in deep excavations and existing underground and surface infrastructure are given.

Keywords: deep excavation walls, method of constructions, deformations

Specyfika technologiczno-konstrukcyjna budynków wysokich

Tomasz Błaszczyński

*Instytut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika
Poznańska, e-mail: tomasz.blaszczyński@put.poznan.pl*

Streszczenie: W pracy przedstawiono specyfikę technologiczno-konstrukcyjną budynków wysokich. Zwrócono uwagę na uwarunkowania realizacyjne i zagadnienia prawne. Przedstawiono problem kształtowania budynków wysokich oraz specyfikę ich fundamentowania. Omówiono także podstawowe technologie ich zarządzania i realizacji. Całość zakończono przedstawieniem budynków wysokich dążących do zero-energetyczności.

Słowa kluczowe: budynki wysokie, fundamenty, komunikacja, technologia realizacji

1. Wprowadzenie

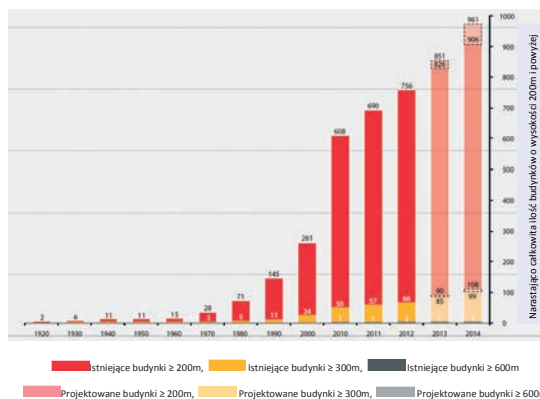
Początek nowoczesnego budownictwa wysokiego możemy datować na lata 1860-1870. W tym właśnie okresie w Chicago oraz Nowym Yorku powstały pierwsze szkoły budownictwa wysokiego. Rozwój ten został umożliwiony dzięki skonstruowaniu w roku 1853 windy przez Elishę Otisa, a następnie wprowadzeniu napędu elektrycznego w 1880 roku. Do końca lat 70-tych XX wieku większość wysokościowców powstawała w Stanach Zjednoczonych. W tym okresie wzniesiono takie budynki jak: John Hancock Center (243,0 m), World Trade Center (415,0 i 417,0 m) czy Sears Tower (442,0 m). Przez wiele lat budynki te pozostawały najwyższymi na świecie [1, 2].

W kolejnych latach tendencje te powoli zaczęły przenosić się w kierunku Azji. Drapacze chmur zaczęły powstawać w takich miejscach jak Hongkong, Singapur czy Tajwan. Jednakże dopiero przełom XX i XXI wieku przyniósł prawdziwy boom na budowę wieżowców. Azja oraz państwa bliskiego Wschodu prześcigają się w wysokościach budynków, wznosząc coraz wyższe i wyższe konstrukcje i pozostawiając Stany Zjednoczone daleko w tyle. Z końcem drugiego tysiąclecia najwyższy budynek świata znajdował się w Malezji (Petronas Tower 451,0 m), a w pierwszej dekadzie aż 8 budynków znajdowało się poza USA, z czego 7 w Chinach. Obecnie najwyższy budynek, Burj Khalifa, znajduje się w Dubaju i mierzy 828,0 m (Rys. 1).



Rys. 1. Widok ważniejszych budynków wysokich zrealizowanych w okresie od 1873 do 2013r. [3]

Z realizowanych w 2012r. budynków wysokich 3 z 4 znajdowało się w Dubaju. W Dubaju również są 3 najwyższe budynki mieszkalne na świecie. Aktualnie w budowie jest 435 budynków o wysokości $\geq 200\text{m}$: 96 z nich będzie budynkami superwysokimi ($\geq 300\text{m}$), a 3 będą mega wysokie ($\geq 600\text{m}$) [4]. Rys. 2. pokazuje przyrost budynków o wysokości $\geq 200\text{m}$ od roku 1920 do 2014, z podziałem na budynki istniejące i projektowane.



Rys. 2. Narastający wykaz budynków o wysokości równej i większej od 200 m na świecie od 1920-2014r. [4]

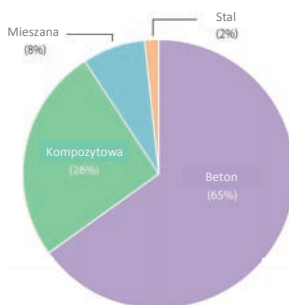
Trochę inaczej prezentuje się sytuacja w Europie. Przez wiele lat uważano, że budynki wysokie zdeformują historyczną zabudowę. Jednak w latach 70-tych pogląd ten się zmienił. W Europie również zaczynają powstawać wieżowce. Lecz skala europejska nie jest tak ogromna, jak w Azji czy na Bliskim Wschodzie, gdyż najwyższe budynki europejskie osiągają około 300,0 m, a średnia wielkość takich obiektów to 150,0-180,0 m. Obecnie najwyższy budynek europejski znajduje się w Moskwie i mierzy 339,0 m. Jest on niemal o 500 metrów niższy od najwyższego budynku świata. W 2009r. w Europie było tylko 19 budynków wysokości $\geq 200\text{m}$. Do końca 2014r. będzie ich już aż 44, z czego aż 13 będzie w Moskwie. Należy podkreślić, że w żadnym z miast europejskich nie znajduje się więcej niż 5 budynków o wysokości $\geq 200\text{m}$ [4].

Po wydarzeniach 11 września 2001 roku pojawiały się głosy, że epoka wieżowców się skończyła, a niektórzy proponowali nawet obniżenie ich wysokości, głównie ze względów bezpieczeństwa. Jednak w ciągu ostatnich lat wykształciła się międzynarodowa, silna tendencja do budowania wysoko. Dodatkowo, biorąc pod uwagę, dzisiejsze trendy proekologiczne otrzymujemy wspaniały efekt przyjaznych środowisku budynków wysokich [5]. Podsumowania wiedzy na temat projektowania i realizacji budynków wysokich dokonano w wydanej przez CTBUH w latach 1978–1981 pięciotomowej monografii [6] oraz w późniejszych monografiach z lat 80-tych [7, 8], a także w przygotowanych w latach 90-tych monografiach na ten temat [9], gdzie jednym z głównych autorów był prof. Ryszard Kowalczyk. Co czteroletnia wiedza podsumowująca trendy w projektowaniu i realizacji budynków wysokich zawarta jest w materiałach z odbywających się cyklicznie w różnych krajach światowych kongresach CTBUH, z których ostatnie dwa zebrano w opracowaniach [10, 11].

2. Uwarunkowania realizacyjne i zagadnienia prawne

Rozwój budownictwa wysokiego nierozzerwalnie wiąże się z poszukiwaniem nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych pozwalających budować wyżej i przy zachowaniu

pełnych zasad bezpieczeństwa. Początkowo prym w konstrukcjach budynków wysokich wiodła stal, ponieważ technologia betonu była nie dość rozwinięta i produkowane betony miały znacznie niższą wytrzymałość niż stal. Do tego budynki o konstrukcji stalowej były lżejsze, co nie było bez znaczenia ze względów na oddziaływanie na podłoże gruntowe. Liczba zrealizowanych budynków o konstrukcji stalowej, które posiadają wysokość powyżej 200 m, w okresie ostatnich 40 lat znacząco się zmniejszała, z 63% w 1972r. do 2% w 2012r. (Rys. 3).



Rys. 3. Budynki o wysokości równej i większej od 200 m zrealizowane na świecie w 2012r. z podziałem na rodzaj konstrukcji nośnej [4]

Obecnie obserwuje się co raz większe zainteresowanie betonem, jako głównym materiałem konstrukcyjnym w tego typu obiektach. Na przestrzeni ostatnich lat nastąpiła znaczna poprawa właściwości fizycznych betonu. Dodawane domieszki i dodatki przyczyniają się do wzrostu wytrzymałości, skracają okres dojrzewania betonu i umożliwiają wykonywanie prac budowlanych w temperaturach poniżej 0°C. Aktualnie można już wytwarzać beton klasy B150, choć w polskich laboratoriach wykonywane są już betony ultra wysokich wytrzymałości o klasie większej od B200 [12]. Natomiast w laboratoriach japońskich powstają już betony o wytrzymałości naściskanie powyżej 700 MPa. Rozwój technologii realizacji budynków (formy przestawne o dużej dokładności montażu i demontażu, systemy pionowego transportu mieszanki betonowej, skrócenie czasu budowy całych kondygnacji do jednego dnia), jak też duża podatność betonu na kształtowanie, szybszy wzrost wytrzymałości niż ceny tego tworzywa, duża odporność ogniowa, to kolejne zalety przemawiające za stosowaniem betonu. Jednakże w budynkach o wysokości powyżej 400,0 m konstrukcję główną stanowią elementy kompozytowe na bazie betonu, czyli elementy żelbetowe ze sztywnym zbrojeniem stalowym oraz układy mieszane, do pewnej wysokości żelbetowe lub kompozytowe, a od pewnej wysokości stalowe (Rys. 3).

Polskie prawo budowlane uznaje już budynki od 25 m wysokości nad poziomem terenu, jako wysokie, a od 55 m jako wysokościowe. Wprowadzone są też ograniczenia lokalizacyjne dla budynków wysokich, gdyż obiekty o wysokości >35 m nakazuje się lokalizować w odległości co najmniej 35 m od innych obiektów przeznaczonych na stały pobyt ludzi. W ramach wyposażenia technicznego takich budynków narzucono jedynie warunek o możliwości stosowania instalacji gazowej dopiero po pozytywnej opinii wydanej przez właściwego komendanta Państwowej Straży Pożarnej. Ze względów pożarowych budynki wysokie i wysokościowe klasyfikuje się do najwyższych klas odporności pożarowej (A i B). Ogranicza się także znacząco dopuszczalne powierzchnie stref pożarowych do 2000-2500 m². Zabrania się także możliwości powiększania tych stref, nawet przy użyciu urządzeń gaśniczych tryskaczowych i samoczynnych urządzeń oddymiających. Wymaga się również co najmniej dwóch klatek schodowych z urządzeniami zapobiegającymi zadymianiu oraz co najmniej jednego dźwigu (w każdej strefie pożarowej) dla ekip ratowniczych.

Szczególną uwagę zwraca się na zagadnienia związane z bezpieczeństwem użytkowania budynków wysokich i wysokościowych. W budynkach wysokościowych, na kondygnacjach powyżej 55,0 m nad terenem, wprowadza się zabezpieczenia w oknach umożliwiające ich otwarcie tylko przez osoby mające upoważnienie właściciela lub zarządcy. Ponadto w budynkach wysokich i wysokościowych zabrania się stosowania balkonów, a w budynkach wysokościowych loggii oraz wprowadza się zwiększoną do 1,1 m wysokość zlokalizowania parapetów.

Według międzynarodowej organizacji zajmującej się budynkami wysokimi Council on Tall Buildings and Urban Habitat budynek wysoki to taki obiekt, którego wysokość wpływa w sposób decydujący na jego planowanie, projektowanie, wykonawstwo i użytkowanie. Nie podaje się przy tym liczby kondygnacji ani wysokości, które jednoznacznie decydowałyby o zakwalifikowaniu budynku do wysokich [13]. Według innej definicji [14]: „Wysoki budynek to konstrukcja, która ze względu na swą wysokość jest poddana działaniu takich sił poziomych od wiatru lub trzęsień ziemi, że stanowi to znaczący problem w projektowaniu.”. Ten problem wiąże się przede wszystkim z koniecznością ograniczenia wielkości przemieszczeń poziomych, wywołanych oddziaływaniem wiatru i sił bezwładności podczas trzęsień ziemi.

3. Kształtowanie budynków wysokich

Dla inżyniera główna różnica między niskimi i średnimi a wysokimi budynkami, polega na wpływie poziomych obciążeń spowodowanych wiatrem i czasami trzęsieniem ziemi. Obciążenia te powodują wychylenia boczne obiektów. Nadmierne wychylenia są niekorzystne dla samopoczucia człowieka, powodują zmęczenie materiału konstrukcyjnego oraz elementów niekonstrukcyjnych, takich jak ścianki działowe, obudowy zewnętrzne a nawet instalacje. W przypadku wysokich budynków, obok ograniczania całkowitego bocznego wychylenia ze względów konstrukcyjnych, trzeba mieć także na uwadze komfort mieszkańców, mogących odczuwać dyskomfort lub nawet dotkliwe nudności. Dlatego w projektowaniu i analizie budynków wysokich wprowadzono tzw. dopuszczalne przemieszczenia poziome. W ogólności są one ograniczone od $H/200$ do $H/1000$, gdzie H to całkowita wysokość budynku. Największe wychylenia ($H/200$) przyjmuje się w Japonii, w USA najczęściej przyjmuje się $H/500$, w Europie i Azji $H/750$, a najmniejsze wychylenia przyjmuje się w Australii $H/800$ i w Polsce $H/1000$.

Kolejnym aspektem, który należy uwzględnić przy kształtowaniu budynków wysokich jest pionowy ruch elementów konstrukcyjnych spowodowany pęzaniem i skurczem. Zmiany te mogą spowodować zmęczenie także w elementach niekonstrukcyjnych, dlatego muszą być szczegółowo przeanalizowane.

W systemie konstrukcyjnym budynku wysokiego można wydzielić następujące elementy:

- posadowienia budynku,
- przenoszące obciążenia pionowe i poziome,
- zapewniające sztywność przestrzenną,
- stropy.

Konstrukcje budynków wysokich w sposób znaczący różnią się od siebie. Każda z nich przede wszystkim powinna zapewniać bezpieczeństwo budynku oraz otoczenia. W procesie projektowania i kształtowania budynku wysokiego należy wziąć pod uwagę następujące czynniki: wysokość, smukłość, sztywność przestrzenną, kształt, wartości sił poziomych, rozwiązania funkcjonalne (szczególnie najniższych kondygnacji), maksymalne

przemieszczenia (wychylenia), sposób posadowienia, odporność na dynamiczne działanie wiatru oraz sejsmikę, ciężar poszczególnych elementów, zabezpieczenie p-poż., uwarunkowania ekonomiczne.

4. Fundamentowanie budynków wysokich

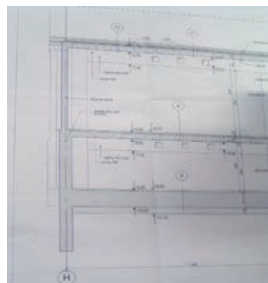
W przypadku budynku wysokiego o sposobie jego fundamentowania decydują trzy elementy:

- mała powierzchnia zabudowy,
- znaczne obciążenia w poziomie posadowienia,
- zapewnienie stateczności budynku wysokiego ze względu na działanie znacznych sił poziomych.

Pod względem statycznym każdy z budynków wysokich jest wspornikiem. W związku z tym należy mu zapewnić odpowiednie zakotwienie, gdyż w przeciwnym razie dojdzie do awarii. Stąd najczęściej stosuje się kondygnacje podziemne, które formują rodzaj skrzyni fundamentowej. Liczba tych kondygnacji zależy od wysokości budynku i od funkcji, które mają być tam umieszczone. Najczęściej stosuje się od 2 do 5 kondygnacji. Jednakże w przypadku budynku La Societe Generale, który znajduje się w Paryżu, zastosowano 10 kondygnacji podziemnych, przy tylko 40 kondygnacjach nadziemnych. Natomiast w budynku Sears Tower, który znajduje się w Chicago, zastosowano jedynie 3 kondygnacje podziemne, przy 110 kondygnacjach nadziemnych. Nawet największy aktualnie budynek Burj Khalifa posiada 5 kondygnacji podziemnych. Spód skrzyni fundamentowej stanowi płyta, która najczęściej jest płytą ocepową dla zastosowanego fundamentu pośredniego. Jej grubość wynosi 2-3m. Jednakże w niektórych przypadkach może wynosić i więcej, np.: 3,7 m w Burj Dubai lub nawet 4,5 m w Petronas Towers. Najgrubszą płytę ocepową o grubości 6,0 m posiada budynek Commerzbanku we Frankfurcie nad Menem. Przykład realizacji płyty grubości 2,0 m pod budynkiem wysokim, na przykładzie PFC w Poznaniu przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Realizacja płyty fundamentowej w budynku PFC w Poznaniu



Rys. 5. Skrajny fragment skrzyni fundamentowej zaprojektowany w technologii ścian szczelinowych

Tak znaczące grubości płyt fundamentowych powodują problemy technologiczno-logistyczne, gdyż tak duża masa betonu powinna być wylana w jednym kawałku. Pierwsze rekordowe betonowanie zrealizowano w przypadku budynku Petronas Towers, gdzie płytę fundamentową (ociepową) pod każdą wieżę wykonywano przez ok. 52 godziny bez przerwy, a betonowozы musiały podjeżdżać co 2,5 minuty. W każdej z płyt należało zabetonować 13 200 m³ betonu. Była to o tyle trudna operacja, że w trakcie wykonywania jednej z płyt wystąpiły opady ciężkiego tropikalnego deszczu, a należało utrzymać klasę betonu na poziomie 60MPa. W związku z tym zastosowano namiot brezentowy o powierzchni 56 średniej wielkości namiotów cyrkowych. Podobne problemy były

w przypadku realizacji kolejnej rekordowej płyty oczepowej w budynku Burj Khalifa, gdzie należało wykonać płytę o objętości $30\,000\text{ m}^3$.

Tak znaczne zagłębianie części podziemnej wiąże się również z dużymi problemami technologicznymi. Tym bardziej, że obiekty wysokie realizowane są często w ścisłym centrum miast. Najpowszechniej jest stosowana technologia ścianek szczelinowych, które równocześnie (ścianki obwodowe) są wykorzystywane jako fundament pośredni. Na rys. 5 przedstawiono fragment projektu realizacji budynku o wysokości ok. 100m (Andersia w Poznaniu) z użyciem ścianek szczelinowych.

W przypadku realizacji części podziemnej z zastosowaniem ścian szczelinowych stosuje się głównie trzy technologie:

- wykopu otwartego (ściany szczelinowe pracują jako wsporniki – rys. 6),
- wykopu z rozporami (ściany szczelinowe są podparte układem rozpor w części górnej – rys. 7),
- metodę stropową (ściany szczelinowe są podparte układem stropów monolitycznych na kolejnych realizowanych podziemnych poziomach).



Rys. 6. Realizacja części podziemnej metodą wykopu otwartego w budynku PFC

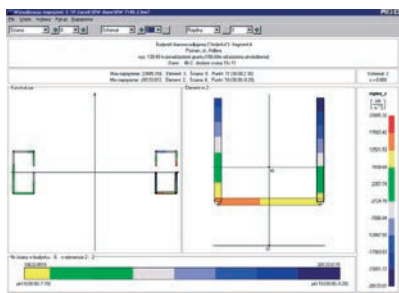


Rys. 7. Wykop z rozporami w części podziemnej budynku Andersia 2 w Poznaniu

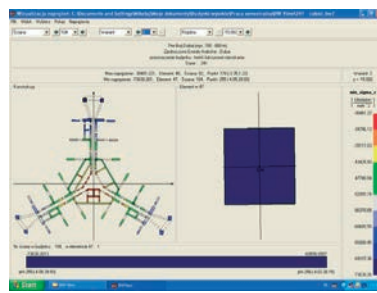
Pamiętając, że koszt budowy kondygnacji podziemnych jest wyższy od nadziemnych, a czas ich realizacji może być nawet kilkakrotnie dłuższy niż kondygnacji nadziemnych, ogranicza się ich ilość do niezbędnego minimum.

Praktycznie w budynkach wysokich nie stosuje się posadowienia bezpośredniego, a jedynie posadowienie pośrednie. Największy wpływ mają na to dwa pierwsze elementy, czyli mała powierzchnia zabudowy obiektu i znaczne obciążenia w poziomie posadowienia. Obciążenia te w większości przypadków przekraczają dopuszczalne nośności jakichkolwiek gruntów, niekiedy z wyjątkiem niespękanych skał litych. A są to obciążenia wywołujące naciski w poziomie zakotwienia elementów nośnych (słupów, ścian) o wielkości do 50 MPa, a nawet więcej. Przykładowo na rys. 8 przedstawiono wielkości obciążenia w poziomie płyty fundamentowej jednego z projektowanych budynków w Poznaniu o wysokości nad terenem ok. 140 m (do poziomu posadowienia ok. 160 m). Jak widać naprężenia ściskające w ścianach trzonu wynoszą ponad 28 MPa. W przypadku budynku Burj Khalifa naprężenia ściskające w skrajnym słupie wynoszą już ok. 74 MPa (Rys. 9).

Na taki stan rzeczy znaczący wpływ ma nierównomierne obciążenie w poziomie posadowienia, które wynika ze znacznego wpływu sił poziomych od działania wiatru i obciążeń sejsmicznych. Posadowienie bezpośrednie w postaci skrzyni fundamentowej stosowane jest sporadycznie, jedynie w budynkach o wysokości do 150-180m, przy bardzo dobrych warunkach gruntowych i przy stosunkowo dużej powierzchni posadowienia. Sposób fundamentowania każdego budynku zależy przede wszystkim od warunków gruntowych i hydro-geologicznych.



Rys. 8. Obciążenie w poziomie płyty fundamentowej jednego z nowoprojektowanych budynków w Poznaniu



Rys. 9. Obciążenia w skrajnym elemencie budynku Burj Dubaj w Zjednoczonych Emiratach Arabskich

Jako posadowienia pośrednie najczęściej stosuje się:

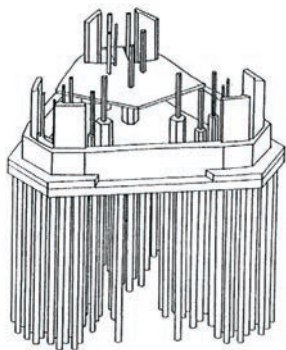
- kesony,
- pale,
- baret (pale wielkowymiarowe wykonywane techniką ścian szczelinowych),
- ściany szczelinowe.

Jak widać wszystkie rodzaje stosowanych fundamentów pośrednich, są to fundamenty zagłębione i to czasami znacznie zagłębione, nawet do 120 m. Stosowanie fundamentów pośrednich zagłębionych spowodowane jest także ich bezpośrednią pracą w podłożu gruntowym. Znaczną ich długość daje dużą pobocznicę, a tym samym dużą powierzchnię boczną do przekazania obciążenia pionowego poprzez tarcie i poziomego poprzez nacisk boczny. Jest to bardzo przydatne w przypadku zmiennych obciążeń poziomych. Znacznie mniejsze znaczenie, zwłaszcza w przypadku fundamentów zawieszonych, ma przekazywanie obciążenia stopami pali lub baret. Jest to najczęściej wykorzystywane w przypadku oparcia fundamentów pośrednich na skałach.

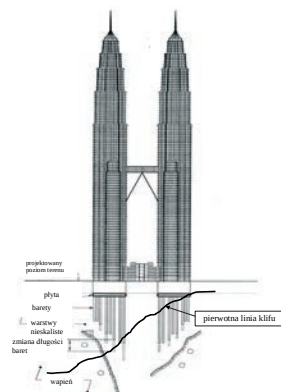
Kesony stosuje się w przypadku możliwości oparcia budynku wysokiego na stabilnym podłożu, np.: na skale. Przykładem zastosowania kesonów jest John Hancock Center w Chicago (wys. 344,0 m). Ze względu na znaczną grubość gruntów nienośnych (ok. 40 m) i dodatkowy wpływ silnych wiatrów od strony jeziora Michigan, jako fundament pośredni zaprojektowano stalowe kesony o średnicy 2,4 m, które zalano betonem. Kesony te zostały zakotwione w skalistej warstwie nośnej na głębokość od 1,0 do 2,0 m. Podobny sposób fundamentowania zastosowano w budynku Central Plaza w Hong Kongu (wys. 374,0 m). Skały granitowe poniżej gruntów słabonośnych znajdowały się na głębokości od 25,0 do 40,0 m. W związku z tym zastosowano kesony żelbetowe wykonane na bazie technologii ścian szczelinowych o głębokości do 40,0 m i wymiarze 4,6x4,6 m. Poza tym posadowienie na kesonach zastosowano w takich budynkach jak: Overseas Bank w Singapurze o wys. 280,0 m, gdzie zastosowano kesony o średnicy 5,0 do 6,0 m i długości do 90,0 m, Two Prudential Plaza w Chicago o wys. 278,0 m, gdzie zastosowano kesony o średnicy 3,0 m i długości do 30,0 m, Mellon Bank w Filadelfii o wys. 259,0 m, gdzie zastosowano kesony o średnicy 1,8 m i długości do 9,0 m oraz Tresury Building w Singapurze o wys. 234,0 m, gdzie zastosowano kesony o średnicy 6,0 do 8,0 m i długości do 35,0 m, a także wielu innych [2]. Ostatnio posadowiony budynek na kesonach, to Trump International Hotel & Tower w Chicago (2009r., wys. Całkowita 432,0 m), gdzie kesony stojące posadowione są na twardym kamieniu wapiennym utworzonym przed 420 milionami lat. Układ warstw, jakie napotkano podczas drążenia kesonów, to głównie pozostałości po pożarze miasta z XIX wieku (mniej więcej 5m), ił w stanie plastycznym oraz jak wspomniano wyżej

kamień wapienny. Całkowita ilość kesonów posadowionych na podłożu skalnym, która podtrzymuje budynek to 57. Kolumny wieży są oparte na 33 kesonach o średnicy ok. 2,4 m zwieńczonych szeregiem oczepów i belek. Płyta fundamentowa pod trzonem o grubości ok. 3 m przenosi obciążenia na siatkę złożoną z 24 kesonów o średnicy ok. 3 m wydrążonych na głębokość 34 m i zakotwionych mniej więcej 1,8 m w twardy kamień wapienny. Kesony obudowano cylindrycznymi rurami, a następnie zabetonowano. Użycie wysokowartościowego betonu o wytrzymałości ok. 69MPa spowodowało znaczącą redukcję ilości kesonów przy posadowieniu Trump Tower. Następnie wykonano płytę fundamentową pod trzonem, łącząc w ten sposób fundamenty z przyszłym trzonem w jedną całość. Płyta fundamentowa, do której wykonania zużyto $\approx 3593,0 \text{ m}^3$ mieszanki betonowej SCC, była ciągle betonowana przez 22-godzinny, jak się wydają było to największym tego typu przedsięwzięciem w jednym cyklu przy użyciu betonu SCC w Ameryce Północnej [15].

Ostatnio najpowszechniej są stosowane fundamenty palowe. W ramach jednego obiektu często stosuje się pale o różnej długości i nawet różnej średnicy, co wynika z rozkładu naprężeń pod budynkiem. Do tego typu posadowienia najczęściej wykorzystywane są pale o średnicy do 2,4 m. Najczęściej są to wiercone pale żelbetowe lub pale żelbetowe na bazie wbijanych rur stalowych. Tego typu fundamenty zastosowano w Taipei 101 o wys. 508 m. Zastosowano tu 380 pali wierconych o długości powyżej 30,0 m. W skali europejskiej najlepszym przykładem jest Commerzbank o wys. 259,0 m, który został posadowiony na 111 wierconych palach o długości 45 m (Rys. 10). Także warszawski wieżowiec WTT (dawny Daewoo) o wys. 184,0 m został posadowiony na palach o średnicy 1,5 m i długości 15,0 m. Najwyższy budynek świata Burj Khalifa posadowiony jest na 192 palach o długości 55,0 m i średnicy 2,4 m. Ciekawym przypadkiem jest posadowienie Petronas Towers, gdzie zaprojektowano po 104 pale wiercone o długości 60,0 do 115,0 m (pod każdą z wież), które po wstępnej ocenie siły tarcia na pobocznicach, wykonanej na pełnowymiarowych palach, zostały zamienione na baretę o wymiarach 2,0 x 4,0 m [16]. Jest to na razie największy fundament pośredni na świecie (Rys. 11). Natomiast największą ilość pali zawieszonych wykonano pod budynkiem SWFC w Szanghaju, bo aż 2271 pali [17].



Rys. 10. Fundamenty palowe pod budynkiem Commerzbanku we Frankfurcie nad Menem



Rys. 11. Posadowienie wież Petronas Towers w Malezji

Fundamenty baretowe występują osobno, jednakże mogą być również powiązane są z fundamentami pośrednimi na bazie ścian szczelinowych. Przy budynkach płyciej posadowionych (baretę o długości do 30,0 m) są połączone ze ściankami szczelinowymi, w celu powiększenia powierzchni pobocznic. W przypadku większych długości najczęściej występują samodzielnie.

Należy pamiętać, że w przypadku budynków wysokich szczególnie ważne są szczegółowe badania geologiczne. Przykładem tego może być budowa Petronas Towers, gdzie badania wykonane do projektu nie zostały wystarczająco dokładnie zrealizowane. W trakcie wstępnej oceny siły tarcia poboczniczy, wykonywanej na pełnowymiarowych palach, okazało się, że prawdopodobnie jedna z wież stoi na klifie skały wapiennej, a powyżej znajduje się rumosz skalny. Natychmiast zarządzono szczegółowe badania geologiczne, w trakcie których wykonano ponad 1000 odwiertów. Wyniki tych badań były porażające, gdyż w pełni potwierdziły wstępne obawy. A należy podkreślić, że w okresie budowy, której zaplanowany czas trwania skrócono z 8 do 6 lat, każdy zmarnowany na badania dzień kosztował kilkaset tysięcy dolarów. W efekcie otrzymano najdroższe badania geologiczne świata. W związku z tym, że projektowana lokalizacja wież spowodowałaby nierównomierne osiadanie każdej z wież, w konsekwencji doprowadziłoby to do katastrofy, poprzez ich obrót i przechylenie. W związku z tym Charles Thornton (główny konstruktor obiektu) podjął decyzję o przesunięciu ich lokalizacji o 60 m. Dodatkowo koszt budowy zwiększyła potrzeba przesunięcia toru Formuły 1, który w tym momencie kolidował z nową lokalizacją wież, ale ten koszt premier Malezji przejął na swoje barki, a w Kuala Lumpur powstał jeden z najnowocześniejszych Torów Formuły 1 na świecie.

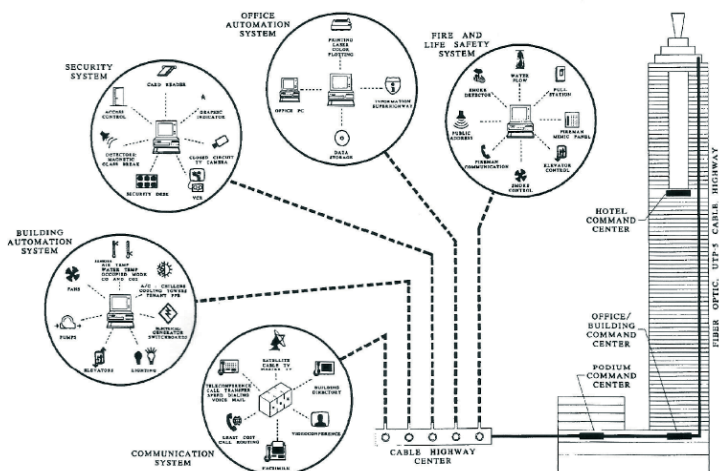
5. Systemy zarządzania budynków wysokich

IBS to skrót od angielskiego „Intelligent Building Systems” oznaczający po polsku – inteligentny system budynków. Jest to zbiór systemów wykorzystujących wiedzę oraz nowoczesną technologię, połączonych w jeden w celu zapewnienia maksymalnego komfortu oraz bezpieczeństwa jego użytkownikom. Pierwsze zastosowania IBS pojawiły się w latach osiemdziesiątych XX wieku w Stanach Zjednoczonych, a następnie rozprzestrzeniły się do Europy oraz Azji. System budynku inteligentnego składa się z następujących komponentów: systemu automatyzacji, bezpieczeństwa, komunikacji, ochrony życia oraz ochrony przeciwpożarowej. Jednym z pierwszych tego typu systemów został zastosowanych w budynku Jin Mao w Szanghaju (Rys. 12).

W przypadku systemu IBS w procesie projektowym stawia się następujące cele:

- bezpieczeństwo użytkowników,
- komfort użytkowników,
- oszczędność w użytkowaniu energii,
- łatwość w utrzymaniu budynku,
- jak najmniejsze koszty,
- atrakcyjność obiektu na rynku [18].

By odpowiednio sterować budynkiem, stworzono trzy centra zarządzania: w części hotelowej, biurowej oraz w budynkach pomocniczych przy wieżowcu. Miedziane kable oraz światłowody oplatają cały obiekt łącząc go w jeden automatycznie sterowany organizm.



Rys. 12. Schemat inteligentnego systemu budynku dla Jin Mao Tower [18]

Pierwszy z połączonych systemów, czyli system automatyzacji obejmuje instalacje elektryczną, wodną, system kontroli wind i światła. Wszystkie te elementy sterowane są komputerowo z centrów zarządzania, wszystkie procesy przebiegają automatycznie w ciągu całego dnia, wymagają jedynie nadzoru ze strony człowieka. Zmiany odbywają się w sposób dopasowany do rytmu dnia użytkowników wieżowca, tak by ograniczyć koszty użytkowania a jednocześnie zapewnić maksimum komfortu. Przykładowo system oświetlenia w części biurowej jest automatycznie regulowany zgodnie z harmonogramem użytkowania pomieszczeń i wygaszany w ciągu nocy. Innym przykładem jest system kontroli wind. Ilość aktualnie użytkowanych wind dopasowana jest do obecnie panującego natężenia ruchu w wieżowcu. W przypadku dużego obciążenia pracują wszystkie urządzenia, a przy zmniejszonym ruchu proporcjonalnie mniejsza część jest włączona. Tak samo system sterujący przyspieszeniem i hamowaniem windy w przypadku dużego obciążenia jest tak zaprogramowany, by zmniejszyć przyspieszenie w celu redukcji zużytej energii [18].

System ochrony życia oraz przeciwpożarowy obejmuje monitorowanie obiektu, możliwość ogłoszenia alarmu oraz system komunikacji. Najważniejsze dla ewakuacji punkty takie jak wejścia na klatki schodowe, kabiny wind zostały połączone siecią telefoniczną.

System bezpieczeństwa w Jin Mao Tower pozwala na monitoring całego obiektu sterowany komputerowo. Zainstalowana została telewizja wewnętrzna, mogąca nadawać sygnały alarmowe, bądź też nagrywane na żywo komunikaty dotyczące bezpieczeństwa użytkowników. Kamery przy wejściu do budynku, w okolicach wind, lobby czy punktach ewakuacyjnych podnoszą poziom ochrony przed intruzami. Dodatkowo część obiektu została zabezpieczona przy pomocy czytników kart (na karty magnetyczne).

Wszystkie opisane systemy mogą wykonywać swoje zadania w sposób ciągły bez komunikacji z pozostałymi. Jednakże o poziomie zaawansowania systemu inteligentnego budynku świadczy właśnie optymalne połączenie i współpraca podstawowych podsystemów. W przypadku Jin Mao Tower są one w sposób znaczny powiązane i na przykład system przeciwpożarowy w przypadku zaprószenia ognia będzie korzystał on z systemów automatyzacji w celu oddymienia obiektu.

W momencie realizacji wieżowca żaden inny budynek w Stanach Zjednoczonych bądź też Europie nie wykorzystywał w takim stopniu zintegrowania pomiędzy poszczególnymi systemami [18], więc stał się on inspiracją dla kolejnych projektów na świecie.

6. Technologie realizacji budynków wysokich

Jak już wcześniej stwierdzono beton jest obecnie najczęściej wybieranym materiałem budowlanym w budownictwie wysokim (Rys. 3). Istnieją dwie główne metody wykonywania konstrukcji betonowych. Pierwsza najbardziej rozpowszechniona i zazwyczaj używana to metoda tradycyjna, czyli betonowanie elementów na placu budowy w osłonie deskowania. Druga, dużo rzadziej wykorzystywana w budownictwie wysokim (praktycznie w ogóle), to budowa z prefabrykatów betonowych. W przypadku budynków wysokich znacznie większe zastosowanie ma prefabrykacja obiektów o konstrukcji stalowej [19].

6.1. Metoda tradycyjna

Jest to najpopularniejsza metoda budowy budynków wysokich. Polega ona na wykonaniu na placu budowy elementów w deskowaniach, czyli na ułożeniu stali zbrojeniowej i zalania jej betonem. Kolejne sekcje są betonowane po rozformowaniu poprzedniej. Warstwy betonu pomiędzy betonowaniami łączone są ze sobą za pomocą warstw szczepnych tak, aby powstała ciągła konstrukcja. Największą zaletą tego systemu jest brak wyraźnych połączeń pomiędzy elementami, w które mogłaby ew. dostać się woda i mógłby rozpocząć się proces korozji. Również kształtowanie skomplikowanych elementów i łączenie ich ze sobą jest dużo łatwiejsze niż w przypadku prefabrykatów. Natomiast wadą tego systemu jest czas, jaki potrzeba na wykonanie budynku. Beton układany na budowie potrzebuje czasu, aby związać i osiągnąć odpowiednią wytrzymałość. Najczęściej dopiero po kilku dniach można rozformować element i przejść do kolejnego. Jednakże są już metody i rodzaje betonów umożliwiające rozformowanie już po jednym dniu [12].

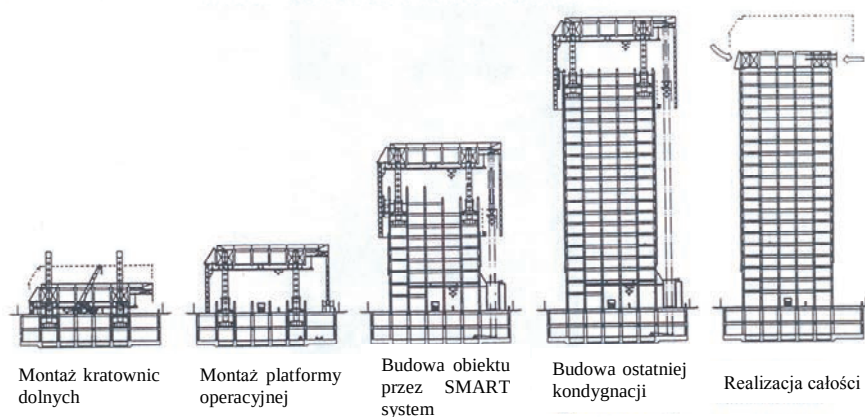
Dostarczenie mieszanki betonowej na wymaganą wysokość także nie jest łatwe. Podczas budowy najwyższego obecnie budynku świata, Burj Khalifa, niemiecka firma Putzmeister testowo zastosowała nowe pompy, który transportowały beton na wysokość 606 metrów z prędkością 30 m³/h. Średnica rury wynosiła 150 mm i pozwalała na pompowanie betonu o ciśnieniu do 250 barów. Długość rur rosła wraz z wysokością budynku a ich waga podczas transportu mieszanki dochodziła do 50 ton. Dlatego rury musiały być przymocowane do ścian za pomocą lekkich kształtowników U-kształtnych. Rury przesuwano za pomocą podnośników hydraulicznych, które również umożliwiały demontaż i wymianę elementów. Dodatkowo beton musiał znaleźć się na miejscu wbetonowania w ciągu najwyżej 2h. Po tym czasie nie nadawał się już do zabetonowania. Dlatego w razie awarii stworzono specjalne blokady, które nazwano „żelaznymi mieczami” (z ang. „Iron Sword”). Blokady umieszczane były na wysokości 70 metrów i jeżeli beton nie przesunął się dalej przez 90 minut oraz w przypadku awarii, zamykały rurę i mieszanka mogła swobodnie opaść w dół. Mechanizm ten był również wykorzystywany do czyszczenia rur z resztek betonu. Hydrauliczne podnośniki unosiły fragmenty rur umożliwiając ich demontaż oraz wyczyszczenie [20].

Kolejnym istotnym elementem podczas budowy metodą tradycyjną są deskowania. Podstawową rolą deskowań jest nadanie kształtu poszczególnym elementom w taki sposób, aby uzyskać pożądany efekt. Ważna podczas doboru deskowań oraz w trakcie betonowania jest kontrola dostarczania mieszanki betonowej. O ile przy budowie stropów raz belek stropowych występuje tylko obciążenie grawitacyjne, o tyle przy betonowaniu słupów i ścian powstaje dodatkowe obciążenie w postaci ciśnienia hydrostatycznego mokrego betonu, działającego we wszystkich kierunkach. Wielkość tego obciążenia zależy od rodzaju betonu, zastosowanego kruszywa, miejsca przeznaczenia, czasu układania, temperatury i metody wibracji.

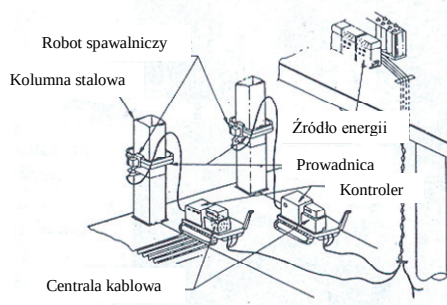
6.2. Metoda prefabrykowana

Drugim sposobem budowy, dużo mniej popularnym jest budowa z elementów prefabrykowanych. Ogólna zasada polega na wykonaniu poszczególnych elementów w wytwórni, przewiezieniu ich na plac budowy oraz zmontowaniu. Największą jej zaletą jest szybkość budowy, ponieważ montowanie gotowych elementów zajmuje dużo mniej czasu niż wykonywanie ich na placu budowy i jest niezależne od warunków atmosferycznych. Innymi korzyściami wynikającymi z zastosowania tej metody są oszczędności materiałów (betonu, stali oraz drewna), a także robocizny. W przemysłowych zakładach prefabrykacji wykonanie kilkudziesięciu powtarzalnych elementów zdecydowanie obniża ich koszt. Również kontrola procesu wykonywania prefabrykatów jest dużo ściślejsza, a ich jakość jest wyższa. Największą wadą budynków budowanych z prefabrykatów może być ich trwałość, która jest mniejsza od konstrukcji monolitycznych, chociażby ze względu na mniejszą trwałość złączy.

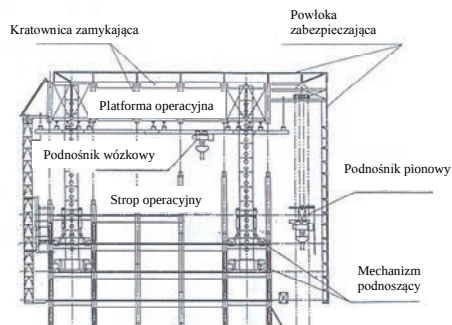
Ciekawą propozycją jest, zaproponowany przez firmę Shimizu z Japonii, system SMATR (Shimizu Manufacturing system by Advanced Robotic Technology) [21]. System ten polega na zastosowaniu robotyki w przypadku przemysłowego spawania ramowej konstrukcji stalowej budynku wysokiego, sterowanej numerycznie. Procedurę budowy obiektu w prefabrykowanym systemie SMART przedstawia rys. 13.



Rys. 13. Procedura realizacji budynku wysokiego w systemie SMART [21]



Rys. 14. Zespół robotów spawających [21]



Rys. 15. Budowa systemu SMART [21]

Rysunki 14 i 15 przedstawiają główne elementy systemu SMART, czyli jednostkę operacyjną systemu i zespół robotów spawających. W systemie SMART aktualnie firma Shimizu zrealizowała budynek wysoki w mieście Nagoya o wysokości 20 kondygnacji. Aktualnie przygotowany jest już do realizacji projekt budynku wysokiego SHS (Shimizu Super High-rise), o wysokości 121 kondygnacji, czyli 550 m.

Natomiast chińscy konstruktorzy poszli jeszcze dalej i zaprojektowali oraz wykonali, całkowicie prefabrykowany, 30-pietrowy hotel. Budynek ten stanął w Dougtin Lake w chińskiej prowincji Hunan, a jego budowa zajęła zaledwie 360h, czyli 15 dni (Rys. 16, 17). W fabryce wykonano wszystkie prefabrykaty: elementy ścian, stropów i schodów oraz moduły sanitarne. Ściany i stropy mają konstrukcję stalową i już w fabryce wyposażone zostały we wszystkie elementy instalacji wewnętrznych. Również okładziny ściennie i podłogowe zostały zamontowane w wytwórni. Gotowe moduły dostarczano na budowę i zmontowano w całość jak klocki Lego. Następnie zamocowano ściany zewnętrzne, złożone z gotowych prefabrykowanych paneli zawierających już stolarkę okienną. Bardzo istotnym faktem jest również to, że obiekt ten jest dużo bardziej wydajny energetycznie niż zwykłe budynki. Budynek ten został zaizolowany odpowiednią termoizolacją i wyposażony został w super szczelne, cztero panelowe okna, zewnętrzne osłony przeciwsłoneczne oraz instalację odzysku ciepła z powietrza wewnętrznego. Trzystopniowa filtracja powietrza wprowadzanego do budynku powoduje, iż powietrze wewnętrzne jest znacznie czystsze [22].



Rys. 16. Budowa 30-sto piętrowego hotelu w Chinach [22]



Rys. 17. Montaż elementów [22]

Jednak chińczycy nie zamierzają na tym poprzestać. Budynek hotelu w Dougtin Lake miał być tylko wprawką do podjęcia dużo ambitniejszego zadania. A mianowicie budowy najwyższego budynku świata, liczącego 2000 metrów, w rekordowo szybkim czasie 7 miesięcy. Taki efekt można uzyskać tylko i wyłącznie dzięki prefabrykacji [22].

7. Budynki wysokie w dążeniu do zeroenergetyczności

Idea budownictwa zeroenergetycznego bardzo szybko znalazła również zastosowanie w realizacji bardziej prestiżowych inwestycji, takich jak budynki wysokie o różnych funkcjach, w pełni wykorzystujących technologie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Zastosowanie takich rozwiązań w budynkach wysokich, których fasady mają ogromne powierzchnie, wręcz stworzone do pozyskiwania energii słonecznej, a możliwości zlokalizowania turbin pozyskujących energię z wiatru są bardzo duże, było oczywistą konsekwencją postępu technologicznego.

Wykorzystanie w budynkach wysokich rozwiązań stanowiących podstawę budownictwa zrównoważonego, nie oznacza jednak wyłącznie projektowania i wznoszenia nowych obiektów. Bardzo ciekawej operacji na budynku wysokim dokonano w Manchesterze

(Rys. 18). Wzniesiona na przełomie lat 50-tych i 60-tych CIS Tower (Co-operative Insurance Tower) poddawana była przez lata wielu naprawom związanym z wadliwym systemem elewacyjnym, którego elementy zaczęły odpadać od żelbetowej konstrukcji już sześć miesięcy po ukończeniu budowy. Dopiero w 2004 roku zdecydowano się dokonać całkowitej renowacji tego budynku wysokiego. W związku z tym wykonano projekt, który zakładał wykorzystanie nowoczesnych technologii w celu pozyskania energii ze źródeł odnawialnych. Prace zostały ukończone w 2006 roku, a budynek zyskał nie tylko nową „twarz” (Rys. 19), ale również stał się zdecydowanie bardziej oszczędny i przyjazny środowisku.



Rys. 18. Wadliwa fasada CIS Tower przed renowacją w 2005 roku [22]



Rys. 19. CIS Tower po renowacji z 2006 roku [24]

Wśród podstawowych technologii zastosowanych w CIS Tower należy wymienić przede wszystkim największą w tamtym czasie w Europie pionową fasadę z modułami fotowoltaicznymi. W całym budynku zainstalowano łącznie 7244 moduły 80W, głównie na elewacji środkowej wieży. Na dachu znalazło się natomiast miejsce dla 24 turbin wiatrowych. Dzięki takim rozwiązaniom CIS Tower jest w stanie wyprodukować w ciągu roku tyle energii, ile zużywa przeciętny dom jednorodzinny przez ponad 305 lat. Ponadto budynek ograniczył emisję dwutlenku węgla aż o 100 ton w ciągu roku. Do obiektu zeroenergetycznego wciąż dużo jednak brakuje, ponieważ odrestaurowany wieżowiec jest w stanie sam zaspokoić jedynie niewiele ponad 10% własnego zapotrzebowania na energię.

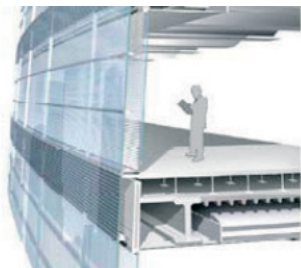
Oszczędzanie energii poprzez pozyskiwanie jej ze źródeł odnawialnych było również priorytetem twórców Pearl River Tower. Celem inwestora, którym jest China National Tobacco Corporation, było stworzenie najbardziej energooszczędnego budynku wysokiego na świecie. W ten sposób pod okiem Gordona Gilla z Skidmore Owings and Merrill oraz we współpracy z Rowan Williams Davies & Irwin Inc. i rozpoczęto w 2006 roku realizację 310-metrowej konstrukcji mającej osiągnąć status zeroenergetycznego budynku wysokiego (Rys. 20).



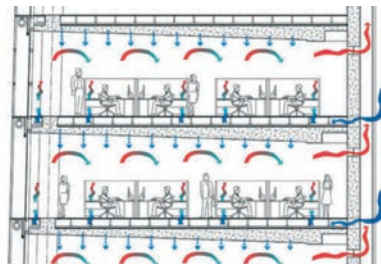
Rys. 20. Pearl River Tower [25]

Nadrzędnym celem projektantów, wzniesionego w chińskim Guangzhou wieżowca, było wykorzystanie wszystkich możliwości do zmniejszenia konsumpcji energii. W tym celu należało skupić się na dwóch zadaniach: projekcie instalacji HVAC (ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja) oraz systemie oświetlenia. Program oszczędności energii przewidywał:

- wentylowany wysokosprawny dwuwarstwowy system fasadowy z mechanicznie regulowanymi zasłonami (Rys. 21),
- wysokosprawny trójwarstwowy system przeszkleń fasady,
- sufit chłodzony poprzez chłodną wodę, z obwodową instalacją klimatyzacyjną,
- rozprężoną instalację wentylacyjną wykonstrowaną w przestrzeni podłogi podniesionej,
- system osuszania powietrza wykorzystujący, jako źródło energii, ciepło gromadzone przez dwuwarstwowy system fasadowy,
- niskoenergetyczny, wysokowydajny system oświetlenia rozprowadzający światło poprzez instalację o układzie promienistym.



Rys. 21. Wysokosprawny dwuwarstwowy system fasadowy [26]



Rys. 22. Przepływ powietrza w Pearl River Tower [27]

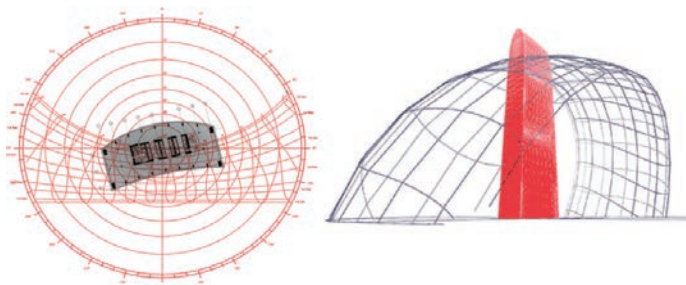
Drugim krokiem w procesie minimalizacji zużycia energii, przez instalacje budynku, było wprowadzenie do projektu systemów pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. W ramach tych działań zaprojektowano:

- rozbudowany na szeroką skalę system PV (fotowoltaiczny) zintegrowany z południowym systemem fasadowym,
- system wykorzystywania dziennego światła naturalnego zintegrowany z automatycznie regulowanymi zasłonami,
- wydajne, zintegrowane z budynkiem silniki wiatrowe zaprojektowane tak, by wykorzystywać geometrie budynku.

Trzecim zabiegiem, niemniej ważnym, było stworzenie strategii odzysku energii wprowadzonej różnymi drogami do budynku. W Pearl River Tower wykorzystano powietrze obiegowe w celu ogrzewania lub chłodzenia powietrza zewnętrznego, w zależności od temperatury na zewnątrz budynku. Przepływ powietrza na kondygnacji został przedstawiony na Rys. 22.

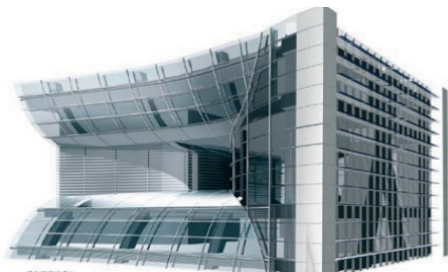
Ponadto za obniżanie temperatury wewnątrz budynku odpowiada instalacja, w której czynnikiem chłodzącym jest woda o temperaturze ok. 14°C. Jej zadaniem jest chłodzenie metalowej konstrukcji sufitu, a w konsekwencji chłodzenie powietrza w pomieszczeniach. Do kontrolowania pracy wszystkich instalacji przewidziano zaawansowany System Zarządzania Budynkiem (z ang. BMS). Dużym sukcesem było skonstruowanie bardzo wydajnej instalacji PV. Stworzony na potrzeby Pearl River Tower BIPV (ang. Building Integrated Photovoltaics), czyli zintegrowany z budynkiem system pozyskiwania energii z promieniowania słonecznego, pozwolił ograniczyć koszty związane z konstrukcją i obsługą, które w przypadku standardowej instalacji PV są znacznie wyższe.

W celu zwiększenia efektywności pozyskiwania energii słonecznej, bryła budynku została zaprojektowana przez architektów z uwzględnieniem kwestii technicznych z tym związanych. W związku z tym krzywiznę elewacji wykonstruowano tak, aby część południowa zyskała optymalną powierzchnię i formę. Stąd taka asymetryczna bryła budynku, która nie jest w tym wypadku tylko pochodną fantazji architekta, ale została poprzedzona analizą trajektorii słońca w ciągu roku dla lokalizacji Pearl River Tower (Rys. 23) [26-28].



Rys. 23. Analiza trajektorii słońca dla lokalizacji *Pearl River Tower* [27]

Podobne analizy dotyczące kształtu bryły budynku przeprowadzono z uwagi na lokalizację turbin wiatrowych. Stąd charakterystyczne wcięcia na dwóch poziomach obiektu oraz odpowiednia krzywizna elewacji, tworząca swego rodzaju leje mające sprowadzać strumienie powietrza w kierunku rzędów turbin (Rys. 24). Takie rozwiązanie pozwoliło nie tylko zyskać energię ze źródła odnawialnego, jakim jest wiatr, ale także pozwoliło zmniejszyć skutki oddziaływania wiatru na budynek. Zabieg ten wpłynął także na koszty konstrukcji budynku. Zmniejszając, bowiem poziom obciążeń poziomych, zmniejszono także ilości stali i betonu koniecznych do zapewnienia odpowiedniej sztywności całej konstrukcji [26, 27].



Rys. 24. Portal sprowadzający strumień wiatru w kierunku turbin [26]



Rys. 25. Model turbiny z pionową osią obrotu [26]

Kolejnym elementem mającym zwiększyć efektywność pozyskiwania energii z działania wiatru, było zastosowanie turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu (Rys. 25). Ich główną zaletą jest to, że pracują one równie efektywnie, bez względu na kierunek działania wiatru [26]. Efektywność założeń projektowych została przetestowana w tunelu aerodynamicznym na szczegółowo odwzorowanym modelu budynku. Sprawdzone zachowanie konstrukcji i ciśnienie wiatru dla różnych kierunków jego oddziaływania tak, aby zasymulować wszelkie możliwe do wystąpienia w rzeczywistości sytuacje. Badania wykazały, że dla większości przypadków prędkość wiatru w portalach przewyższa przynajmniej dwukrotnie prędkość wiatru w otoczeniu budynku [26, 28]. Można zatem stwierdzić, że krzywizna fasady oraz umiejscowienie portali zostały dobrane właściwie w kontekście pozyskiwania energii z wiatru.

Jakkolwiek pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych pozwoliło poważnie ograniczyć konsumpcję tej generowanej przy użyciu paliw kopalnych, to jednak bez niej mierzący 310 metrów biurowiec, o powierzchni użytkowej przekraczającej 200 tys. m² efektywnie funkcjonować by nie mógł. Dążąc do maksymalnych oszczędności, zdecydowano się jednak na rozwiązanie wpisujące się w dążenie do stworzenia budynku zeroenergetycznego. Mianowicie konstrukcję wyposażono w 50 połączonych szeregowo, wydajnych gazowych mikro-turbin, generujących ponad trzy megawaty energii. Takie rozwiązania to krok w kierunku zwiększenia efektywności wykorzystywania generowanej energii. Standardowa miejska sieć elektryczna cechuje się efektywnością poniżej 30-35%, jeżeli wziąć pod uwagę przeciętną drogę od miejsca produkcji energii do miejsca jej wykorzystania. Dla porównania zaimplementowane w Pearl River Tower mikro-turbiny gwarantują wykorzystanie generowanej przez nie energii na poziomie ponad 80%. Różnica jest zatem więcej niż znacząca. Zaletą są wymiary zastosowanych urządzeń, ponieważ każda z mikro-turbin to sprzęt wielkości przeciętnej lodówki. Za chłodzenie układu mikro-turbin odpowiada instalacja wykorzystująca jako czynnik powietrze, które po ogrzaniu może być ponownie wykorzystane do wytwarzania ciepłej wody w budynku lub w nawiewnej instalacji ogrzewania. Wykorzystanie nowych technologii w biurowcu narzuca także dodatkowe wymagania związane z wytwarzanym hałasem oraz drganiami, które oczywiście zastosowane rozwiązania musiały spełnić. Problemem w dojściu do zeroenergetyczności tego budynku stało się chińskie prawo, które zabrania wykorzystania tego typu rozwiązań w budynkach komercyjnych. Zgodnie z przepisami powinny one być podłączone do publicznej sieci elektrycznej. Jednakże w przypadku zastosowania zamontowanych już mikro-turbin Pearl River Tower stanie się pierwszym na świecie samowystarczalnym budynkiem wysokim [26, 28].

Przypadek Pearl River Tower pokazał jednak, że o ile znaczne oszczędności są realne i stworzenie budynku wysokiego samowystarczalnego jest możliwe, o tyle wymaga to wyťažonej pracy już na etapie projektowania przy udziale ekspertów wszystkich branż.

Literatura

- 1 Chew Y. L. Construction Technology for Tall Buildings 3Rd Edition. Singapore, World Scientific Publishing, 2009.
- 2 Pawłowski, A. Z., Cała, I. Budynki Wysokie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, wyd. 2, 2013.
- 3 <http://www.ctbuh.org/>
- 4 Tall buildings in numbers, CTBUH Journal, 1 (2013), 46-47.
- 5 Błaszczyński T., Ksit B., Dyzman B. Budownictwo zrównoważone z elementami certyfikacji energetycznej, DWE, Wrocław, 2012.
- 6 Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Planning and Design of Tall Buildings. A Monograph in 5 volumes. ASCE, New York 1978-1981.
- 7 Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Developments in Tall Buildings. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1983.
- 8 Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Advances In Tall Buildings. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986.
- 9 Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Tall Buildings and Urban Environment Series. McGraw-Hill Inc., New York 1992-1995 (10 parts).
- 10 Tall and Green: Dubai Congress Review. 8th World Congress, held in Dubai UAE, March 3-5, 2008, CTBUH 2008.
- 11 Asia Ascending: Age of the Sustainable Skyscraper. 9th World Congress Proceedings Shanghai, CTBUH 2012.

- 12 Błaszczyński T. Betonowe cuda. XXV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk, Tom I, 2010, 1-41.
- 13 Błaszczyński T., Wdowicki J. Betonowe budynki wysokie, w: Konstrukcje budynków, Budownictwo Ogólne, tom 4, wyd. 2, Arkady, 2011, 416-451.
- 14 McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms. 6th Ed., Engineering Reference Software, McGraw-Hill Dictionary of Engineering, Digital Ed., 2006.
- 15 Baker W.F., James P., Tomlinson R.F., Weiss A. Case Study: Trump International Hotel & Tower. CTBUH Journal, 2009, Issue III.
- 16 Thornton Ch. H., Hamdan M., Hugspruke U., Leonard J. Mixed Construction for High-Rise Towers. Habitat and the High-Rise. Tradition and Innovation. Proceedings of the Fifth World CTBUH Congress, Amsterdam, 1995, 1229-1245.
- 17 Gwozdowski B., Błaszczyński T., Wdowicki J. Analiza technologii realizacji budynku wysokiego na przykładzie Shanghai World Financial Center (SWFC). Przegląd Budowlany, 3 (2012), 23-31.
- 18 Clark R.J. Intelligent building systems for Jin Mao Building. In: Proc. of the Fifth World Congress "Habitat and the High-Rise: Tradition and Innovation", Council on Tall Buildings and Urban Habitat, May 14-19, 1995, Amsterdam.
- 19 Miyatake Y. SmartSystem: Full Scale Implementation of Computer Integrated Construction. 10th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Houston, May 1993.
- 20 High-rise pumping at the Burj Dubai at over 400 bar delivery pressure, Putzmeister AG, Raport, 2007.
- 21 Watabe M., Maeda J., Ueno T. Super Tall Building and Innovative Robotics Construction System. Tradition and Innovation. Proceedings of the Fifth World CTBUH Congress, Amsterdam, 1995, 639-658.
- 22 <http://www.muratorplus.pl> – 28.06.2013r.
- 23 www.wikipedia.en
- 24 www.e-architect.co.uk
- 25 www.flickr.com/photos/91448664@N05/8375022507>
- 26 Frechette R., Gilchrist R. Toward Zero Energy: A Case Study of the Pearl Tower, Guangzhou, China. CTBUH 8th World Congress, Dubai 3-5 March 2008.
- 27 www.iaacblog.com/selfsufficientbuilding/files/2011/01/Yashaswini/Case-studies.pdf
- 28 Le F., Antell J., Reiss M. Pearl River Tower Guangzhou: Fire Protection Strategies for an Energy Efficient High-Rise Building, CTBUH 8th World Congress, Dubai 3-5 March 2008.

Tall buildings technological and constructional specificity

Tomasz Błaszczyński

*Institute of Structural Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering,
Poznan University of Technology, e-mail: tomasz.blaszczynski@put.poznan.pl*

Abstract: Tall buildings technological and constructional specificity is presented in the paper. Attention was paid to conditionings of realization and legal problems. The problem of tall buildings shaping and the specificity of their foundation engineering was also introduced. The technological aspects of basic structural systems were analysed. The specificity of basic technologies their management and realization were also discussed. In the end of the paper the aspiration to design of so called ‘zero energy’ tall buildings are described.

Keywords: tall buildings, foundation, transportation, technology

Oddziaływanie wiatru na budynki wysokie w zabudowie wielkomiejskiej

Andrzej Flaga

*Laboratorium Inżynierii Wiatrowej, Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Krakowska, e-mail: liwpk@windlab.pl*

Streszczenie: W pracy przedstawiono podstawowe zagadnienia aerodynamiki budynków wysokich, jakie powinny być brane pod uwagę w procesie ich projektowania. Całość rozważań odniesiono do przykładowego budynku wysokiego zbadanego w tunelu aerodynamicznym Laboratorium Inżynierii Wiatrowej Politechniki Krakowskiej (LIW PK).

Słowa kluczowe: oddziaływanie wiatru, budynki wysokie

1. Wyszczególnienie najważniejszych zagadnień, jakie występują w procesie projektowania budynków wysokich z uwagi na oddziaływanie wiatru

Najważniejsze zagadnienia jakie zazwyczaj powinny być brane pod uwagę w procesie projektowania budynków wysokich poddanych oddziaływaniu wiatru wyszczególniono poniżej:

- Analiza klimatyczna (wiatrowa) miejsca lokalizacji budynku. Głównym jej celem jest przeprowadzenie analizy statystycznej długoterminowych (z kilkudziesięciu lat) danych meteorologicznych prędkości i kierunku wiatru z możliwie najbliższej stacji meteorologicznej oraz analizy topograficznej otoczenia projektowanego budynku. Wyniki takiej analizy są niezbędne do dalszych prac eksperymentalnych w tunelu aerodynamicznym i obliczeń aerodynamicznych oddziaływania wiatru na przedmiotowy budynek oraz na ocenę komfortu wiatrowego przechodniów i komfortu wibracyjnego mieszkańców i to zarówno na etapie wstępnych obliczeń aerodynamicznych, jak i późniejszych kompleksowych obliczeń aerodynamicznych budynku. Podstawami przeprowadzenia analizy klimatycznej są zwykle:
 - Mapa topograficzna przedstawiająca miejsce lokalizacji budynku w zbliżeniu;
 - Trójwymiarowy model komputerowy budynku i jego otoczenia o promieniu np. 500 m;
 - Wizja lokalna miejsca lokalizacji budynku;
 - Wyniki pomiarów prędkości i kierunku wiatru z możliwie najbliższej stacji meteorologicznej dotyczące np.:
 - częstości występowania kierunków wiatru i cisz [%] oraz średnioroczna prędkość wiatru dla poszczególnych kierunków w okresie ostatnich 10 lat,
 - j.w. tylko dla prędkości średnich dziesięciominutowych wiatru większych lub równych 10 m/s,
 - parametry rozkładu Weibulla średniej 10-minutowej prędkości wiatru dla 30-stopniowych sektorów kierunków wiatru,

- maksymalne roczne średnie 10-minutowe prędkości wiatru dla 30-stopniowych sektorów kierunków wiatru w ostatnich 10 latach i w okresie możliwie najdłuższym,
 - maksymalne roczne średnie 10-minutowe prędkości wiatru dla 30-stopniowych sektorów kierunków wiatru o okresie powrotu 50 lat (według rozkładu Gumbela),
 - najwyższa rzeczywiście zmierzona średnia 10-minutowa prędkość wiatru dla 30-stopniowych sektorów kierunku wiatru w ostatnich 10 latach i w okresie możliwie najdłuższym.
- o Podstawowe charakterystyki dynamiczne budynku otrzymane z obliczeń drgań własnych budynku (częstotliwości i postaci drgań własnych) lub przyjęte wstępnie na podstawie literatury bądź norm (np. parametry tłumienia drgań);
 - o Wstępne i zgrubne obliczenia aerodynamiczne budynku przy bardzo uproszczonym modelu obliczeniowym, przeprowadzone przed wykonaniem badań modelowych w tunelu aerodynamicznym;
 - o Badania modelowe w tunelu aerodynamicznym przeprowadzone na modelu sztywnym (najczęściej) lub na modelu aeroelastycznym (znacznie droższe i bardziej złożone, przeprowadzane rzadziej). Celem tych badań jest najczęściej wyznaczenie dla kilkudziesięciu kątów natarcia wiatru wartości średnich i ekstremalnych:
 - rozkładów współczynnika ciśnienia wiatru na ścianach i dachu budynku (na ogół), rzadziej na ścianach i dachach budynków sąsiednich;
 - rozkładów współczynników aerodynamicznych (siły oporu aerodynamicznego, aerodynamicznej siły bocznej i momentu aerodynamicznego) dla poszczególnych przekrojów poprzecznych budynku oraz dla jego fundamentu w funkcji kąta natarcia wiatru.
 - o Badania modelowe komfortu wiatrowego przechodniów;
 - o Obliczenia aerodynamiczne budynku z wykorzystaniem wyników badań modelowych przy założonym modelu oddziaływania dynamicznego wiatru na budynek i symulowanym numerycznie przestrzenno-czasowym polu prędkości wiatru przed budynkiem. Celem tych obliczeń jest wyznaczenie odpowiedzi budynku na oddziaływanie wiatru (w kombinacji z innymi oddziaływaniami) oraz sprawdzenie warunków nośności (bezpieczeństwa) i użyteczności (dopuszczalnych ugięć, amplitud drgań, odkształceń itp.), włączając w to sprawdzenie kryteriów komfortu wibracyjnego mieszkańców.

Niektóre z tych zagadnień przedstawiono dalej na przykładzie projektowanego budynku „Alba Tower” we Wrocławiu [1].

2. Przykład badań modelowych oddziaływania wiatru na wysoki budynek „Alba Tower” we Wrocławiu wraz z oceną komfortu wiatrowego przechodniów wokół tego budynku¹

2.1. Ogólny opis inwestycji

Teren, na którym planowana jest inwestycja Wings Development Sp. z o.o. zlokalizowany jest we Wrocławiu przy ulicy gen. R. Traugutta.

Zespół zabudowy usługowo-biurowo-apartamentowej faza B składa się z wydzielonych architektonicznie trzech budynków mieszkalnych: B1, B2 oraz B3. Wysokość zabudowy budynków B1 i B3 wynosi od 5 do 10 kondygnacji i nie przekracza 33m w najwyższym punkcie. Budynek wysokościowy B2 posiada 45 kondygnacji nadziemnych, wysokość poziomu dachu wynosi 159,55m.

W pracy analizuje się dwie sytuacje projektowe tj.: z pojedynczym budynkiem wysokim „Alba Tower” i z dwoma budynkami wysokimi – drugi budynek wysoki jest planowany w przyszłości.

Budynki zaprojektowano jako niezależne monolityczne ustroje żelbetowe, płytowo-słupowo-ścienne z usztywniającymi trzonami klatek schodowych, szybów windowych i szachów instalacyjnych.

Posadowienie budynków zaprojektowano jako fundament zespolony – płyta żelbetowa z układem baret, przyjętych jako elementy ograniczające osiadania. Ściany boczne podziemia zaprojektowano w technologii ścian szczelinowych, zamykających teren całego kompleksu budynków, obejmującego fazy A,B,C i D.

Wizualizacja komputerowa budynku „Alba Tower” w przypadku braku sąsiedniego budynku wysokiego i z budynkiem wysokim planowanym w przyszłości przedstawiono na Rys. 1.

2.2. Analiza warunków wiatrowych miejsca lokalizacji budynku „Alba Tower” i wnioski z niej wypływające

2.2.1. Wybrane rysunki trójwymiarowe modelu komputerowego otoczenia budynku „Alba Tower”

Trójwymiarowy model komputerowy otoczenia budynku „Alba Tower” przedstawiono na Rys. 2. Z kolei zaś na Rys. 3 przedstawiono obszar zabudowy o promieniu 300m, z budynkiem „Alba Tower” w środku, którego model fizyczny w skali 1:300 został zrobiony w LIW PK w celu przeprowadzenia na nim badań modelowych w tunelu aerodynamicznym.

¹ *) Opracowano na podstawie raportów z pracy naukowo-badawczych:

Flaga A., Rzegocka-Kłaput R., 2007. *Wstępne obliczenia aerodynamiczne wysokiego budynku „Alba Tower” we Wrocławiu przy ul. Traugutta*. Politechnika Krakowska, Kraków 2007.

Flaga A., Flaga Ł. *Analiza klimatyczna miejsca lokalizacji wysokiego budynku „Alba Tower” we Wrocławiu przy ul. Traugutta*. Politechnika Krakowska, Kraków 2007.

Flaga A., Bosak G., Rzegocka-Kłaput R., Flaga Ł., Augustyn M.: *Badania modelowe, analizy studialne i obliczenia aerodynamiczne oddziaływania wiatru na wysoki budynek „Alba Tower” we Wrocławiu przy ul. Traugutta w warunkach braku, z obecnością drugiego projektowanego w przyszłości budynku wysokiego*. Politechnika Krakowska, Kraków 2008.



a)



b)

Rys. 1. Wizualizacja komputerowa budynku „Alba Tower”: a) w przypadku braku sąsiedniego budynku wysokiego; b) z budynkiem wysokim



Rys.2. Trójwymiarowy model komputerowy otoczenia wysokiego budynku „Alba Tower” we Wrocławiu



Rys. 3. Obszar zabudowy wokół budynku „Alba Tower” o promieniu 300m, którego model fizyczny wykonano w LIW PK

2.2.2. Ocena kategorii chropowatości terenu

Zabudowa otaczająca miejsce inwestycji Wings Development Sp. z o.o. we Wrocławiu przy ul. Traugutta, w szczególności wysokiego budynku „Alba Tower” i sąsiadującego z nim w przyszłości drugiego budynku wysokiego, jest zróżnicowana i można ją scharakteryzować następująco:

- Od strony południowo-wschodniej, południowej, zachodniej i północno-zachodniej sąsiadująca zabudowa jest zdominowana przez typową gęstą zabudowę śródmiejską starej części miasta, z dominacją budynków mieszkalnych 4-6 kondygnacyjnych oraz obiektów użyteczności publicznej i zabytkowych. Jest to według normy PN-77/B-02011 (1977) [2] teren kategorii C (śródmiejski), a według Eurokodu PN-EN 1991-1-4 (2008) [3] teren kategorii IV;
- Znacznie niższa i mniej gęsta zabudowa jest od strony północno-wschodniej i wschodniej, gdzie przyływają rzeki Odra i Oława. Rzeka Oława kontaktująca się od strony północno-wschodniej z terenem inwestycji, wpada niedaleko od tego miejsca do Odry. Teren więc od strony północno-wschodniej i wschodniej jest terenem typowym dla terenów nadrzecznych, z małą ilością budynków (raczej niskich) i przypadkową roślinnością z drzewami włącznie. Jest to według PN-77/B-02011 (1977) teren kategorii B (podmiejski), a według Eurokodu PN-EN 1991-1-4 (2008) teren kategorii III.

2.2.3. Pionowy profil wiatru i intensywność turbulencji

Przy wianiu wiatru z kierunków odpowiadających tym dwóm różnym kategoriom chropowatości terenu zaleca się przyjąć następujące wartości parametrów charakteryzujących pionowy profil wiatru:

- Przypadek potęgowego profilu wiatru:
 - kategoria B chropowatości terenu

$$\alpha = 0,19; \quad k = k_1 = \frac{\bar{v}(10)}{v_k} = 0,80; \\ H_{\min} = 6\text{ m}; \quad H_{\max} = 300\text{ m}$$
 - kategoria C chropowatości terenu

$$\alpha = 0,24; \quad k = 0,63; \quad H_{\min} = 15\text{ m}; \\ H_{\max} = 350\text{ m}$$
- Przypadek logarytmicznego profilu wiatru:
 - kategoria III chropowatości terenu

$$z_o = 0,30\text{ m}; \quad z_{\min} = 5\text{ m}; \quad c_r = 0,215 \ln \left(\frac{z}{0,30} \right)$$
 - kategoria IV chropowatości terenu

$$z_o = 1,00\text{ m}; \quad z_{\min} = 10\text{ m}; \quad c_r = 0,234 \ln \left(\frac{z}{1,00} \right)$$

2.2.4. Prędkość charakterystyczna v_k lub bazowa v_b miejsca lokalizacji inwestycji

W tabeli 1 zestawiono wszystkie przypadki w okresie od 01.01.1977-31.12.2006, w których średnia 10-minutowa prędkość wiatru na stacji meteorologicznej Wrocław-Strachowice przekroczyła 15m/s.

Tabela.1. Maksymalne średnie 10-minutowe prędkości wiatru [m/s] w okresie 01.01.1977- 31.12.2006r. na stacji meteorologicznej Wrocław–Strachowice [4]

Data	Godzina [GMT]	Kierunek wiatru	Średnia prędkość wiatru [m/s]
04-01-1978	03.00	zachodni	17
01-11-1981	18.00	północno-zachodni	15
24-11-1984	09.00	zachodni	16
03-02-1985	06.00	północno-zachodni	16
05-11-1985	09.00	południowo-zachodni	15
24-01-1993	12.00	zachodni	15
28-03-1997	09.00	zachodni	15

Z tablicy tej wynika, że wszystkie te wiatry wiały z kierunków zachodniego, północno-zachodniego lub południowo-zachodniego, a więc odpowiadającego kategorii chropowatości terenu C lub IV.

Maksymalna roczna średnia 10-minutowa prędkość wiatru o okresie powrotu 50 lat otrzymana na tej stacji meteorologicznej (wg rozkładu Gumbela), na podstawie pomiarów w ostatnich 30 latach, wynosi 17,6 m/s. Jest to więc mniej niż przyjmuje norma PN-77/B-02011 (1977) w strefie wiatrowej I w jakiej znajduje się Wrocław, tj. $v_k = 20\text{ m/s}$, oraz mniej niż przyjmuje Eurokod EN-1991-1-4 (2008) tj. $v_{bo} = 22\text{ m/s}$.

Biorąc to pod uwagę, w obliczeniach aerodynamicznych budynków zaleca się przyjmować wartość: $v_k = v_{bo} = v_b = 20\text{ m/s}$.

2.2.5. Intensywność turbulencji (fluktuacji) prędkości wiatru

Intensywność turbulencji $I_v(z)$ proponuje się obliczać ze wzoru:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{\sigma_v}{c_r(z)c_o(z)v_b} = \frac{\sigma_v}{c_r(z)v_b} = \frac{1}{\ln\left(\frac{z}{z_o}\right)} \quad (1)$$

Stąd otrzymuje się:

- **Kategoria chropowatości terenu B lub III:**

$$I_v(z) = \frac{1}{\ln\left(\frac{z}{0,30}\right)} = \begin{cases} 0,285 & \text{gd}y \ z=10\text{m} \\ 0,195 & \text{gd}y \ z=50\text{m} \\ 0,172 & \text{gd}y \ z=100\text{m} \\ 0,161 & \text{gd}y \ z=150\text{m} \end{cases} \quad (2)$$

- **Kategoria chropowatości terenu C lub IV:**

$$I_v(z) = \frac{1}{\ln\left(\frac{z}{1,00}\right)} = \begin{cases} 0,434 & \text{gd}y \ z=10\text{m} \\ 0,256 & \text{gd}y \ z=50\text{m} \\ 0,217 & \text{gd}y \ z=100\text{m} \\ 0,200 & \text{gd}y \ z=150\text{m} \end{cases} \quad (3)$$

Przedstawione powyżej wyniki analizy warunków wiatrowych w miejscu lokalizacji inwestycji zostały w całości wykorzystane przy planowaniu badań modelowych w tunelu aerodynamicznym oraz w obliczeniach aerodynamicznych przedmiotowego budynku. Inne wyniki pomiarów otrzymane na stacji meteorologicznej Wrocław-Strachowice zostały wykorzystane w ocenie komfortu wiatrowego przechodniów.

2.3. Modele do badań

Badania przeprowadzono na modelu budynku „Alba Tower” wraz z najbliższą zabudową w dwóch sytuacjach projektowych: w warunkach braku i z obecnością drugiego projektowanego w przyszłości budynku wysokiego. Model wykonano w skali 1:300 z pleksiglasu (budynki) i styroduru (otoczenia). Model został umieszczony na stole obrotowym w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego, co umożliwiała zmianę kierunku napływu powietrza na badany obiekt. Zdjęcie modelu w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego przedstawia Rys. 4.

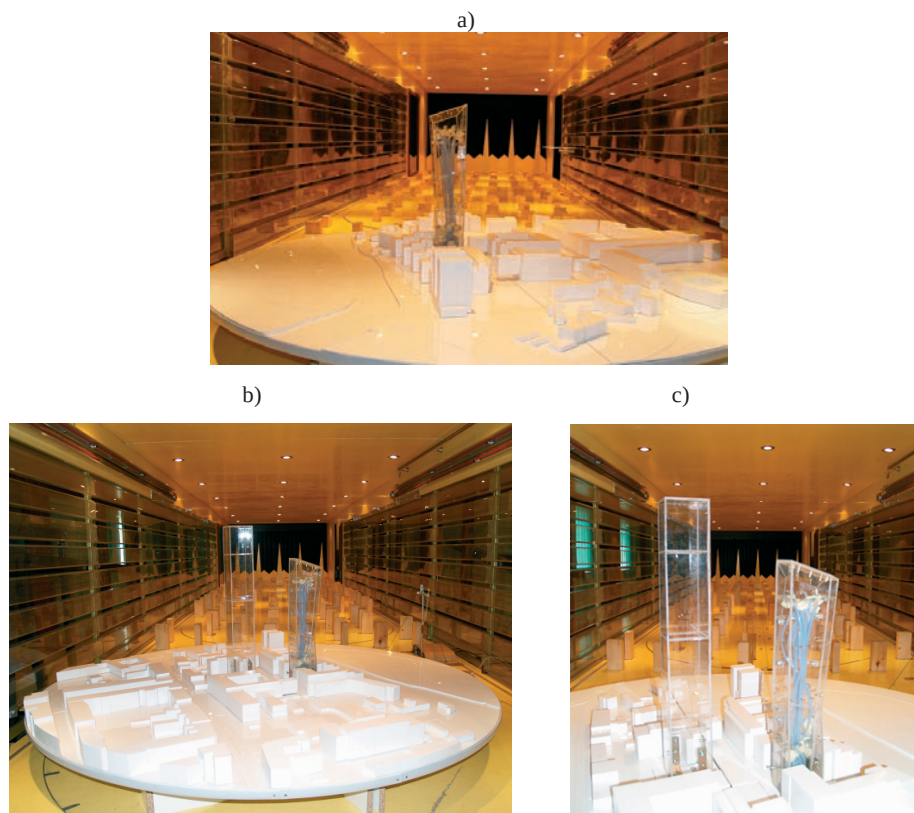
2.4. Podstawy teoretyczne i metodyka przeprowadzonych badań

Róża wiatrów obszaru lokalizacji budynku, zamieszczona w raporcie analizy klimatycznej, wskazuje kierunek zachodni jako dominujący dla wiatrów silnych. Ponadto planuje się lokalizację sąsiedniego budynku wysokościowego od kierunku zachodniego w odniesieniu do budynku „Alba Tower. Uwzględniając te fakty oraz formę konstrukcyjną budynku, wyróżniono trzy kierunki średniego napływu wiatru dla których przeprowadzono analizy ekstremalnego oddziaływania wiatru na konstrukcję budowli (90°, 135°, 180°) (por. Rys. 5).

Pomiary i analizy przeprowadzono początkowo przy występowaniu tylko budynku „Alba Tower” (sytuacje pomiarowe o symbolu S), a następnie uwzględniono w badaniach

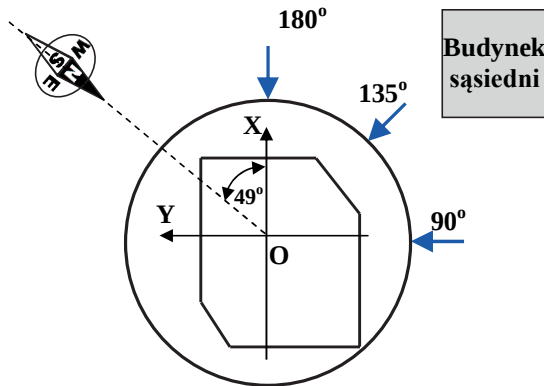
i analizach drugi budynek wysokościowy, rozpatrując wpływ interferencji aerodynamicznej (sytuacje pomiarowe o symbolu D).

Oddziaływania wiatru na budynek wyznaczono jako przebiegi czasowe składowych $F_x(t)$, $F_y(t)$ wypadkowej siły aerodynamicznej oraz aerodynamicznego momentu skręcającego $M_z(t)$, odniesionych do poszczególnych kondygnacji nadziemnych budynku (44 kondygnacje nadziemne), na podstawie teorii quasi-ustalonej z uwzględnieniem turbulencji atmosferycznej. Pominięto wpływ ruchu budynku na oddziaływanie wiatru (brak sprzężeń aerodynamicznych).

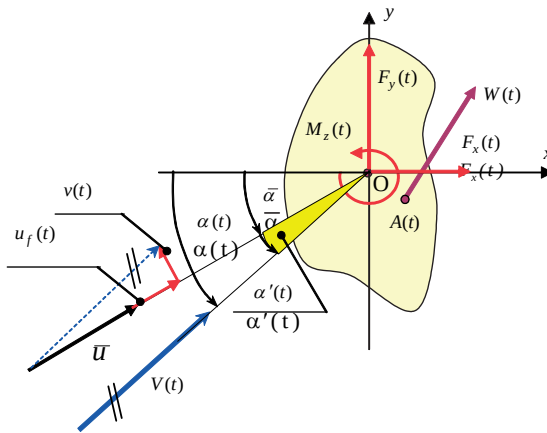


Rys. 4. Model budynku „Alba Tower” wraz z otoczeniem umieszczony w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego w warunkach braku (a) i z obecnością drugiego projektowanego w przyszłości budynku wysokiego (b,c)

Turbulencja atmosferyczna to nieustalony ruch powietrza opisywany w danym punkcie poprzez zmienny w czasie wektor prędkości wiatru $\mathbf{V}(t)$. Zarejestrowane przebiegi czasowe prędkości wiatru w określonym punkcie, dla dostatecznie długiego przedziału czasu, pozwalają wyznaczyć wartość średniej prędkości wiatru $\bar{u}$ i związany z nią kierunek średniego napływu wiatru na konstrukcję $\bar{\alpha}$. Długość czasu uśredniania przyjmowana jest o wartości równej 10 min. Składowe zmienne, dynamiczne noszą nazwę fluktuacji. Ograniczenie rozważań do przypadku płaskiego, występującego w płaszczyźnie przekroju poprzecznego budynku, prowadzi do wyróżnienia dwóch składowych fluktuacyjnych: fluktuacji podłużnej, w kierunku średniego napływu wiatru $u(t)$ oraz fluktuacji poprzecznej, poziomej $v(t)$ (por. Rys. 6).



Rys. 5. Analizowane trzy średnie kierunki napływu wiatru na budynek „Alba Tower”



Rys. 6. Sytuacja napływu turbulentnego wiatru na nieruchomą konstrukcję

W kierunku średniego napływu wiatru $\bar{\alpha}$ chwilowa wartość prędkości wiatru $u(t)$ jest równa:

$$u(t) = \bar{u} + u_f(t) \quad (4)$$

gdzie: $\bar{u}$ - wartość średniej prędkości wiatru, $u_f(t)$ - fluktuacja podłużna.

Odchylenie kierunku prędkości chwilowej wiatru $\alpha'(t)$ od wartości średniej $\bar{\alpha}$, jest wynikiem występowania fluktuacji poprzecznej $v(t)$ i podłużnej $u_f(t)$, przy czym:

$$\alpha'(t) = \arctg \frac{v(t)}{u_f(t)} \quad (5)$$

Z turbulentnym opływem konstrukcji przez wiatr związane jest zmienne pole ciśnień $p(t)$, które powstaje na ścianach zewnętrznych danego fragmentu budowli. W wyniku tego wypadkowa oddziaływania wiatru $\mathbf{W}(t)$ i położenie środka aerodynamicznego $A(t)$ jest funkcją czasu. Składowe siły turbulentnego oddziaływania wiatru $F_x(t)$, $F_y(t)$ i momentu aerodynamicznego $M_z(t)$ na fragment konstrukcji o długości L , zgodnie z teorią quasi-ustaloną, są wyrażone wzorami:

$$\begin{aligned}
 F_x(t) &= q(t) \cdot C_x(\alpha(t)) \cdot D \cdot L; \quad C_x(\alpha(t)) = C_x(\alpha) \\
 F_y(t) &= q(t) \cdot C_y(\alpha(t)) \cdot D \cdot L; \quad C_y(\alpha(t)) = C_y(\alpha) \\
 M_z(t) &= q(t) \cdot C_m(\alpha(t)) \cdot D^2 \cdot L; \quad C_m(\alpha(t)) = C_m(\alpha)
 \end{aligned} \tag{6}$$

gdzie: $q(t)$ – ciśnienie prędkości wiatru; D – wymiar charakterystyczny; L – długość analizowanego fragmentu konstrukcji; $C_x(\alpha(t))$, $C_y(\alpha(t))$, $C_m(\alpha(t))$ – funkcje wartości współczynników aerodynamicznych wyznaczone na podstawie badań w tunelu aerodynamicznym przy założeniu, że w pomiarach składowych statycznych oddziaływań aerodynamicznych α jest średnim kierunkiem natarcia wiatru; $\alpha(t)$ – chwilowy kąt natarcia wiatru określony zależnością:

$$\alpha(t) = \bar{\alpha} + \arctg \frac{v(t)}{u(t)} \tag{7}$$

Ciśnienie prędkości wiatru $q(t)$ jest funkcją chwilowej prędkości wiatru $\mathbf{V}(t)$ zgodnie z zależnością:

$$q(t) = \frac{1}{2} \rho \cdot |\bar{\mathbf{V}}(t)|^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot [u(t)^2 + v(t)^2] \tag{8}$$

gdzie: ρ – gęstość powietrza atmosferycznego przyjęta o wartości 1.23 kg/m^3 .

Funkcje współczynników aerodynamicznych $C_x(\alpha)$, $C_y(\alpha)$, $C_m(\alpha)$ wyznaczono w tunelu aerodynamicznym metodą pośrednią poprzez wyznaczenie rozkładu chwilowych ciśnień wiatru na powierzchni zewnętrznej w wyróżnionych przekrojach poprzecznych analizowanego modelu budynku.

W metodzie pośredniej określenia współczynników aerodynamicznych na podstawie pola ciśnienia wiatru przyjęto następujące założenia i oznaczenia (por. Rys. 7):

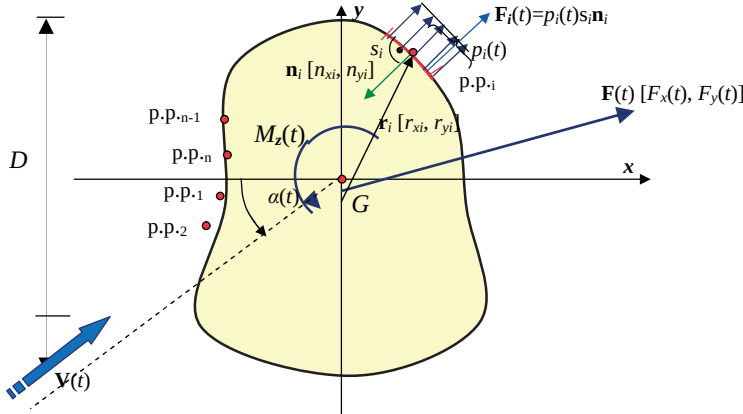
- Ciśnienie wiatru na długości s_i obrysu zewnętrznego przekroju poprzecznego elementu konstrukcyjnego można przyjąć jako równomierne, a jego wartość $p_i(t)$ jest określona w punkcie pomiarowym i (p.p.);
- Kierunek działania ciśnienia na długości s_i jest zgodny z kierunkiem wektora $\mathbf{n}_i[n_{xi}, n_{yi}]$ normalnej do obrysu zewnętrznego w punkcie pomiarowym i ;
- Długość s_i i długość rzutu s_i na kierunek prostopadły do $\mathbf{n}_i$ są równe albo pomijalnie różne;
- Pole ciśnienia wiatru na długości jednostkowej elementu konstrukcyjnego nie ulega zmianie;
- Położenie punktu pomiarowego ciśnienia wiatru na powierzchni zewnętrznej elementu w danym przekroju poprzecznym jest wyznaczone wektorem $\mathbf{r}_i[r_{xi}, r_{yi}]$;
- Liczba punktów pomiarowych (p.p.), która z wystarczającą dokładnością opisuje pole ciśnienia wiatru wynosi n .

Przy przyjęciu powyższych założeń, siłę oddziaływania wiatru na element powierzchni zewnętrznej o wymiarach s_i na jednostkę długości analizowanego fragmentu konstrukcji wzdłuż jego osi można wyznaczyć zgodnie z:

$$\mathbf{F}_i(t) = p_i(t) s_i \mathbf{n}_i \tag{9}$$

gdzie: składowe tego wektora oznaczono $[F_{xi}(t), F_{yi}(t)]$. Składowe siły globalnego oddziaływania aerodynamicznego w płaszczyźnie przekroju poprzecznego elementu konstrukcyjnego $\mathbf{F}(t)$ $[F_x(t), F_y(t)]$ obliczamy poprzez sumowanie działań na poszczególne fragmenty powierzchni zgodnie z:

$$F_x(t) = \sum_{i=1}^n F_{xi}(t); F_y(t) = \sum_{i=1}^n F_{yi}(t) \quad (10)$$



Rys. 7. Schemat ideowy wyznaczenia składowych sił aerodynamicznych F_x , F_y oraz momentu aerodynamicznego M_z na podstawie pola ciśnienia wiatru na powierzchni zewnętrznej elementu konstrukcyjnego.

Składową momentu aerodynamicznego $M_z(t)$ określamy zgodnie z wzorem (8):

$$M_z(t) = \sum_{i=1}^n M_{zi}(t) \quad (11)$$

gdzie: $M_{zi}(t) = -F_{xi}(t) r_{yi} + F_{yi}(t) r_{xi}$.

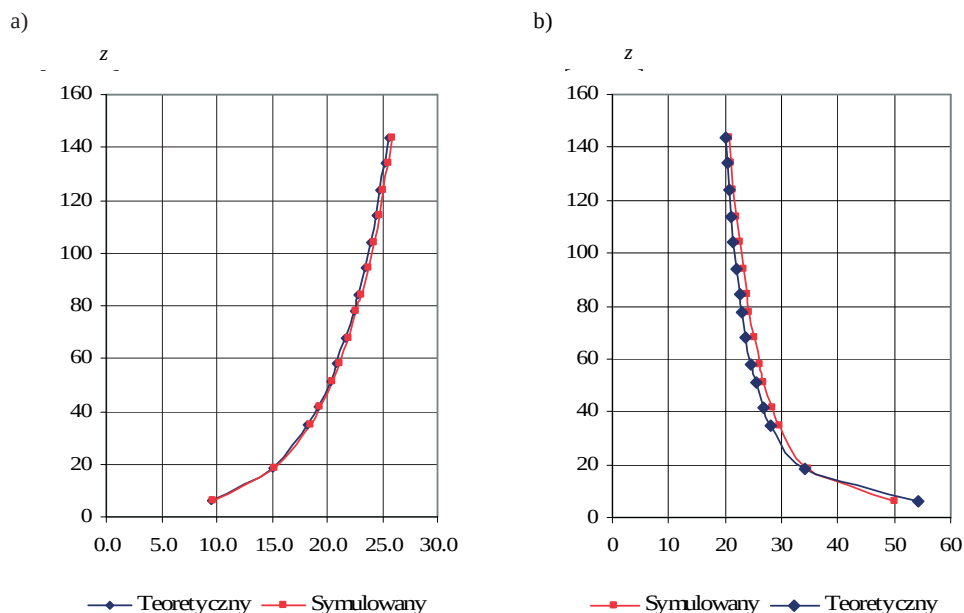
Funkcje współczynników aerodynamicznych wyznaczono zgodnie z zależnościami:

$$C_x(\alpha) = \frac{\bar{F}_x(\alpha)}{q_{ref} \cdot D}; C_y(\alpha) = \frac{\bar{F}_y(\alpha)}{q_{ref} \cdot D}; C_m(\alpha) = \frac{\bar{M}_z(\alpha)}{q_{ref} \cdot D^2} \quad (12)$$

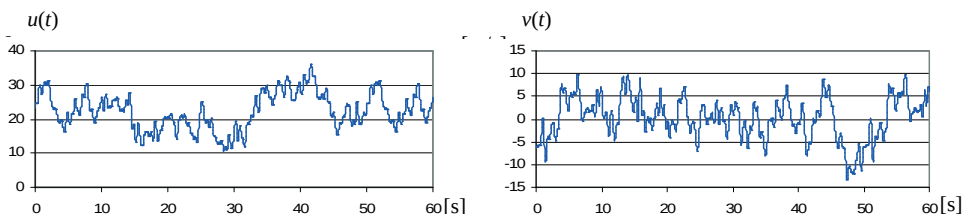
Pole prędkości wiatru w piętnastu punktach charakterystycznych w obszarze niezaburzonego przed budynkiem na różnych poziomach wysokościowych, odpowiadających wyróżnionym kondygnacjom, można wyznaczyć w wyniku symulacji numerycznej przy wykorzystaniu modułu WINDSYM systemu AERODYNBUD [5, 6]. Przykładową symulację pola prędkości wiatru wykonano przy następujących założeniach: model struktury częstotliwościowej wiatru – gęstość widmowa mocy Kármána; metoda symulacji numerycznej WAWS (Weighted Amplitude Wave Superposition); pionowy profil prędkości wiatru – logarytmiczny; rodzaj terenu – teren kategorii C; skala turbulencji – 100 m; długość przedziału widma 0.02 1/s; prędkość średnia na wysokości 10m – 12 m/s; prędkość bazowa w terenie budowy „Alba Tower” – 22 m/s; parametr chropowatości terenu – 0.02; krok czasowy obliczania prędkości – 0.05 s; liczba przedziałów widma – 100; liczba kroków czasowych – 6000.

Teoretyczne i symulowane numerycznie pionowe profile średniej, podłużnej składowej prędkości wiatru u oraz intensywności turbulencji I_v przedstawia Rys. 8.

Przykładowe przebiegi czasowe składowych prędkości wiatru, podłużnej $u(t)$ i fluktuacji poprzecznej, poziomej $v(t)$, otrzymane w wyniku symulacji numerycznej dla terenu budowy „Alba Tower”, zamieszczono na Rys. 9.



Rys. 8. Teoretyczne i symulowane pionowe profile: a) średniej podłużnej składowej prędkości wiatru; b) intensywności turbulencji

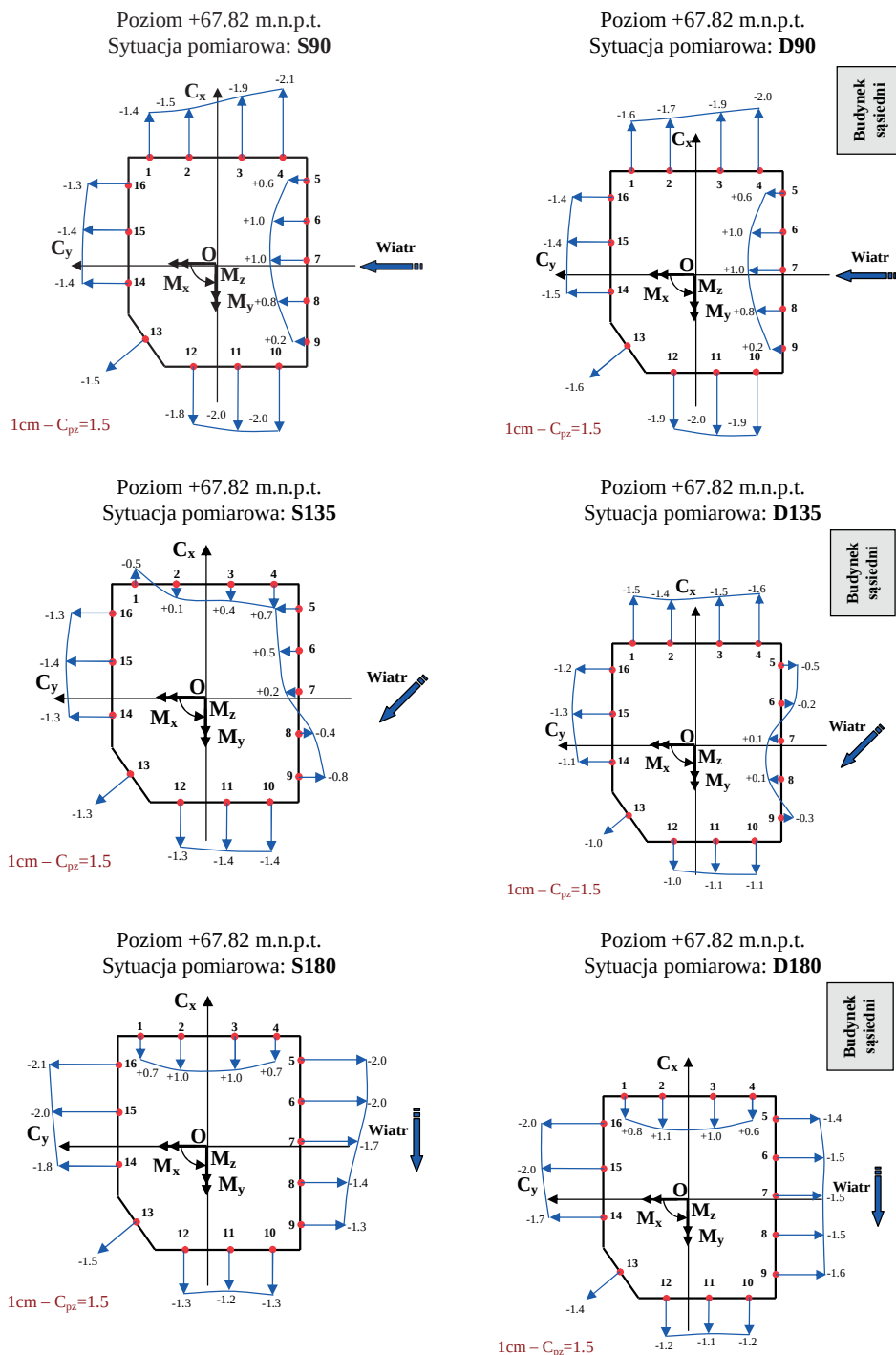


Rys. 9. Przebiegi czasowe składowych prędkości wiatru: podłużnej $u(t)$ i fluktuacji poprzecznej, poziomej $v(t)$, otrzymane w wyniku symulacji numerycznej dla terenu budowy budynku „Alba Tower” na wysokości $z= 67.82$ m.n.p.t.

2.5. Wybrane wyniki badań modelowych w tunelu aerodynamicznym

2.5.1. Rozkłady współczynnika ciśnienia wiatru w wybranym poziomie pomiarowym

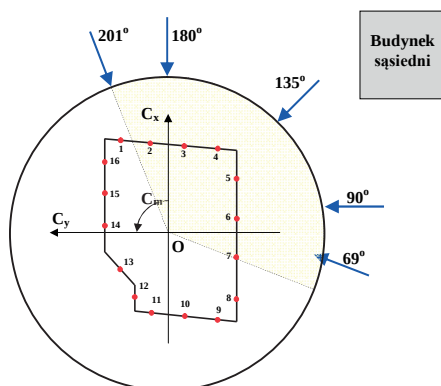
Rozkłady te dla wysokości 67.82 m przedstawiono na Rys. 10.



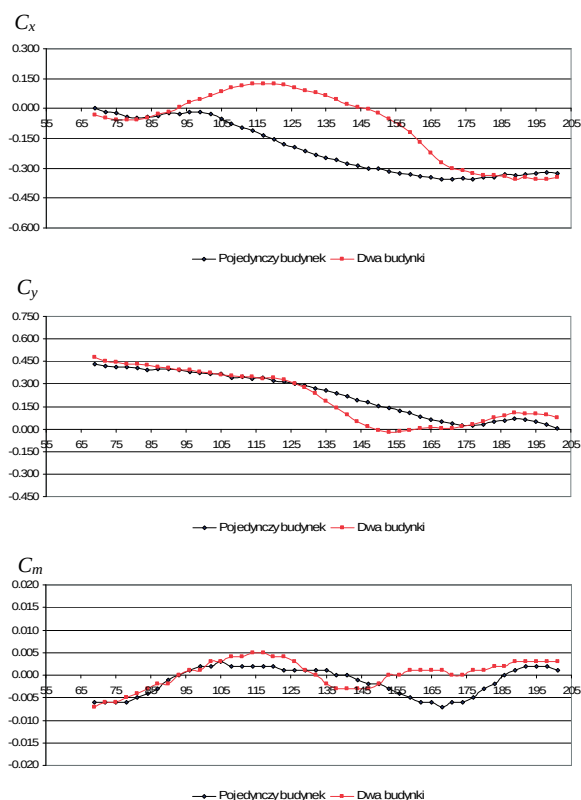
Rys. 10. Rozkłady współczynnika średniego ciśnienia zewnętrznego wiatru w punktach pomiarowych (p.p.) przekroju poprzecznego na poziomie 67.82 m.n.p.t. w analizowanych sytuacjach pomiarowych

2.5.2. Współczynniki aerodynamiczne w wybranym przekroju pomiarowym w funkcji kąta napływu wiatru

Na podstawie rozkładów ciśnienia średniego wiatru otrzymanych w czterech przekrojach pomiarowych, wyznaczono współczynniki aerodynamiczne oporu aerodynamicznego, aerodynamicznej siły bocznej i momentu aerodynamicznego w funkcji kąta napływu wiatru (Rys. 11). Rozkłady te zamieszczono na Rys. 12.



Rys. 11. Sytuacje pomiarowe



Rys. 12. Funkcje współczynników aerodynamicznych $C_x(\alpha)$, $C_y(\alpha)$, $C_m(\alpha)$ przekroju pomiarowego P21, poziom +67.82 m.n.p.t.

2.5.3. Interpolacja funkcji współczynników aerodynamicznych przekrojów poziomach pośrednich

Na podstawie otrzymanych funkcji współczynników aerodynamicznych w czterech przekrojach pomiarowych wyznaczono w drodze interpolacji funkcje współczynników aerodynamicznych w przekrojach pośrednich.

2.6. Komfort wiatrowy przechodniów

2.6.1. Podstawy teoretyczne komfortu wiatrowego dla przechodniów [6]

Zakres badań komfortu wiatrowego przechodniów obejmuje wyznaczenie średniej prędkości wiatru w poziomie przechodniów. Znajomość średniej prędkości wiatru w punkcie P w poziomie przechodniów pozwala na określenie miarodajnej prędkości wiatru $\hat{v}_P(\theta_i)$ w tym punkcie, dla danego kierunku wiatru θ_i .

Jeśli zna się miarodajną prędkość wiatru ($\hat{v}_P(\theta_i)$) w interesującym nas obszarze miejskiej zabudowy, można porównać ją z określoną kryteriami komfortu odpowiednią prędkością progową z uwagi na komfort użytkowania terenu (v_{TRH}). Jeżeli $\hat{v}_P(\theta_i) < v_{TRH}$ to można wnioskować, że w badanym obszarze nie ma ryzyka zakłócenia komfortowych warunków jego użytkowania. Jeżeli jednak $\hat{v}_P(\theta_i) > v_{TRH}$, to należy dodatkowo określić prawdopodobieństwo przekroczenia v_{TRH} .

Aby warunki można było uznać za komfortowe, prawdopodobieństwo to nie może przekraczać wartości określonej w kryteriach komfortu. Wartość tego prawdopodobieństwa w punkcie P przy danym kierunku wiatru θ_i wyznaczyć można z równania:

$$P(\hat{V}_P(\theta_i) > v_{TRH}) = 100 \cdot P(\theta_i) \cdot \exp \left[- \left(\frac{v_{TRH}}{\delta(\theta_i) \cdot c(\theta_i)} \right)^{k(\theta_i)} \right] [\%] \quad (13)$$

gdzie: $P(\hat{V}_P(\theta_i) > v_{TRH})$ – prawdopodobieństwo przekroczenia progowej prędkości wiatru

v_{TRH} przez miarodajną lokalną prędkość wiatru $\hat{v}_P(\theta_i)$ przy kierunku wiatru θ_i ;

$P(\theta_i)$ – prawdopodobieństwo kierunku wiatru;

$c(\theta_i)$, $k(\theta_i)$ – parametry funkcji rozkładu Weibulla;

$$\delta(\theta_i) = \eta(\theta_i) \cdot \gamma(\theta_i) \cdot \beta(\theta_i) \quad (14)$$

$$\eta(\theta_i) = \frac{v_P^T(\theta_i)}{\bar{v}_P(\theta_i)}; \gamma(\theta_i) = \frac{\bar{v}_P(\theta_i)}{\bar{v}_{ref}(\theta_i)}; \beta(\theta_i) = \frac{\bar{v}_{ref}(\theta_i)}{\bar{v}_{MET}(\theta_i)} \quad (15)$$

$\eta(\theta_i)$ – współczynnik czasu uśredniania; $\gamma(\theta_i)$ – współczynnik wzmocnienia prędkości wiatru (wyznaczany na drodze badań modelowych w tunelu aerodynamicznym lub z wykorzystaniem metod numerycznych mechaniki płynów (CFD)); $\beta(\theta_i)$ – współczynnik przejścia.

Za miarodajną dopuszczalną prędkość progową wiatru najczęściej przyjmowana jest prędkość średnia wiatru, uśredniona w czasie 1h (v_P^{1h}), o wartości 5,0 m/s (lub 6,0 i 4,0 m/s odpowiednio dla lata i zimy).

Sumując powyższe prawdopodobieństwa $P(\hat{V}_P(\theta_i) > v_{TRH})$, wyznaczone w punkcie P przy N kierunkach wiatru, otrzymuje się wartość prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnej prędkości wiatru przez miarodajną lokalną prędkość wiatru w punkcie $P - P_{exc}(v_{TRH})$:

$$P_{exc}(\hat{V}_P > v_{TRH}) = \sum_{i=1}^N P(\hat{V}_P(\theta_i) > v_{TRH}) =$$

$$\sum_{i=1}^N 100 \cdot P(\theta_i) \cdot \exp \left[- \left(\frac{v_{TRH}}{\delta(\theta_i) \cdot c(\theta_i)} \right)^{k(\theta_i)} \right] [\%] \quad (16)$$

Prawdopodobieństwo to nie może przekroczyć wartości dopuszczalnej określonej wymogami kryteriów komfortu. Propozycję własną kryteriów komfortu wiatrowego w warunkach Polski – otrzymaną po przeanalizowaniu innych kryteriów komfortu wiatrowego spotykanych w literaturze przedmiotu i dokumentach normalizacyjnych – zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Propozycja kryteriów komfortu wiatrowego w warunkach Polski wg autora [6]

Warunki dopuszczalne		
Kategoria oceny	$v_{TRH P}$	$P_{TRH P}$
Szybki chód	$v_P^{1h}(\theta_i) > 5,0 \text{ m/s}$	$P_{exc} \leq 25,0\%$
Normalny chód		$P_{exc} \leq 15,0\%$
Krótki okres przebywania w ustalonej pozycji	lub $v_P^{1h}(\theta_i) > 6,0 \text{ m/s}$ – lato	$P_{exc} \leq 10,0\%$
Wydłużony okres przebywania w ustalonej pozycji	$v_P^{1h}(\theta_i) > 4,0 \text{ m/s}$ – zima	$P_{exc} \leq 5,0\%$

2.6.2. Krótki opis badań w tunelu aerodynamicznym

Pomiar prędkości wiatru przeprowadzono w 20 punktach pomiarowych. Badania dokonano przy pełnym zakresie zmienności kąta napływu wiatru (0° do 360°) z krokiem 30° . Rozkład punktów pomiarowych na modelu przedstawiono na Rys. 13.



Rys. 13. Lokalizacja punktów pomiarowych

Rejestracja przebiegów średnich prędkości wiatru z dwudziestu punktów pomiarowych oraz prędkości referencyjnej była dokonana z częstotliwością próbkowania 100 Hz.

2.6.3. Wyniki pomiarów na stacji meteorologicznej Wrocław-Strachowice

Parametry rozkładu Weibulla dla 30-stopniowych sektorów kierunków wiatru w okresie 01.01.1997-31.12.2006r ze stacji meteorologicznej Wrocław – Strachowice zostały przedstawione w opracowaniu [4] i zestawione w tabeli 3. Na podstawie tych danych oszacowano wartości parametrów rozkładu Weibulla także dla sektorów 30-stopniowych, dopasowanych jednakże do orientacji układu współrzędnych przyjętego w badaniach tunelowych. Zestawiono je w tabeli 4.

Z kolei zaś częstość występowania kierunków wiatru i cisz oraz średnioroczną prędkość wiatru dla sektorów 45-stopniowych w okresie 01.01.1997r. – 31.12.2006r ze stacji meteorologicznej Wrocław – Strachowice zestawiono w tabeli 5. Natomiast ekstrapolowane na tej podstawie częstości występowania kierunku wiatru i cisz w sektorach 30-stopniowych zestawiono w tabeli 6.

Tabela 3. Parametry rozkładu Weibulla dla 30-stopniowych sektorów kierunków wiatru w okresie 01.01.1997-31.12.2006r ze stacji meteorologicznej Wrocław – Strachowice [4].

Sektor kierunku wiatru	Zakres kątowy [N=0/360°]	Parametr	
		$k(\Theta_i)$	$c(\Theta_i)$
0	345-15	2.155	3.183
30	15-45	2.449	3.104
60	45-75	2.394	3.842
90	75-105	2.207	4.000
120	105-135	2.179	4.203
150	135-165	2.215	4.144
180	165-195	2.116	4.341
210	195-225	2.228	4.912
240	225-255	2.131	4.764
270	255-285	2.017	4.981
300	285-315	2.149	4.598
330	315-345	2.064	3.657

Tabela 5. Częstość występowania kierunków wiatru i cisz [%] oraz średnia prędkość wiatru dla kierunku [m/s] w okresie 01.01.1997r. – 31.12.2006r ze stacji meteorologicznej Wrocław-Strachowice [4].

Kierunek wiatru	1997-2006	
	n [%]	v [m/s]
0	4,9	2,4
45	3,8	2,5
90	9,2	3,1
135	15,3	3,1
180	7,5	3,3
225	12,4	3,8
270	21,4	3,8
315	17,9	3,2
Wiatr zmienny	1,2	1,3
Cisze atmosferyczne	6,4	-
Średnia roczna prędkość wiatru	-	3,1

Tabela 4. Wartości parametrów rozkładu Weibulla dla sektorów 30-stopniowych, dopasowanych do orientacji układu współrzędnych przyjętego w badaniach tunelowych.

Sektor kierunku wiatru	Parametr	
	$k(\Theta_i)$	$c(\Theta_i)$
15	2.302	3.144
45	2.422	3.473
75	2.301	3.921
105	2.193	4.102
135	2.197	4.174
165	2.166	4.243
195	2.172	4.627
225	2.180	4.838
255	2.074	4.873
285	2.083	4.790
315	2.107	4.128
345	2.110	3.420

Tabela 6. Częstość występowania kierunku wiatru i cisz w sektorach 30-stopniowych.

Kierunek wiatru	n [%]
15	3.1
45	2.5
75	5.2
105	7.2
135	10.2
165	6.3
195	5.8
225	8.3
255	12.8
285	13.7
315	11.9
345	5.4
wiatr zmienny	1.2
cisze	6.4

2.6.4. Wyniki pomiarów tunelowych

Wyniki pomiarów tunelowych zawierają współczynniki średniej prędkości wiatru na poziomie przechodnia w sytuacji pojedynczego budynku i w sytuacji występowania dwóch budynków.

2.6.5. Analiza wyników i ocena komfortu wiatrowego przechodniów

Obliczone zgodnie ze wzorem (2.16) wartości prawdopodobieństw przekroczenia dopuszczalnej prędkości wiatru v_{TRH} przez miarodajną lokalną prędkość wiatru $\hat{v}_p(\theta_i)$ dla

kierunku wiatru θ_i i wszystkich kierunków, w sytuacji pojedynczego budynku i w sytuacji występowania dwóch budynków porównano z kryteriami komfortu wiatrowego przedstawionymi w Tab. 2.2. Na tej podstawie wyciągnięto wniosek, że kryteria komfortu dla przechodniów w otoczeniu budynku „Alba Tower”, w dwóch analizowanych sytuacjach projektowych, przy normalnym i szybkim chodzie, są spełnione.

2.7. Uwaga końcowa

Z uwagi na nietypową geometrię przedmiotowego budynku i ewentualne sąsiedztwo w przyszłości drugiego wysokiego budynku, wskazane jest przeprowadzenie co najmniej rocznego monitoringu budynku „Alba-Tower”.

Literatura

- 1 Flaga A. i inni. Eksperymentalne wspomaganie projektowania przy wpływach środowiskowych na budowlę i ludzi. Polskie Stowarzyszenie Inżynierii Wiatrowej. Kraków 2011. s.179-222.
- 2 PN-77/B-02011, 1977. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- 3 PN-EN 1991-1-4, 2008 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania Ogólne – Oddziaływania wiatru.
- 4 Dancewicz A., Tomczyński K., 2007 – Warunki anemometryczne w rejonie aglomeracji miasta Wrocławia wraz z wyznaczeniem charakterystyk projektowych wiatru dla potrzeb projektowania wysokich budynków we Wrocławiu. Raport końcowy, IMGW Wrocław – Starachowice, Wrocław.
- 5 Flaga A., Błazik-Borowa E., Podgórski J. 2004 – Aerodynamika smukłych budowli i konstrukcji prętowo-ciężnowych. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin.
- 6 Flaga A., 2008 – Inżynieria wiatrowa. Podstawy i zastosowania. ARKADY, Warszawa.

Wind action on tall buildings in building development

Andrzej Flaga

*Wind Engineering Laboratory, Faculty of Civil Engineering, Cracow University of Technology,
e-mail: liwpk@windlab.pl*

Abstract: This paper presents the basic problems of tall buildings aerodynamics that should be taken into account in their design. All considerations were related to an sample tall building tested in a boundary layer wind tunnel at the Cracow University of Technology.

Keywords: wind action, tall buildings

Systemy konstrukcyjne budynków wysokich

Ryszard Kowalczyk

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Warszawa, e-mail: rkow@ubi.pt

Streszczenie. Budynki wysokie są istotnym elementem współczesnych miast. Dla konstruktora, budynkiem wysokim jest taki budynek, w którym obciążenia poziome - wiatr i obciążenia sejsmiczne decydują o wyborze systemu konstrukcyjnego. Systemy konstrukcyjne składają się z trzech podstawowych układów konstrukcyjnych - układu ściennego, ramy i kratownicy i w zależności od wysokości są przestrzennymi kombinacjami tych układów.

Słowa kluczowe: budynki wysokie, systemy konstrukcyjne, układy ścienne, układy ram sztywnych, układy kratownicowe, dźwigary usztywniające, systemy trzonowe, shear lag

1. Wprowadzenie

Budynki wysokie są nieodłącznym i ważnym elementem współczesnych miast. Ich historia sięga lat osiemdziesiątych dziewiętnastego wieku, kiedy w odbudowującym się po wielkim pożarze Chicago, zbudowany został pierwszy budynek Home Insurance Building o wysokości 55m, w którym jako system konstrukcyjny po raz pierwszy zastosowano ramę stalową (a właściwie ramę z żeliwa) zamiast tradycyjnych murowych ścian nośnych. Od tego czasu datuje się szybki rozwój budynków wysokich zarówno pod względem ich ilości jak i wysokości. Statystyki opracowane przez Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) wskazują, że w 2013 roku było 829 budynków o wysokości powyżej 200m w tym 77 budynków o wysokości ponad 300m i 2 budynki powyżej 600m [1].

Wzrastająca liczba mieszkańców naszego globu i związana z nią urbanizacja powodują coraz większe zapotrzebowanie miast na przestrzeń do pracy i mieszkania. Jednym z rozwiązań są budynki wysokie. Z drugiej strony, z uwagi na swoje wymiary, są one dużymi konsumentami energii. Aby temu przeciwdziałać wprowadza się nowe materiały, nowe technologie i nowe rozwiązania, które wymuszają poważne zmniejszenie zużycia energii przez budynki, a wykorzystanie energii odnawialnej jeszcze bardziej poprawi bilans energetyczny. Te perspektywy są obiecujące, w szczególności dla budynków wysokich.

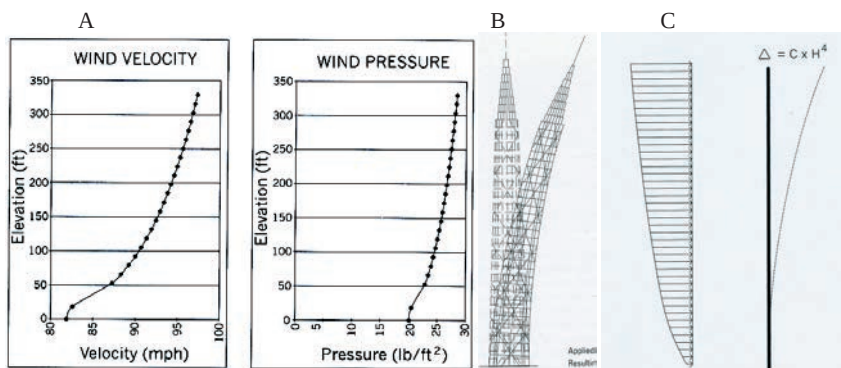
2. Budynki wysokie i działające na nie obciążenia

Nie ma precyzyjnej definicji budynku wysokiego wskazującej na liczbę kondygnacji lub wysokość, od której należałoby uważać budynek za mieszczący się w kategorii budynków wysokich. CTBUH określa budynek jako wysoki wtedy, jeśli wysokość stanowi podstawowy parametr dla projektowania, wykonawstwa lub eksploatacji budynku. W przypadku systemu konstrukcyjnego za budynki wysokie uważa się takie, kiedy decydującym parametrem jest wysokość budynku, co zwykle znaczy, że podstawowymi obciążeniami decydującymi o rozwiązaniu konstrukcyjnym są obciążenia poziome - obciążenia od wiatru i obciążenia sejsmiczne.

Można przyjąć, że budynek wysoki składa się z pięciu podsystemów takich jak: system konstrukcyjny, system architektury, system mechaniczny, system usług, system elektryczny. Projektując system konstrukcyjny budynku wysokiego należy uwzględnić interakcję wszystkich tych podsystemów [1]. Planowanie i projektowanie budynków wysokich jest zatem problemem interdyscyplinarnym, który powinien być rozwiązywany przez szeroki zespół specjalistów z różnych dziedzin. Praktyka pokazuje, że najlepsze rozwiązania uzyskuje się wtedy, jeśli taki zespół współpracuje ze sobą od samego początku procesu planowania i projektowania.

Rozważając wybór systemu konstrukcyjnego należy przede wszystkim określić obciążenia jakie konstrukcja ma przenieść. Podstawowym obciążeniem są obciążenia grawitacyjne, czyli ciężar własny i obciążenia użytkowe. Przyjmuje się, że obciążenia te są równomiernie rozłożone na stropach i przenoszone są przez stropy i poziome elementy konstrukcji na słupy. Te obciążenia grawitacyjne w wielu przypadkach wspomagają działanie systemu konstrukcyjnego na obciążenia poziome, działając jako przeciwwaga na efekty wywracające i wprowadzając coś w rodzaju „sprężenia” do elementów, które muszą przenosić rozciąganie w efekcie późniejszych działań obciążenia poziomego.

Podstawowym obciążeniem decydującym o wyborze systemu konstrukcyjnego są obciążenia poziome: wiatr i obciążenia sejsmiczne. Oddziaływanie wiatru na budynek należy rozpatrywać w dwóch aspektach jako oddziaływanie statyczne i oddziaływanie dynamiczne. Wiatr działający na budynek wywołuje ciśnienie na jego powierzchni wewnętrznej, ssanie na powierzchni zewnętrznej oraz opory na powierzchniach bocznych, które opływa. Przyjmując określoną wartość działania wiatru na konstrukcję należy uwzględnić wszystkie trzy wymienione efekty. Należy też pamiętać, że prędkość wiatru rośnie z wysokością, oraz że sąsiedztwo budynków wysokich (istniejących lub planowanych) bardzo znacząco może wpływać na siłę i kierunek wiatru działającego na projektowany budynek (Rys. 1). Z tego powodu działanie wiatru na budynek wysoki powinno być badane w tunelu aerodynamicznym przy zapewnieniu odpowiedniej skali modelowej i dokładnym odwzorowaniu środowiska w jakim się znajduje [2, 3].



Rys. 1. Działanie wiatru. A/ Przykład rozkładu prędkości i ciśnienia na wysokości budynku; B/ wychylenie budynku spowodowane wiatrem. C/ schemat obciążenia wiatrem wspornika i jego wychylenie [2]

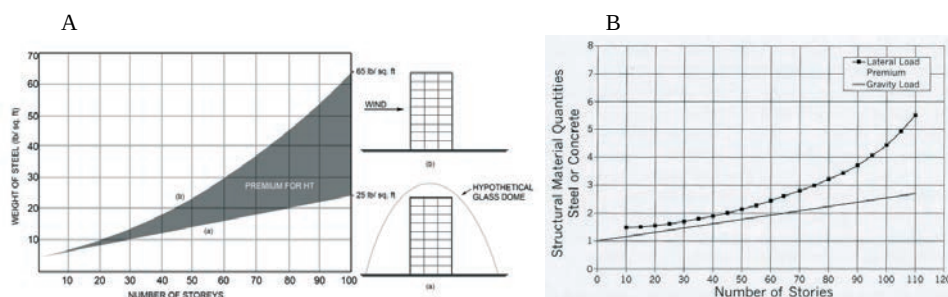
Efekty dynamiczne mogą wystąpić nawet przy małych prędkościach wiatru, jeśli powodują one wywołane zawirowaniami pulsujące siły, których częstotliwość jest bliska częstości drgań własnych konstrukcji [2]. Jeśli budynek znajduje się w strefie sejsmicznej to należy przy jego projektowaniu uwzględnić obciążenia sejsmiczne, jakie powstają w czasie trzęsienia ziemi. W zależności od lokalizacji budynku obciążenia sejsmiczne oblicza się wg reguł podanych przez odpowiednie przepisy (np. International Building Code IBC).

W przypadku obciążeń sejsmicznych poza wychyleniem budynku istotne jest obliczenie poziomych odkształceń między poszczególnymi kondygnacjami (inter-story drift). Te odkształcenia, wskutek nieelastycznej odpowiedzi budynku mogą być duże. Muszą one być uwzględnione przy projektowaniu ścian zewnętrznych i ścian działowych jak również wszystkich pionowych systemów budynków [2].

3. Podstawowe kryteria projektowania

Podstawowymi kryteriami projektowania budynku wysokiego są wytrzymałość (nośność), użyteczność, komfort użytkowników oraz ekonomia. Pierwsze kryterium odnosi się do zapewnienia całości konstrukcji, jak i wszystkich jej elementów, odpowiedniej wytrzymałości, czyli odpowiedniego zapasu bezpieczeństwa przed stanami granicznymi nośności. Drugie kryterium odnosi się przede wszystkim do ograniczenia wychylenia konstrukcji pod wpływem obciążeń poziomych, a więc sztywności konstrukcji. Wychylenia są zwykle ograniczone do $H/500$ do $H/1000$, gdzie H jest wysokością budynku. Komfort użytkowników jest zapewniony, jeśli przyspieszenia drgań budynku są poniżej pewnej granicy tolerancji.

Bardzo ważnym kryterium jest ekonomia rozwiązania. Fazlur Khan znany konstruktor budynków wysokich jako pierwszy wprowadził pojęcie „premium for hight” i wskazał, że wraz z wzrostem wysokości budynku zwiększa się działanie sił poziomych, które musi przenieść konstrukcja, a to powoduje wzrost zużycia materiałów (Rys. 2A). Gdyby na budynek nie działały żadne siły poziome, wtedy można by projektować budynek tylko na działanie obciążeń grawitacyjnych. Zakładając stałą rozpiętość stropów zużycie materiału na jednostkę powierzchni stropu jest takie samo i nie zależy od liczby kondygnacji. Zużycie materiału zależy od rozpiętości stropu, czyli od rozstawu słupów konstrukcji, ale nie zależy od wysokości budynku. Wymiary słupów rosną od najwyższej kondygnacji ku fundamentom, ponieważ muszą przenosić obciążenia grawitacyjne rosnące z kondygnacji na kondygnację. W przypadku braku sił poziomych przyrost zużycia materiału wraz ze wzrostem wysokości byłby liniowy. W rzeczywistości budynek wysoki poza obciążeniami grawitacyjnymi jest poddany obciążeniom poziomym jak wiatr i obciążenia sejsmiczne. Powyżej pewnej wysokości (10 kondygnacji) wychylenie konstrukcji zaczyna kontrolować projektowanie, a więc sztywność, a nie wytrzymałość staje się podstawowym parametrem. Ponieważ wychylenie budynku rośnie w czwartej potęgze wysokości ($\Delta = C \times H^4$) zatem zapewnienie odpowiedniej sztywności wymaga dodatkowych elementów usztywniających i w konsekwencji zużycie materiału gwałtownie rośnie (Rys. 2A).



Rys. 2. Zużycie materiałów na konstrukcję jako funkcja wysokości budynku. A/ Dodatkowe zużycie stali w zależności od wysokości wg Khan'a [4]. Prosta (b) reprezentuje teoretyczne rozwiązanie jedynie dla obciążeń pionowych; krzywa (b) obejmuje dodatkową konstrukcję dla przejścia obciążeń poziomych jak wiatr i obciążenie sejsmiczne B/ Zużycie materiałów w zależności od wysokości wg Sarkisian'a [2]

Aby uzyskać racjonalne i ekonomiczne rozwiązania konieczny jest taki wybór systemu konstrukcyjnego, który pozwala na uzyskanie odpowiedniej sztywności budynku przy jak najmniejszym dodatkowym koszcie. Przy wzroście liczby kondygnacji zastosowanie układów sztywnych ram staje się nieekonomiczne i konieczne jest poszukiwanie bardziej wydajnych rozwiązań. Wykres Khana pokazuje jak bardzo, wraz ze wzrostem wysokości, może rosnąć zużycie materiału na konstrukcję, jeśli jest ona zaprojektowana nieracjonalnie. Sarkasian [2] na swoim wykresie zużycia materiału na konstrukcję (Rys. 2B) podaje rzeczywiste wartości zużycia materiału, która jest konieczna dla uzyskania racjonalnego rozwiązania konstrukcyjnego dla budynku wysokiego. Przytacza on przykład budynku Reliance Building, gdzie dla konstrukcji ramowej 15 kondygnacyjnego budynku zużycie stali wynosiło 68kg/m^2 . Gdyby zastosowano taki sam ustrój ramowy dla budynku o wysokości 50 kondygnacji to zużycie stali mogłoby sięgać 244kg/m^2 . Jeśli jednak zastosowano by ustrój kratownicowy do trzonu budynku, a ustrój ramowy do kondygnacji wokół trzonu to zużycie stali mogłoby być zredukowane do 122kg/m^2 . Oba wykresy wskazują, że dla uzyskania racjonalnego rozwiązania konstrukcji budynku wysokiego spełniającego zarówno warunki wytrzymałościowe jak i warunek odpowiedniej sztywności (wychylenie od pionu będzie się mieściło w granicach dopuszczalnych), dodatkowy koszt (zużycie materiału) rośnie nieliniowo wraz z wysokością.

4. Charakterystyki budynku wpływające na efektywność konstrukcji

Ważnymi charakterystykami budynku wysokiego, które wpływają na jego efektywność konstrukcyjną są własności dynamiczne, kształt budynku z punktu widzenia aerodynamiki, umieszczenie i rozkład głównych elementów konstrukcyjnych, wysokość kondygnacji i stosunek wysokości do podstawy (aspect ratio). Jeśli chodzi o własności dynamiczne to charakteryzuje je okres drgań podstawowych, który może być w przybliżeniu oszacowany jako iloraz liczby kondygnacji i liczby 10. Normy amerykańskie (ANSI) podają następujące proste wzory do określenia okresów drgań liniowych i skrętnych (gdzie T okres drgań podstawowych; T_s okres podstawowych drgań skrętnych; H wysokość budynku w metrach; N liczba kondygnacji) [2]:

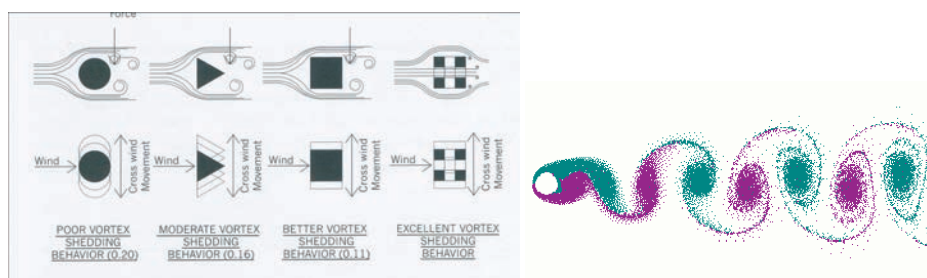
- budynki o konstrukcji stalowej $T = 0,085H^{0,75}$,
- budynki o konstrukcji betonowej $T = 0,061H^{0,75}$,
- budynki o konstrukcji stalowej lub betonowe $T_s = 0,054N$.

np. budynek Burj Khalifa (żelbet) o wysokości 828m ma $T_1=11,0$; $T_2=10,0$ i $T_s=4,0$, a budynek Jin Mao Tower (konstrukcja mieszana) o wysokości 421m ma $T_1=5,7$ i $T_s=2,5$ [2]

Aerodynamika budynku wysokiego jest ważna dla zminimalizowania sił wiatru, jakie działają na budynek. Drgania poprzeczne budynku (prostopadłe do przyjętego kierunku działania wiatru) mają podstawowe znaczenie na zachowanie się konstrukcji. Skumulowane, zorganizowane zawirowania generują największe siły. Zawirowania najbardziej się kumulują i organizują (mają największy ujemny wpływ) dla przekrojów kołowych, są mniej zorganizowane dla przekrojów trójkątnych, a jeszcze mniej dla przekrojów prostokątnych. Wprowadzenie otworów przez cały rzut budynku poprawia zachowanie się budynku. Zmiany przekroju konstrukcji wzdłuż wysokości także utrudnia organizowanie się zawirowań i zmniejsza ich wpływ na konstrukcję. Przepływy pulsacyjne, zawirowania są charakteryzowane liczbą Stouhala, która wynika z częstotliwości zawirowań, ich geometrii i prędkości wiatru [2]. Liczby Strouhala są podane w nawiasach w opisach zawirowań dla poszczególnych kształtów na Rys. 3.

Umiejscowienie i układ głównych elementów konstrukcyjnych czyli rozmieszczenie materiału konstrukcyjnego w przekroju budynku ma ogromne znaczenie na efektywność i ekonomię rozwiązania konstrukcyjnego. Umieszczenie elementów konstrukcyjnych na obrysie budynku jest najbardziej efektywne ponieważ uzyskuje się największą sztywność budynku. Skupienie materiału konstrukcyjnego (słupy) w czterech narożach przekroju prostokątnego jest najbardziej efektywne. Inne rozmieszczenie materiału i efektywność rozwiązania przedstawia Rys. 4.

Zminimalizowanie wysokości kondygnacji powoduje zmaksymalizowanie wykorzystania konstrukcji. Sprawa doboru wysokości kondygnacji musi być skoordynowana z wszystkimi innymi systemami jak architektura, system mechaniczny, usługi i system elektryczny, ponieważ na wysokość stropu mogą mieć wpływ instalacje, jakie są wymagane dla tych systemów. Wymaganą liczbę kondygnacji można osiągnąć minimalizując wysokość budynku lub może być zmaksymalizowana liczba kondygnacji dla danej wysokości budynku. Na ogół przyjmuje się, że dla biurowca wysokość do sufitu powinna wynosić nie mniej niż 2,75m, co po uwzględnieniu odpowiednich instalacji pod stropem i elementów wykończenia daje wysokość kondygnacji 4,0m. Dla celów mieszkalnych można przyjąć wysokość kondygnacji 3,2m, co zapewnia minimalną wysokość do sufitu po wykończeniu rzędu 2,4m [2].



Rys. 3. A/ Przepływ wiatru wokół różnych kształtów przekroju począwszy od kołowego, gdzie siły spowodowane zawirowaniami są największe, do przekroju z otworami, gdzie siły spowodowane zawirowaniami są najmniejsze [2] B/ fotografia zawirowań[7]



Rys. 4. Rozmieszczenie materiału w konstrukcji i efektywność rozwiązania [2]

Stosunek wysokości do szerokości konstrukcyjnej budynku wysokiego jest ważną charakterystyką budynku. Wynosi on zwykle między 6 i 7, a dla bardzo wysokich budynków osiąga 8 i więcej. W budynkach, gdzie ten stosunek jest wyższy niż 8 należy rozważyć zastosowanie systemów tłumiących drgania, aby je zredukować. Przykładowo w Willis Tower o wysokości 445m stosunek wysokości do szerokości konstrukcyjnej wynosi 6,4; Jin Mao Tower o wysokości 421m – 7,0, a John Hancock Tower o wysokości 344m – 6,6. Stosunek wysokości do szerokości dla trzonów wewnętrznych budynków wysokich wynosi między 10 a 15 [2].

5. Systemy konstrukcyjne budynków wysokich

5.1. Uwagi ogólne

Systemem konstrukcyjnym budynku wysokiego nazywamy trójwymiarowy zespół połączonych i współdziałających ze sobą różnych kombinacji elementów konstrukcyjnych. Podstawowym zadaniem systemu konstrukcyjnego jest efektywne i bezpieczne przeniesienie wszystkich obciążeń działających na budynek i przekazanie ich na fundamenty. System konstrukcyjny powinien więc spełniać następujące funkcje:

- przenieść dynamiczne i statyczne obciążenia pionowe,
- przenieść obciążenia poziome wywołane działaniem wiatru i efektami sejsmicznymi,
- przejąć naprężenia wywołane przez temperaturę i efekty reologiczne,
- być odpornym na wybuch wewnętrzny i na obciążenia udarowe,
- być odpornym i wspierać tłumienie drgań i efekty zmęczenia.

Ponadto system konstrukcyjny musi uwzględniać następujące ograniczenia i wymagania:

- dostosować się do wymogów architektonicznych, użytkownika i właściciela,
- współpracować i ułatwiać odpowiednie rozwiązanie systemów usług w budynku takich jak ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja, transport poziomy i pionowy oraz system elektryczny i mechaniczny,
- powinien sprzyjać prostemu i szybkiemu wykonawstwu,
- powinien posiadać odpowiednią odporność ogniową,
- powinien umożliwiać odpowiednią współpracę budynku, fundamentów i podłoża,
- powinien być rozwiązaniem ekonomicznym.

W procesie wyboru najbardziej odpowiedniego systemu konstrukcyjnego dla budynku wysokiego należy uwzględnić i zoptymalizować szereg czynników poza wysokością budynku. Jest to skomplikowany proces, dla którego nie ma prostego i jednoznacznego rozwiązania. Zespół projektowy musi zastosować wszelkie dostępne środki – wyobraźnię, pomysłowość, nabyte doświadczenie i odpowiednie źródła literaturowe, aby uzyskać możliwe najlepsze rozwiązanie dla każdego indywidualnego przypadku.

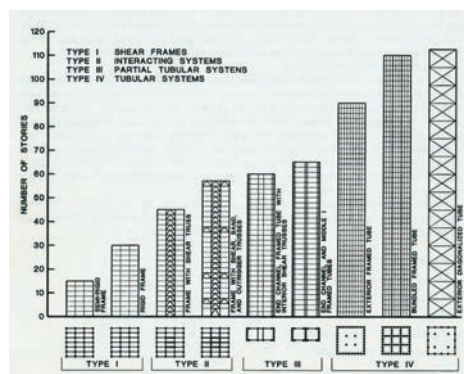
Wśród różnych typów systemów konstrukcyjnych, niezależnie czy są one stalowe, betonowe, czy zespolone składają się one z kilku podsystemów lub zespołów wspólnych dla wszystkich rozwiązań. Są to:

- systemy stropów,
- system przenoszący obciążenia pionowe,
- system przenoszący obciążenia poziome,
- połączenia konstrukcyjne,
- systemy dyssypacji energii.

5.2. Rozwój systemów konstrukcyjnych i ich klasyfikacja

Rozwój systemów konstrukcyjnych budynków wysokich od elementarnych układów ramowych do znacznie bardziej złożonych układów trzonowych przedstawia Rys. 5.

Na początku tego zestawienia są układy ramowe, które mogą być stosowane do budynków 20 – 30 kondygnacji, a na drugim końcu generacja systemów trzonowych pozwalająca w latach 80-tych ubiegłego stulecia uzyskiwać znacznie większe wysokości. Na rysunku podane są różne systemy konstrukcyjne, których zastosowanie jest ekonomiczne dla pewnego określonego zakresu wysokości. Zestawienie jak na Rys. 5 musi być aktualizowane co jakiś czas wraz z rozwojem nowych systemów konstrukcyjnych, jak również zastosowaniem nowych materiałów i nowych metod obliczeniowych.



Rys. 5. Klasyfikacja systemów konstrukcyjnych budynków wysokich wg [9]

W zasadzie, w każdym systemie konstrukcyjnym wszystkie podsystemy i elementy przenoszące obciążenia powinny być równie aktywne i powinny współpracować ze sobą w przenoszeniu wszystkich rodzajów i kombinacji obciążeń. Innymi słowy, części systemu konstrukcyjnego, których podstawowym zadaniem jest przenoszenie obciążeń poziomych, powinny także współuczestniczyć w przenoszeniu obciążeń pionowych. W rzeczywistości w większości systemów konstrukcyjnych ten warunek jest spełniony i wiele elementów konstrukcji np. systemy stropów są wspólnym elementem systemu przenoszącego obciążenia poziome, jak i systemu przenoszącego obciążenia pionowe.

Najbardziej efektywnym systemem konstrukcyjnym jest taki, w którym udaje się połączyć wszystkie podsystemy lub elementy konstrukcyjne w jeden zintegrowany system, w którym większość elementów uczestniczy w przenoszeniu obciążeń. Uzyskanie takiego idealnego rozwiązania rzadko udaje się w praktyce, z uwagi na szereg ograniczeń spowodowanych np. efektywnością i łatwością montażu, koniecznością wykonania odpowiednich złączy, względami ekonomicznymi i innymi wymogami.

W dalszych rozważaniach na temat systemów konstrukcyjnych główny akcent zostanie położony na systemy konstrukcyjne przenoszące obciążenia poziome. W systemach przenoszących obciążenia pionowe główną rolę odgrywają stropy. Ponieważ rozwiązania w tym zakresie nie odbiegają wiele od rozwiązań dla budynków niskich, to wspomniane zostaną tylko generalne charakterystyki, jakie należy brać pod uwagę przy wyborze systemów stropów w budynku wysokim [9]:

- ciężar własny stropu - w budynkach wysokich dąży się do zredukowania ciężaru stropów w celu zmniejszenia wymiarów konstrukcji podporczej (słupy, fundamenty) i możliwości zastosowania większych rozpiętości,
- nośność stropów z uwagi na możliwość ich obciążenia w trakcie budowy,
- możliwość instalacji kanałów i rurociągów.
- odporność pożarowa.
- możliwość układania bez względu na porę roku.
- eliminacja zbyt rozległych procedur tymczasowego szalowania.

Więcej szczegółów można znaleźć w literaturze [5] i [9].

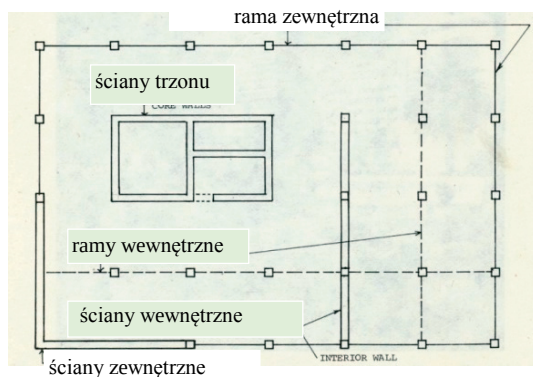
5.3. Elementy konstrukcyjne niosące obciążenia poziome i ich integracja

Charakterystyką budynków wysokich jest konieczność zastosowania takiego systemu konstrukcyjnego, który poza obciążeniem pionowym, jest zdolny do przenoszenia obciążeń poziomych i ograniczenia wywołanych tym obciążeniem odkształceń (wychyleń). Istnieją trzy podstawowe typy elementów systemu usztywniającego na działanie sił poziomych:

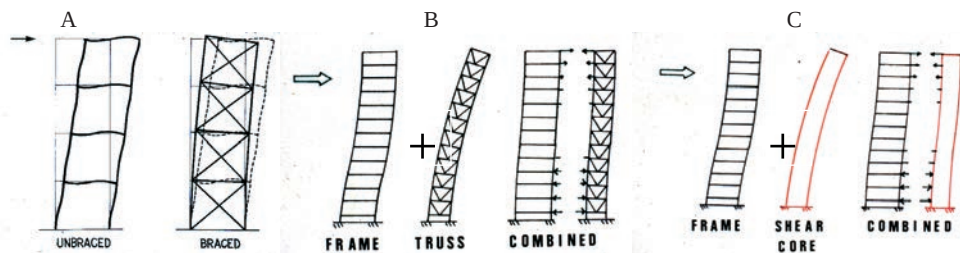
- ramy o sztywnych węzłach,
- ramy usztywnione krzyżulcami (kratownice),
- układy ściennie.

Te trzy podstawowe elementy systemu konstrukcyjnego są stosowane w płaszczyznach pionowych i mogą być usytuowane w trzech lokalizacjach w przekroju budynku: 1. na obrysie zewnętrznym, 2. wewnątrz budynku i 3. jako trzon (Rys.6).

Już w klasyfikacji Khana (Rys.5), która przyporządkowuje najbardziej efektywne systemy konstrukcyjne do określonych wysokości widać, że systemy ram o sztywnych węzłach mogą być stosowane tylko do wysokości 20–30 kondygnacji, a powyżej tej wysokości należy stosować już systemy złożone z kombinacji elementów systemu usztywniającego. Jest to oczywiste, ponieważ ramy o sztywnych węzłach są stosunkowo mało sztywne w swojej płaszczyźnie i wykazują znaczne odkształcenia od sił poziomych i aby ograniczyć te odkształcenia konieczne jest dodanie elementów bardziej sztywnych jak kratownica, czy ściana (Rys.7).



Rys. 6. Układ elementów konstrukcyjnych w przekroju budynku

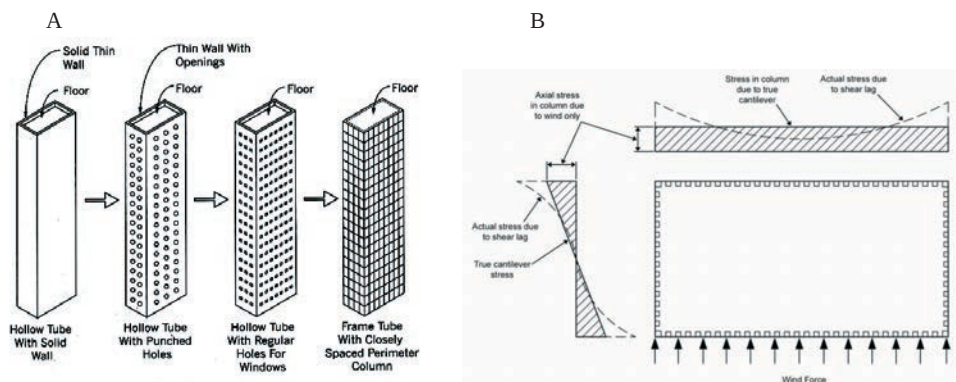


Rys. 7. Odkształcenia ramy sztywnej i ramy z usztywnieniami (kratownicy) (A). Zintegrowanie pracy ramy i kratownicy (B) i ramy i układu ściennego (C) powoduje redukcję wychylenia pod wpływem sił poziomych

W pierwszych generacjach budynków wysokich stosowano albo układy murowe (bardzo ciężkie) albo jako udoskonalenie układy ramowe, które pozwalały zwiększyć liczbę kondygnacji. Układ konstrukcyjny złożony z sztywnych ram ustawionych w dwóch prostopadłych kierunkach był liczony jako zestaw niezależnych ram płaskich. Uzupełnienie tego systemu przez dodanie np. kratownicy lub układu ściennego, było także traktowane jako usztywnienie w danej płaszczyźnie. Dopiero Khan w latach 70-siątych ubiegłego stulecia uznał, że konstrukcję należy traktować w sposób holistyczny, czyli konstrukcję budynku należy projektować jako układ przestrzenny, trójwymiarowy, a nie zespół płaskich ram ustawionych w dwóch głównych kierunkach. Przy takim traktowaniu konstrukcji Khan

uznał, że najbardziej wydajne jest umieszczenie głównych elementów konstrukcji na obrysie budynku i potraktowanie tak rozumianej konstrukcji jako trójwymiarowego wspornika obciążonego siłami poziomymi i siłami pionowymi. Płaszczyzny ścian tego wspornika stanowią elementy nośne trzonu i są usztywnione na każdej z kondygnacji przez wiążące je stropy. W ten sposób powstaje bardzo sztywny trzon doskonale przenoszący działające na niego obciążenia i jego zachowanie pod obciążeniem można porównać do działania ścian silosu. Takie rozwiązanie zostało nazwane trzonem zewnętrznym budynku (Rys. 8).

Do wykonania ścian trzonu budynku można stosować różne rozwiązania jak ustrój ramowy o gęsto rozstawionych słupach i sztywnych ryglach (np. budynek Aon Center, Chicago, 83 kondygnacji, wysokość 346m), ustrój kratownicowy (stal - John Hancock Centre, Chicago, 100 kondygnacji, wysokość 344 m i beton - Onterie Center, Chicago, 58 kondygnacji, wysokość 174m), układ ścienny (ten głównie do trzonów wewnętrznych) lub układ diagonalny słupów (stal - np. Swiss Re, London 41 kondygnacji, wysokość 181m; Hearst building Nowy Jork, 42 kondygnacje, 182m). Rys.8B wskazuje, że w przypadku trzonu ramowego rozkład sił w słupach jest nierównomierny i siły od wiatru w słupach narożnych są większe niż w połowie rozpiętości ramy. Wykres linią ciągłą przedstawia rozkład naprężeń w przypadku trzonu o pełnych ścianach, a wykres linią przerywaną dla trzonu ramowego (jest to tzw. „shear lag”). Celem projektanta jest taka optymalizacja układu ramowego, aby shear lag był jak najmniejszy.

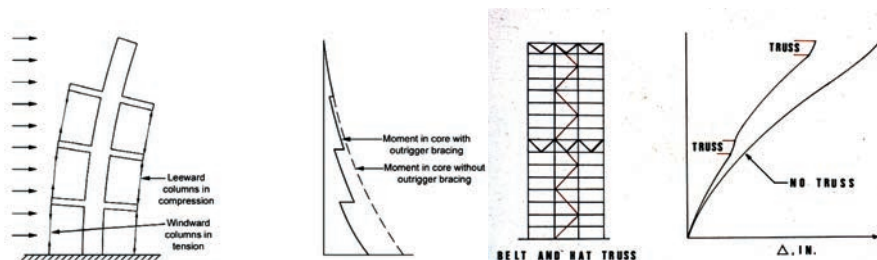


Rys. 8. Koncepcja Khana systemów trzonowych(A) i t.zw shear lag (B)

5.4. Elementy usztywniające (outriggers)

Płaszczyzny stropów usztywniają budynek i w przypadku konstrukcji trzonowych zapobiegają wyboczeniu ścian trzonu. Nie są one jednak wystarczająco sztywne, aby zapewnić przestrzenną współpracę elementów konstrukcji wewnętrznej budynku z konstrukcją usytuowaną na obrysie budynku. Taką rolę spełniają dźwigary usztywniające (outriggers), które zwykle umieszcza się w szczytowej kondygnacji lub na kilku poziomach na wysokości budynku. Systemy stosujące dźwigary usztywniające (ang. outrigger) wywodzą się z rei stosowanych w żaglowcach, które pomagały w przenoszeniu siły wiatru działającego na żagle i pozwalały na usztywnienie smukłego masztu i wciągnięcie do współpracy want. Trzon wewnętrzny w budynku wysokim stanowi analogię do masztu żaglowca, a wspornikowe dźwigary usztywniające (outriggers) działają podobnie jak reje, natomiast słupy konstrukcji zewnętrznej spełniają rolę want. Podobnie jak w żaglowcu wspornikowe dźwigary usztywniające służą do zredukowania momentu wywracającego działającego na

trzon wewnętrzny, który bez tych dźwigarów działałby jak czysty wspornik i przekazaniu zredukowanego momentu na słupy zewnętrzne. To właśnie zadanie spełniają te dźwigary usztywniające (outriggers) łącząc trzon wewnętrzny z słupami zewnętrznymi i zapewniając współpracę tych elementów (Rys. 9).



Rys. 9. Konstrukcja z trzonem wewnętrznym i wspornikowymi dźwigarami usztywniającymi (outriggers) [8,9]

Dźwigary usztywniające (outriggers) są zwykle wykonywane jako stalowe kratownice lub jako ściany żelbetowe i działają jako sztywne ramię przekazujące parę sił rozciąganie-ściskanie na słupy zewnętrzne. Często stosowane są kratownice opasujące (belt trusses) aby przekazać te siły na większą liczbę słupów ramy zewnętrznej. Kratownice opasujące pomagają także w zminimalizowaniu różnic wydłużeń i skróceń słupów. Dźwigary usztywniające mogą również być stosowane do współpracy z mega-słupami usytuowanymi na obrysie zewnętrznym budynku co może być rozwiązaniem stosowanym do bardzo wysokich budynków rzędu 150 i więcej kondygnacji.

6. Klasyfikacje systemów konstrukcyjnych budynków wysokich

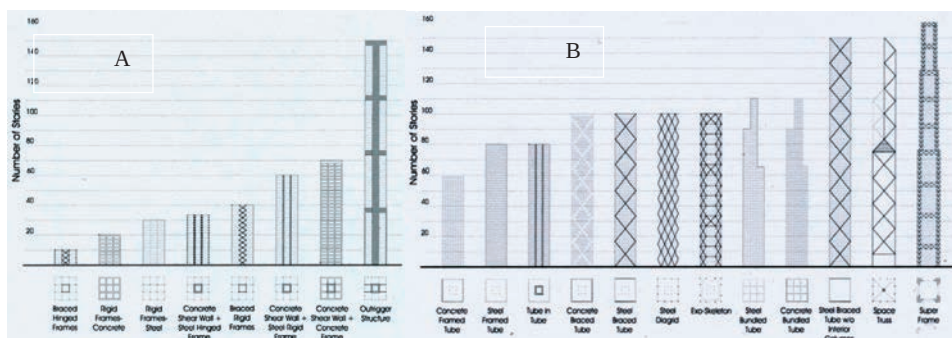
6.1. Klasyfikacja M Ali i K.S. Moon [8]

6.1.1. Uwagi ogólne

W literaturze można znaleźć szereg różnych klasyfikacji konstrukcji budynków wysokich [2,5,9,10]. W poniższym ograniczę się do przedstawienia dwóch najbardziej aktualnych. Klasyfikacją zaproponowaną przez M Ali i K.S. Moon [8], która opiera się na usystematyzowaniu systemów konstrukcyjnych w zależności od skuteczności przenoszenia obciążeń poziomych. Autorzy proponują podział systemów konstrukcyjnych na dwie grupy: pierwszą, którą nazwali wewnętrzną konstrukcją, gdzie główne elementy konstrukcji są skoncentrowane wewnątrz budynku i drugą, zewnętrzną konstrukcją, gdy główne elementy konstrukcji są umieszczone na obrysie zewnętrznym budynku.

Należy zauważyć jednak, że każda wewnętrzna konstrukcja może mieć również pewne elementy na obrysie budynku jak i każda konstrukcja zewnętrzna może mieć pewne elementy konstrukcji wewnątrz budynku. Autorzy [8] zestawiają w tablicach podstawowe charakterystyki każdego z systemów i podają przykłady budynków, w których takie rozwiązanie zostało zastosowane. Podstawowe cechy tych systemów konstrukcyjnych są przedstawione na Rys.10. Zestawienie może służyć tylko jako pewnego rodzaju wskazówka, ponieważ w praktyce każdy system ma szeroki zakres stosowania, który jest uzależniony od różnych kryteriów projektowania i użytkowania związanych z kształtem budynku, stosunkiem wysokości do podstawy, funkcją, obciążeniem, statecznością i ograniczeniami miejsca budowy. Dla każdego warunków istnieje zawsze optymalne rozwiązanie konstrukcyjne i nie musi ono pokrywać się z rozwiązaniem podanym w klasyfikacji, ponieważ inne

czynniki mogą mieć dominujące znaczenie na kształt budynku. Granice wysokości podane na wykresach są wartościami przybliżonymi opartymi o doświadczenie autorów i odnoszą się do wartości stosunku wysokości do podstawy rzędu 6–8. Często konstrukcja zewnętrzna może być połączona z konstrukcją wewnętrzną jak to się dzieje np. w przypadku trzonu ramowego kiedy stosuje się dodatkowe jego usztywnienie przez krzyżulce lub przez zastosowanie dźwigarów usztywniających (outrigger), lub kratownic opasujących (belt trusses) łączących trzon wewnętrzny z trzonem zewnętrznym, które w znaczący sposób zwiększają sztywność budynku [8].



Rys. 10. Klasyfikacja systemów konstrukcyjnych budynków wysokich wg M Ali i K.S. Moon,

A/ Konstrukcja wewnętrzna i B/ konstrukcja zewnętrzna [8]

6.1.2. Konstrukcja wewnętrzna (Rys.10A)

Podstawowymi typami konstrukcji przenoszącymi obciążenia poziome w kategorii konstrukcji wewnętrznych są ramy z sztywnymi węzłami, kratownice i układy ściennne. Zwykle są one stosowane jako układy płaskie w dwóch prostopadłych kierunkach i mogą być stosowane wspólnie jako układy zintegrowane, współpracujące ze sobą. Innym bardzo ważnym systemem w tej kategorii jest konstrukcja składająca się z wewnętrznego trzonu i dźwigarów usztywniających (outriggers) stosowana szeroko w bardzo wysokich budynkach. Układy ram sztywnych przenoszą obciążenia głównie dzięki sztywności na zginanie rygli i słupów, stąd ich odkształcalność (wchylenie) od obciążeń jest znaczna. Ogranicza to możliwość ich stosowania do 20–30 kondygnacji. Układy kratownicowe (w nomenklaturze anglojęzycznej często używa się też określenia ramy usztywnione - braced frame) przenoszą obciążenia przede wszystkim przez działanie sił osiowych w ich elementach, co powoduje, że ich sztywność na działanie obciążeń poziomych jest znacznie większa niż ram sztywnych. To powoduje, że te stosuje się je często jako elementy tworzące trzon wewnętrzny konstrukcji przenoszący całość lub większą część obciążeń poziomych. Konstrukcje zintegrowane z ram sztywnych i układów kratownicowych są stosowane w budynkach do 40 kondygnacji. Dobrze sprawdzają się jako konstrukcja wewnętrzna przenosząca obciążenia poziome trzony wykonane z ścian żelbetowych wokół strefy komunikacji pionowej. Mogą one być zintegrowane z konstrukcją ramową usytuowaną na zewnątrz trzonu i współpracującą z nim w przenoszeniu obciążeń działających na budynek. Odkształcenie konstrukcji złożonej z ramy sztywnej zintegrowanej z kratownicą lub ścianą za pomocą sztywnych stropów między-kondygnacyjnych jest zredukowane dzięki wzajemnym oddziaływaniom konstrukcji składowych (Rys.7). Rama ogranicza wychylenia kratownicy czy ściany w jej górnej części, natomiast kratownica lub ściana redukuje odkształcenia ramy w jej dolnej części. Konstrukcje tego typu są często stosowane w zakresie 40–70 kondygnacji.

6.1.3. Konstrukcja zewnętrzna (Rys.10B)

Podstawowym i najbardziej typowym przedstawicielem konstrukcji zewnętrznej (tzn. usytuowanej na zewnętrznym obrysie budynku) jest trzon zewnętrzny, który można zdefiniować jako trójwymiarowy system konstrukcyjny, który do przeniesienia obciążeń poziomych wykorzystuje cały obrys zewnętrzny budynku. Z punktu widzenia konstrukcji najbardziej celowym dla konstrukcji poddanej obciążeniom poziomym jest umieszczenie jak największej liczby elementów konstrukcji na jej obrysie zewnętrznym, uzyskując w ten sposób maksymalną wysokość konstrukcyjną, a więc i najlepszą odporność na obciążenia poziome. Pierwszym konstruktorem, który wprowadził to rozwiązanie w 1961 roku był Fazlur Khan, proponując pierwsze zastosowanie trzonu ramowego do 43 kondygnacyjnego budynku DeWitt Chesnut w Chicago. Było ono zastosowane także do takich budynków jak Sears Tower (442m), w Chicago, World Trade Center (417m) w Nowym Jorku i wielu innych. Istnieje szereg rozwiązań konstrukcyjnych trzonów. Trzon ramowy jest utworzony z gęsto rozstawionych słupów (w odstępach 1,5–4,5m) i sztywnych rygli (wysokości konstrukcyjnej 600–1200mm) tworzących wielokondygnacyjną ramę usytuowaną na zewnętrznym obwodzie budynku. Trzon kratownicowy jest pewną odmianą trzonu ramowego i po raz pierwszy został zastosowany w budynku John Hancock Center (344m) w Chicago. Jego koncepcja polega na tym, aby zamiast gęsto rozstawionych na obwodzie budynku słupów usztywnić słupy rozstawione w większych odstępach przez zastosowanie diagonalnych usztywnień – krzyżulców, aby uzyskać zachowanie się konstrukcji przybliżone do zachowania się ściany pełnej.

Innym rozwiązaniem jest wiązka trzonów czyli zespół powiązanych ze sobą i współpracujących jako całość zespół kilku trzonów. Takie rozwiązanie jest korzystne ponieważ zwiększa efektywność konstrukcji i zmniejsza efekt shear lag. Pierwsze zastosowanie wiązki trzonów to budynek o konstrukcji stalowej Sears Tower (442m) w Chicago zaprojektowany przez Khana. Budynek One Magificent Mile (205m) w Chicago jest przykładem zastosowania wiązki trzonów w budynku betonowym. Warto zaznaczyć, że poszczególne trzony mogą mieć różny kształt: prostokątny, trójkątny, sześciokątny istotne jest zapewnienie ich współpracy.

Sztywność trzonu ramowego może być zwiększona, jeśli część obciążenia poziomego przejmuje trzon wewnętrzny i wtedy otrzymuje się układ trzonu w trzonie. Płaszczyzny stropów łączą trzon wewnętrzny z trzonem zewnętrznym i przekazują obciążenia na oba systemy. Trzon wewnętrzny może być wykonany jako trzon o pełnych ścianach, trzon ramowy lub trzon kratownicowy. Jednym z przykładów zastosowania takiego rozwiązania trzon w trzonie jest budynek One Shell Plaza (218m) w Huston.

Innym typem rozwiązania konstrukcji powłoki trzonu zewnętrznego jest system powłoki z elementów diagonalnych (diagonalna siatka), który przejmuje zarówno obciążenia grawitacyjne jak i obciążenia poziome. To rozwiązanie jest także bardziej efektywne w przejmowaniu odkształceń od ścinania niż konwencjonalne rozwiązania trzonu ramowego, ponieważ ścinanie jest przejmowane przez osiowe działanie diagonalnych słupów kiedy w trzonie ramowym ścinanie jest przejmowane przez zginanie słupów i rygli. Powłoka z diagonalnych elementów w porównaniu z systemem konstrukcyjnym trzonu z dźwigarami usztywniającymi (outriggers) wykazuje szereg zalet. Dobrze zaprojektowana konstrukcja z dźwigarami jest efektywna w redukowaniu momentu od sił poziomych i wychylenia budynku. Jednakże dodanie dźwigarów usztywniających (outriggers) między trzonem i słupami zewnętrznymi nie zwiększa poziomej sztywności trzonu na ścinanie. Dlatego budynki wysokie stosujące systemy dźwigarów usztywniających (outriggers) wymagają trzonów posiadających dużą sztywność na ścinanie. Powłoka z elementów diagonalnych

posiada zarówno dużą sztywność na zginanie jak i na ścinanie. Z tego powodu konstrukcje z powłok z elementów diagonalnych nie wymagają trzonów o dużej sztywności na ścinanie, ponieważ ścinanie może być przejęte przez elementy powłoki na obwodzie budynku. Nie mniej budynki superwysokie z powłokami zewnętrznymi z elementów diagonalnych mogą być wzmocnione i usztywnione przez wewnętrzny trzon i tworzyć system odpowiadający rozwiązaniu trzon w trzonie. Przykładami zastosowania systemów powłok z elementów diagonalnych w konstrukcji stalowej są 30 St. Mary Axe (180 m.) w Londynie (Swiss Re) i budynek Hearst HQ (182m) w Nowym Jorku oba zaprojektowane przez Normana Foster'a oraz budynek zaprojektowany przez SOM Lotte Super Tower (powyżej 600 m) w Korei (ale nie wykonany). Jako przykład konstrukcji betonowych wymienić można budynek 0-14 w Dubaju (102m). W tych budynkach z betonu siatka elementów diagonalnych nie jest tak wyraźnie eksponowana jak w budynkach o konstrukcji stalowej i jest ukryta w powłoce która stanowi elewację budynku.

Inne systemy konstrukcyjne przenoszące obciążenia poziome w grupie konstrukcji zewnętrznych to kratownice przestrzenne, układy super-ramowe i konstrukcje szkieletu zewnętrznego (exoskeleton). Przykładami takich konstrukcji są Bank of China (315 m) w Hong Kongu – kratownica przestrzenna - Parque Central Complex Towers (225 m) w Caracas – układ super ramy czy budynki Hotel Arts (154 m) w Barcelonie czy Burj al Arab (321 m) - szkielet zewnętrzny.

6.2. Klasyfikacja wg Sarkisjana [2] (Rys.11)

6.2.1. Uwagi ogólne

Klasyfikacja proponowana przez Sarkisjana [2] rozróżnia systemy konstrukcyjne dla budynków o konstrukcji stalowej, o konstrukcji z betonu i o konstrukcji zespolonej, ale te dwie ostatnie grupy niewiele się różnią, jeśli chodzi o podstawowe elementy konstrukcyjne (Rys.11). Również Sarkisjan podkreśla, że wybór systemu konstrukcyjnego budynku wysokiego oznacza konstrukcję przenoszącą obciążenia poziome. Ten system do przeniesienia obciążeń poziomych spełnia jednak podwójną rolę przenosi obciążenia poziome od wiatru i sejsmiki ale także obciążenia pionowe. Wiele tych konstrukcji posiada dodatkowe elementy, które przenoszą tylko obciążenia pionowe (np. konstrukcja stropów). Wykresy zawierają pewne ograniczenia w postaci liczby kondygnacji lub wysokości są ograniczeniami subiektywnymi autora, ale są oparte o wieloletnie doświadczenia i prowadzą do efektywnych i bezpiecznych rozwiązań. Należy zwrócić uwagę, że ograniczenia te są tylko wskazówką bo np. ograniczenie zastosowania ram sztywnych do wysokości 35 kondygnacji nie znaczy, że nie mogą i nie są w pewnych warunkach stosowane do wyższych budynków np. ramy sztywne stosowano w budynku Empire State (382 m) posiadającym 102 kondygnacje.

6.2.2. Konstrukcje stalowe

Jeśli chodzi o konstrukcje stalowe i rozstaw słupów 4,5–9,0m to Sarkisjan proponuje następującą klasyfikację systemów konstrukcyjnych: *ramy sztywne* do 35 kondygnacji i 142m; *kombinacja ram sztywnych z kratownicami* do 50 kondygnacji i 202m; *kombinacja ram sztywnych z kratownicami i z kratowymi dźwigarami usztywniającymi (outriggers)* i kratownicami opasującymi do 65 kondygnacji i 266m (outriggers o wysokości jednej a lepiej dwóch kondygnacji w 25%, 50% wysokości i na szczycie i kratownice opasujące wzdłuż obwodu, rozkładające obciążenie na słupy układu ramowego); *trzon ramowy* do 90 kondygnacji i 366m - rozstaw słupów nie większy niż 4,5m; *wiązka trzonów* – 110 kondygnacji i 446m - rozstaw słupów 4,5m; *trzon kratownicowy* – 120 kondygnacji i 486m -

słupy co 4,5m skratowanie za pomocą krzyżulców obejmujące kilka kondygnacji; *Super-rama* do 130 kondygnacji i 526m - konstrukcja złożona z szeregu układów ramowych których słupy i rygle są utworzone z kratownic; *trzon zewnętrzny* - *powłoka z elementów diagonalnych* do 150 kondygnacji i 606m - rozstaw słupów (ukośnych) 4,5 m.

6.2.3. Konstrukcje żelbetowe

Systemy konstrukcji z betonu (typowy rozstaw słupów 4,5–9,0m):

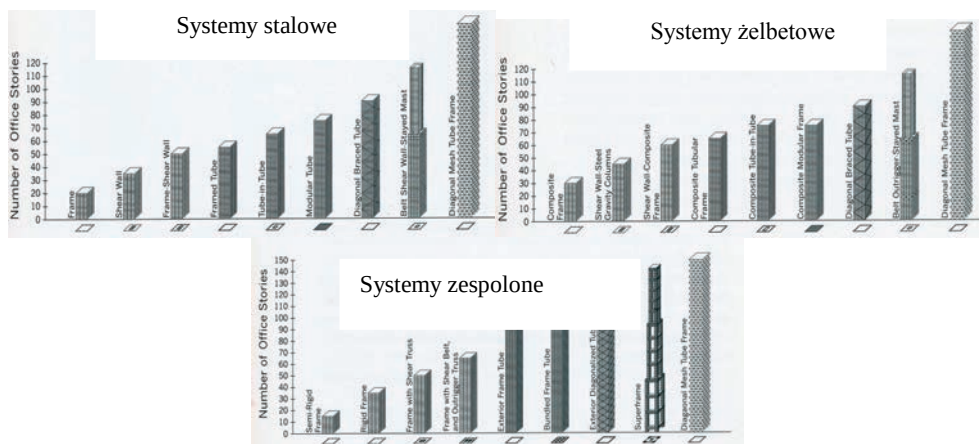
Ramy sztywne (do 20 kondygnacji i 66,8m) - przekroje słupów i rygli prostokątne;

Układy ścienne np. trzon wewnętrzny (do 35 kondygnacji i 114,8m) rozstawione zwykle co 9,0m - układy ścienne przenoszą całą siłę poziomą;

sztywne ramy i układy ścienne (do 50 kondygnacji i 162,8m) - układy ścienne zwykle w postaci trzonu wewnętrznego o rozstawie 9,0m współpracujące z ramami sztywnymi. Trzon przejmuje większą część obciążeń pionowych;

Betonowe trzony ramowe (do 55 kondygnacji i 214m) - przenoszą całość obciążeń poziomych i składają się z ram sztywnych złożonych z prostokątnych słupów rozstawionych co 3,0–4,5m i sztywnych rygli;

Betonowy trzon w trzonie (do 65 kondygnacji i 214m) - trzon wewnętrzny może być utworzony z ścian lub ram. Trzon zewnętrzny układ sztywnych ram ze słupami o rozstawie 3,0–4,5m.



Rys. 11. Systemy konstrukcyjne i praktyczne granice ich stosowania [2]

Betonowy trzon modułowy lub wiązka trzonów (do 75 kondygnacji i 246 m) - trzon utworzony z zespołu ram sztywnych w dwóch kierunkach i słupach rozstawionych co 3,0–4,5m, które tworzą wiązkę trzonów.

Betonowy trzon kratownicowy (do 90 kondygnacji i 294m np. Onterie Center, Chicago 174 m) - trzon ramowy z ram sztywnych o słupach w rozstawie 3,0–4,5m, w którym zastosowano skratowanie przez układ ścienny w elementach ramy ułożonych diagonalnie.

Betonowy trzon (maszt) z odciągami i usztywniającymi ścianami poprzecznymi (do 110 kondygnacji i 358 m) - konstrukcja składa się z umiejscowionego centralnie mega-trzonu złożonego z układów ściennych ustawionych w odstępach 9,0 m. Ściany trzonu są połączone z słupami zewnętrznymi lub ramami zewnętrznymi za pomocą poprzecznych układów ściennych zwykle o wysokości dwóch kondygnacji lub układów ramowych (outrigger). Przenoszą one obciążenie z trzonu na słupy lub ramy zewnętrzne i umożliwiają zmaksymalizowanie głębokości konstrukcyjnej rzutu budynku. W lokalizacjach, gdzie stosuje się

outriggers często stosuje się też ściany pasmowe, które łączą słupy ramy zewnętrznej i zwiększają jej sztywność;

Betonowe trzony wykonane z powłoki utworzonej przez diagonalne elementy (do 120 kondygnacji i 390m)- elementy diagonalne mają przekrój kwadratowy lub prostokątny i rozstawione są zwykle co 4,5m (mogą być też rozstawione co 3,0m) - tyle ile wynosi wysokość między kondygnacjami.

6.2.4. Konstrukcje zespolone

Ramy sztywne (do 30 kondygnacji i 122m) o konstrukcji zespolonej mają zwykle żelbetowy przekrój prostokątny ze zbrojeniem z dwuteowników szerokostopowych. Rozstaw słupów 4,5m do 9,0m. Procent zbrojenia konstrukcyjnego w przekroju zespolonym 3–10%.

Betonowa ściana nośna i słupy stalowe przenoszące obciążenie pionowe (do 45 kondygnacji i 182m). Zwykle ściany tworzą trzon wewnętrzny, choć może być także inny ich układ i przenoszą całość sił poziomych. Słupy stalowe przenoszą obciążenie pionowe przypadające na stropy

Układ ścienny – ramy o konstrukcji zespolonej (do 60 kondygnacji i 246 m). Na ogół układ ścienny tworzy trzon wewnętrzny o rozstawie ścian 9,0 m. Ramy sztywne są połączone ze ścianami i są wykonane jako konstrukcja zespolona. Rozstaw słupów ramy zwykle 4,5 – 9,0 m. Ściany przenoszą większą część obciążenia poziomego.

Trzon ramowy konstrukcja zespolona (do 65 kondygnacji i wysokości 266 m) - zwykle rama trzonu zbudowana jest z szerokostopowych przekrojów stalowych stanowiących zbrojenie prostokątnych betonowych słupów i rygli. Słupy rozstawione w odległościach zwykle do 4,5.

Trzon w trzonie w konstrukcji kompozytowej (do 75 kondygnacji czyli 306m). Trzon zewnętrzny ramowy a wewnętrzny albo ramowy albo w konstrukcji ściennej. Oba trzony współpracują ze sobą dzięki zastosowaniu dźwigarów usztywniających (outriggers) zastosowanych na kilku poziomach.

Wiązka trzonów lub trzon modułarny (do 75 kondygnacji i 306 m).

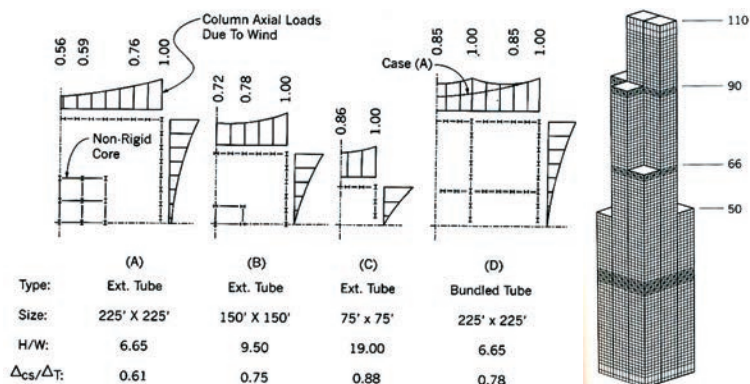
Trzon kratownicowy albo trzon ramowy usztywniony krzyżulcami (do 90 kondygnacji i 366m) – wykonany w konstrukcji zespolonej.

Maszt z odciągami i opasującymi dźwigarami usztywniającymi (outrigger) - Wewnętrzny trzon-maszt zwykle jest usytuowany centralnie i składa się z ścian rozstawionych w odległości 9,0m. Trzon wewnętrzny jest połączony na kilku poziomach z trzonem zewnętrznym za pomocą stalowych kratownic (o wysokości jednej lub dwóch kondygnacji); stosuje się też dźwigary opasujące łączące słupy zewnętrzne.

Trzon ramowy złożony z siatki elementów diagonalnych - Elementy powłoki diagonalnej składają się z żelbetowych elementów o przekroju kwadratowym lub prostokątnym zbrojonych szerokostopowymi kształtownikami stalowymi. Rozstaw elementów siatki na ogół odpowiada wysokości kondygnacji (zwykle 4,5m). Wyższe budynki wymagają zwiększenia wymiarów elementów diagonalnych. Jako opcję można zastosować także mniejszy ich rozstaw (np. do 3,0m).

7. Efektywność trzonów budynków wysokich

Rys. 8. wskazuje, że przy stosowaniu ustrojów trzonowych w budynkach wysokich, jednego z najbardziej efektywnych systemów przenoszenia sił poziomych, uzyskuje się nierównomierny rozkład sił na słupy i że słupy narożne przejmują największe obciążenia.



Rys. 12. Efektywność systemów trzonowych wg Khana [2] i budynek Sears Tower (obecnie Willis Tower)

Fazlur Khan, który wprowadził systemy trzonowe do praktyki budownictwa wysokiego (budynki: John Hancock Tower, Sears Tower, One Shell Plaza) zdawał sobie sprawę, że wprowadzenie w trzonie zamiast pełnej ściany trzonu, układu ramowego o gęsto rozstawionych słupach i sztywnych ryglach nie w pełni pozwoli wykorzystać zalety takiego idealnego przekroju rurowego. W przypadku budynku John Hancock w Chicago układ ramowy ścian trzonu został usztywniony przez diagonalne krzyżulce a w przypadku budynku Sears Tower zastosował on wiązkę trzonów w celu uzyskania lepszego wykorzystania systemu trzonowego. Khan uważał, że optymalną charakterystyką efektywności konstrukcji budynku wysokiego jest jego odkształcalność pozioma wywołana jedynie odkształceniami osiowymi słupów. Odkształcenia od zginania i od ścinania elementów ramy redukują konstrukcyjną efektywność konstrukcji i prowadzą do konieczności dodania materiału konstrukcyjnego i zwiększenia kosztu. Khan zdefiniował efektywność konstrukcyjną jako stosunek odkształcenia poziomego budynku wywołanego jedynie przez odkształcenia osiowe słupów do całkowitego odkształcenia poziomego wywołanego przez zginanie, ścinanie i odkształcenia osiowe. Uznał on, że wydajność 0,8 można uznać za wystarczającą do praktycznych zastosowań i stanowiącą granicę, kiedy nie ma potrzeby znaczniejszych nakładów na wzmocnienie konstrukcji na działanie sił poziomych. Współcześnie projektowane układy trzonów utworzonych jako powłoki z elementów diagonalnych osiągają wydajność konstrukcyjną $\Delta_{CS}/\Delta_T=0,99$ jak np. konstrukcja „perfekcyjny trzon” dla jednego z projektów SOM budynku Jinling Hotel Tower (320m) w Nanjing.

8. Uwagi końcowe

Obie klasyfikacje są zbieżne, jeśli chodzi o zakresy stosowania podstawowych systemów konstrukcyjnych. Powodem przytoczenia tych dwóch klasyfikacji jest zwrócenie uwagi z jednej strony na skuteczność i konieczność zapewnienia współpracy w przenoszeniu obciążeń przez układ konstrukcyjny wewnętrzny i zewnętrzny szczególnie dla budynków o większej wysokości. Z drugiej strony istnieje pewna specyfikę rozwiązań związana z materiałami z jakich wykonywana jest konstrukcja i choć systemy konstrukcyjne niewiele się różnią to jednak graniczne zakresy stosowania danych systemów są uzależnione od materiału. Należy jednak podkreślić, że budynki wysokie są zawsze projektowane jako rozwiązania indywidualne i powyższe klasyfikacje oddają tylko tendencje ogólne i nie zawsze mogą być odniesione do tych indywidualnych rozwiązań.

Trzeba tu wymienić z jednej strony tendencje kształtowania budynków wysokich odbiegające od formy prostopadłościenną, która jest podstawą w przyjętych klasyfikacjach

oraz budynki super-wysokie to znaczy sięgające powyżej 600 m (CTBUH określa budynki jako superwysokie powyżej 300 m.) Jeśli chodzi o budynki o kształcie odbiegającym od formy prostopadłościenną to bardzo często są to konstrukcje powłokowe o trójkątnej siatce elementów (np. Swiss Re w Londynie). Inne rozwiązania to ukształtowanie elewacji zewnętrznej jako niezależnej powłoki, która przejmuje nacisk wiatru i przekazuje siły od wiatru na konstrukcję, umieszczoną wewnątrz powłoki elewacji. (np. Shanghai Tower 632 m., gdzie system konstrukcyjny stanowi trzon o konstrukcji ściennej, 8 mega-słupów plus 4 słupy na przekątnej oraz system dźwigarów usztywniających (outriggers)). W budynkach super-wysokich stosuje się często rozwiązania mieszane, stosując np. często w części budynku konstrukcje betonowe lub zespolone, a powyżej pewnej wysokości konstrukcję stalową (np. budynek Burj Khalifa). Rozwiązania mieszane stosuje się też w przypadkach, gdy np. w budynku o konstrukcji stalowej zastosowanie w pewnej jego części (np. w dolnych kondygnacjach zastosowanie żelbetowych czy zespolonych układów ściennych) może zmniejszyć odkształcenia budynku lub poprawić jego własności dynamiczne.

9. Obliczanie budynków wysokich

Najbardziej rozpowszechnionymi i programami do obliczania budynków wysokich są programy komputerowe ETABS. Ostatnie edycje pozwalają na modelowanie i wizualizację 3D i analizę liniową i nieliniową nawet bardzo skomplikowanych modeli, uwzględniając sekwencję wznoszenia konstrukcji i efekty reologiczne. Jest to zintegrowany program modelowania analizy i wymiarowania i może być stosowany do najbardziej skomplikowanych systemów konstrukcyjnych nawet bardzo wysokich budynków.

Coraz częściej wprowadza się do projektowania BIM (Building Information Modeling). Jest to nowe podejście do opisu i przedstawienia informacji potrzebnych do projektowania, konstrukcji i zarządzania obiektem. Dane te można bezpośrednio wprowadzać do odpowiednich programów komputerowych i uwzględniać jako parametry [11].

Należy też wspomnieć o polskim programie do obliczania budynków wysokich pod nazwą System Budynki Wysokie opracowanym w Politechnice Poznańskiej przez zespół: Wadowicki J., Wdowicka E. [12].

Literatura:

- 1 CTBUH 2013: A Tall Building Review; CTBUH Journal 2014 issue. <http://www.ctbuh.org/Publications/Journal/InNumbers/tabid/1108/language/en-US/Default.aspx>
- 2 Sarkisian M.: Designing Tall Buildings, Structure as Architecture. Routledge, New York and London, 2012
- 3 Mendis P., Ngo T., Haritos N., Hira A., Samali B., Cheung J.: Wind Loading on Tall Buildings, internet: http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inti.gob.ar%2Fcircosoc%2Fpdf%2Faccion_viento%2F200704.pdf&ei=0uAlU_nyMv_ygPgrYG4CA&usg=AFQjCNHpDSXwH75AZtiqf_g2JiN2dlK9hw
- 4 Sobek Werner: Structural Systems for Tall Buildings, 1985
- 5 Kowalczyk R., Sinn R., Kilmister M.B.: Structural Systems for Tall Buildings Council on Tall Buildings and Urban Habitat, McGraw-Hill, 1995
- 6 Jasmin K.: Engineering Architecture: The Vision of Fazlur Khan. Internet <http://khan.princeton.edu/khanHancock.html>
- 7 Vortex shedding, internet http://en.wikipedia.org/wiki/Vortex_shedding
- 8 Ali M., Moon H.A.: Structural Developments in Tall Buildings Current Trends and Future Prospects; Architectural Science Review Volume 50.3 (2007), pp 205-223

- 9 CTBUH: Tall Buildings Systems and Concepts. Volume SC Monograph on Planning and Design of Tall Buildings, 1980
- 10 Pawłowski A.Z., Cała I.: Budynki Wysokie, Oficyna Wydawnicza PW, 2006
- 11 ARUP. Building Information Modelling http://www.arup.com/services/building_modelling.aspx
- 12 Wdowicki J.: Betonowe budynki wysoki, Internet <http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ikb.edu.pl%2Fjacek.wdowicki%2Fpliki%2Fmaterialy%2Fbadania%2Fpublikacje%2FWdo0>

Structural Systems of Tall Buildings

Ryszard Kowalczyk

University of Ecology and Management Warsaw, e-mail: rkow@ubi.pt

Abstract. Tall buildings are an inseparable and important element of any contemporary city. For a structural engineer, the tall building is one in which the horizontal loads – wind and earthquake - govern the selection of the structural system. The major concern of the designer is to select a system strong enough to take over all loads and actions, stiff enough to keep deformations (drift) in prescribed limits and still economically sound. The integration of the basic systems such as shear wall, moment frame and truss and their optimization provide an efficient structure and keeps “premium for height” in reasonable limits. The role of outriggers and belt trusses is emphasized by the assurance of involvement of the internal and external elements of structure in resisting the loads.

Keywords: tall buildings, structural systems, shear walls, moment frames, braced frames – trusses, outriggers, tubes, shear lag

Bezpieczeństwo pożarowe budynków wysokich i wysokościowych

Paweł Sulik¹, Bartłomiej Sędlak², Piotr Turkowski³, Wojciech Węgrzyński⁴

Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniwowych,

e-mail: ¹p.sulik@itb.pl, ²b.sedlak@itb.pl, ³p.turkowski@itb.pl, ⁴w.wegrzynski@itb.pl

Streszczenie: W niniejszej pracy zawarte zostały główne problemy dotyczące odporności pożarowej budynków wysokich i wysokościowych. Przedstawiono statystyki oraz wybrane przykłady pożarów tego typu obiektów, opisano zagadnienia związane z wymaganiami dotyczącymi odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych i przegród zewnętrznych (ścian osłonowych) oraz kwestie związane z ewakuacją i oddymianiem. Omówiono metody projektowania konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe, w warunkach pożaru standardowego (ISO 834) i parametrycznego, metody zabezpieczania ogniochronnego konstrukcji nośnej, z uwzględnieniem elementów żelbetowych wzmocnianych taśmami CFRP. Przedstawiono rozwiązania techniczne ścian osłonowych na szkielecie stalowym lub aluminiowym z ognioodpornymi przeszkleniami. Opisano proces oraz stosowane w praktyce sposoby ewakuacji, w tym tzw. ewakuację selektywną.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pożarowe, budynki wysokie i wysokościowe, ewakuacja, nośność ogniowa, ściany osłonowe

1. Wprowadzenie

Zgodnie z obowiązującymi w polskim prawie zapisami [1] budynki wysokie (W), to budynki o wysokości w przedziale $25\text{ m} < (W) \leq 55\text{ m}$, a w przypadku budynków mieszkalnych (ZL IV) o ilości kondygnacji od 10 do 18 włącznie. Budynki wysokościowe (WW) to zawsze budynki o wysokości powyżej 55 m nad poziomem terenu. Tak szczegółowy podział wynika z przypisania odpowiednim grupom wysokości, określonych wymagań technicznych i użytkowych, które dodatkowo w przypadku bezpieczeństwa pożarowego uzależnione są m.in. od przeznaczenia budynków (kategoria zagrożenia ludzi ZL, produkcyjne i magazynowe PM oraz inwentarskie IN), klasy odporności pożarowej budynku (od A – najwyższe wymagania do E – brak wymagań), czy powiązanej z nią klasy odporności ogniowej elementów (R – nośność ogniowa, E – szczelność ogniowa, I – izolacyjność ogniowa, np. 120 – czas w minutach określony zgodnie z polską normą dotyczącą ustalania klas odporności ogniowej elementów [2]).

Bezpieczeństwo pożarowe jako drugie po nośności i stateczności wymaganie podstawowe dotyczące obiektów budowlanych [3], w przypadku budynków (W) i (WW) wyznacza zazwyczaj jeden z najwyższych poziomów wymagań prawnych i technicznych. Związane jest to przede wszystkim z układem architektoniczno-konstrukcyjnym budynków (W) i (WW), które bez odpowiednich wydzieleni i zamknięci pełniłyby rolę naturalnego komina, co bardzo sprzyja specyfice rozprzestrzeniania się pożaru zgodnie z kierunkiem konwekcji ciepła. Bardzo istotne w takich budynkach jest również zapewnienie i utrzymanie przez wymagany przepisami czas integralności konstrukcji (nośności na zginanie, ściskanie, itp.). Zniszczenie stosunkowo niewielkiego fragmentu budynku może wywołać wystąpienie

efektu katastrofy postępującej, co jest zjawiskiem znanym od lat, szczególnie uwidoczniomym w 1968 r. w przypadku katastrofy 22 piętrowego budynku Ronan Point w Londynie [4], [5]. Kolejnym kluczowym elementem jest uniemożliwienie rozprzestrzeniania się ognia na sąsiednie budynki lub na wyższe kondygnacje na co wpływ ma konstrukcja elewacji, właściwości pasów międzykondygnacyjnych, odległość od sąsiednich budynków, itp. Rodzaj i konstrukcja elewacji odgrywa również istotną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa ekip ratowniczych np. przed odpadającymi elementami elewacji. Fundamentalnym zagadnieniem w przypadku budynków (W) i (WW) jest umożliwienie sprawnej ewakuacji ludzi w przypadku wystąpienia zagrożenia. Najbardziej znanym i tragicznym przykładem niezapewnienia takiej możliwości w przypadku m.in. pożaru, był zamach terrorystyczny 11/9 z 2001 roku [6], kiedy to w wyniku wybuchu, pożaru i w konsekwencji zawalenia się WTC1 i WTC2 śmierć poniosło wg różnych źródeł od ~2300 do ~2800 osób. W tabeli 1 zestawiono przykłady powojennych pożarów w budynkach (W) i (WW).

Tabela 1. Przykłady powojennych pożarów w budynkach (W) i (WW)

Lp.	Nazwa, opis	Liczba ofiar śmiertelnych
1	Winecoff Hotel, Atlanta, 1946 r., 15 kondygnacji [7], [8]	119
2	Andraus Building, São Paulo, 1972, 115 m, 33 kondygnacje	16
3	Joelma Building, São Paulo, 1974, 115 m, 25 kondygnacji [9], [10]	179-189
4	MGM Grand Hotel, Las Vegas, 1980, 26 kondygnacji [11], [12]	85
5	Dupont Plaza Hotel, San Juan, 1986, ~25 kondygnacji [13]	98
6	Garley building, Hong Kong, 1996, 16 kondygnacji [14]	41
7	World Trade Center 1 i 2, New York City, 2001, 417 m, 110 kondygnacji [6]	2312
8	High-rise apartment block, Shanghai, 2010, 28 kondygnacji [15]	58

Odmierna sytuacja, do pożaru WTC1 i WTC2, wystąpiła w São Paulo [9], [10], przełomowym dla uświadomienia społeczeństwu zagrożeń pożarowych w budynkach (W) i (WW), gdzie na oczach tysięcy bezpośrednich obserwatorów wydarzyła się jedna z największych tragedii związana z pożarem budynku (WW). Joelma Building, nowoczesny na tamte czasy, nowy (2 letni) budynek, wykonany w konstrukcji żelbetowej składał się z dwóch niezależnych skrzydeł, rozdzielonych niewydzieloną pożarowo klatką schodową. Wyposażenie budynku, ścianki działowe, elementy wykończenia, itp. były wykonane z materiałów palnych. Bezpośrednią przyczyną powstania pożaru było zainstalowanie na 12 piętrze wadliwego wentylatora, od którego rozpoczął się pożar, docierając do centralnej klatki schodowej, całkowicie odcinając jedyną drogę ewakuacji, oraz rozprzestrzeniając się na wyższe kondygnacje po elewacji. Poczynając od 14 kondygnacji, pożar objął obydwa skrzydła budynku. Odcięci od możliwości ewakuacji ludzie, wcześniej około 300 osób ewakuowało się czterema dźwigami osobowymi do czasu ich zatrzymania, schronili się na dachach skrzydła południowego i północnego, do poziomu których ogień dotarł po około godzinie. Ewakuacja przy użyciu śmigłowców nie była możliwa z uwagi na kolumnę konwekcyjną ciepła i gazów wokół budynku. Wszystkie osoby schronione na południowym dachu zginęły, w większości przypadków ulegając zatruciu. Analizując opisany przypadek bardzo wyraźnie widać jak bardzo na przestrzeni tych 40 lat od tamtej tragedii, zmieniły się przepisy z zakresu bezpieczeństwa pożarowego, w sposób istotny minimalizując możliwość wystąpienia pożaru i znacząco ułatwiając sprawną i bezpieczną ewakuację.

W polskich realiach nie mieliśmy do czynienia z tak dramatycznymi przykładami pożarów budynków (W) i (WW). W większości odnotowanych zdarzeń, w przypadku budynków zakwalifikowanych do ZL, pożary miały charakter lokalny, obejmowały pojedyncze, ewentualnie sąsiednie mieszkania, w tzw. wieżowcach np. pożar ze stycznia 2014 r.

w Koszalinie, czy pożar z lutego 1999 r. z Tczewa (Rys.1). Zachowanie stosunkowo wysokiego poziomu bezpieczeństwa pożarowego w budynkach (W) i (WW) związane jest m.in. z ich wiekiem (zdecydowana większość to budynki powojenne) oraz rodzajem ich konstrukcji, na co wpływ miały wymagania i przepisy z zakresu bezpieczeństwa pożarowego, które już wiele lat temu, przynajmniej częściowo uwzględniały specyfikę pożarową tych budynków. Mniej pozytywna ocena bezpieczeństwa pożarowego w budynkach (W) i (WW) została sformułowana w raporcie NIK [16] z 2011 r., która dotyczyła możliwości operacyjnych, przygotowania, wyszkolenia, wyposażenia w specjalistyczny sprzęt, itp. straży pożarnej. Generalne wnioski z tego raportu wskazują na braki dotyczące przede wszystkim zakresu wyposażenia, bez którego prowadzenie sprawnej akcji gaśniczej w budynkach (W) i (WW) jest bardzo utrudnione. Prowadzone sukcesywnie kontrole PSP w budynkach (W) i (WW) zwracają uwagę na występujące utrudnienia na drogach ewakuacyjnych, nieprzejezdne drogi pożarowe, ewentualnie uchybienia dotyczące instalacji wodociągowych lub przeciwpożarowych.



Rys. 1. Typowe pożary w polskich wieżowcach: Koszalin 2014 /M.Borkowski/, Tczew 1999 /KP PSP/

KG PSP w wydawanym cyklicznie biuletynie informacyjnym [17] oraz opracowaniach statystycznych [18] podaje szczegółowe informacje dotyczące zarówno pożarów jak i miejscowych zdarzeń. Statystyki wskazują, że liczba pożarów w budynkach (W) i (WW) utrzymuje się na porównywalnym poziomie w ostatnich latach (Rys.2, Tabela 2).



Rys. 2. Liczba pożarów w Polsce, w latach 2011-2013, w budynkach (W) i (WW) w zależności od wielkości pożaru: P/M $\leq 70 \text{ m}^2$, $\leq 350 \text{ m}^3$; P/S 71-300 m^2 , 351-1500 m^3 ; P/D 301-1000 m^2 , 1501-5000 m^3 ; P/BD $> 1000 \text{ m}^2$, $> 5000 \text{ m}^3$

Tabela 2. Liczba pożarów w Polsce w latach 2011-2013

Rok	Budynki (W)	Budynki (WW)	% udział pożarów budynków (W)	% udział pożarów budynków (WW)	Łączna liczba pożarów
2011	2223	28	2,58	0,03	86158
2012	2247	43	2,53	0,05	88646
2013	1974	23	2,37	0,03	83221

Szacuje się, że w Polsce znajduje się ponad 11 tysięcy budynków (W) i (WW), w większości (~10 tysięcy) budynków mieszkalnych tzw. wieżowców. W przypadku budynków o wysokości powyżej 70 m, kategorii zagrożenia ludzi, mamy do czynienia z grupą 60-70 obiektów, ułożonych w dużych kompleksach miejskich: np. Trójmiasto (Sea Towers, 141,6 m, 2009 r.), Wrocław (Sky Tower, 212 m, 2012), Poznań (Collegium Altum, 106 m, 1991 r.), Łódź (Red Tower, 80 m, 1978 r.), Katowice (Altus, 125 m, 2002 r.), Szczecin (Pazim, 128 m, 1992 r.) z czego około połowa przypada na Warszawę (PKiN, 237 m, 1955 r., Warsaw Trade Tower, 208 m, 1999 r., Złota 44, 192 m, 2013 r., Warsaw Spire, 220 m, 2014 r. – w trakcie budowy). Pomijając budynki mieszkalne, 11 kondygnacyjne, wykonane w technologii wielkiej płyty, a więc o wysokości niewiele przekraczającej 30 m, okazuje się, że problem budownictwa wysokiego w Polsce dotyczy prawdopodobnie do 1500 obiektów, usytuowanych zazwyczaj w centrach miast. Statystyki te wyglądają bardzo skromnie, szczególnie jak weźmie się pod uwagę dane dotyczące miast, które wybrały model budownictwa wysokiego jako strategię ich rozwoju (dotyczy budynków co najmniej 12 piętrowych lub powyżej 40 m) np. Hong Kong > 7500, Nowy Jork > 5500, Singapur > 3600, São Paulo > 3500, Seul > 2800 czy Tokio > 2500.

Tabela 3. Wymagane klasy odporności pożarowej budynków (W) i (WW) zakwalifikowanych do ZL

Kategoria zagrożenia ludzi	Budynek (W)	Budynek (WW)
ZL I	B	A
ZL II	B	A
ZL III	B	A
ZL IV - mieszkalne	B	B
ZL V	B	A

Tabela 4. Dopuszczalne obniżenia klasy odporności pożarowej budynków zakwalifikowanych do ZL

Kategoria zagrożenia ludzi	1 kondygnacja nadziemna	2 kondygnacje nadziemne (poziom stropu na pierwszą kondygnacją ≤ 9 m n.p.t.)
ZL I	D	C
ZL II	D	C
ZL III	D	D

Tabela 5. Wymagane klasy odporności pożarowej budynków (W) i (WW) zakwalifikowanych do PM i IN

Maksymalna gęstość obciążenia ogniowego strefy pożarowej w budynku Q [MJ/m^2]	Budynek o 1 kondygnacji bez ograniczenia wysokości	Budynek wielokondygnacyjny (W) lub (WW)
$Q \leq 500$	E	B
$500 < Q \leq 1000$	D	B
$1000 < Q \leq 2000$	C	B
$2000 < Q \leq 4000$	B	Nie mogą występować
$Q > 4000$	A	Nie mogą występować

Jak wspomniano wyżej, wymagania dla budynków (W) i (WW) w polskich przepisach są ustalone na wysokim a więc bezpiecznym poziomie [1] (Tabela 3), o czym świadczą zamieszczone powyżej statystyki dotyczące pożarów tych budynków. Istnieją przepisy pozwalające na obniżenie klasy odporności pożarowej budynków ZL o ograniczonej liczbie kondygnacji np. sala teatralna, kościół, hala widowiskowa (Tabela 4), co pozwala znacząco zredukować koszty zabezpieczeń przeciwpożarowych, ale i oddaje realne zagrożenie pożarowe obiektu oraz możliwości sprawnej ewakuacji ludzi. Podobnie jest w przypadku budynków należących do grup (W) i (WW) zakwalifikowanych jako PM, dla których w określonych sytuacjach, przy niewielkiej gęstości obciążenia ogniowego i jednej kondygnacji, przewiduje się nawet klasę odporności pożarowej obiektu E (Tabela 5), czyli brak

jakichkolwiek wymagań odnośnie klasy odporności ogniowej elementów budynku. Przykłady takich obiektów odnajdziemy w dużych zakładach przemysłowych np. huty, elektrownie, elektrociepłownie, itp. w których ze względów technologicznych wymagana jest wysokość budynku często powyżej 55 m (budynek stanowi osłonę urządzeń technologicznych), a stropy, często ażurowe, z licznymi otworami, nie dzielą budynku na oddzielne strefy pożarowe [19]. Uwzględniając przedstawione powyżej dane, w dalszej części pracy skoncentrowano się na trzech kluczowych dla budynków (W) i (WW) zakwalifikowanych do kategorii zagrożenia ludzi, obszarach z zakresu bezpieczeństwa pożarowego: zagadnieniach konstrukcyjnych, rozprzestrzeniania ognia przez ściany osłonowe oraz ewakuacji i związanych z nią rozwiązań technicznych.

2. Bezpieczeństwo pożarowe konstrukcji

Budynki (W) i (WW) muszą spełniać najostrzejsze wymagania odporności pożarowej w klasach A i B. W odniesieniu do głównej konstrukcji nośnej, ścian i stropów wymaga się spełnienia kryteriów 2 a nawet 4-godzinnej odporności ogniowej, co daje projektantom dwie opcje. Pierwsza – zaprojektować te elementy w taki sposób, by były one w stanie samodzielnie przetrwać pożar w klasach odporności ogniowej R 120, R 240, REI 120, REI 240, albo zastosować izolacje ogniochronne. Wybór w dużej mierze zależy od typu konstrukcji (stalowa, żelbetowa), warunków użytkowania oraz ostatecznych kosztów wykonania i eksploatacji obiektu. W odniesieniu do konstrukcji żelbetowych bardziej opłacalnym może się okazać wykonanie izolacji ogniochronnej, niż zwiększanie wymiarów elementów, zmniejszając dostępną powierzchnię użytkową i kubaturę. Szczególnie dotyczy to projektów „importowanych” z Zachodu, gdzie przepisy nie są tak restrykcyjne jak polskie – np. główna konstrukcja nośna tego samego, 15-kondygnacyjnego budynku wzniesionego w Polsce powinna spełniać wymagania w klasie odporności ogniowej R 240, a w Belgii czy Anglii – R 120, w Holandii – R 90. Zgodnie z danymi tabelarycznymi podanymi w PN-EN 1992-1-2 [20], odległość osiowa zbrojenia elementów żelbetowych w klasie odporności ogniowej R 240 / REI 240 powinna wynosić ok. 60-80 mm, gdzie przy projektowaniu elementów z uwagi na warunki normalne, odległość ta wynosi ok. 30 mm (co przekłada się na klasę odporności ogniowej elementu $R 90 \div R 120$). Dodatkowo przy odległości osiowej zbrojenia ≥ 70 mm projektant zmuszony jest stosować zbrojenie przypowierzchniowe, z uwagi na odpryskiwanie i odpadanie betonu [20]. W takiej sytuacji rozsądniejszym może okazać się zastosowanie izolacji ogniochronnej, sufitów podwieszonych lub poziomych i pionowych membran ogniochronnych. W odniesieniu do konstrukcji stalowych takiego wyboru już nie ma. Nawet najbardziej masywne profile (o wskaźniku masywności $U/A < 100 \text{ m}^{-1}$), pozostawione niezabezpieczonymi spełnią wymagania w klasie odporności ogniowej co najwyżej R 30.

Nowoczesne systemy zabezpieczeń ogniochronnych bada się zgodnie z procedurami podanymi w normach PN-ENV 13381-3:2004 lub prEN 13381-3:2012 (bierne zabezpieczenia elementów betonowych), PN-EN 13381-4:2013 (pasywne zabezpieczenia konstrukcji stalowych), PN-EN 13381-8:2013 (termoaktywne zabezpieczenia konstrukcji stalowych) i pozostałymi częściami norm serii „13381” - membrany pionowe, poziome, zabezpieczenia konstrukcji zespolonych, blaszanych i drewnianych).

Podstawowe i najczęściej stosowane metody oceny odporności ogniowej elementów żelbetowych to dane tabelaryczne i uproszczony algorytm obliczeniowy – metoda izotermi 500°C. Zawarte w EC 2 [20] tabele są bardzo wygodne w stosowaniu i pozwalają szybko ustalić klasę odporności ogniowej typowych elementów żelbetowych tj. belek, słupów,

ścian i stropów. Z kolei metoda izotermi 500°C, która przyjmuje uproszczoną hipotezę, mówiącą, iż beton w całości traci swe właściwości wytrzymałościowe po przekroczeniu temperatury 500°C, zaś poniżej tej temperatury zachowuje pełną wytrzymałość, pozwala nieco dokładniej obliczać nośność ogniową i wymiarować elementy konstrukcyjne. Położenie izotermi 500°C określa się na podstawie analizy numerycznej przepływu ciepła lub przy pomocy typowych map izoterm podanych w załączniku do normy [20].

Inne dwa bardzo ważne aspekty związane z odpornością ogniową konstrukcji żelbetonowych budynków (W) i (WW) to prefabrykacja i wzmocnienia CFRP. Nowoczesne, oparte na prefabrykacji, budownictwo to powszechne wykorzystanie sprężonych płyt kanałowych i belek. Zachowanie się tych elementów w pożarze wymaga szczególnego rozpoznania. Na podstawie badań prowadzonych w latach 2000 ÷ 2004 stwierdzono, iż w warunkach pożarowych elementy sprężone, w szczególności stropy ze sprężonych płyt kanałowych, bardziej narażone są na zniszczenie wskutek przekroczenia nośności na ścinanie w strefie przypodporowej, niż wskutek przekroczenia nośności na zginanie [21], [22]. Wnioski te znalazły odzwierciedlenie w normie PN-EN 1168+A3:2011, która to względem poprzedniego wydania zaostroża procedurę oceny odporności ogniowej. Opisane powyżej metody oceny odporności ogniowej elementów żelbetonowych wg Eurokodu 2 i norm wyrobów prefabrykowanych opisano szerzej i uzupełniono przykładami w opracowaniu [23].

Problemem budynków (W) i (WW) jest konieczność zachowania wymaganych przepisami wysokości kondygnacji. Jakikolwiek problem z technologią wykonania stropów i koniecznością ich wzmocnienia, zmianą sposobu użytkowania kondygnacji, itp. wymusza na właścicielu konieczność wykonania wzmocnienia stropów, co przy ograniczeniach minimalnej wysokości kondygnacji nie jest problemem trywialnym. Jednym z rozwiązań coraz powszechniej stosowanym jest wykorzystanie zewnętrznego zbrojenia doklejanego w postaci taśm i mat z włókien węglowych (CFRP). Wzmocniane w ten sposób elementy żelbetowe szczególnie narażone są na oddziaływanie temperatury, z uwagi na bardzo niską temperaturę krytyczną pracy tego zbrojenia, wyznaczoną jako temperatura przejścia kleju w szkliwo (od ok. 50 do 100°C) oraz z uwagi na pełną ekspozycję kompozytów klejonych na powierzchni betonowej – nie są one tak jak pręty zbrojeniowe schowane pod otuliną betonową. Stosując metody obliczeniowe, uwzględniając współczynniki redukcyjne obciążeń ψ w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej, dowieść można czy istnieje potrzeba by to zewnętrzne zbrojenie przenosiło obciążenia w sytuacji pożarowej czy też jest ono potrzebne tylko w warunkach normalnych [24]. Tym samym określa się potrzebę ogniochronnego zabezpieczania kompozytów. Przeprowadzone w ITB badania pokazują, iż wymagane grubości izolacji w takich sytuacjach potrafią być znaczące – np. 100 mm w celu zachowania nośności zbrojenia przez 120 minut nagrzewania wg krzywej standardowej temperaturaczas. Wymagana grubość tej samej izolacji ogniochronnej by zabezpieczyć zwykłą belkę żelbetową, przy maksymalnym jej wyłączeniu, odległości osiowej zbrojenia 25 mm, w klasie R 240 to 20 mm. Problem ten jest istotny szczególnie w odniesieniu do budynków (W) i (WW), w których wymaga się spełniania kryteriów w wysokich klasach odporności ogniowej. W chwili obecnej, żadna z norm europejskich nie podaje metody badawczej, która pozwoliłaby ocenić skuteczność ogniochronną zabezpieczeń na elementach żelbetonowych wzmocnionych zbrojeniem doklejanym, dlatego też w roku 2012, w ITB opracowano procedurę badania i oceny [25], [26], otwierając drogę producentom materiałów ogniochronnych do klasyfikowania ich wyrobów pod tym kątem.

Warto wspomnieć również o trzecim rozwiązaniu – o metodach inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Wszystkie części ogniowe Eurokodów, na czele z normą PN-EN 1991-1-2 [27] w mniejszym lub większym stopniu dopuszczają obliczenia przy nagrzewaniu wg

krzywej parametrycznej temperatura-czas, tj. w warunkach odpowiadających rzeczywistej geometrii budynku, zastosowanym materiałom i środkom ochrony przeciwpożarowej. Prawie zawsze wyznaczona krzywa nagrzewania będzie „łagodniejsza” niż krzywa standardowa (ISO 834) [28]. Na przykład metoda izotermi 500°C może być stosowana do oceny odporności ogniowej elementów żelbetowych i sprężonych poddawanych ścisaniu oraz zginaniu lub ich kombinacji w warunkach pożaru standardowego lub parametrycznego. Analizy numeryczne oddziaływań termicznych w naturalnych modelach pożaru są powszechnie stosowane w symulacjach rozprzestrzeniania się dymu i ciepła, z wykorzystaniem metody komputerowej mechaniki płynów (CFD). Ze względu na przepisy krajowe definiujące wymagania w zakresie odporności ogniowej przy oddziaływaniu pożaru standardowego, naturalne modele pożaru spotyka się bardzo rzadko w ocenach i ekspertyzach. Niemniej na ich podstawie zrealizowano wiele projektów naukowych, spośród których dwa wymienione, mają znaczenia w odniesieniu do budynków (W) i (WW) – FRACOF oraz jego rozwinięcie MACS+ [29], dotyczące odporności ogniowej zespolonych, stalowo betonowych układów konstrukcyjnych. Uproszczona metoda projektowania została opracowana jako rezultat badań ogniowych w dużej skali przeprowadzonych w wielokondygnacyjnym budynku stalowym zlokalizowanym w laboratorium Building Research Establishment w Wielkiej Brytanii. Pomimo iż zastosowanie metody do projektowania z uwagi na odporność ogniową jest względnie nowe, to podstawy inżynierskie metody są dobrze uzasadnione.

3. Bezpieczeństwo pożarowe ścian osłonowych

Ściany zewnętrzne w budynkach (W) i (WW) wykonywane są najczęściej jako konstrukcje szkieletowe, w których przestrzenie pomiędzy metalowymi profilami wypełniane są taflami z przezroczystego lub matowego szkła. Elementy szkieletu kotwione są do konstrukcji nośnej budynku tworząc ściany osłonowe – lekkie, ciągłe pokrycie zamykające przestrzeń, które spełnia samodzielnie lub w połączeniu z konstrukcją budynku wszystkie normalne funkcje ściany zewnętrznej, lecz nie przejmuje żadnych właściwości nośnych konstrukcji budynku [30].

Ściany zewnętrzne budynków (W) i (WW) powinny posiadać klasę odporności ogniowej odpowiednio EI 60 (o↔i) lub EI 120 (o↔i) [1]. Wymagania te dotyczą w głównej mierze obszaru pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem, jednakże w przypadku bliskiego sąsiedztwa innego budynku (mniej niż 8 m pomiędzy budynkami ZL) dotyczyć mogą również całości ściany osłonowej.

Pas międzykondygnacyjny w budynkach (W) i (WW) powinien mieć wysokość co najmniej 0,8 m, przy czym za równorzędne rozwiązania uznaje się oddzielenia poziome w formie daszków, gzymsów i balkonów o wysięgu co najmniej 0,5 m lub też inne oddzielenia poziome i pionowe o sumie wysięgu i wymiaru pionowego co najmniej 0,8 m (nad strefą pożarową PM, o gęstości obciążenia ogniowego powyżej 1000 MJ/m², wysokość pasa międzykondygnacyjnego powinna wynosić min. 1,2 m, a za równorzędne rozwiązanie uznaje się oddzielenia poziome w formie daszków, gzymsów i balkonów o wysięgu co najmniej 0,8 m lub też inne oddzielenia poziome i pionowe o sumie wysięgu i wymiaru pionowego co najmniej 1,2 m). Zastosowanie pasów międzykondygnacyjnych zapewnić ma w przypadku pożaru powstrzymanie przejścia ognia na sąsiednie kondygnacje.

Warto zaznaczyć, iż w odniesieniu do coraz powszechniej stosowanych prefabrykowanych balkonów z łącznikami termoizolacyjnymi, które mają pełnić funkcję równorzędnego rozwiązania oddzielenia poziomego, wymaga się od złącza liniowego takiego balkonu

spełnienia szczelności i izolacyjności ogniowej (możliwość stosowania balkonów ograniczona jest do niższych kondygnacji, do 25 m n.p.t., budynków (W) i (WW)).

Dodatkowo ściany osłonowe w budynkach (W) i (WW) powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób aby w razie pożaru zapewnić:

- ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku,
- ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na obiekty sąsiednie,
- umożliwienie ewakuacji użytkowników oraz zapewnienie bezpieczeństwa ekipom ratowniczym.

Wymagania stawiane są również elementom okładzin elewacyjnych, które to powinny być mocowane do konstrukcji budynku w sposób uniemożliwiający ich odpadanie w przypadku pożaru w czasie krótszym niż wynikający z wymaganej klasy odporności ogniowej dla ściany zewnętrznej. Dodatkowo okładzina elewacyjna i jej zamocowania mechaniczne, znajdujące się na wysokości powyżej 25 m nad poziomem terenu powinny być wykonane z materiałów niepalnych.

Ściany osłonowe o określonej klasie odporności ogniowej w budynkach (W) i (WW) wykonywane są najczęściej jako konstrukcje o stalowym lub aluminiowym szkielecie.

Profile szkieletu posiadają najczęściej przekrój skrzynkowy. Wewnątrz metalowych profili często umieszczane są specjalne wkłady wzmacniające, najczęściej wykonane z tego samego rodzaju materiału co profil. Ponadto wewnątrz profili znajdują się izolacyjne wkłady ogniochronne wykonane najczęściej z płyt gipsowo - kartonowych, krzemianowo - wapniowych lub silikatowo - cementowych. W zależności od przyjętego rozwiązania, właściwego dla danej klasy odporności ogniowej ściany osłonowej, dobiera się rodzaj (materiał) wkładów izolacyjnych. Profile szkieletu mocowane są do czoła stropu przy użyciu specjalnych systemowych kotew. Pomiędzy profilami szkieletu umieszczane są szyby oraz panele nieprzeierne, stosowane zazwyczaj tylko w obszarze pasa międzykondygnacyjnego. Najczęściej mocowane są one przy użyciu metalowych listew dociskowych, które przykręcane są do profilu śrubami stalowymi (poprzez podkładki), a następnie przykrywane listwą maskującą. Dla uszczelnienia mocowania, po jego obwodzie stosuje się uszczelki z kauczuku syntetycznego EPDM. Po obwodzie szyby, pomiędzy listwą dociskową i profilem nośnym umieszczane są uszczelki pęczniące. Pod wpływem temperatury zwiększają one swoją objętość i zamykają przestrzeń, przez którą mógłby przedostać się ogień. Szyby, podobnie jak sposób wypełnia profili, dobierane są w zależności od przewidywanej klasy odporności ogniowej ściany osłonowej. Najczęściej stosuje się szyby zespolone składające się z szyby ognioochronnej (zestawu tafli szklanych hartowanych przedzielanych pęczniącym pod wpływem temperatury żelem) zespolonej z szybą zewnętrzną. Grubość hartowanych tafli szklanych, ich ilość oraz grubość żelu przedzielającego tafle jest precyzyjnie dobierana dla szyb przeznaczonych do stosowania w ścianach osłonowych o danej klasie odporności ogniowej [31].

Ściany osłonowe klasyfikowane są zgodnie z normą PN-EN 13501-2 [2], a klasa odporności ogniowej przyznawana jest na podstawie badania przeprowadzonego zgodnie z normą PN-EN 1364-3 w przypadku kompletnego zestawu lub PN-EN 1364-4 w przypadku częściowej konfiguracji (np. samego pasa międzykondygnacyjnego).

Odporność ognia systemów ścian osłonowych określona może być w 2 przypadkach - w warunkach nagrzewania od wewnątrz i zewnątrz. W przypadku nagrzewania od wewnątrz temperatura w danym czasie badania powinna być zgodna z krzywą standardową, przyjmowaną jako właściwa dla odzwierciedlenia pożaru wewnątrz budynku i określona w PN-EN 1363-1 wzorem:

$$T=345\log_{10}(8t+1)+20 \quad (1)$$

gdzie T - temperatura w stopniach Celsjusza, a t czas od początku badania w minutach.

Temperatura w danym czasie badania w przypadku nagrzewania od zewnątrz, odzwierciedlającego pożar na zewnątrz budynku – znacznie łagodniejszy, powinna być zgodna z krzywą zewnętrzną, określoną w PN-EN 1363-2 wzorem:

$$T=660(1-0,687e^{-0,32t}-0,313e^{-3,8t})+20 \quad (2)$$

Element próbny do badania ściany osłonowej powinien być zaprojektowany w taki sposób aby był w pełni reprezentatywny dla konstrukcji stosowanej w praktyce (łącznie ze złączami kompensacyjnymi, liniowymi uszczelnieniami szczeliny, wykończeniami powierzchni i wyposażeniem, które to są istotne i mogą mieć wpływ na zachowanie elementu podczas badania) lub tak aby zapewniał uzyskanie najszerszego zakresu bezpośredniego wykorzystania wyników badania.

Istotne jest aby w elemencie próbnym znalazły się największe stosowane na budynku (W) lub (WW) wymiary przeszkleń (zarówno w układzie poziomym jak i pionowym) - nie będzie można stosować w praktyce przeszkleń o większych wymiarach niż te, które zostały przebadane. Kolejną, równie istotną sprawą jest zastosowanie w badaniu maksymalnego oczekiwanego rozstawu kotew mocujących słupy - nie będzie możliwe konstruowanie w praktyce danej ściany osłonowej w budynkach o większym rozstawie stropów niż ten który został sprawdzony w badaniu (Rys.3). Oznacza to, że zazwyczaj badaniom poddaje się ścianę osłonową zastosowaną na kondygnacji o najwyższej wysokości.



Przed badaniem



W trakcie badania



Po badaniu

Rys. 3. Przykład badania ściany osłonowej zastosowanej w budynku (W), ZBO ITB

Podczas badania odporności ogniowej ścian osłonowych sprawdzana jest szczelność $/E/$ i izolacyjność $/I/$ ogniowa oraz promieniowanie $/W/$ danego elementu próbnego ściany osłonowej. Na podstawie uzyskanych parametrów skuteczności działania danej ściany osłonowej przy danym nagrzewaniu określa się następnie klasę odporności ogniowej danej ściany. Przy jej przyznawaniu pod uwagę brane są przedstawione wcześniej kryteria skuteczności działania. Szczelność ogniowa oceniana jest na podstawie trzech aspektów: pęknięć lub otworów przekraczających dopuszczalne wymiary, zapalenia tamponu bawełnianego przyłożonego do elementu próbnego, utrzymywania się płomienia na powierzchni nienagrzewanej (płomień ciągły trwający dłużej niż 10 s). W przypadku gdy element klasyfikowany jest tylko w zakresie szczelności ogniowej bez uwzględnienia klasyfikacji izolacyjności ogniowej, nie bierze się pod uwagę kryterium związanego z zapaleniem się tamponu bawełnianego. Izolacyjność ogniowa oceniana jest na podstawie przyrostów temperatury, mierzonych w miejscach określonych w normie badawczej. Przyrost temperatury średniej ograniczony jest do 140°K powyżej początkowej średniej temperatury,

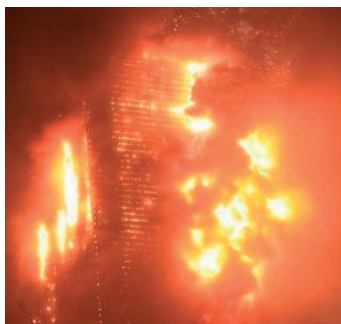
natomiast przyrost temperatury maksymalnej w dowolnym punkcie badanej ściany osłonowej ograniczony jest do 180°K powyżej temperatury początkowej. Promieniowanie oceniane jest na podstawie czasu, w którym maksymalna wartość promieniowania mierzonego zgodnie z normą PN-EN 1363-2 nie przekracza 15 kW/m^2 .

Dla danej klasy odporności ogniowej ściany osłonowej (Tabela 6) należy podać oznaczenie wskazujące na rodzaj badania na podstawie którego została nadana klasyfikacja. Dla ścian osłonowych badanych przy standardowej krzywej nagrzewania N od wewnątrz oraz zewnętrznej krzywej nagrzewania E od zewnątrz, stosuje się oznaczenie „o $\leftrightarrow$ i”. W wypadku pojedynczego badania dla danej klasy, przy nagrzewaniu od wewnątrz stosuje się oznaczenie „i $\rightarrow$ o”, zaś przy nagrzewaniu od zewnątrz stosuje się oznaczenie „o $\rightarrow$ i”.

Tabela 6. Klasy odporności ogniowej ścian osłonowych [2]

E	15	30	60	90	120
EI	15	30	60	90	120
EW	20	30	60		

Określenie klasy odporności ogniowej danej ściany osłonowej możliwe jest wyłącznie na podstawie wyników badań elementów próbnych tych ścian. Wpływ na odporność ogniową tego typu elementów ma wiele czynników związanych z ich konstrukcją, takich jak np. rodzaj zastosowanych profili szkieletu oraz wkładów izolacyjnych, sposób ich mocowania do konstrukcji nośnej budynku oraz rozstaw tych mocowań, rodzaj oraz wymiary zastosowanych przeszkleń, a także sposób ich osadzenia w profilach. Dlatego też nawet z pozoru niewielka i nieistotna zmiana w konstrukcji może spowodować zmianę odporności ogniowej danej ściany, co biorąc pod uwagę możliwość przedostawania się ognia na wyższe kondygnacje budynków (W) i (WW) może oznaczać różnicę pomiędzy pożarem lokalnym a globalnym (Rys. 4).



Rys. 4. Pożary przenoszone po elewacji: Mandarin Oriental Hotel, Pekin 2009 (po lewej); 34 kondygnacyjny budynek, Dubai, 2012 /Kaveh Kashani/

4. Ewakuacja

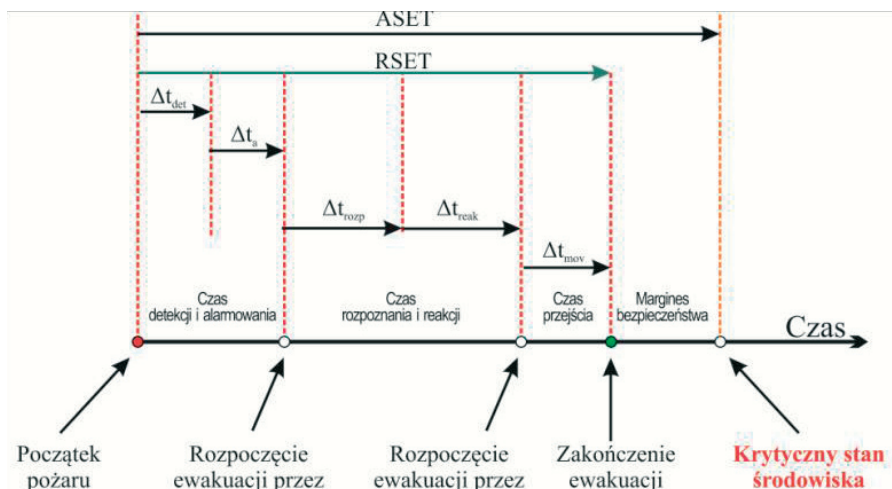
Zapewnienie możliwości ucieczki z obiektów (W) i (WW) stawia przed projektantami liczne wyzwania związane ze współdzieleniem tych samych pionowych dróg ewakuacji przez osoby znajdujące się na różnych kondygnacjach obiektu. Pierwszym z nich jest wybór sposobu ewakuacji budynku. Przepisy techniczno-budowlane [1] wymagają aby z pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi zapewniona była możliwość ewakuacji w bezpieczne miejsce na zewnątrz budynku lub do sąsiedniej strefy pożarowej. O ile ewakuacja na zewnątrz jest rozwiązaniem oczywistym, w przypadku budynków (W) i (WW) sąsiednią strefą pożarową może być np. kolejne piętro budynku. Praktykowanym

rozwiązaniem jest ewakuacja w z góry określone w obiekcie miejsce, np. przejście 5 kondygnacji poniżej poziomu objętego pożarem. Rozwiązaniem pośrednim są tzw. kondygnacje bezpieczne, o podwyższonych standardach bezpieczeństwa pożarowego, rozlokowane na różnych wysokościach w obiekcie, np. co 15 kondygnacji (Rys. 5). We wszystkich powyższych przypadkach należy zastanowić się, czy zastosowane zabezpieczenia konstrukcji są wystarczające aby uznać, że bez względu na czas trwania pożaru osoby przebywające w tym miejscu będą bezpieczne. Przyjmuje się, że z uwagi na ryzyko budynek (W) i (WW) powinien „bronić się sam”. Aby ocenić jest to możliwe, należy przeprowadzić analizę ryzyka związanego z pożarem, uwzględniając poziom technicznego zabezpieczenia obiektu oraz możliwości jednostek ratowniczo-gaśniczych [32].

W inżynierii bezpieczeństwa pożarowego miarą ewakuacji są czasy: ASET (ang. Available Safe Egress Time, dostępny czas bezpiecznej ewakuacji) oraz RSET (ang. Required Safe Egress Time, wymagany czas bezpiecznej ewakuacji). Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji to przedział czasowy od powstania pożaru, do osiągnięcia warunków krytycznych środowiska, uniemożliwiających ewakuację z budynku. Warunkiem takim może być nadmierne zadymienie czy temperatura na drogach ewakuacji, ale również np. utrata nośności konstrukcji budynku. Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji liczony jest od chwili powstania pożaru do osiągnięcia miejsca bezpiecznego przez ostatnią ewakuującą się osobę. Ewakuację uznaje się za możliwą gdy czas dostępny, czas bezpiecznej ewakuacji powiększony o margines bezpieczeństwa jest większy niż wymagany czas bezpiecznej ewakuacji [33]. Proces ewakuacji i jego składowe na osi czasu przedstawiono na Rys. 6.



Rys. 5. Trzy strategie ewakuacji w budynkach (W) i (WW)



Rys. 6. Proces ewakuacji i jego składowe

Składowe wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji takie jak czas detekcji i alarmowania są znane i wynikają z konfiguracji systemu sygnalizacji pożaru i dźwiękowego systemu ostrzegawczego. Przepisy bezpieczeństwa pożarowego [34] wymagają zastosowania w budynkach (W) i (WW) nowoczesnych systemów detekcji pożaru oraz alarmowania, w związku z czym czas ten nie powinien przekraczać kilku minut.

Czas rozpoznania i reakcji, zwany także czasem opóźnienia początku ewakuacji, to najtrudniejsza do określenia składowa, związana z odpowiedzią osób zagrożonych na informację o pożarze. Wyniki badań nad opóźnieniem reakcji osób zebrano i przedstawiono w formie wytycznych w dokumencie [35]. Z uwagi na liczebność przebadanej grupy, najciekawszymi z nich są badania przeprowadzone w formie ankiety wśród osób ocalałych z zamachu na wieżę WTC1 budynku World Trade Centre w 2001 roku [36]. Według powyższych badań 84,92 % badanych rozpoczęło ewakuację w czasie do 8 minut od momentu uderzenia samolotu w budynek. Należy zauważyć, że systemy bezpieczeństwa w budynku zostały poważnie uszkodzone w wyniku uderzenia, komunikacja pomiędzy użytkownikami była ograniczona. Według badań pierwszą czynnością podjętą przez największą grupę badanych było poszukiwanie informacji na temat zdarzenia, a kolejną było podjęcie ewakuacji.

Według innych badań, przeprowadzonych w czasie ćwiczeń ewakuacji w pięciu budynkach wysokich [37] średni czas reakcji osób w budynku (WW) wyposażonym w system sygnalizacji pożaru wynosił od 2'48" do 5'19". Wytyczne [34] zalecają przyjęcie do inżynierskich obliczeń ewakuacji z budynków użyteczności publicznej (W) i (WW) wyposażonych w system sygnalizacji pożaru i dźwiękowy system ostrzegawczy czasu początku ewakuacji zawierającego się w przedziale od 1 do 3 minut. Należy zauważyć, że duże znaczenie dla czasu ewakuacji ma obecność na każdym piętrze przeszkolonej osoby odpowiedzialnej za ewakuację, która sprawnie nią pokieruje.

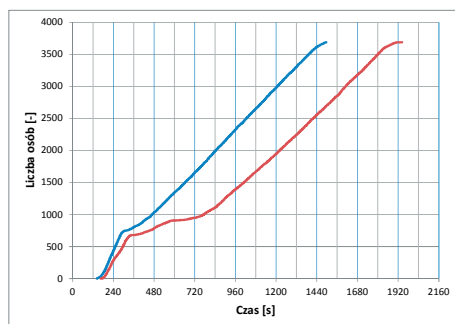
Czas przejścia osób z pojedynczej kondygnacji stanowi iloraz drogi, jaką musi ona przebyć oraz średniej prędkości poruszania się osoby. W przypadku budynków (W) i (WW) określenie czasu przejścia wszystkich osób jest znacznie bardziej skomplikowane. Po pierwsze, w przypadku obiektów bardzo wysokich, osoba o przeciętnej sprawności fizycznej nie jest w stanie pokonać całej drogi ewakuacyjnej w jednym tempie, mogąc spowalniać innych uczestników procesu ewakuacji [38]. Po drugie, przepisy techniczno-budowlane

wymagają zastosowania co najmniej dwóch klatek schodowych w każdym budynku (W) i (WW), których szerokość biegu schodów oblicza się z uwagi na liczbę osób mogących równocześnie przebywać na kondygnacji, na której przewiduje się obecność największej ich liczby. W związku z powyższym, klatką schodową obliczoną z uwagi na ewakuację jednej kondygnacji równocześnie może ewakuować się cały budynek! W takiej sytuacji na klatce schodowej tworzy się kolejka osób oczekujących na wyjście, a czas oczekiwania może być większy niż czas poruszania się po klatce schodowej.

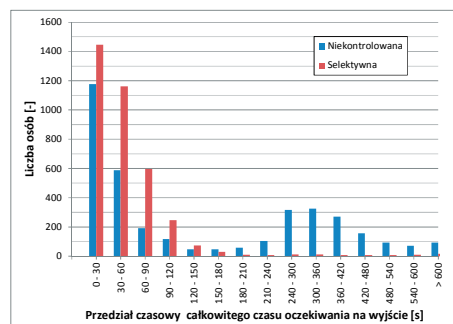
Powiązanie szybkości przemieszczania się osób z gęstością populacji w danym miejscu i czasie, uwzględnienie zmęczenia czy interakcji pomiędzy uczestnikami procesu ewakuacji w ręcznych obliczeniach inżynierskich jest niemożliwe, w związku z czym do analiz procesów ewakuacji osób z budynków (W) i (WW) wykorzystuje się komputerowe modele ewakuacji [33]. Programy te wykorzystują metody numeryczne i podział budynku z wykorzystaniem siatki obliczeniowej do przewidywania ruchu osób w czasie, bazując na przyjętych założeniach odnoszących się do parametrów fizycznych osób w populacji, przyjętego czasu opóźnienia oraz rozmieszczenia dróg ewakuacji i przeszkód.

Aby poprawić płynność ewakuacji i ograniczyć czas oczekiwania poszczególnych osób, możliwe jest wykorzystanie procedury tzw. ewakuacji selektywnej. Ewakuacja selektywna polega na podaniu alarmu pożarowego na różnych kondygnacjach z odpowiednimi odstępami czasowymi, tak aby na pionowych drogach ewakuacji nie tworzyły się kolejki osób oczekujących na wyjście. Najczęściej praktykowaną formą ewakuacji selektywnej jest ewakuacja kondygnacji zagrożonej natychmiast w momencie wykrycia pożaru, następnie kondygnacji powyżej, poniżej i w późniejszym czasie pozostałych kondygnacji budynku. Należy zauważyć, że wykorzystanie ewakuacji selektywnej w mniejszym stopniu zaburza pracę systemów zapobiegania zadymieniu.

Przykładowe wyniki obliczeń czasu ewakuacji niekontrolowanej i selektywnej dla rzeczywistego 30-kondygnacyjnego budynku biurowego z 3800 użytkownikami, przeprowadzone w programie buildingExodus przedstawiono na Rys. 7. Ewakuacja selektywna spowodowała wydłużenie całkowitego czasu ewakuacji o około 7 minut, ale dzięki jej zastosowaniu liczba osób oczekujących na klatce schodowej dłużej niż 5 minut zmniejszyła się znacząco (z 1433 do 84), co ograniczyło wystąpienie paniki.

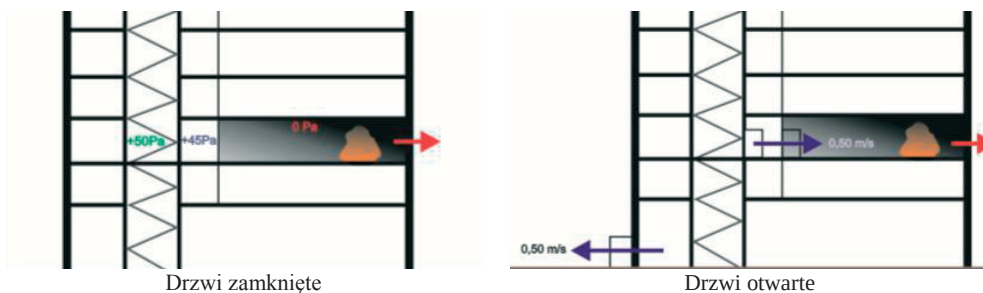


Liczba osób ewakuowana w czasie dla ewakuacji



Liczba osób w przedziałach całkowitego czasu oczekiwania na wyjście

Rys. 7. Liczba osób ewakuowanych dla grupy 3800 osób z 30-kondygnacyjnego budynku biurowego, ITB 2013. (ewakuacja niekontrolowana – kolor niebieski, ewakuacja selektywna – kolor czerwony)



Rys. 8. Zasada działania systemu różnicowania ciśnienia w klatce schodowej przy zamkniętych oraz otwartych drzwiach prowadzących na kondygnację objętą pożarem

Według wymagań [1] w budynkach (W) i (WW) innych niż ZL IV, klatki schodowe należy wyposażać w system zabezpieczający przed zadymieniem. Zabezpieczenie to realizowane jest poprzez wytworzenie różnicy ciśnienia pomiędzy przestrzenią zagrożoną a klatką schodową przy zamkniętych drzwiach oraz wymuszeniu przepływu powietrza z klatki do przestrzeni zagrożonej przy otwartych drzwiach. Zazwyczaj wartość różnicy ciśnienia zawiera się w przedziale od 20 do 80 Pa, a wartość niezbędnej prędkości przepływu powietrza wynosi nie mniej niż 0,50 m/s. Podstawę projektową systemów różnicowania ciśnienia stanowią norma PN-EN 12101-6 [39] oraz instrukcja ITB [40], lub specyficzne wytyczne producentów systemów. Różnice pomiędzy normą [39] a instrukcją [40] zawierają się w kryteriach jakie musi spełniać system, oraz w możliwości zabezpieczenia poziomych dróg ewakuacji uwzględnionych w [40], a pominiętych w [39].

Różnica ciśnienia wytwarzana jest poprzez automatyczny nawiew mechaniczny powietrza do klatki schodowej i jej przedsionków, nadmiar powietrza usuwany jest za pomocą np. klap upustowych. W momencie otwarcia drzwi i spadku ciśnienia w klatce, system automatycznie podnosi wydajność wentylatorów nawiewnych tak, aby zapewnić wymagany przepływ w otwartych drzwiach. Według normy PN-EN 12101-6 [39] czas reakcji systemu nie może być dłuższy niż 3 sekundy. System różnicowania ciśnienia powinien być zaprojektowany tak, aby przeciwdziałać efektowi kominowemu lub niekorzystnemu oddziaływaniu wiatru.

Projektant systemu różnicowania ciśnienia musi znać planowane procedury ewakuacji w budynku (niekontrolowana, sekwencyjna), tak aby poprawnie dobrać wydajności urządzeń zapewniające spełnienie kryteriów oceny. Przykładowe kryteria dla popularnego w obiektach (W) i (WW) systemu klasy C wg [39], uwzględniającego ewakuację jednej kondygnacji budynku, to:

- zapewnienie wymaganej prędkości przepływu 0,75 m/s na otwartych drzwiach, na kondygnacji objętej pożarem, łączących strefę chronioną ze strefą objętą pożarem;
- zapewnienie różnicy ciśnienia 10 Pa na drzwiach zamkniętych na kondygnacji objętej pożarem, przy zamkniętych drzwiach na pozostałych kondygnacjach i otwartych drzwiach zewnętrznych;
- zapewnienie różnicy ciśnienia 50 Pa na drzwiach zamkniętych na kondygnacji objętej pożarem i pozostałych drzwiach zamkniętych.

Ponadto przy spełnieniu powyższych kryteriów należy zapewnić, że siła wymagana do otwarcia drzwi do przestrzeni chronionej nie przekroczy 100 N.

Literatura

- 1 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002, Dziennik Ustaw 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami, tekst ujednolicony w brzmieniu od 01.01.2014 r.
- 2 PN-EN 13501-2+A1:2010. Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków - Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.
- 3 Rozporządzenie parlamentu Europejskiego i Rady (EU) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EEG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 4.4.2011.
- 4 Delatte N. J. Jr. Beyond Failure. Forensic Case Studies For Civil Engineers. ASCE 2009.
- 5 Derkowski W., Ślaga Ł. Czy i jak projektować budynki zabezpieczone przed katastrofą postępującą. Materiały Budowlane 11'2013, s. 81-83.
- 6 Irfanoglu A., Hoffmann C. Engineering Perspective of the Collapse of WTC-I. Journal Performance of Constructed Facilities 22 (1) (2008), s. 62-67.
- 7 McElroy J. K. The Hotel Winecoff Disaster. Quarterly of the National Fire Protection Association. 40 (3). (1947), s.140-145.
- 8 Spignesi S. J. Catastrophe: The 100 Greatest Disasters of All Time. Citadel Press. 2002.
- 9 Craighead G. High-Rise Security and Fire Life Safety. 3rd ed.. Butterworth-Heinemann, (2009).
- 10 Dutton T. Bold new tactics for fighting high-rise fires. Popular Mechanics Sep 1977. 67-71.
- 11 Morrison J. A. In depth: MGM Grand Hotel Fire: 25 Years Later: Disaster Didn't Have to Be. Las Vegas Review Journal. (2005).
- 12 Clark County Fire Department, Official finding of the fire that occurred at the MGM Grand Hotel in Las Vegas, Nevada on November 21, 1980. 1981.
- 13 Nelson H. E. An Engineering Analysis of The Early Stages of Fire Development – The Fire at the Dupont Plaza Hotel and Casino – December 31, 1986. U.S. Department of Commerce. 1987
- 14 Wai-Ping Y. Survivors recount their horror; Workers relieve escape from blaze. The Standard (22.12.1996).
- 15 Wines M., Barboza D. Fire Trips Alarms About China's Building Boom. The New York Times. (16.11.2010).
- 16 Najwyższa Izba Kontroli, Departament Obrony Narodowej i Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Informacja o wynikach kontroli przygotowania jednostek krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego do prowadzenia czynności ratowniczych na wysokościach. Warszawa, luty 2011 r.
- 17 Biuletyn informacyjny Państwowej Straży Pożarnej za rok: 2011, 2012. www.kgpsz.gov.pl.
- 18 Dane statystyczne KG PSP. Dane o budynkach/pomieszczeniach, w których powstało zdarzenie w rozbiciu na rodzaj i wielkość zdarzenia. www.kgpsz.gov.pl.
- 19 Sulik P., Węgrzyński W. Podział przestrzeni w budynku a rozprzestrzenianie się pożaru. Inżynier budownictwa, maj 2014 r.
- 20 PN-EN 1992-1-2:2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- 21 Łukowski M., Woźniak G. Odporność ogniowa stropów z płyt kanałowych sprężonych – badania i obliczenia. Konferencja Beton i Prefabrykacja, Jadwisin 2002.
- 22 Woźniak G., Łukowski M. Nośność stropów z płyt kanałowych sprężonych w warunkach pożarowych. Konferencja Beton i Prefabrykacja, Jadwisin 2004.
- 23 Woźniak G., Turkowski P. Projektowanie konstrukcji z betonu z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 2. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2013.
- 24 Turkowski P. Concrete structures with externally bonded reinforcement - structural fire design and fire protection. Proceedings of the 4th International Conference IRF 2013, Funchal, Portugal.
- 25 Turkowski P. Procedura badawcza PB LP-054/1/11-2012. Badania skuteczności ogniochronnej zabezpieczeń taśm stanowiących zewnętrzne doklejane zbrojenie elementów z betonu. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2012.

- 26 Turkowski P. Procedura oceny do PB LP-054/1/11-2012. Procedura oceny skuteczności ogniochronnej zabezpieczeń taśm stanowiących zewnętrzne doklejane zbrojenie elementów z betonu. ITB 2012.
- 27 PN-EN 1991-1-2:2006/NA:2010 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2. Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- 28 Sulik P., Wróbel P. Projektowanie konstrukcji budowlanych z wykorzystaniem parametrycznych krzywych temperatura-czas wg PN-EN 1991-1-2. Materiały Budowlane, 10'2011 (nr 470), s. 81-83.
- 29 Woźniak G., Turkowski P., Vassart O., Zhao B., MACS+. Oddziaływania membranowe w konstrukcjach zespolonych w warunkach pożaru. Przewodnik projektowania, ITB 2012.
- 30 PN-EN 13830:2005 Ściany osłonowe – Norma wyrobu.
- 31 Sędlak B., Kinowski J. Badania odporności ogniowej ścian osłonowych – przyrosty temperatury na szybach. Świat szkła, R.18, nr 11 2013, s. 20-25.
- 32 Yi G., Qin H. Fuzzy comprehensive evaluation of fire risk on High-Rise buildings. The 5th Conference on Performance-based Fire and Fire Protection Engineering, Proceedia Engineering vol. 11 pp. 620-624, 2011.
- 33 Węgrzyński W. Komputerowa symulacja ewakuacji ludzi z budynków wysokich, Konferencja Ochrona Mienia i Informacji, Warszawa 2013.
- 34 Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.
- 35 PD 7974-6:2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings - Part 6: Human factors: Life safety strategies - Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6). BSI. 2004.
- 36 McConnell N. C., Boyce K. E., Shields J., Galea E. R., Day R. C., Hulse L. M. The UK 9/11 evacuation study: Analysis of survivors' recognition and response phase in WTC1.
- 37 Proloux G. The time to start evacuation: Review of Five Case Studies, Fire Safety Science – Proceedings of the Fifth International Symposium, pp. 782-794.
- 38 Ma J., Song W. G., Tian W., Lo S. M., Liao G. X. Experimental study on an ultra-high rise building evacuation in China, Safety Science, Vol. 50, Issue 8, pp. 1665-1674, 2012.
- 39 PN-EN 12101-6:2007P Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła -- Część 6: Wymagania techniczne dotyczące systemów różnicowania ciśnień -- Zestawy urządzeń.
- 40 Głąbski P., Kosiorek M. Projektowanie instalacji wentylacji pożarowej dróg ewakuacyjnych w budynkach wysokich i wysokościowych, Instrukcja ITB 378/2002, ITB 2002.

Fire safety of high-rise buildings

Paweł Sulik¹, Bartłomiej Sędlak², Piotr Turkowski³, Wojciech Węgrzyński⁴

*Building Research Institute, Fire Research Department, e-mail: ¹p.sulik@itb.pl,
²b.sedlak@itb.pl, ³p.turkowski@itb.pl, ⁴w.wegrzynski@itb.pl*

Abstract: This paper presents the main problems concerning fire safety of high-rise buildings. It includes statistics and selected examples of fires in these type of structures, fire resistance requirements for load bearing elements and curtain walls, and evacuations connected with smoke control issues. Structural fire design methods under standard (ISO 834) and parametric fire conditions are reviewed. Furthermore, fireproofing of reinforced concrete load bearing elements with CFRP has been discussed. Technical solutions of aluminum glazed and steel glazed curtain walls are given. Moreover, evacuation procedures, methods used during the evacuation practice including the selective evacuation procedure are all detailed in the paper.

Keywords: fire safety, high-rise buildings, evacuation, fire resistance, curtain walls

Rola socjologa w kształtowaniu miast i zarządzaniu nimi

Bohdan Jałowiecki

UW EUROREG, e-mail: jałowiecki@post.pl

Miasta powstają i rozwijają się w wyniku dwóch sprzecznych, żywiołowych i planowanych, a zarazem komplementarnych procesów. Procesy żywiołowe to działania niezależnych od siebie jednostek, które osiedlają się w mieście, budują warsztaty pracy i mieszkania i które miasto opuszczają kiedy nie znajdują tam już więcej korzystnych warunków dla życia. Ale miasto jest także wytworem planowym, projektem władzy, która stara się uczynić to miejsce narzędziem swojej polityki, potęgi i prestiżu. W historii miast te dwa procesy współlistnieją w różnych proporcjach. Zakładane w Europie i Afryce Północnej rzymskie miasta były w znacznej mierze narzędziem imperialnej kolonizacji. Miasta średniowiecznej Europy powstawały według ścisłych reguł planu lokacyjnego i rozwijały się zgodnie z obowiązującymi regulacjami i obyczajem. We wczesnej epoce przemysłowej procesy żywiołowe uzyskały znaczną przewagę co powodowało chaos przestrzenny i pogorszenie się warunków życia w miastach. Z kolei XX wiek był stuleciem planowania zarówno w kapitalistycznej jak i socjalistycznej wersji.

Miasto jest skomplikowanym systemem technicznym, ekonomicznym i społecznym toteż różnorodne działania podejmowane przez niezależne podmioty muszą być koordynowane i harmonizowane. Zadanie to należy do władz miejskich, które w tym celu opracowują strategię rozwoju miasta, plany zagospodarowania przestrzennego oraz tworzą instytucje zarządzające różnorodnymi usługami komunalnymi. Tak więc „zarządzanie miastem” można rozpatrywać na dwóch poziomach: bieżącego rozwiązywania różnorodnych problemów związanych z funkcjonowaniem instytucji i urzędów miejskich oraz planowania i koordynowania procesów rozwoju. Jaka zatem może być rola socjologa w tych procesach?

Socjolog może występować w dwóch rolach badacza opisującego i analizującego funkcjonowanie miasta oraz eksperta uczestniczącego w procesie planowania jego rozwoju. Ta pierwsza rola jest dość oczywista. Socjolog pokazuje zróżnicowanie społeczne w przestrzeni, zachowania przestrzenne mieszkańców, sposoby korzystania z usług dostarczanych przez publiczne i prywatne podmioty. Analizuje sposoby postrzegania przestrzeni miasta przez jego mieszkańców i gości. Bada polityki miejskie i sposoby ich realizacji. Zajmuje się wreszcie sposobem wytwarzania przestrzeni miejskiej. Ta nagromadzona wiedza może służyć urbanistom, architektom, inżynierom systemów transportowych a także instytucjom zarządzającym miastem i świadczącym usługi jego mieszkańcom.

Socjolog występował w roli eksperta, uczestnika zespołów planujących rozwój miasta, szczególnie w okresie i w tych krajach, w których planowanie przestrzenne odgrywało znaczącą rolę. Ścisła współpraca architektów i socjologów w Polsce rozpoczęła się jeszcze w okresie okupacji niemieckiej. W konspiracyjnej Pracowni Architektoniczno – Urbanistycznej Społecznego Przedsiębiorstwa Budowlanego pracował wybitny socjolog Stanisław Ossowski, którego rolę tak charakteryzuje Helena Syrkusowa jedna z kierowników tej Pracowni [13]. „W trzecim kwartale 1941 r. PAU pozyskała nowego współpracownika - wybitnego socjologa – prof. Stanisława Ossowskiego. Wywarł on na kierunek prac PAU tak wielki wpływ, że uważaliśmy go za współautora wszystkich projektów. Pod jego kierun-

kiem zorganizowano zespół studiów ogólnych obejmujących zagadnienia mieszkaniowe; zagadnienia więzi społecznej i sieci kulturalno – oświatowej w dzielnicach mieszkaniowych i miejscach pracy; sieć urządzeń dziecięcych; sieć aprowizacyjną i usługową w osiedlu, dzielnicy, mieście oraz wsi spółdzielczej; samorząd spółdzielczy i administrację osiedla, dzielnicy, miasta regionu”.

Współpraca architektów i socjologów kontynuowana była w różnych formach w latach powojennych. Socjologowie zatrudniani byli w pracowniach projektowych w kilku polskich miastach m.in. we Wrocławiu, ale przede wszystkim w zespołach pracujących za granicą. W planach odbudowy Skopje uczestniczył Zygmunt Pióro, w projektowaniu rozbudowy Bagdadu Kazimierz Sowa, a w Algierze pracował Bohdan Jałowiecki.

W okresie transformacji rola planowania przestrzennego została w Polsce w znacznym stopniu ograniczona jedynie do tzw. planów miejscowych. Przy takim ujęciu dla socjologa nie ma właściwie miejsca. Redukcja planowania powoduje wzrost oddziaływania procesów żywiołowych a w rezultacie chaos i powstawanie licznych konfliktów przestrzennych. Ale także w krajach zachodnich koncepcja planowania rozwoju miasta uległa istotnym zmianom pod wpływem procesów globalizacji oraz ideologii neoliberalizmu.

W nowym podejściu do planowania rozwoju miasta istotną rolę odgrywa pojęcie projektu miasta, w którym położony jest nacisk na konieczność współpracy gmin wchodzących w skład regionu miejskiego, podejście to odróżnia się od planu urbanistycznego (planu przestrzennego zagospodarowania miasta). Plan „Barcelona 2000” był jednym z pierwszych, w którym rozróżniono projekt miasta w sensie określającym cele dla miasta i projekt w tradycyjnym sensie planu urbanistycznego (town planning) określającego rysunek miasta. Projekt miasta skupiony jest wokół dwóch kryteriów:

- elastyczności; jest on w całym tego słowa znaczeniu elastyczny i otwarty na nadarzające się często nie przewidywane okazje, w przeciwieństwie do sztywnego planu urbanistycznego. Projekt oferuje zachęty, plan narzuca reglamentację;
- liczby aktorów: plan urbanistyczny jest wyrazem woli aktorów publicznych wyposażonych we władzę ograniczającą, projekt miasta (plan strategiczny) jest wspólnym dziełem wszystkich aktorów: publicznych i prywatnych [4]

Mamy więc do czynienia z nowym paradygmatem planowania przestrzennego, który cechuje się elastycznością, otwartością oraz partnerstwem publicznych i prywatnych aktorów. Powojenne planowanie, w skali wieloprzestrzennej, polegało natomiast na próbach równoważenia rozwoju regionalnego i ograniczaniu różnic międzyregionalnych. Budowano zatem infrastrukturę mającą na celu przyciągnięcie inwestorów na obszary dotychczas relatywnie słabo rozwinięte. Deglomerowano okręgi przemysłowe przenosząc wielkie stalownie na wybrzeża gdzie były zaopatrywane tańszą i bogatszą rudą importowaną z krajów zamorskich. Starano się także stymulować rozwój miast prowincjonalnych aby w ten sposób tworzyć tzw. „metropolie równowagi”. W skali miast i aglomeracji miejskich powojenna odbudowa była realizowana w oparciu o tzw. „wielkie wertykalne zespoły mieszkaniowe” cechujące się zwartą, blokową i wysoką zabudową, programy „nowych miast” rozwijane szczególnie w Wielkiej Brytanii i we Francji (Haumont, 1997), a następnie o tzw. „wielkie horyzontalne zespoły mieszkaniowe” czyli obszary zwartej, gęstej zabudowy pawilonowej (jedno - dwu rodzinnej, szeregowej, atrialnej itp.).

We wszystkich krajach europejskich, mniej lub bardziej rygorystycznie obowiązywały poprzednio sztywne zasady planowania przestrzennego oparte na fordowsko-corbusierowskim paradygmacie, o którym tak pisze François Ascher [1]: *„Le Corbusier bardzo wcześnie czytał Taylora, odwiedzał fabryki Forda, a na temat roli władzy publicznej miał poglądy podobne jak Keynes. Podobnie jak Taylor, którego stale cytował, le Corbu-*

sier miał obsesję na punkcie nieporządku i straty czasu; w mieście nowoczesnym, podobnie jak w taylorowskiej fabryce, nie można pozwolić na swobodne 'włóczenie się' po miejscach, z których każde ma przypisaną 'funkcję'. Trzeba racjonalizować, upraszczać, odmierzać i naukowo organizować. Czytając 'Kartę Ateńską' odnosi się nieraz wrażenie niemal dosłownego zastosowania tez Taylora do urbanistyki".

Natomiast Bernard Reichen [12] uzupełnia ten obraz zauważając, że dotychczasowy paradygmat planowania przestrzennego oparty był na koncepcji „miasta interesu publicznego”, które stało się charakterystyczne m.in. dla powojennej Francji. Ten paradygmat ukształtował się w kontekście silnej centralizacji i wzmocnienia roli państwa. Uchwalone prawodawstwo ułatwiało wywłaszczenia na cele publiczne i reglamentowało sposób społecznego wytwarzania przestrzeni przez cały system planów urbanistycznych. Gminy miejskie szeroko korzystały z tych narzędzi prawnych „spekulując na swoim własnym rozwoju”. Wykupywały za bezcen tereny, w stosunku do których miały ukryte plany, następnie uzbrajały je lub nie i w momencie odkrycia planów zagospodarowania przestrzennego, sprzedawały po wysokich cenach prywatnym przedsiębiorcom. Tego rodzaju praktyki prowadziły do oderwania działań gminy od warunków rynkowych, stwarzając możliwości woluntarystycznych działań w przestrzeni miejskiej. We francuskim systemie planowania funkcjonują tzw. „strefy zorganizowanej urbanizacji” (ZAC), gdzie przedsiębiorcy budowlani, którzy chcą budować biura, muszą równocześnie wybudować odpowiednią (negocjowaną z gminą) liczbę metrów kwadratowych powierzchni mieszkań lub usług publicznych. Tego rodzaju regulacje pozwalają wprawdzie równoważyć funkcje na danym obszarze, ale także powodują zaniechanie wszelkich operacji urbanistycznych tam, gdzie nie ma zapotrzebowania na biura.

Państwowa reglamentacja wytwarzania przestrzeni odchodzi w przeszłość. Zamiast „urbanistyki rozwoju”, pojawia się - zdaniem Bernarda Reichen'a - „urbanistyka waloryzacji”. Wzrost miasta warunkowany jest obecnie w coraz większym stopniu nie, jak poprzednio, ekonomiką produkcji i składowania, ale ekonomiką przepływów. W tej sytuacji urbanistyka nie jest już więcej kluczowym czynnikiem przekształceń miast, a staje się jedną z ewentualnych opcji służących jego rozwojowi [12].

Paradygmat „nowoczesności” w sposób najbardziej widoczny załamał się w architekturze, gdzie już w połowie lat siedemdziesiątych zaczęto porzucać proste zgeometryzowane, funkcjonalne formy nawiązujące do różnych dawnych stylów architektonicznych. Rozczłonkowano bryłę budynku i dodawano różnorodne elementy dekoracyjne np. na wzór „art nouveau” lub w tzw. „stylu Las Vegas”, który propagował już w latach sześćdziesiątych Venturi, przeciwstawiając modernistyczną estetykę architektury, funkcjonalności restauracji *fast food*, stacji obsługi samochodów i reklamom świetlnym Newady i Kalifornii [14].

Ale oczywiście zmiany nastąpiły także w urbanistyce i w planowaniu przestrzennym. Przejawiały się one zmniejszeniem roli władzy publicznej w mieście, która w coraz mniejszym stopniu była inicjatorem i inwestorem nowych realizacji, oraz symetrycznym wzmocnieniem znaczenia inwestorów prywatnych. Inwestorzy ci zaczęli podejmować na dużą skalę skomplikowane operacje urbanistyczne o zróżnicowanych funkcjach: biurowych, usługowych i handlowych, uzupełnianych często luksusowymi budynkami mieszkalnymi. Inwestycje te zaczęły wykraczać poza dotychczasowy horyzont czasowy określający opłacalność przedsięwzięcia i stawały się bardziej długofalowe. Taką strategię przyjmują np. wielkie towarzystwa ubezpieczeniowe uważając, że inwestycje w europejskich metropoliach w horyzoncie 20 - 30 lat są rentowne i całkowicie bezpieczne. Natomiast zadania władzy publicznej - jak zauważa Ascher [1] - nie polegają już na panowaniu nad całością inwestycji prywatnych w mieście, ale na selektywnych interwencjach opartych na procedurze negocjacyjnej.

Coraz bardziej oczywisty staje się fakt, że poprzednio stosowana woluntarystyczna polityka polegająca na założeniu, że budowa infrastruktury może być czynnikiem rozwoju danego obszaru jest fałszywa. Budowa infrastruktury jest racjonalna tam gdzie ma miejsce intensywny rozwój. W ten sposób zakończyła się stara debata między tymi, którzy proponowali najpierw rozwijać infrastrukturę transportową tam gdzie ruch był słaby aby go zwiększyć i w ten sposób przyczyniać się do rozwoju danego obszaru i tymi, którzy uważali, że infrastrukturę należy budować tam gdzie jest ona przeciążona [1].

Przekształcenia, które dokonały się w technice, gospodarce i społeczeństwie w ostatnich dziesięcioleciach wywołały nową falę zmian w przestrzeni miejskiej, które charakteryzują się:

- wytwarzaniem nowej substancji materialnej dla działalności przemysłowej i usługowej (parki technologiczne, dzielnice biznesu);
- budową nowej infrastruktury transportowej (szybka kolej, metro, autostrady i tunele drogowe);
- koncentracją działalności wokół węzłów transportu i komunikacji (międzynarodowe lotniska);
- presją mieszkaniową na centra i dzielnice śródmiejskie; zmianą wzorów zakupów i rozwojem nowego typu centrów handlowych (hipermakety, malls);
- zmianą spędzania wolnego czasu związaną z powstawaniem parków rozrywki (Disneyland, Park Asterix itp.);
- wytwarzaniem nowej generacji usług publicznych, powrót uniwersytetów do centrów miast.

W tej nowej sytuacji elity miejskie starają się uczynić miasto zbiorowym, społecznym i politycznym „aktorem” mającym autonomię i własne strategie rozwoju, chociaż nadal, mimo coraz częstszego kwestionowania państwa narodowego, rząd odgrywa w danym kraju istotną rolę. Rekompozycja państwa, rynku i społeczeństwa obywatelskiego oraz otwarcie granic w zjednoczonej Europie przyczyniają się do powstania nowych jednostek organizacji politycznej społeczeństw.

Ale - jak piszą Arnaldo Bagnasco i Patrick Le Galés [2] - możliwe są dwa typy ewolucji miast: z jednej strony, jak to pokazują coraz częściej geografowie, miasta i regiony tracą znaczenie wskutek zwiększenia się roli sieci i intensyfikacji przepływów, które zmniejszają społeczną i polityczną spójność wszystkich organizacji terytorialnych; z drugiej jednak strony emancypacja w stosunku do rządu centralnego pozwala na powstawanie nowych form politycznej i społecznej organizacji terytorialnej, wśród których pewne miasta i regiony mogą stać się względnie samodzielnymi aktorami zdolnymi utrzymać spójność na swoich obszarach, również w zakresie działań publicznych, mających wpływ na rozwój gospodarczy.

Planiści starają się zatem określić raczej generalne linie rozwoju niż przedstawiać obraz miasta za kilkanaście lat. Zamiast postulować publiczne inwestycje interesują się bardziej aktorami biorącymi udział w rozwoju miasta. Ważnym elementem jest myślenie w kategoriach całości aglomeracji i ustalanie konsensu między zainteresowanymi gminami.

Ponieważ zauważono, że niektóre cechy miasta są kluczowe dla jego atrakcyjności, ich zarządy starają się je wyeksponować w rywalizacji o przyciągnięcie przedsiębiorstw. Czynniki te to wyposażenie pozwalające firmom funkcjonować w skali międzynarodowej (transport, komunikacja, usługi), wykwalifikowana siła robocza (uniwersytet). Eksponowanie walorów miasta jest podstawowym elementem marketingu przestrzeni.

Planowanie staje się zatem bardziej „pomocnicze” a mniej woluntarystyczne, jednym z jego najważniejszych zadań powinna być koordynacja działań aktorów prywatnych. Plan powinien mniej zakazywać a bardziej „*wyciągać dłoń do niewidzialnej ręki rynku*”, zaś rolę

władz publicznych jest nie tyle udział w grze ile ustalanie reguł gry. Coraz bardziej dostrzegalny staje się fakt, że nie ma sprzeczności między państwem a rynkiem, ale jedynie podział ról. Państwo może i powinno interweniować ale tylko tam, gdzie nie mogą tego zrobić aktorzy prywatni [1].

Ponieważ współczesny sposób społecznego wytwarzania przestrzeni polega na skomplikowanej grze, w której biorą udział aktorzy ekonomiczni, polityczni, specjaliści od przestrzeni (architekci, inżynierowie, urbaniści) oraz mieszkańcy - użytkownicy i obywatele [3] to współczesna urbanistyka staje się, jak to podkreślają także anglosascy autorzy „urbanistyką przetargową” („*bargaining*”). Procedury negocjacyjne stają się konieczne także dlatego, że szczupłość przestrzeni w wielkich metropoliach powoduje liczne konflikty na tle jej wytwarzania i użytkowania. Konflikty te nasilają się wraz ze zmniejszaniem się reglamentacji ze strony władz państwowych, pojawieniem się nowych form terytorialnej tożsamości [9] oraz ze wzrostem poczucia podmiotowości u obywateli, które prowadzi nieraz do uzurpacji nienależnych praw. Jedni chcą w mieście budować budynki biurowe, inni chronić obiekty zabytkowe, jeszcze inni przyzwyczaili się wyprowadzać psa na działkę, gdzie ktoś inny chce wznosić hotel. Rozpowszechnia się więc postawa NIMBY (*not in my back yard*), co oznacza, że można robić wszystko, pod warunkiem, że „*ja nic nie widzę, ani nic nie słyszę z mojego podwórka*”. Praktyka NIMBY polega na tym, że gorzej lub lepiej zorganizowane grupy obywateli sprzeciwiają się lokalizacji uciążliwej ich zdaniem inwestycji. Stowarzyszenia NIMBY zastępują obecnie społeczne ruchy miejskie i stają się coraz bardziej powszechne w miastach europejskich od Barcelony do Warszawy. Również budowa urządzeń użyteczności publicznej staje się często przedmiotem kontestacji ekolożystów¹ lub innych grup obywateli. W tej sytuacji władze publiczne mają coraz mniej atutów. W taki oto sposób jesteśmy świadkami upadku planowania przestrzennego, które domino wało, choć z różnym nasileniem, w poszczególnych krajach, niemal w całym XX wieku. Władze publiczne nie przestały oczywiście oddziaływać na przestrzeń i nadal biorą udział w jej wytwarzaniu, ograniczają się jednak głównie do inwestycji infrastrukturalnych tam, gdzie jest to niezbędne z punktu widzenia funkcjonowania układu osadniczego i zapewnienia jego konkurencyjnej pozycji wobec innych obszarów.

Trwająca dziesięciolecia polityka interwencji władz publicznych w dziedzinie mieszkalnictwa, transportu, zdrowia, edukacji itp. przyczyniła się niewątpliwie do ograniczenia przestrzennego wyrazu różnicowań społecznych. Polityka ta była realizowana zarówno w krajach zachodnich, szczególnie gorliwie we Francji, ale oczywiście także w jeszcze bardziej radykalny sposób w krajach socjalistycznych. We Francji np. ze środków publicznych realizowano tzw. mieszkania socjalne, szeroko korzystano z możliwości wywłaszczeń na cele społeczne, budowano publiczne szpitale i szkoły, finansowano transport zbiorowy itp. Rozwijając, dotowaną szeroko przez państwo, kolektywną konsumpcję, ograniczano tym samym działanie praw rynkowych co w rezultacie prowadziło do pewnego ograniczenia różnicowań społecznych i efektu w postaci segregacji przestrzenno-społecznej.

W krajach socjalistycznych interwencja państwa była oczywiście znacznie szersza, realizowało ono nie tylko inwestycje mieszkaniowe i infrastrukturalne, ale prowadziło także gospodarkę mieszkaniami rozdzielając je według swojego uznania różnym kategoriom społecznym.

¹Osoby (na ogół uczniowie i studenci) protestujące w imię ochrony środowiska przeciwko tym czy innym inwestycjom nazywani są nieprawidłowo ekologami. Ekolog, to jak wiadomo człowiek, który naukowo zajmuje się ekologią.

Chociaż interwencja państwa ograniczała przestrzenny efekt zróżnicowań społecznych, to jednak nawet w krajach socjalistycznych, nie była w stanie go zupełnie zlikwidować. I tak np. po okresie wprowadzenia „ludu do śródmieścia” wraz z nowymi realizacjami mieszkaniowymi pojawiła się, początkowo na małą skalę, segregacja społeczna, odnotowana przez badaczy już w latach sześćdziesiątych [7]. W okresie późniejszym stawała się ona np. w Warszawie i w innych miastach coraz bardziej wyraźna. Podobnie - jak zauważa Asher [1] - było w miastach Europy Zachodniej, gdzie mniej więcej od lat piętnastu „ograniczenia publiczne” przestrzennego wyrazu zróżnicowań społecznych odgrywają coraz mniejszą rolę.

Segregacji społecznej sprzyja także zmiana finansowania mieszkań socjalnych i zastąpienie tzw. „pomocy dla kamieni” „pomocą dla osób”, zachęcanie do nabywania na własność domów jednorodzinnych, zaniechanie budowy mieszkań o czynszu umiarkowanym, degradacja usług publicznych i pojawienie się na większą skalę konkurencyjnych usług prywatnych w ochronie zdrowia i oświacie oraz zwiększenie się liczby przemieszczeń samochodem.

Jedną z nowych tendencji w planowaniu przestrzennym jest koncepcja tzw. „całościowego rozwoju miast”² (*développement urbain durable*), którą Roberto Camagni definiuje jako: „*proces oparty na zbiorowych działaniach, zdolności rozwiązywania konfliktów i strategicznej wizji, a nie na zastosowaniu uprzednio opracowanego optymalnego modelu; polegający na całościowym ujmowaniu poszczególnych elementów miasta (ekonomicznych, społecznych fizycznych - zabudowy i kulturowego dziedzictwa - oraz systemu środowiska naturalnego w ich wzajemnej ewolucji i ich dynamicznych interakcjach (otoczenie, sprzężenie zwrotne, wzrastająca wydajność, synergia), a nie mechanicznym dodawaniu różnych aspektów i podmiotów*” [6].

W celu zapewnienia całościowego rozwoju miasta:

- należy dbać o długofalową efektywność lokalizacji, które powinny zapewnić przyszłe a nie tylko doraźne korzyści;
- trzeba zapewnić efektywność dystrybucyjną w celu ułatwienia możliwie największej liczbie mieszkańców korzystania z miejskich usług, efektów aglomeracyjnych i różnorodności wyboru; nie chodzi przy tym o to aby budować miasto egalitarne i pozbawione konfliktów, przeciwnie powinno się dbać o różnorodność, integrować i reprodukować przestrzeń miejską, unikać dyskryminacji, starać się o przenikalność i ruchliwość pionową ludności, odnawianie elit, dostęp do ułatwień; miasto „całościowego rozwoju”, to nie miasto bez konfliktów, ale miasto, które umie się rządzić;
- niezbędne jest zachowanie równowagi środowiskowej, zarówno w sensie wewnętrznym, jak i między generacyjnej; równowagi nie można traktować w sposób abstrakcyjny, ale jako wartość związaną ze środowiskiem: po pierwsze dlatego, że polityka ochrony środowiska jest zwykle kosztowna i wymaga dużych poświęceń, szczególnie ze strony uboższych warstw społecznych. I tak np. podatek środowiskowy (*carbon tax*) lub od poruszania się indywidualnymi środkami transportu ciąży na podatnikach tym bardziej im większa kwota z dochodów przeznaczona jest na ruchliwość przestrzenną.

²Francuzi tłumaczą angielskie *sustainable development*, jako *développement durable*, lub rzadziej *soutenable*. W Polsce pojęcia te tłumaczy się jako rozwój zrównoważony, rozumiejąc przez to rozwój równomierny, lub też jako trwały rozwój. W istocie chodzi tutaj o rozwój całościowy obejmujący wszystkie aspekty: przyrodnicze, ekonomiczne, społeczne i kulturalne.

Planowanie całościowego rozwoju miasta należy rozpatrywać co najmniej z trzech punktów widzenia: technologii, terytorium i formy miasta, stylu życia mieszkańców i społecznej organizacji pracy.

Absolutna wielkość miasta od dość dawna zajmowała specjalistów. Jednym z przykładów może być z pewnością niesłusznie zapomniana „teoria progowego rozwoju miast” opracowana w latach sześćdziesiątych przez Bolesława Malisza. Ostatnie badania OCDE przeprowadzone w 135 miastach świata oraz ekonometryczne analizy zbioru miast włoskich wskazują, że wielkość krytyczna minimizacji kosztów (*urban overload*) wynosi 50 000 mieszkańców, maksimum korzyści (*city effect*) osiąga się w przypadku miasta liczącego 350 000. Badania te pokazują jednak także, że ten krytyczny próg wzrasta wtedy kiedy w mieście rozwijają się wyższego rzędu rodzaje działalności (np. zaawansowane technologie) i kiedy jest ono powiązane siecią komunikacji z innymi ośrodkami.

Wzrost gęstości użytkowania ziemi redukuje zużycie energetyczne (ogrzewanie, oświetlenie terenów publicznych, transport). W miastach o większej gęstości zaludnienia odsetek użytkowników transportu publicznego i rowerów jest większy niż gdzie indziej [10].

Zwartość miasta i obszary zielone są czynnikami trudno mierzalnymi, ale niezbędnymi z punktu widzenia całościowego rozwoju miasta. Analizy OCDE wskazują na najbardziej efektywne działania: rewitalizację centrów miejskich, policentryczną reorganizację przestrzeni („miejskie wioski”) ograniczanie wzrostu (*urban cotainment*) (OCDE, 1995) zintegrowane planowanie rozmieszczenia zatrudnienia i sieci transportu oraz różnorodność użytkowania ziemi w celu przeciwdziałania strefowaniu miasta zwiększającemu ruchliwość przestrzenną.

Badania przeprowadzone w czterech europejskich metropoliach: Londynie, Mediolanie, Monachium i w Randstadt pokazują, że polityka przestrzennego zagospodarowania miasta opiera się na pięciu zasadach [6]:

- krytycznej refleksji nad „całościową formą” miasta i opracowanie narzędzi przeciwdziałających jego rozprzestrzenianiu się;
- przyjęciu modelu sieciowego jako dyrektywnego czynnika zagospodarowania w skali metropolii;
- szczególnej trosce o zachowanie „granic miasta”, to znaczy relacji między otwartymi i zabudowanymi przestrzeniami dla wykreślenia zasięgu obszarów nadających się do urbanizacji i przygotowania strategii ochrony obszarów podmiejskich;
- integracji planu użytkowania terenu i planu transportu;
- przedsięwzięciach ograniczających użytkowanie samochodu i stymulowanie alternatywnych systemów transportu.

Pojęcie „zaparkuj i jedź” polega na budowie parkingów na obrzeżach miasta przy końcowych stacjach metra lub innych środków transportu, które umożliwiają pozostawienie samochodu i dalszą podróż publicznymi środkami. „Uspokojenie ruchu” jest działaniem polegającym na ograniczeniu szerokości jezdni przeznaczonej dla samochodów na rzecz ścieżek rowerowych i chodników. „Koszty drogowe” to wprowadzenie zasady, że parkowanie drogo kosztuje użytkownika (wysokie i zróżnicowane, zależnie od miejsca, taryfy za parkowanie).

Jak to wynika z przeprowadzonych analiz wszystkie cztery metropolie podejmują wysiłki w celu prowadzenia polityki całościowego rozwoju. Najbardziej zaawansowany wydaje się być Randstadt do czego przyczyniły się długie tradycje holenderskiego planowania przestrzennego oraz Monachium mające znaczne osiągnięcia w zakresie przebudowy struktury zagospodarowania przestrzennego. Londyn znajduje się w sytuacji pośredniej

i dobrze wypada w dziedzinie terenów zielonych, co z kolei związane jest z działalnością Ebeneзера Howarda i jego koncepcji „miast ogrodów”, a także planem Wielkiego Londynu Leslie P. Abercrombie’go z lat 1943-1944.

Warto także dodać uzupełniając przypadek Rastadt, że Holandia jest już od wielu lat przykładem kraju, w którym prowadzi się politykę rekonstrukcji przestrzeni miejskiej. Wymaga to jednak politycznej woli, wyrażającej się znacznymi subwencjami państwa i współpracą obywateli. Niezbędna jest także pewna spójność funkcjonowania sektora rynkowego i socjalnego szczególnie w budownictwie mieszkaniowych. Rekonstrukcja miast w Holandii polega w szczególności na:

- remontach i renowacji mieszkań zarówno w budownictwie zbiorowym jak i indywidualnym;
- przebudowie na mieszkania budynków użytkowych: magazynów, fabryk, szkół, kościołów, szpitali, biur itp.;
- budowie nowych mieszkań na miejscu wyburzanych starych zasobów mieszkaniowych; budowie mieszkań na obszarach dotychczas niemieszkalnych, w strefach przemysłowych, terenach portowych, kolejowych itp., a także w innych miejscach, których sposób użytkowania ulega przekształceniu [8].

Zarządzanie miastem i jego rozwojem staje się obecnie poważnym wyzwaniem. Współczesne procesy decentralizacji i dekoncentracji władzy państwowej oddają w zarząd zbiorowości lokalnej coraz więcej spraw rozstrzyganych i załatwianych poprzednio przez organa administracji rządowej. W coraz szerszym zakresie obowiązuje zasada subsydiarności, czyli przekazywania uprawnień na ten szczebel, który jest najbardziej właściwy do rozwiązywania danego problemu. Władze miejskie prowadzą więc prawdziwą politykę obejmującą swoim zakresem wiele kluczowych zagadnień jak mieszkania, transport, renowacja miejska, kultura, zdrowie ochrona środowiska itd. Bardzo ważna jest efektywność tej polityki oraz to kim są jej dominujące podmioty - aktorzy lokalnej polityki. Zarządzanie miastem traktuje się niekiedy jako kwestię techniczną, bo np. cóż innego może określać częstotliwość kursowania autobusów niż ustalenia rozkładu jazdy? Okazuje się jednak, że sprawa ta nie jest prosta, ponieważ częstotliwość ich kursowania zależy od liczby posiadanych autobusów przez komunalne przedsiębiorstwo transportowe, które z reguły jest deficytowe, toteż o zakupie nowych autobusów decyduje rada miejska, a w radzie większość radnych może np. preferować wydanie pieniędzy na rozwój przedszkoli. Różnica zdań odzwierciedla konflikt interesów między różnymi grupami w zbiorowości miejskiej.

Literatura

- 1 Asher: Métapolis ou l’avenir des villes, Jacob, Paris 1995.
- 2 Bagnasco A. P. Le Galès, (ed.): „Villes en Europe” Ed. La Découverte, Paris.
- 3 Bassand M.: Métropolisation et inégalités sociales, Presses 1996
- 4 Bouinot J., Bermils B.: La gestion stratégique des villes, Armand Colin, Paris ed.) 1995
- 5 Bouinot J., Bermils B.: Les villes nouvelles d’Europe à la fin du 20ème siècle” CRH, Paris 1997
- 6 Camagni R., Gibelli M.C. (ed.): Développement urbain durable. Quatre métropoles européennes, DATAR, Paris 1997
- 7 Jałowiecki B.: Osiedle i miasto, Arkady, Warszawa 1968
- 8 Keers G.-P.: Le recyclage urbain aux Pays-Bas, une pratique ordinaire, (w:) „Reconstruire la ville sur la ville”, Adef Paris 1998
- 9 Lacaze J.-P.: L’aménagement du territoire, Flammarion, Paris 1995
- 10 Newman, J. Kenworthy: Cities and Automobile Dependence, Gower, Aldershot, 1989
- 11 Newman, J. Kenworthy: OCDE Urban Travel and Sustainable Development, Paris 1995

-
- 12 Reichen B.: De l'urbanisme de developpement l'urbanisme de valorisation, 1998 Internet:[http://www. equipement.gouv.fr./dau/cdu/accueil/elabroj/analyse3.htm](http://www.equipement.gouv.fr/dau/cdu/accueil/elabroj/analyse3.htm)
 - 13 Syrkusowa H.: Społeczne cele urbanizacji, PWN Warszawa, 1984
 - 14 Venturi R. Scott-Brown: L'enseignement de Las Vegas, ou le symbolisme oublié de la forme architecturale, Ed.Mardaga, Bruxelles 1971.

Miasta polskie wobec paradygmatu zrównoważonego rozwoju kraju

Nina Juzwa

*Instytut Architektury i Urbanistyki, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska.
Politechnika Łódzka, e-mail nina.juzwa@polsl.pl*

Streszczenie: Przedmiotem wypowiedzi są refleksje i dylematy planistyczne miast polskich w aspekcie paradygmatu zrównoważenia przestrzennego.

Głównym przesłaniem zrównoważonego rozwoju w planowaniu, w odniesieniu do przestrzeni zurbanizowanej jest podejmowanie starań o ochronę integralności środowiska gospodarczego, przyrodniczego i kulturowego. Jednym z ważnych celów jest zachowanie dziedzictwa kulturowego środowiska miejskiego dla przyszłych pokoleń. Z rozległego zakresu tej problematyki, wyodrębniono niektóre wątki. Ważne wydały się; idea miasta zrównoważonego wobec lokalnych problemów gospodarowania przestrzenią; jakość architektury w przestrzeni miejskiej, walory estetyczne krajobrazu miejskiego wobec wartości ekonomicznych; wreszcie - skuteczność działań rewitalizacyjnych oraz bariery dla rozwiązań urbanistycznych dużej skali.

Całość zawarto w trzech częściach: 1. Wprowadzenie. Założenia tkwiące u podstaw idei zrównoważonego rozwoju kraju; 2. Postrzeganie miasta współczesnego. Dylematy ładu przestrzennego; 3. Podsumowanie. Miasto dla ludzi. Piękno miasta

Słowa kluczowe: rozwój zrównoważony, miasto, ład przestrzenny, piękno miasta, urbanistyka, krajobraz miejski

1. Wprowadzenie. Doktryna zrównoważonego rozwoju

Krajobraz współczesnej Europy jest krajobrazem miast. Mieszka w nich ponad połowa jej mieszkańców. W podobnym kierunku podąża zurbanizowany krajobraz Polski.

Miasto jest najbardziej widocznym efektem przemian gospodarczych i społecznych współczesności. Także miasto jest najbardziej konsekwentnym wizerunkiem procesów globalizacyjnych; ekspansji efektów cywilizacji konsumpcyjnej wobec regresu kultury lokalnej, rosnącego znaczenia różnorodności. Obserwowane, zróżnicowanie przestrzeni miejskiej odbywa się równocześnie z rosnącym zróżnicowaniem miast wobec konkurencyjności innych ośrodków miejskich. W tej grze miasta wykorzystują różne walory, z których największym jest atrakcyjna, zróżnicowana kulturowo i architektonicznie przestrzeń miejska. Sposób zagospodarowania oraz korzystania z zasobów środowiska, zwłaszcza tych nieodnawialnych - włączając w to teren - zawiera się istotne przesłanie zrównoważenia. Dotyczy także wykorzystania obszarów zdegradowanych – wymagających odnowy. Nierozprzestrzenianie zabudowy na tereny dotychczas niezurbanizowane prowadzi do idei miasta spójnego.

Na przełomie wieków gremia międzynarodowe, powodowane troską o procesy ludzkiej działalności zredagowały podstawy działań w sprawie środowiska i rozwoju. Odtąd w planowaniu przestrzennym respektowanie zasad zrównoważonego rozwoju stało się kryterium równie ważne jak ochrona środowiska, jak zachowanie dziedzictwa i zróżnicowanie kulturowe przestrzeni miejskiej.

Wobec wielości definicji dotyczących rozwoju zrównoważonego warto przytoczyć założenia sformułowane na stronie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego:

- *W ekonomii przyjmuje się, że jest to teoria w sposób kompleksowy podejmująca problem długotrwałej zdolności współczesnej gospodarki do rozwoju, przy spełnieniu kryterium między-generacyjnej sprawiedliwości,*
- *W urbanistyce – koncepcja zarządzania miastem, która ma zapewnić zaspokojenie potrzeb społeczności, z uwzględnieniem przyszłych pokoleń, z priorytetowym znaczeniem zachowania, odtwarzania i rozwijania środowiska naturalnego.*¹

Oznacza to, że sposób kształtowanie przestrzeni jaka nas otacza – dbałość o trwałość krajobrazu miejskiego w ustawicznym procesie urbanizacji i reurbanizacji miasta są czynnikami decydującym o wielu aspektach naszego życia. Także oznacza to że jakość przestrzeni, wartość krajobrazu miejskiego są ważnym czynnikiem atrakcyjności inwestycyjnej, który w konsekwencji podnosi szanse rozwojowe miasta. Tym samym podejmując temat miast polskich w kontekście zrównoważonego rozwoju punktem wyjścia stał się **problem ładu przestrzennego a więc zapewnienie warunków spójnej polityki przestrzennej w relacjach pomiędzy procesem gospodarowania przestrzenią miasta, urodą i harmonią zabudowy miejsca a ochroną terenów naturalnych.**

Współczesny model przestrzennego rozwoju miasta wywodzi się z okresu późnego modernizmu, z dyskursu lat sześćdziesiątych dwudziestego wieku. Odrzucono wówczas ideę segregacji funkcjonalnej Karty Ateńskiej (1933) *miasta o efektywnych i sprawnych rozwiązaniach infrastruktury technicznej*. Zastąpiono ją dążeniem do wielofunkcyjności, poszukiwaniem tożsamości miejsca, zróżnicowaniem obszarów. Różnorodność programowa miała reprezentować różne style życia i bardzo, czasami, różne potrzeby. Obowiązujący uniformizm, zwłaszcza widoczny w budownictwie mieszkaniowym zastąpiono różnorodnością struktury przestrzennej. Ważnymi elementami w kształtowaniu polityki miejskiej stały się odąd; dążenie do zróżnicowania struktury społecznej, dostępność do systemów transportowych, rozwój przestrzeni publicznych, ograniczanie zjawiska „rozlewania się miast”.

Narastające w latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku przeświadczenie zagrożenia środowiskowego doprowadziło do koncepcji *Miasta zdrowego*, bądź *proekologicznego*. Idee te z jednej strony wprowadzały postulaty ograniczania dynamiki wzrostu, z drugiej wniosły w politykę miejską nowe hasła: *odnowy przestrzeni/krajobrazu miejskiego i rewitalizacji terenów zdegradowanych*.

Spośród ważnych wezwań zredagowanych na forum międzynarodowym wymienić należałoby przynajmniej cztery:

- *Zieloną Kartę Środowiska Miejskiego*, 1990,
- *Europejską Perspektywę Rozwoju Przestrzennego*, 1997,
- *Nową Kartę Ateńską*, 1998,
- *Kartę Lipską, na rzecz zrównoważonego rozwoju miast europejskich*, 2007.

W dokumentach tych odnaleźć można podstawowe wytyczne w odniesieniu budowania polityki planistycznej bądź do zapisów na szczepku planisty urbanisty.

Na szczególną uwagę zasługują postulaty *Karty Lipskiej*, które wyróżniają w sposób szczególny dwa paradygmaty: miasta dla ludzi i miasta zrównoważonego. Łącząc obie zasady stworzony został postulat spójnego systemu zarządzania rozwojem przy współudziale społeczności lokalnych. Koncepcja miasta zwartej wydaje się być możliwa a także niezwykle racjonalna w odniesieniu zwłaszcza, do miast średniej wielkości.

¹ J.M.Chmielewski, WWW.ecorys.apexnet.pl

Niezależnie od różnorodności poglądów na sposób zagospodarowania przestrzeni miejskiej przy kreowaniu polityki rozwoju należy brać pod uwagę specyfikę uwarunkowań społeczno – gospodarczych. W przypadku Polski oznacza to uwzględnienie dziedzictwa okresu powojennego, 60 lat gospodarki socjalistycznej, oraz skutków procesów transformacyjnych. Procesy globalizacyjne oraz przemiany gospodarczo - społeczne przebiegają zatem odmiennie zarówno w porównaniu do krajów wysoko – rozwiniętych, jak i tych dopiero aspirujących do szybkiej ścieżki rozwoju ekonomicznego.

Charakterystyczną cechą urbanizacji w Polsce jest znakomita przewaga miast małych i miast średniej wielkości. W 2013 roku w Polsce było 908 miast, w tym 66 na prawach powiatu. Znakomitą większość stanowią miasta małe i średnie z przewagą miast niewielkich. Wielkość miast mierzona liczbą mieszkańców nie jest wartością stałą. W wielu miastach małych i miastach średniej wielkości liczba mieszkańców spada dramatycznie, powodów należy szukać w rosnącej/ lub wolno rosnącej liczbie miejsc pracy, w braku perspektyw dla młodych ludzi, w micie migracji do „lepszego świata”. Są w Polsce regiony bardziej i mniej podatne na ruchy migracyjne.²

Przyjmując kryterium liczby mieszkańców zestawienie miast polskich (Główny Urząd Statystyczny 2013) wygląda następująco:

- miasta małe poniżej 2500 mieszkańców,
- miasta małe od 2500 do 4999 mieszkańców,
- miasta małe od 5000 do 9999 mieszkańców,
- miasta małe od 10000 do 19999 mieszkańców,
- miasta średnie od 20000 do 39999 mieszkańców,
- miasta średnie od 40000 do 99999 mieszkańców,
- miasta duże.

Patrząc na krajobraz Polski zurbanizowanej widać jak szybko podąża śladem krajów tradycyjnie od lat zurbanizowanych. Dzięki wejściu w krąg urbanistycznej kultury europejskiej oraz przejęciu przez wspólnotę europejską części kosztów urbanizacji stajemy się równowartościowym partnerem w sukcesach i dylematach rozwoju przestrzennego.

Cechą miast polskich jest przeważająca liczba miast małych i miast średniej wielkości. Są te miasta miejscem życia i pracy większej części społeczeństwa. Są ponadto doskonałym zwierciadłem większości problemów planistycznych i urbanistycznych. Wydaje się także jakoby do tych miast nieco łagodniej odnosi się krytyka polskiej przestrzeni urbanistycznej, tej bardzo profesjonalnej³ a także tej bardziej popularnej, jaka na przykład występuje w reportażach Filipa Springera, mówiących o ładzie przestrzennym miast polskich⁴.

2. Polityka przestrzenna. Wybrane problemy i dylematy rozwoju przestrzennego

Dla potrzeb niniejszego wywodu przyjęto trzy opcje uwarunkowań rozwoju miasta, które aczkolwiek nie są w pełni konsekwentne a jedynie pozwalają na uporządkowanie naszego odczytywania przestrzeni zurbanizowanej. Mianowicie:

- miasta powstałe w rezultacie uwarunkowań przyrodniczo – geograficznych,

² W niektórych regionach np. górnośląskie, łódzkie prowadzone badania wyraźnie ukazują zmniejszającą się liczebność miast Dane Urzędu

³ np zawartej w wystąpieniach Konferencji z okazji 90 lat Towarzystwa Urbanistów Polskich, Warszawa październik 2013

⁴ Springer Filip „Wanna z kolumnadą” Wydawnictwo „Czarne” Wołowiec 2013

- miasta powstałe i bazujące na uwarunkowaniach historycznych,
- miasta powstałe z myśli i z głowy planisty – urbanisty oraz uwarunkowań gospodarczych.

2.1. Piękno miast krajobrazowych. Przeskalowanie inwestycyjne

Od najdawniejszych czasów piękno kojarzone było z dobrem i z prawdą. U starożytnych Greków piękno wręcz było obrazem prawdy. Modernizm wprowadził piękno w architekturze do spraw wstydlivych, szczęśliwie jednak dzięki ruchowi nowoczesnemu piękno powraca do świadomości oceniających jakość przestrzeni miejskiej. W tym także do problematyki ładu przestrzennego. Możemy powiedzieć, że uroda miejsca posiada proste przełożenie na zapis lub na odczytywanie „ładu przestrzennego” czyli tego elementu który najbardziej stanowi o harmonijnym wizerunku przestrzeni miejskiej. Mówiąc o przestrzeni harmonijnej, myślimy o takiej przestrzeni, która wyraża logikę i czytelność struktur przestrzennych ale także posiada uporządkowane relacje społeczno – gospodarcze, środowiskowe oraz kulturowe. Wyrażone przez krajobraz otoczenia przyrodniczego piękno miasta w powszechnej świadomości wydaje się być niemal oczywistością. Zmniejsza uczucie bezładu środowiska zbudowanego, nieomal przyzwala na czasami dotkliwe niedogodności rozwiązań przestrzennych.

Wystarczy przypomnieć miasta greckie, szczególnie te powstałe na wyspach Morza Śródziemnego. Od wieków posiadają utrwaloną jakość urody miejsca, odbieraną dzisiaj przede wszystkim w wymiarze harmonii i piękna, a przed wiekami także w wymiarze naturalnego bezpieczeństwa. Podobne wrażenia sprawiają stare miasta włoskie, szczególnie te usytuowane w pięknym krajobrazie śródowej Italii. Podobnie nie dostrzegamy braków w zagospodarowaniu, lub braku ładu przestrzennego miast krajobrazowych środkowej Europy, a także w krajobrazowych miast polskich. Dotyczy to Zakopanego, Krynicy, ale także miast uzdrowiskowych Dolnego Śląska, a także miast wypoczynkowych, wakacyjnych nadmorskich.

Nie zawsze jednak uroda środowiska naturalnego tłumi cechy współczesnej arogancji planistycznej. Takim zdarzeniem jest „wstawianie” w krajobraz naturalny obiektów o kubaturze znacznie przerastającej poczucie ładu przestrzennego. Tak należy postrzegać np. lokalizację hotelu Gołbiowski w centrum Wisły, czy podobnego hotelu - molocha w centrum Karpacza. Obiektów, które powstały jak gdyby na przekór uwarunkowaniom lokalnym - urodzie miejsca, tak jak gdyby w Polsce w ogóle nie słyszano o zasadach „konwencji Florenckiej”⁵. Zniszczony krajobraz krzyczy, a dla urbanisty - planisty taka inwestycja staje się dowodem bezradności wobec chciwości współczesnego świata nastawionego wyłącznie na etos konsumpcji.

Spolegliwość planisty służąca podporządkowaniu harmonii miejsca źle pojętej ekonomii staje się dowodem porzucenia wartości rozwoju zrównoważonego na rzecz krótkotrwałego „sukcesu” ekonomicznego. Przeskalowanie nowej inwestycji, wstawienie w krajobraz obiektu, którego skala narusza naturalną harmonię i ład przestrzenny krajobrazu miejskiego jest bodaj największym przestępstwem współczesnego planisty i architekta.

⁵ W 2008 roku państwa Unii Europejskiej uchwaliły Europejską Konwencję Krajobrazową, której zadaniem była ochrona krajobrazu, rozumianego jako zespolenie dóbr kultury materialnej i przyrody. Polska ratyfikowała konwencję w 2004 roku, nigdy jednak nie powstały akty wykonawcze., które umożliwiłyby wprowadzenie zasad Konwencji do planowania

2.2. Znaki i ślady rozwoju historycznego. Tradycja, czy poszukiwanie inności

Porównując rysunek planu zagospodarowania miast historycznego Krakowa i przemysłowej Łodzi ze zdumieniem zauważamy, że wielkość terenów zagospodarowania przemysłowego jest dla obu miast porównywalna. A jednak to Łódź jawi nam się jako miasto przemysłowe a Kraków jako miasto historyczne. Istnieje bowiem także „prawda”, mówiąca, że wśród wielu cech jakimi obdarzone są struktury wielokrotnie złożone, dość prosto można wyodrębnić tę cechę najważniejszą. Tę którą decyduje o ogólnym oglądzie omawianej struktury. Zatem łatwo daje się wyodrębnić miasta zwane historycznymi. Jakkolwiek znakomita większość miast europejskich, w tym także miasta polskie, posiada genezę historyczną, a jednak nie wszystkie są tak dzisiaj postrzegane.

Ślady i znaki historycznej przeszłości ciągle mają dobroczynny wpływ na współczesny rozwój miasta, na kształtowanie przestrzeni zurbanizowanej, na powstawanie miejsc ludziom przyjaznych. Na fali poszukiwania własnej tożsamości, jest ta cecha skrzętnie przez współczesne wspólnoty i rajców miejskich podkreślana.

W Polsce istnieje dobra tradycja odbudowy miejsc historycznych. Poza przykładami od lat znanymi, do osiągnięć współczesności należałoby dołączyć także inne jak; piękno odbudowanego historycznego nadbrzeża w Szczecinie, krakowskiego Kazimierza, Starówki w Elblągu.

Trudniej jest natomiast, wyrazić aprobatę dla obiektu nowego „wstawionego” w starą tkankę miejską bez utworzenia przestrzeni, która by otoczyła nowe założenie. Takie myśli nasuwają się kiedy analizujemy sąsiedztwo bardzo dobrego zespołu handlowego Manufaktury w Łodzi, lub kiedy widzimy formalnie interesujący budynek Muzeum Ziemi Przemyskiej - obiekt nominowany do nagrody Miesa van der Rohre. Obiekt nowego Muzeum nie interpretuje współczesnej rzeczywistości miasta niewielkiego. Powstał jakby w opozycji do prowincjonalnej dziewiętnastowiecznej zabudowy, powstał jako wizja rzeczywistości innej, rzeczywistości jutra. Być może nie lepszej, ale na pewno innej. Trudno jest jednoznacznie powiedzieć czy nowa – niewątpliwie interesująca forma architektoniczna zyskuje w otoczeniu małomiasteczkowej dziewiętnastowiecznej zabudowy. Czy zakłóca zastaną lokalną – prowincjonalność miejsca? Może wystarczy nowo zrealizowany obiekt otoczyć przyjaznym sąsiedztwem, tak by mógł bardziej pozytywnie zaistnieć w „obcej” mu rzeczywistości?

2.3. Miasta „powstałe” w głowie planisty. Restrukturyzacja. Odnowa. Miara sukcesu, Przeskalowanie Przeinwestowanie, założenia urbanistyczne dużej skali

Kazimierz Wejchert, który wraz z żoną Hanną Adamczewską jako urbaniści, twórcy miasta modernistycznego Nowe Tychy byli czynnie zaangażowani w bieżące procesy inwestycyjne powstawania miasta. Profesor był autorem dwu znakomitych książek – „Miasteczka polskie jako zagadnienie urbanistyczne”(1947) oraz „Elementy krystalizujące i ich rola w strukturze miast polskich”(1977). Obie książki są do dzisiaj ważne. Autor łącząc myśl projektanta z praktyczną wiedzą o strukturze miasta wyraża wielokrotnie przekonanie, że kompozycja, w procesie planowania miasta jest po prostu niezbędna. O „Elementach...” Wojciech Kosiński powiada dzisiaj „problematyka jest oparta na geometrii i obiektywnej percepcji. Jednak autor nakłada na ten pragmatyczny schemat znakomicie przeprowadzone i przemyślane badania emocjonalnych odczuć osób przemierzających miasto i skupiających uwagę na kolejnych elementach” (Kosiński, 2011, str.163).

Większość miast okresu modernizmu należy właśnie do grupy miast powstałych dzięki koncepcji planistycznej. W założeniach miasta te miały spełniać idealistyczne reguły Karty Ateńskiej. Nie wszystkie marzenia modernistów przetrwały „próbę czasu”. Niektóre, na przykład; odejście od zabudowy kwartałowej, lub budowa wielkich bloków mieszkalnych, dzisiaj staje się przedmiotem uwagi i problemem odnowy.

W grupie miast nowych mieszczą się miasta i obszary przemysłowe. Wniosły w problematykę urbanistyczną problemy nowe i kosztowne, jak rewitalizacja terenów zdegradowanych, zagadnienie restrukturyzacji dzielnic poprzemysłowych, koncepcje przekształceń terenów i starych obiektów przemysłowych oraz przystosowanie ich do nowej funkcji. W problematyce aktywnej polityki restrukturyzacji odnotować można wyraźne sukcesy. Pozytywna kreacja miejsca w procesie przekształceń obiektów poprzemysłowych widoczna w realizacjach łódzkiej Manufaktury, poznańskiego Browaru, czy Muzeum Powstania Warszawskiego są słusznym przedmiotem dumy. Podobnie jak powstanie zespołu obiektów kultury; Muzeum Śląskiego i Narodowej Orkiestry Polskiego Radia j - w miejscu starej kopalni Katowice, czy kreacja nowej przestrzeni miejskiej w przemysłowej Bydgoszczy. To są bardzo dobre przykłady powstania nowych wielofunkcyjnych zespołów przestrzennych w starej tkance miejskiej. Powstały dzięki wsparciu Funduszu Unijnego. Przykłady takie podnoszą walor współczesnej polityki miejskiej.

Na skutek nadmiaru i chaosu inwestycyjnego powstaje wiele obiektów nowych, często ekstrawaganckich w formie. Polski indywidualizm łączący się ze zróżnicowaniem gustów, w powiązaniu z rosnącą swobodą inwestowania prowadzi często do powielania w inwestycjach miejskich nie zawsze najlepszych wzorców. Szukane w filmach, w ilustrowanych magazynach średniej jakości estetycznej, rodzą pytanie czy w trosce o zachowanie ładu przestrzennego możliwe jest bardziej aktywne kształtowanie gustów społecznych?

Wiele pomysłów ukazuje przeskalowanie i przeinwestowanie planów rozbudowy. Licznie powstające projekty deweloperskiej współczesnej zabudowy mieszkaniowej, które są równie groźne dla urody miejsca jak i dla jakości miejskiej struktury jak osiedla „blokowiska” sprzed 40-60 lat. Problemem zainteresowania urbanistów są projekty – założenia **urbanistyczne dużej skali**. Trwają dyskusje w Gdańsku (2003), w Łodzi (2004), trwają przygotowania do realizacji jak: Młode Miasto w Gdańsku, Nowe Miasto w Krakowie, odbyły konkursy: ogólnopolski na Piotrkowską Wielkomiejską w Łodzi, międzynarodowy na rozbudowę Nowej Huty. Mimo pozytywnych postaw w odniesieniu toczących się dyskusji na temat celowości realizacji założeń kompozycyjnych dużej skali nie do końca są jasne aspekty podejmowania decyzji realizacyjnych (Zuziak 2004). Przyczyny są różne, zapewne m.in. tkwią w niechęci władz lokalnych do podejmowania ryzyka kompleksowego programu rozwojowego, w nieufności administracji publicznej do współpracy z sektorem prywatnym (Lorens, 2012)

Dla dyskursu urbanistycznego tym większe znaczenie posiada dostrzegalny problem **powiększania terenów przestrzeni zurbanizowanej** w planach zagospodarowania. Problem związany jest z procesem zabudowy terenów rolnych. Procedura szczególnego znaczenia nabiera w sytuacji miast niewielkich. Plany zagospodarowania przestrzennego tworzone bez odniesienia do rzeczywistych możliwości rozwojowych ukazując – z jednej strony groźny dla rozwoju zrównoważonego pęd gmin do zamiany terenów rolnych na potencjalne tereny inwestycyjne, drugiej ukazując brak decyzji odnośnie rozwiązań programowych i urbanistycznych wewnątrz nowo planowanej tkanki. Widoczne jest to w ocenie zarejestrowanej w planach zagospodarowania przestrzennego wielkości terenów inwestycyjnych w stosunku do rzeczywistych możliwości inwestycyjnych gminy. Powstają

plany zagospodarowania dla których czas realizacji wg zapisanej wielkości terenu przewidzianej dla realizacji inwestycji wynosiłby do stu i więcej lat⁶. Badania takie ukazują niewielki pożytek z polityki przestrzennej prowadzonej w sposób autonomiczny dla miast niewielkich, o małym potencjale inwestycyjnym.

Badania te ukazują **rosnącą wagę planowania regionalnego**, którego zadaniem winna być regulacja założeń strategii rozwojowych dla miast związanych obszarem. Zwłaszcza, że w ślad za rozbudowanym rysunkiem planu nie powstają projekty zespołów urbanistycznych, ani koncepcje przestrzennej rozbudowy miasta. Wydaje się, że owa ponad miarę planowana wielkość przestrzeni zurbanizowanej staje się miarą sukcesu dla władz gminnych. Owa skłonność jest zapewne przejawem współczesnej kultury, dla której sukces szybki, nawet jedynie chwilowy, posiada większą wartość aniżeli jakość rozwiązań (koncepcji) długoterminowych. Pamiętając, że to właśnie miasta małe i miasta średniej wielkości tworzą krajobraz przestrzenny naszego państwa, należy pamiętać, że w mieście niewielkim proces nadmiernego powiększania terenów inwestycyjnych jest równie niebezpieczny jak w mieście dużym, a opisane zjawisko zwiększa znaczenie planów rozwoju regionalnego, które mogłyby stać się pozytywnym katalizatorem rozwoju przestrzeni zurbanizowanej.

3. Podsumowanie Miasto dla ludzi. Piękno a równoważenie rozwoju miasta

Duński urbanista Jan Gehl, międzynarodowy konsultant w sprawie koncepcji modernizacji rozwiązań planów zagospodarowania dla uwzględnienia **przestrzeni publicznych**. Jak sam powiada tworzenie przyjaznych przestrzeni publicznych jest aktem „przywracania miasta ludziom”. Zajmując się zagadnieniami miasta dla ludzi kładzie nacisk na problem komunikacji i jakości przestrzeni publicznych za najważniejsze uważa powrót do „starej, dobrej europejskiej miejskości o której – jak twierdzi Profesor, zapomnieliśmy”⁷. W swoich badaniach i wypowiedziach opowiada się za odzyskiwaniem i / lub tworzeniem przestrzeni publicznych. W historii rozwoju miast przestrzeń publiczna miała trzy główne funkcje: była miejscem spotkań ludzi, miejscem organizacji handlu oraz była przestrzenią, która wiązała różne obszary aktywności miejskiej. Przestrzenie publiczne współtworzyły miasto, którego były warunkiem rozwoju, bowiem najstarszym celem dla którego powstawały miasta było spotykание ludzi i wspólne rozwijanie kultury i gospodarki.

Rozwój przestrzeni publicznych jest zagadnieniem, które w ostatnich latach zaczyna zyskiwać w polskiej polityce przestrzennej coraz większe znaczenie. Doroczny konkurs Towarzystwa Urbanistów Polskich dowodzi że w kwestii zagospodarowania miejskiej przestrzeni publicznej krajowa rzeczywistość zmienia pozytywnie. Coraz więcej miast bierze w konkursie udział. Aczkolwiek większa jest konkurencja w kategorii „przestrzeń publiczna zielona”. Wydaje się, że koncepcje i realizacje w tej dziedzinie i są także bardziej interesujące.⁸

⁶ Warszawa Robert „Urbanizacja strefy podmiejskiej na przykładzie wybranych gmin Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego” Praca doktorska PŁ 2013

⁷ Rozmowa z J. Gehlem Miasta dla ludzi Architektura-Murator 2/2009 - <http://artcastangel.pl/miasta-dla-ludzi-rozmowa-z-janem-gehlem>

⁸ Konkurs powstał z inicjatywy Prezesa TUP profesora Tadeusza Markowskiego, odbywa się w trzech kategoriach: przestrzeń nowo wykreowana, przestrzeń w zieleni, przestrzeń zrewitalizowana. Konkurs odbywa się pod patronatem Prezydenta RP Bronisława Komorowskiego. Obserwacje własne autora, członka Zarządu Głównego TUP

Szczęśliwie, w erze współczesnej cywilizacji informacyjnej pojawiają się symptomy odrotu lub poszukiwania innej drogi, lub różnych dróg rozwoju dla urbanistycznego rozwoju miast, niż przerost kultury konsumpcyjnej. Interesujące są badania miast amerykańskich prowadzone przez Floridę (2005, 2008). Wyprowadził on teorię „trzech T – talent, technologia, tolerancja w której udowadnia związek pomiędzy atrakcyjnością przestrzeni miejskiej a szybkością/ jakością rozwoju ekonomicznego. Nawet mając wątpliwości co do możliwości porównań miast amerykańskich wschodniego Wybrzeża do miast polskich – problem, jakości przestrzeni miejskiej jest na pewno ważnym czynnikiem rozwoju ekonomicznego przestrzeni zurbanizowanej. W świecie, w którym dzięki coraz szerszemu udziałowi komputera wszystko zmierza w kierunku standaryzacji zaczyna pojawiać nowa – stara – idea realizacji własnej, indywidualnej ścieżki rozwoju, w której rozwój techniki i technologii sprzyjałby potrzebom człowieka jako indywiduum.

W świecie rozwoju przestrzennego w architekturze i urbanistyce pojawiła się nowa filozofia rozwoju w opozycji do rosnącego konsumpcjonizmu zwana *Slow Movement*⁹. Podobnie jak architektura Petera Zumthora mały posiada związek z estetyką architektoniczną ikon współczesności, także w projektowaniu urbanistycznym powstają rozwiązania urbanistyczne, które doceniają znaczenie walorów przyrodniczych i historycznych miejsca przy równoczesnym pełnym wykorzystaniu współczesnych możliwości technologicznych. Tak kształtowane są na przykład obrzeżne dzielnice Kopenhagi. Powstaje społeczny ruch wspólnoty miast „Slow City” łączący ok. 90 miast europejskich, w tym także miast polskich.

Każda epoka historyczna pozostawia swoje własne piętno na wizerunku urbanistycznym miasta. Współcześnie na tle rosnącej powszechnej standaryzacji coraz częściej zmierzamy w kierunku poszukiwań inności sprzyjającej potrzebom człowieka i różnorodności rozwiązań przestrzennych.

Miasto, a właściwie przestrzeń miejska powstaje na skutek nawarstwiania realizacji urbanistycznych i architektonicznych. Rozwiązania zmuszone uwzględniać coraz bardziej skomplikowane problemy społeczno - gospodarczych stają się tworzywem badawczym dla różnych dziedzin. Niektóre z nich wyrastają z badań nad różnorodnością kulturową świata, świadomie te kulturowe różnice wykorzystując. Z jednej strony istnieją studia tradycyjnie mieszczące się w dyscyplinach geograficznych, społecznych, humanistycznych w tym urbanistycznych. Z drugiej, rozwijają się krytyczne studia kulturoznawcze wspierane przez dyscypliny, wydawałoby się tak odległe, jak ekonomia. Coraz częściej pojawia się pojęcie jakości przestrzeni miejskiej jako elementu, ważnego dla rozwoju ekonomicznego miasta. W tej dziedzinie interesujące są interdyscyplinarne badania Wojciecha Bonenberga (2010) który w tzw. „mapach emocjonalnych” ukazuje odczucia mieszkańców Poznania związane z ukształtowaniem fizjonomicznym badanych dzielnic. Jakość przestrzeni miejskiej, w sensie atrakcyjności architektonicznej – urody miejsca - staje się integralnym czynnikiem ważnym dla rozwoju, szczególnie w problematyce konkurencyjności miast i regionów.

W starożytnej Grecji kolebce miast europejskich – pojęcie piękna wiązało się z moralnością, myślą i rozumem. Uważano że polega na doskonałości struktury wynikającej z zachowania harmonii i wzajemnej proporcji poszczególnych elementów. Dziś mówiąc o **rozwój zrównoważonym miast polskich** mówimy także **estetyce przestrzeni miejskiej, a właściwie o urodzie miasta**. Dyskurs ten można rozpocząć od książek Camillo Sitte, od badań Kevina Lyncha i Kazimierza Wejcherta na współczesności kończąc.

Odczuwanie estetyki miasta jako zjawiska kulturowego na szeroko komentowanych przykładach przedstawia Wojciech Kosiński (2010). W wypowiedziach współczesnych

⁹ wg Bonenberg Agata „Media przestrzeni, architektura”, Politechnika Poznańska 2013, s 108

urbanistów Jacka Gyurkowicha (2010), Paszkowskiego Z (2011), Piotra Lorenza (2012) Masztalskiego R. (2013) temat estetyki i jej znaczenia dla postrzegania przestrzeni miejskiej jest stale obecny.

Geometria, proporcja, koloryt, percepcja przestrzeni miejskiej pozwalają na odczuwanie piękna miasta także w sensie pozamaterialnym. Na nasze odczucia i postrzeganie przestrzeni oprócz czynników materialnych znaczenie mają także czynniki kulturowe, społeczne. Za aktualnością tak rozumianego piękna miasta wypowiada się także filozof Hans Georg Gadamer¹⁰ Zauważa on, że kryterium piękna posiada znaczenie uniwersalne i ponadczasowe, pozwala bowiem dokonywać ocen, które przebiegają ponad powszechnie przyjętymi normami, takimi jak wielkość, wiek, funkcjonalność, stan miasta techniczny. Oceniając piękno miasta oprócz wymiaru fizycznego, geometrii rozwiązań urbanistycznych potrafimy ocenić także wymiar duchowy, niematerialny.

Literatura

- 1 Bauman Z., *Płynna nowoczesność*, Wydawnictwo Literackie, 2000
- 2 Baranowski A. *Projektowanie zrównoważone w architekturze*, Politechnika Gdańska, 1998
- 3 Bonenberg W., *Wartości emocjonalne e przestrzeni podmiejskiej na przykładzie aglomeracji poznańskiej*, [w] Wyd. Konf. ULAR, Wydział Architektury PŚI, 2010
- 4 Chmielewski J.M. *Ankieta w sprawie raportu o stanie miast polskich*, maszynopis 2007
- 5 Cluzet A. *Ville liberale, ville durable? Repondre a l'urgence environnementale*, Editon de l'Aube, 2007
- 6 Gzell Sł., *Dzieło a doktryna*, [w] Wyd. Konf. Definiowanie przestrzeni architektonicznej, Pol. Krakowska, 2008
- 7 Juzwa N., Wąsowicz- Ujma K., *Large Scale Architecture. Design Human Factors and Ergonomics Aspects Based on State-of-the-art Structures*, [w] 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE, 2012
- 8 Juzwa N. red i in., *Architektura i urbanistyka współczesnego przemysłu*, Wydział Architektury PŚI, 2010
- 9 Florida R., *Cities and the Creative Class*, wyd. Routledge N.York – London. 2005
- 10 Florida R., *Who's Your City? How the Creative Economy is Making where we Live*, Basic Books, N York, 2008
- 11 Gadamer H. G., *Aktualność piękna*, [w] *Kunst Heute*, red. Paus A., Wyd.. Hochschulwochen, Graz 2009 www.filozof.pl
- 12 Gyurkovich J., *Architektura w przestrzeni miasta*, Politechnika Krakowska 2010
- 13 Kosiński Wojciech, *„Miasto i piękno miasta”*, Politechnika Krakowska, 2011
- 14 Lorens Piotr, *„Równoważenie rozwoju przestrzennego miast polskich”*, Politechnika Gdańska, 2013
- 15 Masztalski R., *Współczesna architektura Leszna*, Politechnika Wroclawska 2013
- 16 Paszkowski Z. *Miasto idealne w perspektywie europejskiej*, Universitas, 2011
- 17 Pinson D., *Des banlieues et des villes*, Collection Portes Ouvertes, 1995
- 18 Wejchert K., *Przestrzeń wokół nas*, Fibak Press, Katowice 1993
- 19 Tan Yigitcanlar i in, *Knowledge-Based Urban Development. Planning and Applications in the Information Era*, Information Science, Hershey – New York
- 20 Zuziak Z.K., *Wielkoskalarne projekty inwestycyjne, jako czynnik podnoszenia konkurencyjności polskiej przestrzeni*, Biuletyn KPZK PAN, Warszawa, 2004

¹⁰ Gadamer H.G. *Aktualność piękna* [w] *Kunst Heute*, 2009.

Specyfika współczesnych obszarów zurbanizowanych i tendencje w ich kształtowaniu

Robert Masztalski

*Zakład Urbanistyki, Wydział Architektury, Politechnika Wrocławska,
e-mail: robert.masztalski@pwr.edu.pl*

Streszczenie: Obecny postęp techniczny, wyrażający się przede wszystkim gwałtownym rozwojem informatyki i telekomunikacji, zwiększa łatwość i szybkość przepływu informacji. Łatwość w utrzymywaniu stałego kontaktu i wymiany danych pomiędzy mieszkańcami różnych obszarów zurbanizowanych sprawia, iż miejsce przebywania osoby, w rozumieniu jej miejsca zamieszkania, staje się powoli zjawiskiem drugorzędnym i nieistotnym przy prowadzeniu wielu działalności. Powyższe tendencje sugerują, iż ruch związany z dojazdami do pracy być może zostanie w następnych latach w jakimś stopniu zredukowany. W krajach dynamicznie zwiększających liczbę ludności, takich jak Chiny, Indie, Brazylia czy Meksyk, inaczej kształtują się potrzeby mieszkaniowe i inaczej realizuje się politykę urbanistyczną. W tych rejonach potrzeby mieszkaniowe są ogromne. Brak kontroli państwa oraz ogromne rozwarstwienie ekonomiczne powodują powstawanie niekontrolowanego rozszerzania się strefy zurbanizowanej w formie przypadkowo i gęsto zabudowywanych przedmieść, gdzie panuje bieda i patologie. W Europie, ale także w USA dominują idee ekologiczne i równoważące rozwój struktur zurbanizowanych w lokalnej skali. Nie są one identyczne, ale główne przesłanki i uwarunkowania kształtowania struktur urbanistycznych są podobne, z tym że stary kontynent jest bardziej skłonny do budowania struktur opartych na idei solidarności społecznej.

Słowa kluczowe: urbanizacja globalna, ekologiczne struktury miejskie, zrównoważone miasto, metropolizacja, zbiorowość miejska

1. Wprowadzenie

O charakterze urbanizacji globalnej w największym stopniu decydują: poziom rozwoju cywilizacyjnego, demografia i poziom dobrobytu ekonomicznego. XXI wiek to era społeczeństwa informacyjnego. Jako że wciąż znajdujemy się w okresie przejściowym od cywilizacji industrialnej do cywilizacji informacyjnej, definicja tej ostatniej wciąż jest nie do końca sprecyzowana. Badacze dostrzegają tu wiele aspektów, które mogą w różny sposób i w różnym stopniu wpływać na ostateczny kształt tej definicji. Najważniejsze z nich to: aspekt ekonomiczny powodujący zmianę w sposobie pracy i zarabiania pieniędzy, aspekt techniczny oparty głównie na fenomenie Internetu i ciągle rozwijających się technologiach, aspekt demokratyczny pozwalający na wolny dostęp społeczeństwa do informacji czyli do obiektywnej wiedzy na temat otaczającego świata oraz aspekt edukacyjny w którym informacja i wiedza stają się głównymi środkami do osiągnięcia sukcesu i władzy. Różny sposób widzenia powyżej prezentowanych aspektów prowadzi do różnic w końcowej formule definicji społeczeństwa informacyjnego, a tym samym różnego postrzegania jego wpływu na zmiany w sposobie kształtowania miast. Urbanistyczne spojrzenie na problem zmian zachodzących we współczesnym sposobie kształtowania

obszarów zurbanizowanych prowadzi nas do konstatacji, iż najistotniejsze dla sprawnego funkcjonowania współczesnego miasta są szeroko rozumiane powiązania komunikacyjne. Komunikacja rozumiana tu jest jako sposób poruszania się w zajmowanej przestrzeni fizycznej ale także komunikacja pomiędzy poszczególnymi osobami w grupie społecznej za pomocą urządzeń multimedialnych, także w przestrzeni wirtualnej.

Demografia XXI wieku ma także istotny wpływ na stopień i charakter urbanizacji poszczególnych obszarów ziemi. W 2012 roku świat liczył 7,080 miliardów mieszkańców, a w 1970 roku tylko 3,691 miliardy osób. W ciągu 40 lat liczba mieszkańców ziemi praktycznie się podwoiła. W kolejnych 40 latach demografowie nie przewidują już tak dynamicznego wzrostu liczby ludności. Do 2050 roku liczba ta ma wzrosnąć do 9,3 miliarda. Wzrośnie natomiast znacząco udział mieszkańców miast. W 1970 miasta świata zamieszkiwało 1,35 miliarda osób, w 2011 roku 3,6 miliarda, a prognozowa liczba mieszkańców w 2050 roku ma wynosić 6,25 miliarda. I to w tym obszarze nastąpią największe zmiany urbanistyczne. Dodatkowym ważnym uwarunkowaniem jest fakt, że większość tego przyrostu, z poziomu 2,67 miliarda do wielkości 5,12 miliarda, nastąpi w krajach rozwijających się. Kraje rozwinięte osiągną w 2050 roku ledwie poziom 1,13 miliarda mieszkańców w miastach, wychodząc z wielkości 960 milionów w 2011 roku [7].

W Azji żyje obecnie ponad połowa populacji świata, czyli 4254,5 miliony osób. W Azji też znajduje się najwięcej miast milionowych oraz mega-miast o wielkości zaludnienia przekraczającej 10 milionów. Demografia bada świat poprzez sygnały globalne ale także poprzez te płynące z kontynentów i pojedynczych dużych państw. Tak więc najbardziej ludne kraje świata takie jak Chiny, Indie, itp. mają równie silny wpływ na charakter urbanizacji jak całe kontynenty. Chiny mają dzisiaj ponad dwa razy tyle mieszkańców co cała Europa. Tam też jest najwięcej dużych i bardzo dużych miast.

W Azji istnieją obecnie 124 miasta powyżej 1 milion mieszkańców w tym 5 powyżej 10 milionów. W "Narodowym planie urbanizacji nowego typu" na lata 2014-2020 rząd Chin zapowiedział podniesienie wskaźnika urbanizacji kraju, który obecnie wynosi niecałe 54 proc., do poziomu 60 proc. Oznacza to przemieszczenie kolejnych 90 milionów ludzi ze wsi do miast. Tym samym władze Chin zezwalając kolejnym milionom mieszkańców wsi na migrację do miast, chcą w ten sposób stymulować chińską gospodarkę. W Europie sytuacja jest diametralnie różna. Miast powyżej 1 miliona jest tylko 37. Największe to: Moskwa - 11,577 milionów osób, Londyn 8,278 milionów, Petersburg 4,926 miliony, Berlin 3,501 miliony osób, Madryt 3,198 miliony osób [5].

Poziom dobrobytu ekonomicznego jest także czynnikiem w znaczący sposób wpływającym na rozwój miast. Wiąże się to w dużym stopniu z udziałem produkcji rolniczej w ogólnym bilansie dochodów kraju. Najwięcej ludności rolniczej zamieszkuje tereny wiejskie w Azji i w Afryce. Tam też największy jest odpływ ludności wiejskiej do miast i powstaje najwięcej miast milionowych. Problem dodatkowo komplikuje dążenie krajów rozwijających się do wymuszenia na krajach bogatych zaprzestania subsydiowania rolnictwa w swoich gospodarkach. Walka o zlikwidowanie subsydiowania rolnictwa w krajach bogatych ma doprowadzić do wyrównania szans ekonomicznych w tej branży i zwiększenia udziału w produkcji rolniczej krajów rozwijających się. Problem ten jest coraz bardziej zdecydowanie stawiany na czołowym miejscu, na kolejnych konferencjach Światowej Organizacji Handlu (World Trade Organization, WTO) jako podstawowa bariera rozwoju krajów trzeciego świata. Jeżeli nacisk takich gigantów rolnictwa jak Chiny, Indie, Brazylia, Argentyna czy rozwijające się kraje Afryki, odniesie skutek i rozwinięte kraje Europy i Ameryki Północnej będą zmuszone do zaprzestania subsydiowania swojego rolnictwa, spowoduje to nieobliczalne skutki w urbanistyce na wszystkich kontynentach.

W pierwszym rządzie doprowadzi do drastycznego ograniczenia produkcji rolniczej w Europie i Ameryce Północnej i kolejnej fali ucieczki ludności ze wsi do miast. Zjawisko to w mniejszym stopniu dotknie państwa w których odsetek ludności rolniczej jest już dzisiaj niski a zagrozi głównie tym z nadal dużym udziałem ludności rolniczej, jak na przykład dzisiejsza Polska [3].

Fakt przesunięcia produkcji rolniczej z obszarów wysoko rozwiniętych na obszary krajów rozwijających się, nie zmieni dotychczasowych tendencji w gwałtownym wzroście ludności miejskiej na obszarze Afryki i Azji. Mając ogromny roczny przyrost liczby ludności, kraje tych kontynentów w najbliższych latach, zdominują obszar powstawania i rozrastania się miast oraz rodzenia się wielkich aglomeracji miejskich o niespotykanych dotąd rozmiarach.

Prognozy na pierwszą połowę XXI wieku przewidują, że 60% rocznego przyrostu ludności miejskiej w świecie będą stanowić mieszkańcy Azji. Azja razem z Afryką przejmą prawie 85% rocznego przyrostu ludności miejskiej świata [6, s.80]

Zjawisko urbanizacji Europy jest dzisiaj dużo bardziej zaawansowane niż na pozostałych kontynentach. Już w 1950 roku liczba ludności miejskiej wynosiła tu 52%, a w roku 2000 osiągnęła już 73% ogólnej liczby mieszkańców Europy. Zmniejsza się zaś znacząco liczba mieszkańców wsi. Europa, według prognoz demografów Organizacji Narodów Zjednoczonych, znajdzie się na samym końcu obszarów zwiększających liczbę ludności miast z wartością 0,3% rocznie, co w liczbach bezwzględnych wyraża się wielkością rocznego przyrostu ludności miejskiej na poziomie 200 tysięcy. Powyższe rozważania oparte na studiach demograficznych ekspertów Organizacji Narodów Zjednoczonych, skłaniają do przyjęcia tezy, że gwałtowny rozwój miast na kontynencie Europejskim należy już do historii. Wiek XXI będzie w tej dziedzinie należał do Azji i Afryki. Miasta Europy z fazy przekształceń ilościowych, które dominowały w XX wieku, muszą przejść w wieku XXI w fazę przekształceń jakościowych. Fakt ten z oczywistych względów dotyczy także Polski i należy go brać pod uwagę w rozważaniach na temat przyszłości miast naszego kraju.

2. Tendencje globalne a lokalne

Demografia bada świat poprzez sygnały globalne oraz te płynące z kontynentów i pojedynczych dużych państw. Tak więc najbardziej ludne kraje świata takie jak Chiny, Indie, itp. mają równie silny wpływ na charakter urbanizacji jak kontynenty. Chiny mają ponad dwa razy tyle mieszkańców co cała Europa. Miasta Europy i miasta świata będą rozwijać się inaczej choćby ze względu na uwarunkowania demograficzne ale także kulturowe. Szybkie przyrosty liczby mieszkańców państw Azji i Ameryki zmieniają oblicze miast i wielkich aglomeracji. W obszarach dużych miast tych kontynentów już kilku dekad następuje duży, niekontrolowany rozwój urbanistyczny, który jest podstawowym zagrożeniem dla rosnących bezustannie aglomeracji. Problemem są przedmieścia poza kontrolą władz komunalnych. Są to najczęściej szybko rosnące, przypadkowe i biedne struktury urbanistyczne. Najczęściej występującymi zjawiskami są tu bezrobocie, bieda, bezdomność, problemy socjalne, wykluczenie i wreszcie przestępczość dopełniają obrazu nieszczęść takich struktur. Struktury te można określać jako swoiste getto urbanistyczne.



Rys. 1. Dzielnica biednych w Mexico City



Rys. 2. Dzielnice bogatych w Mexico City

Slumsy mega miast są ich głównym zagrożeniem. Jednak i tu istnieją różnice. Centra dużych miast i obszary wokół nich są projektowane i realizowane przez znane nazwiska

i pracownie architektoniczne. Poza tym obszarem panuje jednak pełna dowolność. Zamożne, słodkie i polakierowane śródmieście nie przysłoni ogromu występujących tu problemów. Meksyk, Brazylia, Argentyna, Indie, Rosja, Chiny, Pakistan, RPA ale także Japonia i Stany Zjednoczone to beneficjenci tych problemów współczesnego świata.

Inaczej rysuje się świat bliskiego wschodu i północnej Afryki. Państwa bogate w ropę naftową próbują realizować swoje śmiałe plany urbanistyczno-architektoniczne (Dubaj, Arabia Saudyjska, etc.) budując świat tylko dla bogatych. Nie ma tam współczesnych osiedli mieszkaniowych dla warstw biednych czy średnich. Tylko Europa stara się realizować programy urbanistyczne dla wszystkich grup społecznych, choć to nie zawsze się udaje. Państwa bogatsze mogą więcej. Wielka Brytania, Niemcy, Francja, Norwegia, Szwecja, Dania to kraje które mają osiągnięcia w tej dziedzinie. Urbanistyczne doktryny takie jak new urbanism, urban villages, compact city, smart city, uzupełniane są działaniami w mniejszej skali takimi jak jednostka sąsiedzka, osiedle socjalne, cohousing czy mixed city. Ale powstawały też idee próbujące rozwiązać narastający problem demograficzny po koniec XX wieku. Takim pomysłem była arkologia. Arkologia to struktura miasta a raczej osiedla o bardzo wysokiej gęstości zaludnienia w budynku mieszkaniowo-usługowym o dużej wysokości dochodzącej do 1200 metrów. Termin ten stworzył architekt Paolo Soleri łącząc słowa architektura i ekologia. Struktury takie miały, w zamyśle autora, rozwiązać problemy przeludnienia i degradacji środowiska. Realizację swojej idei rozpoczął pod koniec XX wieku w centralnej Arizonie w USA. Implementacją tego pomysłu można nazwać najnowsze dzieło grupy Steven Holl Architects w Pekinie zrealizowane w latach 2003-2009. Kompleks zabudowy mieszkaniowo-usługowej Linked Hybrid o powierzchni 220 tysięcy metrów kwadratowych, zlokalizowany w sąsiedztwie centrum Pekinu, stworzył nową wartość przestrzeni miejskiej. Kompleks Linked Hybrid to "otwarte miasto w mieście". Cały kompleks to rozległa, trójwymiarowa przestrzeń miejska, w której budynki na ziemi, pod ziemią i nad ziemią są ze sobą ściśle połączone. Projekt promuje i wspiera relacje społeczne w megastrukturze architektonicznej, poprzez ułatwianie interaktywnych spotkań w pieczołowicie zaprojektowanej przestrzeni publicznej. W kompleksie Linked Hybrid mieszczą się 644 apartamenty mieszkaniowe, przedszkole, szkoła, strefa usług i handlu, podziemny parking, hotel, kino oraz przestrzenie publiczne w otwartej przestrzeni pomiędzy budynkami. Ponadto ogrzewanie zimą i chłodzenie latem bazuje na systemie 655 geotermalnym studni, dochodzących do 100 metrów głębokości.

Pozostałe państwa Europy starają się doganiać bogatszych. Polska ma w tej materii dużo do zrobienia. Najwięcej w tej kwestii jest do zrobienia w sprawie mieszkań dla rodzin najuboższych. Solidarność społeczna, jak już dawno udowodniono, się opłaca. Zapewnia stały i bezkonfliktowy rozwój. Jednak obecne czasy zaczynają poprzez swoje technologiczne znaczące zmiany wpływać na modele funkcjonowania społeczeństwa. Model oparty na rodzinie jako podstawowej jednostce społecznej jest wyraźnie nadwyreżony przez zyskujące na popularności nieformalne związki, w których do końca nie wiadomo jak ulokować prokreację. Społeczeństwa głodne sukcesu i dóbr materialnych nie mają problemu z prokreacją, a to prosta droga do ruchów rewolucyjnych. Nie da się utrzymać znacząco dużych różnic w bogactwie na dłuższą metę. Jak twierdzą ekonomiści połowa bogactwa współczesnego świata jest zgromadzone w rękach 85 osób. Tak więc Europa chcąc przetrwać w tym wyścigu musi stworzyć model lub modele zapewniające wsparcie dla najbiedniejszych kosztem najbogatszych, bez względu na to czy im się to podoba. Na razie wydaje się to być niemożliwe jednak kolejne ruchy rewolucyjne w różnych częściach świata, poczynając od Afryki a kończąc na Azji, być może zmienią stanowisko wielu z nas w tej sprawie. Znaczącą rolę w tym procesie odgrywają także ponadnarodowe koncerny

i grupy wpływu. Przekształcanie świata w interesie powyższych grup ciągle się dzieje i najbardziej narażeni na skutki takich działań są mieszkańcy krajów rozwijających się.

Zapoczątkowane w XX wieku gwałtowne tempo wzrostu liczby ludności na Ziemi nie rokuje dobrze idei miasta w ludzkiej skali. Howard stworzył model miasta ogrodu w 1898 roku. Była to koncepcja umożliwiająca dalszy kontrolowany rozwój miast w układzie koncentrycznym a zarazem pomysł polegający na zapewnieniu ich mieszkańcom warunków mieszkaniowych o dobrych cechach miejskich z równoczesnym zachowaniem walorów charakterystycznych dla terenów wiejskich. Koncepcja Howarda polegała na rozluźnieniu struktury żywiolowo narastających struktur przestrzennych miast poprzez budowę miast satelitarnych, tak zwanych miast-ogrodów, zlokalizowanych wokół miasta centralnego i połączonych z nim szybką komunikacją miejską.

Idea Howarda była kontrpropozycją na szybkie rozwijanie się, powstających na przełomie XIX i XX wieku, miast-molochów. Minęło przeszło sto lat od wydania przez niego „Garden Cities of Tomorrow”. W okresie tym powstało wiele realizacji wzorowanych na jego idei. Przeciwnicy tego pomysłu ciągle podnoszą sprawę rozluźniania miejskiej tkanki, odbierającej znaczenie ulicy w mieście jako wadę dyskredytującą całą ideę miast-ogrodów w naszej rzeczywistości. Zwolennicy idei miasta-ogrodu próbują realizować ideę mistrza w formie dzielnic-ogrodów czy osiedli-ogrodów.

Tymczasem w naszym świecie lawinowo rośnie liczba molochów urbanistycznych przekraczających 10 milionów mieszkańców. Być może współczesna struktura urbanistyczna tych miast gigantów mogłaby składać się z ogniw realizowanych na wzór miast-ogrodów. Na razie jednak nikt nie podjął tego tematu w skali wielkich miast. Trudno dzisiaj wyobrazić sobie 26 milionową aglomerację Tokio jako zespół miast-ogrodów. To samo dotyczy także pozostałych największych aglomeracji świata. Trudno sobie wyobrazić, że dzisiaj można by realizować w tym obszarze na dużą skalę miasta-ogrody. Najważniejszym problemem jest tam bieda i błyskawicznie rosnące tempo wzrostu liczby ludności. Podobnie rzecz ma się w Afryce i Ameryce Południowej.

Polem do eksperymentów w tej dziedzinie pozostaje więc tylko Europa i Ameryka Północna. Być może jest to najlepszy czas na tego typu przekształcenia, ponieważ kontynenty te stać na takie przemiany, a poza tym liczba ludności nie rośnie tu tak gwałtownie jak gdzie indziej. Demografowie ONZ nie przewidują powstania, w najbliższych 30 latach, znaczącej liczby miast 10 milionowych w Europie. Siatka miast kontynentu europejskiego jest bogata w miasta małe i średnie. Fakt ten może być szansą na udane zmiany struktur miejskich tego obszaru, zmierzające do uczynienia ich przyjaznymi dla mieszkańców.

Bez wątpienia wiadomo już, że ogromne anonimowe struktury urbanistyczne są źródłem patologii miejskich. Szukanie współczesnej idei kształtowania struktury urbanistycznej miasta przyjaznego jego mieszkańcom, musi zacząć się od określenia pakietu podstawowych działań spajających podstawowe, lokalne grupy sąsiedzkie. Pomocne byłoby tu ustalenie zestawu aktywności społecznych mieszkańców miasta, prowadzących do poczucia wspólnoty celów i interesów, jakie występują w mniejszych miastach. Personalizacja problemów przestrzennych i wyraźne określenie granic prywatności przestrzennej, mogą być podstawą do uściślenia założeń wyjściowych współczesnej idei miasta przyjaznego mieszkańcom [1].

3. Miasta Polski

Obecnie w Polsce, obok chęci koncentrowania się ludności w miastach, stale obserwujemy zjawisko powiększania się obszarów miejskich poprzez osiedlanie się ludności na

terenach podmiejskich. W wielu rozwiniętych krajach największy wzrost zaludnienia zaobserwowano na obszarach peryferyjnych, bezpośrednio sąsiadujących z obszarami metropolitarnymi, przy równoczesnym spadku liczby mieszkańców w obszarach centralnych. Jest to tendencja wynikająca z faz rozwoju struktury miejskiej. Fazy te to urbanizacja, suburbanizacja, dezurbanizacja i reurbanizacja. Miasta polskie balansują w obszarze wyznaczonym przez suburbanizację i dezurbanizację. Reurbanizacja jest jeszcze przed nami. W dalszym ciągu charakterystyczne dla naszej rozwijającej się gospodarki rynkowej jest zjawisko rozlewania się zabudowy. Powodem tego jest fakt, że z jednej strony duże skupisko ludzkie daje możliwość czerpania wyższych korzyści majątkowych, uzyskania wyższej pozycji społecznej, większą swobodę w wyborze pracy, usług i atrakcji, a z drugiej strony rozwój motoryzacji z silnie zakorzenionym w naszym społeczeństwie poczuciem niezależności, jakie daje samochód, przy jednoczesnej chęci spełnienia marzeń o własnym domku z ogródkiem powoduje „rozlanie się” obszarów miejskich na tysiące hektarów. W końcu mieszkańcy miast w miarę powiększania się dostępu do komunikacji zbiorowej i indywidualnej przenoszą się w kierunku peryferii ze względu na lepsze warunki mieszkaniowe.

Kolejny aspekt jaki należałoby uwzględnić to malejący przyrost naturalny. Starzenie się społeczeństwa bardziej dotyka mieszkańców centralnych części miast, przy jednoczesnym stosunkowo mniejszym ubytku ludności na obszarach przyległych. Wreszcie widoczne są także procesy przemieszczania się lokalizacji usług w szczególności handlu, które tradycyjnie kojarzone były z centrami miast i ucieczki na peryferia. Nowe zespoły usługowe lokalizują się wzdłuż najważniejszych arterii, a nawet w strefach zewnętrznych miasta w całkowitym oderwaniu od stref zabudowanych. Fakt ten wynika z wielkości wolnego terenu, jakiego wymagają obecne obiekty handlowe, zapewnieniu tysięcy miejsc postojowych oraz łatwości dojazdu drogami o dużych przepustowościach. Powstające więc na obszarach peryferyjnych zespoły usługowe tworzą wręcz nowe centra aglomeracji, notabene nazywane właśnie centrami.

Często obecne trendy osadnicze nazywa się wręcz dekoncentracją. Pomimo przesuwania się działań inwestycyjnych na obszary peryferyjne miast Polski nie możemy tej tendencji traktować do końca jako ucieczki przed miastem, a więc chęcią koncentracji. Miasto bowiem w dalszym stopniu zapewnia największy rynek pracy i usług, rozwiniętą infrastrukturę, zewnętrzne korzyści wspólnej lokalizacji. Oznacza to więc, że zjawisko to jest swego rodzaju przekształceniem istniejącej struktury miejskiej z jednoczesnym powiększeniem zespołu osadniczego. Warto w tym miejscu zastanowić się raz jeszcze nad granicą powiększania takiego układu.

Liczba miast w Polsce, w okresie lat 1945-2000 zmieniała się dość znacznie. W pierwszym okresie po wojnie wiele miast na skutek zniszczeń wojennych i strat ludnościowych powstałych w wyniku różnorodnych czynników straciło swoje prawa miejskie. W 1945 roku istniało w Polsce 751 miast, ale już w 1950 tylko 705. W następnym okresie systematycznie rosła liczba miast osiągając w 1965 roku liczbę 789. W 1954 roku, powołano do życia tak zwane osiedla, twór pośredni pomiędzy wsią a miastem [4, s.20-21]. Osiedla były odpowiedzią na ideologiczną industrializację kraju i powstawały najczęściej w powiązaniu z szybko rozwijającym się przemysłem. W 1960 roku było ich aż 143. Czas osiedli skończył się w 1972 roku i w statystyce, w której osiedla sumowano z miastami, na chwilę liczba tych drugich zmalała gwałtownie.

W tym czasie nastąpiło zmasowane dążenie do uzyskania statusu miasta i wiele osiedli go uzyskało. W tej grupie znalazła się także część miast o historycznym wielowiekowym rodowodzie, które utraciły prawa miejskie w 1945 roku a teraz je odzyskiwały na fali

szybkiego przyrostu ludności. W 1975 roku w Polsce było 810 miast. W 1980 roku ich liczba zmalała do 804 ale już w 1985 było ich 812 [2]. Proces systematycznego wzrostu liczby miast trwał aż do lat dziewięćdziesiątych. W okresie od 1990 roku liczba miast zwiększyła się o 50 osiągając w 2000 roku wielkość 880. Najwięcej nowych miast pojawia się w grupie miast o liczbie mieszkańców poniżej 5 tysięcy. Na 50 nowych miast powstałych w tym okresie 30 to miasta najmniejsze. W pozostałych grupach sytuacja zmieniała się w zależności od lokalnej sytuacji demograficznej. Obecnie mamy 913 miast w Polsce (stan na 1 stycznia 2014 roku). W tej grupie najwięcej jest miast małych do 20 tysięcy mieszkańców, bo aż 685. Miast średnich jest 184, a dużych powyżej 100 tysięcy mieszkańców mamy 39.

W ostatnim czasie w miastach polski zaczyna występować coraz wyraźniej zjawisko starzenia się populacji jego mieszkańców. Równolegle maleje liczba urodzeń i liczba dzieci w wieku 0-14 lat. Maleje także udział osób w tak zwanym wieku mobilnym, to jest pomiędzy 18 a 44 rokiem życia. Zjawisko to wskazuje na proces starzenia się społeczeństwa, który w większym stopniu dotyka miast niż wsi. Zjawiska powyższe są także pochodną spadku przyrostu naturalnego w Polsce. Drastyczne zwolnienie tempa wzrostu liczby ludności miejskiej wiąże się z utrwalającą się tendencją przewagi liczby zgonów nad liczbą urodzeń, a także ujemnego salda ruchów migracyjnych w miastach.

Kolejnym fenomenem jest obserwowany od 1990 roku wzrost udziału kobiet w strukturze ludności miejskiej. Współczynnik feminizacji od końca lat pięćdziesiątych do roku 1991 był stabilny i wynosił 108 kobiet na 100 mężczyzn. W latach 1992-1999 wynosił on już 109 a w roku 2010 osiągnął poziom 110 kobiet na 100 mężczyzn.

Procesy demograficzne, o których wspomniano powyżej jednoznacznie utwierdzają nas w przekonaniu, że miasta Polski niespecjalnie mogą liczyć na przyrost liczby mieszkańców. Niepokojąco malejący współczynnik rzeczywistego przyrostu ludności w Polsce, starzenie się społeczeństwa i ucieczka z dużych ośrodków miejskich na tereny podmiejskie niezbyt optymistycznie rokuje przyszłości Polskich miast.

Polska sieć osadnictwa miejskiego, nierozzerwalnie związana z tradycją europejską, bazuje na sieci miast tworzonej na przestrzeni niemal tysiąca lat. Proces urbanizacji naszej przestrzeni narodowej zapoczątkowany w średniowieczu, w skali dostosowanej do wielkości i znaczenia Polski na arenie europejskiej, przebiegał bardzo podobnie do tego co działo w najbardziej rozwiniętych krajach Europy. Polska sieć miejska, ukształtowana w znacznym stopniu w średniowieczu, okresy przyspieszonego rozwoju przeżywała podobnie jak gdzie indziej, czyli w czasie ery industrialnej. Procesy te zapoczątkowane w XIX wieku były trochę późniejsze w naszej części Europy. W tym też czasie w sposób bardziej znaczący wzrastała liczba ludności polskich miast. Dodatkowym zawirowaniem w rozwoju miast były lata powojennej, socjalistycznej, wtórnej industrializacji Polski, powodując kolejny skokowy przyrost liczby ludności miejskiej. Procesy te nie zmieniły jednak w istotny sposób wielkości przeważającej liczby miast Polskich. Miasta milionowe są dla nas w dalszym ciągu zjawiskiem wyjątkowym a miasta duże w Polsce to także ośrodki stu i dwustutysięczne.



Rys. 3. Współczesna urbanistyka miast średniej wielkości w Polsce

Jednocześnie trzeba założyć, że zjawiska te ulegną zmianie i w najbliższej przyszłości powstanie przeciwna fala migracyjna: ze wsi do miast. Fala ta, zrodzona w oparciu o procesy restrukturyzacyjne w rolnictwie, wymusi rozwój miast. Które miasta przejmą tych mieszkańców i w jakim przedziale czasowym to nastąpi, nie da się dzisiaj ustalić. Zakładając jednak, że tendencje rozwojowe miast budowane w oparciu o to zjawisko zaistnieją i będą trwałe, największe szanse na znaczące przyrosty liczby mieszkańców będą

miały najprężniejsze miasta małe i średnie. Miasta, które są najbliżej wsi i zapewniają najbliższe warunkom wiejskim standardy osiedlania się. Nie bez znaczenia w tym procesie będzie dokonywana przez potencjalnych mieszkańców ocena poziomu odczuwania stopnia ich małomiejowości. Dzisiaj coraz bardziej docenia się rolę kulturowego dziedzictwa miast i dokonuje prób ich rozwoju do granic zakreślonych umowną i nieostrą barierą przyjaznego mieszkańcom środowiska. Największą szansą może być natomiast wyprzedzenie cywilizacyjne i oparcie rozwoju miasta o europejskie trendy rozwoju ośrodków miejskich jakimi są:

- Inwestowanie w cywilizację informacyjną, w której ludzie, ich kwalifikacje, postawy i sposób organizowania się stają się główną siłą rozwoju, a dotychczasowe rozmieszczenie surowców i majątku odgrywa coraz mniejszą rolę,
- Dbanie o ekorozwój jako wyznacznik cywilizacyjny rozwoju otaczającego nas środowiska miejskiego, w holistycznym, czyli całościowym i systemowym pojmowaniu kształtowania zjawisk przyrodniczych, społecznych oraz gospodarczych.

4. Podsumowanie

Obecny postęp techniczny, wyrażający się przede wszystkim gwałtownym rozwojem informatyki i telekomunikacji, zwiększa łatwość oraz szybkość przepływu danych i informacji. Sprzyja to trendom lokalnej, niezależnej od wielkości ośrodka polaryzacji w przekształceniach urbanistycznych. Łatwość w utrzymywaniu stałego kontaktu i wymiany danych pomiędzy mieszkańcami różnych jednostek osadniczych sprawia, iż miejsce przebywania osoby, w rozumieniu jej miejsca zamieszkania, staje się powoli zjawiskiem drugorzędym i nieistotnym przy prowadzeniu wielu działalności gospodarczych. Coraz bardziej widoczny staje się wzrost liczby osób pracujących w swoim miejscu zamieszkania, a więc i sposób kształtowania oraz lokalizacji miejsca pracy musi ulegać znacznym przekształceniom. Powyższe tendencje sugerują, iż ruch związany z dojazdami do pracy być może zostanie w następnych latach w jakimś stopniu zredukowany.

W krajach dynamicznie zwiększających liczbę ludności, takich jak Chiny, Indie, Brazylia, Meksyk, inaczej kształtują się potrzeby mieszkaniowe i inaczej realizuje się politykę urbanistyczną. W tych rejonach potrzeby mieszkaniowe są ogromne. Brak kontroli państwa oraz ogromne rozwarstwienie ekonomiczne powodują powstawanie niekontrolowanego rozszerzania się strefy zurbanizowanej w formie przypadkowo i gęsto zabudowywanych przedmieść, gdzie panuje bieda i różne patologie. Zaspokojenie potrzeb mieszkaniowych jest więc trudne albo wręcz niemożliwe do zrealizowania. Szuka się więc mechanizmów które pozwolą na zapewnienie mieszkań chociaż części klasy regularnie pracującej mającej własne oszczędności. Tak powstają koncepcje mega zespołów zabudowy mieszkaniowej, dla kilkunastu lub nawet kilkudziesięciu tysięcy mieszkańców ulokowanych w wysokich kilkudziesięciometrowych budynkach, połączonych strukturami usługowymi głównie w najniższych kondygnacjach i łącznikami na wyższych.

Zjawisko to nie występuje w takiej skali w krajach demokracji i dobrobytu. Cywilizacje zachodnie w obecnej dobie stawiają na ekologię i zrównoważony rozwój ze znaczącym udziałem partycypacji społecznej przyszłych użytkowników budowanych struktur. Odzwierciedla to w znaczący sposób znane nam modele funkcjonowania społeczeństwa. Jest to model oparty na rodzinie i grupach społecznych budowanych z jej udziałem. Efektem takiego podejścia jest zwracanie uwagi na potrzeby dzieci, młodzieży oraz osób starszych i niepełnosprawnych. Polityka solidarności społecznej w dalszym ciągu jest żywym elementem takiego modelu. Przeciwnieństwem jest model korporacyjny nastawiony na poświęcenie się głównie pracy, lansujący tezę, że pracodawca i jego pracownicy to

rodzina, która musi spędzać ze sobą jak najwięcej czasu. Prowadzi to do zmiany sposobu funkcjonowania społeczeństwa. Tak zwane pokolenie Y na zachodzie już od wielu lat, a w Polsce od początku XXI wieku zapoczątkowało zmiany w funkcjonowaniu obowiązujących dotąd modeli socjologicznych. Coraz więcej mamy tak zwanych singli. Jeżeli tworzą się pary to nie legalizują one swojego związku a ponadto nie zawsze są to pary heteroseksualne. Wyraźnie zmniejsza się także liczba urodzeń, tak zwana dzietność. Jednak to nie koniec zmian jakie nas spotkają w przyszłości. Oprócz zmian socjologicznych pojawią się także zmiany sposobu życia wynikające z postępu wiedzy i technologii. Zwiększający się udział osób pracujących za pośrednictwem Internetu zmieni potrzeby komunikacyjne związane z przemieszczaniem się w mieście. Nieograniczone możliwości kontaktowania się za pomocą mediów telekomunikacyjnych i Internetowych zmieni także sposób rekreacji wypoczynku oraz rozrywki. Jak wpłynie to na socjologiczny model funkcjonowania zamożnych społeczeństw cywilizacji zachodniej jeszcze w pełni nie wiemy. Na pewno rola komunikacji bezpośredniej, nazwijmy ją analogowej, zmniejszy się na korzyść komunikacji cyfrowej, zbudowanej w oparciu o najnowocześniejsze technologie IT. Wpłynie to znacząco na sposób budowania i funkcjonowania miast. Zabudowa zacznie przypominać wielkie mrowiska czy raczej megastruktury, które mogą powstawać wszędzie, nawet poza Ziemią.

W Europie, ale także w USA dominują inne tendencje. Nie są one identyczne w obu krajach, ale główne przesłanki i uwarunkowania kształtowania struktur urbanistycznych są podobne. Stary kontynent jest bardziej skłonny dążyć do budowania struktur opartych na idei solidarności społecznej. Społeczeństwo osadników i traperów zdobywających swoją małą ojczyznę z rąk rdzennych jej mieszkańców i dzikiej przyrody, nie jest skłonne do pozbywania się jakiegokolwiek skrawka swojej wolności, nawet w imię solidarności społecznej. Rodzi to określone konsekwencje urbanistyczne, ale paradoksalnie to tam zrodziła się tak popularna w XX wieku idea osiedla społecznego, jako reakcja na anonimowe, uniformizowane na struktury powstające na obrzeżach szybko rosnących, dużych miast Stanów Zjednoczonych. Europa lansuje idee ekologiczne i równoważące rozwój.

Rejestrowane w świecie i w Europie zjawiska zwiększania tempa urbanizacji w oczywisty sposób muszą dotykać także naszego kraju. Procesy te przebiegają i w przyszłości prawdopodobnie będą przebiegać u nas w podobny sposób jak w Europie i zupełnie inaczej niż w pozostałych częściach świata. Tempa wzrostu liczby ludności w świecie, Europie i Polsce różnią się od siebie znacznie. Liczba ludności świata rośnie bardzo dynamicznie, natomiast liczba ludności Europy a w tym i Polski, w najbliższych dziesięcioleciach według prognoz demograficznych światowych i polskich będzie maleć.

Literatura

- 1 Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Thematic Strategy on the Urban Environment, Commission of the European Communities, Brussels, 2006, <http://ec.europa.eu/>;
- 2 Miasta w liczbach, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2000;
- 3 International Trade and Market Access Data, The World Trade Organization, 2013; www.wto.org;
- 4 Statystyka miast i osiedli 1945-1965, GUS, Warszawa, 1967;
- 5 World Urbanization Prospects, The 2011 Revision, United Nations, New York, 2012;
- 6 World Urbanization Prospects: The 2001 Revision, United Nations, New York, 2002;
- 7 United Nations Demographic Yearbook 2012, United Nations/Nations Unies, New York, 2013.

The specificity of contemporary urban areas and trends in their shaping

Robert Masztalski

*Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Wrocław University of Technology,
e-mail: robert.masztalski@pwr.edu.pl*

Abstract: Current technical progress, expressing mainly the rapid development of information technology and telecommunications, increases the ease and speed of information flow. Ease of maintenance of regular contact and exchange between people living in different urban areas makes the locus of the person, defined as the place of residence, slowly become a phenomenon secondary and unimportant while conducting many activities. These trends suggest that traffic commuting to work may be in the next few years to some extent reduced. In countries with the rapid increase in the number of population, such as China, India, Brazil and Mexico, the housing needs are shaping itself otherwise and otherwise an urban policy is implemented. In these areas, housing needs are enormous. Lack of control of the state and huge economic stratification gives rise to uncontrolled expansion of the urbanized area in the form of randomly and densely built suburbs, where there is poverty and various pathologies. Europe, but also the U.S. are dominated by the ecological ideas of ecological and the ones that balance the development of urban structures at the local scale. They are not identical but the main reasons and considerations shaping urban structures are similar, except that the old continent is more inclined to build structures based on the idea of social solidarity.

Keywords: global urbanization, ecological urban structures, sustainable city, metropolitanisation, urban community

Problemy utrzymania miejskich zasobów budowlanych

Zbigniew Władysław Paszkowski

*Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego, Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
e-mail: zbigniew.paszkowski@gmail.com*

Streszczenie: Miejskie zasoby budowlane w Polsce są w stanie daleko posuniętej degradacji środowiskowej, przestrzennej i społecznej, a ich należyte utrzymanie jest jednym z większych problemów gmin i jednym z największych wyzwań dla polityki mieszkaniowej w Polsce. Brak odpowiedniego inwestowania w utrzymanie zasobów budowlanych wobec procesu ich niszczenia w wyniku normalnego zużycia oraz skutków awarii i zaniedbań bieżących remontów, doprowadził do zjawiska tzw. „luki remontowej”. Dziś miejska zabudowa komunalna to przeważnie zabudowa mieszkaniowa, która w 50% z racji wieku i zużycia nie nadaje się do zamieszkania i powinna być poddana gruntownym remontom kapitalnym lub wymieniona na nową. Poważnym problemem są również budynki wielorodzinne budowane w technologii uprzemysłowionej w latach 70. i 80. Mimo przedłużeniu ich żywotności dzięki termorenowacji, tracą one swą wartość starzejąc się „moralnie”. Aktualna polityka miejska zmierza do reurbanizacji i idei miasta zwartej, choć jednocześnie w planach rozwoju miast przeznacza się pod zabudowę wiele nowych terenów obrzeżnych. Możliwość opanowania problemów związanych z utrzymaniem miejskiej zabudowy w należytym stanie użytkowym i estetycznym wiąże się z koniecznością wzmocnienia miejskiej polityki reurbanizacyjnej i rewitalizacyjnej, powiązanej ze skuteczną realizacją systemów budownictwa socjalnego, zamiennego i tymczasowego oraz z koniecznością poprawy jakości i atrakcyjności istniejącego środowiska miejskiego, w tym wdrożenia skutecznego procesu sukcesywnej i skoordynowanej wymiany zabudowy zdekapitalizowanej.

Słowa kluczowe: miasto, reurbanizacja, zasoby budowlane, zabudowa mieszkaniowa, polityka miejska, rewitalizacja

1. Wprowadzenie

Zagadnienie utrzymania miejskich zasobów budowlanych w miastach polskich staje się coraz bardziej palącym tematem dotykającym wielu dziedzin: polityki miejskiej, polityki społecznej, budownictwa, architektury i urbanistyki, planowania przestrzennego, a także socjologii, demografii i innych dziedzin zajmujących się kondycją społeczeństwa i przestrzeni przez nie zamieszkiwanej. Kumulacja negatywnych tendencji i zjawisk doprowadziła do wielowarstwowej degradacji polskich miast, miasteczek i wsi. Częściowo skalę tej degradacji spróbowano określić w Instytucie Rozwoju Miast, w ramach projektu badawczego zamawianego pt. „Rewitalizacja polskich miast jako sposób zachowania dziedzictwa materialnego i duchowego oraz czynnik zrównoważonego rozwoju”¹. W podsumowaniu analizy dotyczącej wielkości obszarów zdegradowanych wymagających

¹ PBZ-MNISW-4/3/2006

rewitalizacji W. Jarczewski podał wielkość 120254,7 ha powierzchni terenów zdegradowanych w Polsce, obejmujących stare dzielnice śródmiejskie (51,8%), blokowiska (12,4%), tereny przemysłowe (20%), tereny powojkowe (3,3%) tereny pokolejowe (12,5%). Nie są to tereny niezamieszkałe. Ogółem obszary zdegradowane zamieszkuje 4,3 mln mieszkańców, co stanowi 25% wszystkich mieszkańców miast. Zdaniem Jarczewskiego, realna powierzchnia terenów przemysłowych może obejmować nawet 40 tys. ha, czyli 2 razy większy obszar, niż wynika to z przeprowadzonych badań ankietowych. Te orientacyjne liczby ukazują skalę problemu. Wiadomo również, że wielkość obszarów zdegradowanych ma dynamiczny charakter - ulega zarówno powiększeniu na skutek dalszego pogłębiania się gospodarczej recesji, jak i zmniejszeniu dzięki wprowadzaniom projektów rewitalizacyjnych. Niemniej jednak wszystkie miasta w Polsce borykają się w różnym stopniu i zakresie z masowym problemem degradacji zasobów zabudowy, w tym zwłaszcza mieszkaniowej oraz z koniecznością podejmowania działań remontowych i rewitalizacyjnych na dużą skalę. Odrębnym lecz równie istotnym problemem z uwagi na swą masowość jest degradacja wsi – zarówno w zakresie jej zasobów budowlanych, jak i zasad funkcjonowania osiedli wiejskich.

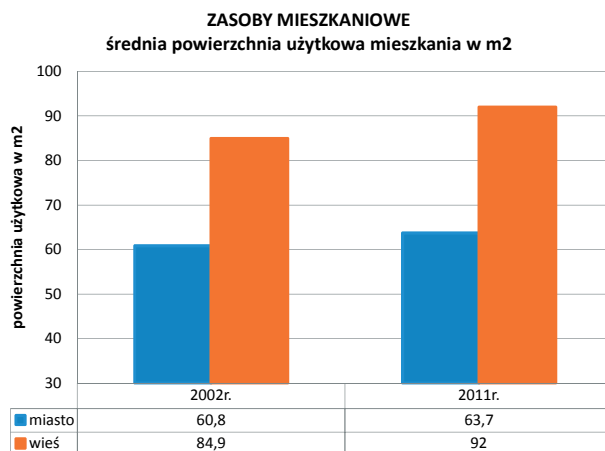
W kontekście problematyki związanej z utrzymaniem miejskich zasobów budowlanych sprawą szczególnie istotną jest zabudowa mieszkaniowa, wynikająca z jej ilości oraz z ustawowej konieczności zapewnienia przez gminy lokali mieszkalnych swoim mieszkańcom (mieszkania komunalne, zastępcze, socjalne). Waga tematu polega na stopniowym kumulowaniu się zaniedbań, zaniechań i krótkowzrocznej (kadencyjnej) polityki miejskiej, jak również negatywnych konsekwencji przyjętych zasad prawnych dotyczących korzystania, władania i finansowania remontów zasobów komunalnych w miastach. Oddzielną kwestię stanowią także błędy techniczne wynikające ze stosowania w prowadzonych pracach remontowych materiałów budowlanych o niskiej jakości i wadliwych technologii. W rezultacie rośnie zapotrzebowanie na przeprowadzanie remontów generalnych lub wymianę zabudowy, co generuje wzrastające zapotrzebowanie na mieszkania zastępcze i socjalne. Obserwowane są też niekorzystne zjawiska społeczne – migracji wewnątrzmięjskich i segregacji mieszkańców pod względem ich zasobności majątkowej: powstawanie dzielnic biedy (zjawisko slamizacji) w miastach, z jednej strony i wzrost popularności osiedli zamkniętych, enklaw willowych z drugiej. Współczesna zabudowa miejska, szczególnie powstająca na obrzeżach miast, to na ogół zbiór niepowiązanych ze sobą kompozycyjnie i przestrzennie obiektów architektonicznych, tworzących wrażenie przestrzennego chaosu, które potęgowane są przez komercjalizację przestrzeni miejskiej (nadmiar reklam, zawłaszczanie przestrzeni publicznej przez podmioty komercyjne), co powoduje odczucie chaosu przestrzennego i nieładu. Tym większą rolę jako elementów miejskiej tożsamości przypisuje się zwartym, komponowanym zespołom zabudowy historycznej, stanowiącym o ich historii, skali i wartości. Zespoły te jednak w dużej mierze wymagają natychmiastowych interwencji remontowych i rewitalizacyjnych.

2. Analiza struktury zasobów mieszkaniowych

2.1. Wielkość komunalnych zasobów mieszkaniowych

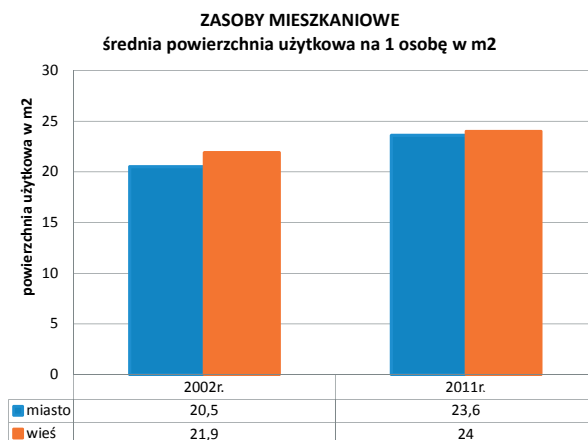
Zasoby mieszkaniowe kraju liczyły na koniec grudnia 2012 13,7 mln mieszkań, o łącznej powierzchni użytkowej 999,7 mln m², o 52,3 mln izb. Z tej liczby w miastach znajduje się 9,3 mln mieszkań o pow. 691,7 mln m² o 33,1 mln izb. W pięciu największych miastach w Polsce (Warszawa, Kraków, Łódź, Wrocław i Poznań) mieszka 18,7% ludności

miejskiej i znajduje się 22,5% mieszkań spośród wszystkich zasobów miejskich². Wskaźnikiem jakości warunków mieszkaniowych jest powierzchnia użytkowa przypadająca na 1 mieszkańca. W roku 2012 wynosiła ona w Polsce przeciętnie 25,9 m²/mk, przy czym w miastach wskaźnik ten wynosił 25,4 m²/mk a na wsi 26,8 m²/mk. Zaobserwować można też różnice regionalne – w województwie warmińsko mazurskim 22,9 m²/mk, a w województwie mazowieckim 28,4 m²/mk.



wg. Rocznika statystycznego 2013 tab. 11(226)

Rys. 1. Przyrost średniej powierzchni użytkowej mieszkań w latach 2002-2012. Oprac. autora na podst. Rocznika Statystycznego 2013, tab. 11(226)



Rys. 2. Przyrost średniej powierzchni użytkowej na osobę w m² w latach 2002-2011. Oprac. autora na podst. Rocznika Statystycznego 2013, tab. 11(226)

2.2. Struktura wiekowa budynków mieszkalnych

Na przykładzie gminy miasto Szczecin można zobrazować charakterystyczną strukturę wieku lokali mieszkalnych znajdujących się w zasobach gminnych. Miasto Szczecin

² Gospodarka mieszkaniowa w 2012 r., GUS, Warszawa listopad 2013

posiada 1163 budynki mieszkalne stanowiące własność gminy. Aż 56% tych budynków powstało przed I wojną światową, a 77,9% do roku 1945, a tylko ok. 22% po II wojnie światowej. Przeciętny wiek budynków znajdujących się w zasobach komunalnych Szczecina wynosi 90 lat i w większości ich lokalizacje koncentrują się one w śródmieściu³. Na skutek prywatyzacji maleje ilość mieszkań będących własnością gmin. Nie znaczy to jednak, że zmniejsza się problem z utrzymaniem stanu technicznego mieszkań i budynków. Stan techniczny tych zasobów jest niski. W 2006r. 73,5% mieszkań było ogrzewanych piecami na paliwo stałe, a 14% mieszkań nie posiadało łazienki i wc w obrębie lokalu. 880 mieszkań komunalnych to lokale wspólne. Niski standard i zły stan techniczny lokali potwierdzają minimalne stawki czynszowe stosowane w ok. 85% lokali. Czynsze minimalne w oczywisty sposób nie rekompensują nakładów koniecznych do poniesienia na rosnące potrzeby remontowe.



Rys. 3. Widok ulicy Monte Cassino w śródmieściu Szczecina w obszarze rewitalizacji. Fot. autora

2.3. Systematyka chronologiczna miejskich zasobów budowlanych

Tematyka „miejskich zasobów budowlanych” jest niezwykle szeroka i obejmuje praktycznie wszystkie rodzaje zabudowy z różnych okresów. Na wstępie warto dokonać pewnej uproszczonej systematyki, która ma swoje bezpośrednie odniesienie do tematu niniejszego referatu.

Pierwszą grupę zasobów budowlanych miast stanowią ich **zespoły zabudowy historycznej**, objęte ochroną konserwatorską w formie rejestru obiektów zabytkowych i ewidencji zabytków. Grupa ta znajduje się pod kontrolą konserwatorską, co ma zarówno dobre, jak i złe strony. Jako pozytywną stronę tej sytuacji należy traktować opiekę merytoryczną i w niektórych przypadkach pomoc finansową w utrzymaniu zasobu budowlanego, pracach konserwatorskich i remontowych. Mankamentem tej sytuacji jest obawa inwestorów przed potencjalnym „paraliżem” inwestycyjnym, w sytuacji, gdy cele

³ Mieszkaniowy zasób Gminy Miasto Szczecin – diagnoza stanu istniejącego, załącznik do uchwały Nr LX/1123/06 Rady Miasta Szczecin z dnia 25 lipca 2006r. w sprawie wieloletniego programu gospodarowania zasobem mieszkaniowym Gminy Miasto Szczecin na lata 2006-2011.

inwestycyjne właściciela rozmiągają się doktryną konserwatorską i pragmatyką stosowaną w wojewódzkich urzędach konserwatorskich. W tych przypadkach dochodzi często do wieloletnich zaniedbań substancji obiektu zabytkowego i jego biologicznej destrukcji. Jak wiadomo powszechnie, zabytki najlepiej chroni ich właściwe użytkowanie. Jego brak to dla wielu obiektów wyrok destrukcji.

Drugą grupę zasobów budowlanych tworzą obiekty i **zespoły zabudowy przełomu wieków XIX i XX**, ujęte w pewnym zakresie w ewidencji gminnej zabytków, ale poprzez swoją masowość nie stanowiące obiektów kwalifikujących je do pełnej ochrony konserwatorskiej. Mam tu na myśli głównie zabudowę mieszkaniową z okresu II połowy wieku XIX i początku wieku XX, która stanowi w wielu miastach podstawową tkankę śródmiejskiej zabudowy historycznej. Jakość tej zabudowy jest zróżnicowana, lecz geneza budowy miast w tym okresie, głównie jako konieczność zapewnienia mieszkań rosnącej klasie robotniczej migrującej ze wsi do miast, nie reprezentuje zbyt wysokiego poziomu techniki budowlanej. Wśród tej zabudowy trafiają się jednak obiekty wysokiej klasy, miejskie pałace, budynki reprezentujące styl neoklasycy, neobarokowy czy secesję (Jugendstil). Niektóre z nich reprezentują wysoki poziom sztuki budowlanej, rozwinięte formy detalu i dekoracji i również wpisane są na ogół do rejestru zabytków.

Trzecia grupa to **zabudowa międzywojenna**. W grupie tej znajduje się wiele interesujących obiektów wczesnego modernizmu, ale również obiektów stanowiących kontynuację zabudowy kwartałowej z przełomu XIX i XX wieku. Jakość zabudowy międzywojennej jest w większości bardzo dobra, wykonana z trwałych materiałów i przez dobrych rzemieślników budowlanych.

Grupa czwarta to **zabudowa okresu powojennej odbudowy kraju 1945 -56**. W tej grupie mamy zarówno obiekty, które podlegały odbudowie (rekonstrukcji), obiekty w stylu historycznym (w tym również budowane w duchu realizmu socjalistycznego). Ich jakość była na ogół dobra, oparta o tradycyjne techniki w budownictwie, mimo trudności w uzyskaniu dobrych materiałów budowlanych.

Grupa piąta to **zabudowa modernistyczna** (funkcjonalistyczna) okresu od 1956 do końca lat 60., czyli w okresie gomułkowskim. Tworzenie nowego państwa socjalistycznego wymagało innego (nie-burżuazyjnego) podejścia do architektury i urbanistyki. Modernizm był dobrym narzędziem dla uprawiania tej polityki, jednocześnie dawał szansę na zaspokojenie rosnących potrzeb mieszkaniowych rozwijającego się społeczeństwa polskiego. Typizacja, nowe techniki przy brakach materiałowych i braku doświadczeń w tego typu zabudowie spowodowały, że jakość budynków z tego okresu jest niewysoka, a ich remontowanie w wielu przypadkach traci sens z uwagi na rozrzutność w zagospodarowaniu przestrzeni (grunty w większości były państwowe, czyli niczyje, bez relacji do ich rzeczywistej wartości).

Grupa szósta to **zabudowa wielkopłytowa**, uprzemysłowiona, realizowana głównie w latach 70. i 80. w postaci osiedli podmiejskich (sypialni) dla dużych ośrodków przemysłowych i miast, wg typowych dokumentacji projektowych. To już zupełnie inna kategoria zasobów miejskich o specyficznym zestawie problemów urbanistycznych, społecznych i technicznych. Ich jakość w oczywisty sposób dziś pozostawia wiele do życzenia. Mimo to w tej grupie nie obserwuje się pustostanów, ani nie następują procesy wyburzeń osiedli wielkopłytowych, jak ma to miejsce w innych krajach. Jest to zastanawiające⁴. Wyjaśnieniem jest permanentny deficyt mieszkań dostępnych dla przeciętnego Polaka, co powoduje,

⁴ Korzeniewski W. O problemie przydatności użytkowej zasobów mieszkaniowych w budynkach z wielkiej płyty zbudowanych przed rokiem 1990, Przegląd Budowlany 10/2011

że „zasoby mieszkaniowe nawet o najniższej wartości użytkowej i zdekapitalizowane nie stają się pustostanami”⁵.

Grupa siódma to **współczesna architektura miejska** realizowana od lat 90. do chwili obecnej – architektura wolności, realizowana przez deweloperów, osoby prywatne, a także spółdzielnie mieszkaniowe i TBS-y⁶. Zabudowa ta ma coraz lepsze parametry jakościowe, lecz realizowana jest w znacznie mniejszej ilości w porównaniu do boomu osiedlowego z lat 70.

Jeśli spojrzeć na statystykę ilości obiektów w poszczególnych grupach wiekowych, to wyraźnie widać, że zdecydowana większość zasobów zabudowy mieszkaniowej posiadanej przez gminy, w tym mieszkań komunalnych, socjalnych, ma średnio ok. 90 lat (przykład Szczecina). W większości też, obiekty te budowane były dla zaspokojenia szybko rosnących potrzeb mieszkaniowych w okresie dynamicznego rozwoju przemysłowego. Jakość i trwałość ich konstrukcji, z użyciem wielu elementów z drewna, pozostawiała już wówczas wiele do życzenia. Dziś stan większości z tych obiektów jest katastrofalny.

3. Problemy gminnej gospodarki mieszkaniowej

3.1. Wskaźniki rozwojowe w zasobach komunalnych

Jak już zostało wspomniane na wstępie, zgodnie z analizą przeprowadzoną w 2009 r. przez Instytut Rozwoju Miast, odsetek obszarów zdegradowanych w terenach zainwestowanych i zurbanizowanych w polskich miastach sięgał ok. 21%, co odpowiadało ok. 120 tys. ha powierzchni tych terenów. Ponad połowa tej wielkości odnosiła się do starych dzielnic śródmiejskich, a 20% do terenów poprzemysłowych. Ogółem tereny zdegradowane zamieszkiwała znaczna ilość mieszkańców miast, bo aż ok. 25%, przy czym w przybliżeniu w równych częściach odnosiło to do starych dzielnic i do blokowisk, wymagających rewitalizacji.

W miastach polskich, w okresie 2002-2012, poprawiły się wskaźniki opisujące ilość i powierzchnię użytkową mieszkań. Średni wzrost ilości mieszkań wyniósł ok. 11%, przy czym, najwięcej przybyło mieszkań w miastach największych (ok. 17%). Wzrost powierzchni użytkowej mieszkań był szybszy i ukształtował się średnio na poziomie ok. 17%, osiągając najwyższy poziom w największych miastach (ok. 25%). Średnio w miastach wzrosła też o ok. 18% powierzchnia użytkowa przypadająca na 1 mieszkańca. I w tym przypadku, najwyższy wzrost dotyczył metropolii (27%). Uwzględniając faktyczną liczbę ludności w Polsce, wg Narodowego Spisu Powszechnego z 2011 roku, tj. 37.244 tys. osób, można założyć, że już w 2011 r. mieliśmy do czynienia z końcem deficytu mieszkaniowego i istotną nadwyżką mieszkań⁷.

Wyposażenie mieszkań w instalacje w okresie dziesięciolecia 2002-2012 ogólnie poprawiło się. Wobec niemal pełnego wyposażenia mieszkań w wodociąg, wzrosty w tym obszarze są minimalne, a średnie wyposażenie - to 99%. O ok. 3% wzrósł odsetek mieszkań z ustępem spłukiwanym, a o 4% - mieszkań z łazienką. Trzeba jednak wspomnieć, że wciąż ok. 3% miejskich mieszkań nie dysponuje ustępem w mieszkaniu, a ok. 5% takich mieszkań

⁵ Rozwój miast w Polsce. Raport wprowadzający Ministerstwa Rozwoju Regionalnego, opracowany na potrzeby przeglądu OECD krajowej polityki miejskiej w Polsce, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2010, s.76

⁶ TBS – Towarzystwo Budownictwa Społecznego

⁷ <http://rednetconsulting.pl/aktualnosci,tresc,id,3562,tytul,deficyt-mieszkaniowy-w-polsce> (odczyt: 22.01.2014)

- łazienką. Tak więc, pomimo wzrostów, mamy do czynienia z substandardowymi lokalami mieszkalnymi, których najwyższy odsetek charakteryzuje miasta najmniejsze. Miasta te, w 2012 r. osiągnęły w przybliżeniu wskaźniki z roku 2002 charakteryzujące miasta najlepiej wyposażone w skali kraju, o liczbie mieszkańców powyżej 500 tys. Wzrost odsetka mieszkań wyposażonych w centralne ogrzewanie kształtował się odmiennie, sięgając średnio ok. 87% ogółu mieszkań. Największy wzrost - o ponad 4% - charakteryzował miasta najmniejsze, podczas gdy w pozostałych ośrodkach kształtował się na poziomie 3%. Średnio, nieznacznie zmalał odsetek mieszkań wyposażonych w gaz sieciowy, pozostając na poziomie ok. 73%. Spadki dotyczyły wszystkich grup miast powyżej 100 tys. mieszkańców, a szczególnie miast największych, w których odsetek obniżył się aż o ok. 7%.

3.2. Prywatyzacja zasobu komunalnego

W latach 2002-2009 samorządy miejskie, we wszystkich grupach miast, korzystając z ustawowej możliwości odsprzedaży mieszkań komunalnych najemcom z uwzględnieniem wysokich bonifikat (do 95%), konsekwentnie pozbywały się zasobu mieszkań komunalnych, obniżając ilość mieszkań komunalnych z ok. 15% do ok. 11% całkowitego zasobu mieszkaniowego. W konsekwencji malała sumaryczna wielkość powierzchni mieszkań komunalnych, sięgając w 2009 zaledwie 73% wielkości zasobów z 2002 r.

Powodem takiej polityki była niewątpliwie chęć przerzucenia na prywatnych właścicieli kosztów i kłopotów związanych z utrzymaniem starych i nie rentownych zasobów mieszkaniowych. Jak się jednak okazuje, spośród zdekapitalizowanego znacznie majątku gminnego odsprzedano mieszkania o najlepszym standardzie technicznym i dobrej lokalizacji. Ponadto w wielu przypadkach gminy pozostały współwłaścicielem w utworzonych wspólnotach mieszkaniowych, co nie zdjęło z nich obowiązków dbania o utrzymanie obiektów w należyтым stanie technicznym. Przykładowo gmina miasto Łódź jest członkiem 2300 wspólnot mieszkaniowych, w tym w 108 małych wspólnot (tj. do 7 lokali mieszkalnych). Podobnie jest w Szczecinie, gdzie Gmina Miasto Szczecin jest członkiem ponad 2000 wspólnot mieszkaniowych. Taka dyspersja sił i środków nie sprzyja efektywności działania.

3.3. Ocena rewitalizacji zasobów komunalnych

Jak stwierdzono w Raporcie OECD: „Tempo prowadzonych działań rewitalizacyjnych w przestrzeni miast nie pozwala zahamować procesów degradacji zasobów. Aktualna skala zaniedbań i potrzeb przerasta możliwości finansowe samorządów miast i nie pozwala na samodzielne rozwiązanie problemów”⁸. Świadczy o tym m.in. Raport Najwyższej Izby Kontroli pt.: „Gospodarowanie lokalami komunalnymi w budynkach mieszkalnych” stanowiący wynik kontroli przeprowadzonej w 33 wybranych urządach gmin i w jednej jednostce organizacyjnej gminy, realizujących zadania w okresie 2009-2011 oraz w 11 podmiotach, zajmujących się zarządzaniem mieszkaniowym zasobem gmin. Izba sprawdzała legalność, gospodarność i rzetelność rozporządzania lokalami komunalnymi oraz zdolność do racjonalnego zaspokajania potrzeb mieszkaniowych. NIK stwierdziła w badanym okresie 2 lat spadek liczby lokali komunalnych w większości badanych gmin – ogółem o ponad 5 proc., tj. o 15,8 tys. lokali mieszkalnych. Stan ten był wynikiem wyprzedawania mieszkań, a także rezultatem wyłączenia lokali z eksploatacji ze względów

⁸ Rozwój miast w Polsce. Raport wprowadzający Ministerstwa Rozwoju Regionalnego opracowany na potrzeby przygotowana przeglądu OECD krajowej polityki miejskiej w Polsce, MRR, Warszawa 2010, s. 218

technicznych, na skutek niedostatecznych nakładów remontowych. W okresie objętym kontrolą zwiększyła się również liczba pustostanów, która wg stanu na ostatni dzień 2011 roku stanowiła 6 proc. ilości lokali stanowiących zasób badanych gmin. Trzeba mieć jednak na uwadze zmienne (obecnie malejące) zainteresowanie prywatyzacją mieszkań gminnych (konsekwencja kryzysu gospodarczego).

Zdaniem prof. A. Noworola polityka pozbywania się zasobów mieszkań komunalnych jest krótkowzroczna i nie pozwoli samorządom na prowadzenie aktywnej polityki interwencyjnej w sferze mieszkalnictwa. Dotyczy to np. zintegrowanych prac rewaloryzacyjnych, czy projektów wymiany lub transformacji funkcjonalno-przestrzennej zdegradowanych fragmentów zabudowy miejskiej. Lokale mieszkalne sprywatyzowane przestają, w myśl prawa być celem publicznym, co uniemożliwia włączenie ich do programów rewitalizacyjnych, które z natury rzeczy ukierunkowane są na działania w sferze publicznej. Ich utrzymanie techniczne oraz remonty i przebudowy są ponadto utrudnione z uwagi na niskie dochody ich nowych właścicieli. Trzeba również zwrócić uwagę na niekorzystny wpływ na ponoszone przez gminy koszty zarządzania oraz na prawa gmin wynikające z posiadanych udziałów we wspólnotach mieszkaniowych. Szczególnie niekorzystny jest tryb podejmowania uchwał w dużych wspólnotach z udziałem gminy w przedziale 50-80%. Albowiem zgodnie z ustawą⁹ na żądanie indywidualnych właścicieli posiadających łącznie co najmniej 20% udziałów można wprowadzić zasadę głosowania: „jeden właściciel równa się jeden głos”. W konsekwencji gmina musi finansować większość kosztów decyzji podejmowanych w tym trybie.

4. Problemy utrzymania technicznego zasobów zabudowy

4.1. Luka remontowa

Miarą złego stanu technicznego zasobu są:

- rozmiary luki remontowej, która reprezentuje obszar potrzeb remontowych w budynkach, które – przy zastosowaniu kryterium ekonomicznego - powinny być poddawane remontom kapitalnym;
- rozmiary luki reprodukcyjnej, obrazujące zasób, który - z uwagi na poziom zużycia technicznego - powinien być wyeliminowany z użytkowania

Jako przykład skali problemu może posłużyć wielkość luki remontowej w Gminie Miasto Szczecin (stan na rok 2006). Jak wynika z obliczeń dokonanych w Gminie Miasto Szczecin, likwidacja luki remontowej mieszkaniowego zasobu gminnego wyniosłaby 4 mld zł¹⁰. Nie jest więc możliwe, aby gmina mogła w całości i krótkoterminowo uporać się z tym zagadnieniem.

⁹ Ustawa o własności lokali a dnia 24 czerwca 1994, art. 23 pkt. 2a.

¹⁰ Załącznik do Uchwały nr LX/1123/2006 Rady Miasta Szczecin z dnia 25 lipca 2006 w sprawie wieloletniego programu gospodarowania mieszkaniowym zasobem Gminy Miasto Szczecin na lata 2006-2011, s. 6.



Rys. 4. Widok wnętrza kwartału 22 w Szczecinie poddanego gruntownym pracom rewitalizacyjnym połączonym z wyburzeniami i nową zabudową. Fot. autora

Poszukiwanie dróg wyjścia z tej trudnej sytuacji wymaga opracowania właściwej dla danego miasta i jego struktury i konsekwentnej polityki remontowej. Konieczne jest oparcie się na obowiązujących przepisach prawnych. Przepisy ustawowe mają charakter prospołeczny i nie sprzyjają w dłuższej perspektywie utrzymaniu zasobów mieszkaniowych w należyтым stanie technicznym. Jednocześnie obserwowany jest brak długookresowej polityki remontowej w wielu gminach lub nawet jeśli zostaje ona uchwalona to nie jest realizowana. W strukturze wydatków gminnych obserwuje się wysoki udział kosztów zarządzania zasobem przy jednoczesnym niskim udziale kosztów utrzymania technicznego, co również nie sprzyja utrzymaniu zadowalającego stanu technicznego zasobów budowlanych.

Wysoki stopień dekapitalizacji zabudowy sprzyja podejmowaniu decyzji o wyburzeniach. Jednak z wyburzeniami związane są dodatkowe koszty zapewnienia mieszkańcom mieszkań zastępczych, co w wielu gminach przekracza ich możliwości finansowe i organizacyjne. Wiele gmin przyjmuje strategię „straży pożarnej”, starając się prowadzić politykę interwencyjną, gdy sytuacja wymusi działania.

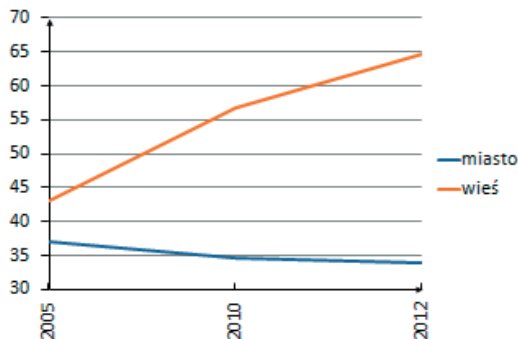
5. Założenia Polskiej Polityki Miejskiej

5.1. Założenia ogólne

W projekcie Założeń Polskiej Polityki Miejskiej do roku 2020¹¹ podkreślono pilną konieczność przeciwdziałania degradacji społeczno-gospodarczej i przestrzennej obszarów zurbanizowanych oraz dążenia do poprawy ładu przestrzennego na obszarach miejskich i powstrzymania żywiołowej suburbanizacji. Brak skoordynowania rozwoju obszarów podmiejskich przyczynia się do pogłębienia problemów obszarów śródmiejskich – ich

¹¹ Założenia Polskiej Polityki Miejskiej do roku 2020 (projekt) – Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012

wyludniania się, obniżenia wpływów z podatków PIT i CIT, zwiększenia kosztów niezbędnych na poprawę niewydolnej infrastruktury technicznej, obniżenia statusu społecznego śródmieść itd.



Rys. 5. Budynki oddane do użytku w roku 2012 – wskaźnik narastania procesu suburbanizacji i koncentrowania się nowych inwestycji w obszarach podmiejskich Oprac. autora na podst. Rocznika Statystycznego 2013

5.2. Reurbanizacja miasta jako główny cel

Remedium na ten stan rzeczy stanowić może zwiększenie tendencji społecznych w warstwie klasy średniej i wyższej do zamieszkiwania w obszarach śródmiejskich. Proces ten zwany bywa procesem reurbanizacji, powtórnego zasiedlania obszaru zurbanizowanego. Ten trend powoli zarysowuje się w wiodących metropoliach polskich – trochę na wzór miast Europy Zachodniej. Wydaje się konieczne odwrócenie obecnie rozwijającego się, lecz niekorzystnego trendu suburbanizacyjnego, wysysającego potencjał inwestycyjny z centrum miasta. Trend reurbanizacyjny mógłby przynieść pozytywne przemiany w obszarach historycznych śródmieść miejskich, spowodować większe zainteresowanie zamieszkiwaniem w centrum miast.

Warunkiem przyciągnięcia nowych, zamożnych mieszkańców jest dostosowanie dzielnic śródmiejskich do spełniania oczekiwań o wyższym standardzie usług i lepszej jakości przestrzeni. Tendencje te, oczywiste w Paryżu czy Berlinie, widoczne są już w wielu polskich miastach metropolitalnych: Warszawie, Krakowie, Poznaniu czy we Wrocławiu. Powstają tam, gdzie śródmieścia są uporządkowane, wyposażone we wszelkiego rodzaju usługi, a dzielnice śródmiejskie mają dobrą konotację społeczną. Miasta muszą różnymi drogami starać się wypracować odpowiedni image swojego obszaru śródmiejskiego, aby przyciągnąć inwestorów skłonnych do nabycia lokali mieszkalnych i usługowych i przeprowadzenia w nich remontów, niekiedy dość kosztownych, bo obarczonych koniecznością spełnienia warunków konserwatorskich.

5.3. Warunki reurbanizacji

Jest kilka istotnych zagadnień o charakterze kompleksowym, których rozwiązanie w obszarze śródmieść miast polskich w zdecydowany sposób poprawiłoby zainteresowanie zamieszkiwaniem w śródmiejskich lokalach mieszkalnych, przyczyniając się do ich rewitalizacji, a w rezultacie do reurbanizacji miast. Są to następujące zagadnienia:

- **zanieczyszczenie powietrza** – w większości miast polskich, mieszkania w starej zabudowie są ogrzewane paliwem stałym w piecach lub lokalnych kotłowniach.

Poprawa jakości powietrza możliwa jest przy dużym zagęszczeniu zabudowy mieszkalnej tylko, gdy w określonym obszarze śródmiejskim zostanie kompleksowo przeprowadzona zmiana systemu ogrzewania budynków na system centralnego ciepła miejskiego lub system ogrzewania gazowego. Drugim źródłem zanieczyszczenia jest tranzytowy ruch samochodowy. Eliminacja tej uciążliwości stanowiącej źródło zanieczyszczeń i hałasu wymaga decyzji planistycznych i komunikacyjnych w skali miasta i aglomeracji;

- **dostępność dojazdu samochodem i miejsce do parkowania** - postulat trudny do spełnienia w obszarze ścisłego centrum z uwagi na ogół gęstą istniejącą zabudowę, wytyczne konserwatorskie, ogólny brak miejsc parkingowych i niewielkie możliwości budowy nowych obiektów garażowych czy parkingowych;
- **gentryfikacja** – długoletnie zamieszkiwanie w substandardowych warunkach prze-filtrowało w negatywny sposób strukturę społeczną zdegradowanych obszarów śródmiejskich. Proces reurbanizacji wiąże się z gentryfikacją śródmieść, wymianą struktury społecznej. Ten proces nie może przebiegać w sposób przypadkowy, gdyż nie przyniesie spodziewanego efektu. Poszczególne kamienice, kwartały, ulice powinny być pod względem społecznym przeanalizowane, a dotychczasowi mieszkańcy lokali komunalnych przeniesieni do lokali w innych częściach miasta, odpowiednich do ich społecznego statusu (lokalne komunalne, TBS, zastępcze). W wielu przypadkach również właściciele mieszkania własnościowego uzyskanego w drodze prywatyzacji (na ogół z dużą bonifikatą, zresztą) nie są w stanie pokrywać kosztów utrzymania mieszkania i odsprzedają je. Gentryfikacja jest więc swego rodzaju miernikiem powodzenia procesu rewitalizacji śródmieść i warunkiem dla reurbanizacji miasta;
- **uporządkowanie struktury usługowej** – o charakterze miasta w dużej mierze świadczy parter jej zabudowy. Nieuporządkowanie tej sfery miejskiej, bylejałość sztyldów, wystaw, pustostany itd. sprawiają wrażenie przygnębiające i obniżają wartość dzielnicy. Uporządkowanie funkcjonalno-przestrzenne i estetyczne tej warstwy miasta w zdecydowany sposób może podnieść jakość śródmieścia, a dobre zarządzanie zasobem lokali usługowych ulicy lub zespołu ulic i placów może przynieść synergiczne, pozytywne efekty i podniesienie wartości całego zespołu zabudowy;
- **reprivatyzacja** – wciąż nie rozwiązany problem uregulowania roszczeń względem zagarniętego w różny sposób mienia prywatnego powoduje niepewność i niechęć do inwestowania w obszarach i obiektach komunalnych „zagrożonych” możliwością reprivatyzacji.

6. Konkluzja

Już przedstawiony w dużym skrócie zarys problemów związanych z utrzymaniem gminnych zasobów mieszkaniowych pokazuje, że problemy te mają wielowarstwową strukturę i stanowią poważne wyzwanie dla utrzymania zasobów miejskich i rozwoju miast w przyszłości. Wymienione wyżej zagadnienia i dylematy rewitalizacji pokazują, że brak ustawy o rewitalizacji zespołów miejskich i podjęty za pośrednictwem uchwalonych ustaw sposób rewitalizacji poprzez prywatyzację poszczególnych, przypadkowych lokali komunalnych w strefach śródmiejskich, jest drogą niewłaściwą, prowadzącą do dalszej degradacji zespołów zabudowy. Wykazano również, że w celu realizacji złożeń Polskiej Polityki Miejskiej konieczne jest podejmowanie zintegrowanych zadań rewitalizacyjnych,

obejmujących obszar wykraczający poza jeden lokal mieszkalny, kamienice a nawet kwartał zabudowy. Nawet pozytywne zmiany standardu każdego z mieszkań w efekcie przeprowadzonego remontu, nie podniosą wartości całego zespołu zabudowy bez przeprowadzenia przez miasta działań kompleksowych w wybranych, ważnych dla miasta i jego rewitalizacji obszarach i zagadnieniach. Perspektywa finansowa 2014-2020 stwarza możliwość trwałej naprawy systemu gospodarowania mieniem komunalnym i jego stanu technicznego. Wymaga to w pierwszej kolejności zmian legislacyjnych i kompetentnego zarządzania środkami i zasobami mieszkaniowymi.

Literatura

- 1 Gospodarka mieszkaniowa w 2012 r., GUS, Warszawa listopad 2013
- 2 Korzeniewski W. O problemie przydatności użytkowej zasobów mieszkaniowych w budynkach z wielkiej płyty zbudowanych przed rokiem 1990, *Przegląd Budowlany* 10/2011
- 3 Nowakowski M. Sto lat planowania polskich miast (1919-2010). Oficyna Nukowa, Warszawa 2013
- 4 Modele rewitalizacji i ich zastosowanie w miastach dziedzictwa europejskiego. Materiały z międzynarodowej konferencji PRO-REVITA, Łódź 2008
- 5 Paszkowski Z. Miasto idealne i jego związki z urbanistyką współczesną. Universitas, Kraków 2011
- 6 Podręcznik rewitalizacji. Zasady, procedury i metody działania współczesnych procesów rewitalizacji. Warszawa 2003
- 7 Problem suburbanizacji. Praca zbiorowa pod red. Piotra Lorensa. Urbanista, Warszawa 2005
- 8 Rocznik Statystyczny 2013
- 9 Rozwój miast w Polsce. Raport wprowadzający Ministerstwa Rozwoju Regionalnego opracowany na potrzeby przygotowana przeglądu OECD krajowej polityki miejskiej w Polsce. MRR, Warszawa 2010
- 10 Ustawa o własności lokali a dnia 24 czerwca 1994
- 11 Wołoszyn M. Projektowanie rewitalizacji zabudowy czynszowej z uwzględnieniem uwarunkowań ekologicznych, na wybranych przykładach śródmiejskiej zabudowy Korzeniewski W. O problemie przydatności użytkowej zasobów mieszkaniowych w budynkach z wielkiej płyty zbudowanych przed rokiem 1990, *Przegląd Budowlany* 10/2011
- 12 w z XIX i pocz. XX w. Szczecin 2005
- 13 Załącznik do Uchwały nr LX/1123/2006 Rady Miasta Szczecin z dnia 25 lipca 2006 w sprawie wieloletniego programu gospodarowania mieszkaniowym zasobem Gminy Miasto Szczecin na lata 2006-2011
- 14 Założenia Polskiej Polityki Miejskiej do roku 2020 (projekt) – Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012

Zmiany strukturalne w miastach polskich na początku XXI w. Między sztuką budowania miast a polityką przestrzenną

Zbigniew K. Zuziak

Wydział Architektury, Politechnika Krakowska, , e-mail: zzuziak@nsnet.pl

Streszczenie: Artykuł ten wpisuje się w „strukturalny” nurt dyskusji nad współczesnymi zmianami w przestrzeni miast polskich. Proponowane podejście autor określa mianem „neoklasycznego” dlatego pojawiają się tu odniesienia do teorii, w których koncepcje ładu urbanistycznego nawiązują do architektoniczno-urbanistycznej tradycji znanej jako *sztuka budowania miast*. Odnosząc się do badań nad zmianami w polskiej przestrzeni zurbanizowanej, i teorii interpretujących procesy strukturotwórcze, autor kładzie akcent na przejawy metropolizacji, ich związek z przebudową systemów transportowych oraz problemy rewitalizacji zdegradowanych obszarów miejskich. Zwracając uwagę na strategiczne i operacyjne aspekty tych zmian, podkreśla rolę kompozycji urbanistycznej. Układ kompozycyjny traktuje jako fizyczną, intelektualną i artystyczną konstrukcję miasta, którą należy definiować w ustaleniach planistycznych na temat wizji jego rozwoju. Jednak w praktyce tę część zapisów polityki przestrzennej trudno przeprowadzić przez labirynty politycznych i formalnych procedur. W konkluzjach podkreślono rolę projektowania urbanistycznego, postulując, aby ten rodzaj narzędzia kreowania wizji traktowany był również jako ważny instrument polityki przestrzennej. Instrument służący integrowaniu społecznej i fizycznej tkanki miasta.

Słowa kluczowe: miasta polskie, miejskie zmiany strukturalne, polityka przestrzenna, planowanie urbanistyczne, urbanistyka strategiczna

1. Wprowadzenie

1.1. Intencja, sytuacja diagnostyczna i podejście

Proponuję aby w dyskusji nad dokonującymi się współcześnie strukturalnymi i strategicznymi zmianami w zagospodarowaniu przestrzennym miast polskich zwrócić uwagę na te słabości polityki przestrzennej, które są konsekwencją nadmiernej marginalizacji projektowania urbanistycznego. Taką perspektywę rozważań uzasadnia kilka powodów. Po pierwsze, w badaniach zmian w polskiej przestrzeni miejskiej przeważają ujęcia geograficzne i socjoekonomiczne (Jałowiecki, 2006, 2007; Markowski, 2011; Węclawowicz, 2006). Z kolei w środowisku architektów-urbanistów, w dyskusji nad kondycją przestrzeni miast polskich dominują wątki krytyczne dotyczące nadmiernej komercjalizacji i słabości regulacji prawnych (Gzell, 2010; Jędraszko, Biegański, 2011). W tym upatruje się główne przyczyny dysfunkcji rozwiązań przestrzennych i pogorszenia się estetyki miast a także zagrożeń ich krajobrazu. W dyskusji tej zbyt mało jest spojrzeń interdyscyplinarnych porównujących wyniki badań prowadzonych z perspektywy geografii, ekonomii miasta i nauk technicznych ze studiami, w których związki między „konstrukcją miasta” i kompozycją urbanistyczną wywodzą się z tradycji architektonicznego nurtu urbanistyki.

Oczywiście ten ostatni wątek wymaga dzisiaj uzupełnień o współczesne interpretacje klasycznych zasad sztuki urbanistycznej. Przykładowo, mam tu na myśli teorie systemów złożonych, podejścia parametryczne, teorie sieciowe, ideę „miasta inteligentnego” itp.

W takim kontekście stawiam tezę, że w urbanistyce – pojmowanej jako sztuka budowania miast i podstawy polityk związanych z ich rozwojem – większej uwagi wymaga podejście kojarzące trzy perspektywy: strukturalną, strategiczną i „neoklasyczną”. Perspektywa strukturalna odnosi się do „inżynierskiej konstrukcji miasta”; strategiczna – do polityk przestrzennych sektora publicznego i strategii inwestycyjnych sektora prywatnego. Natomiast perspektywą „neoklasyczną” określam podejście architektoniczno-urbanistyczne traktujące przestrzeń miejską jako swego rodzaju „super-strukturę”, jednak z zastrzeżeniem, że w tej konstrukcji inżynierskiej i kompozycji architektoniczno-urbanistycznej będą uwzględniane wartości klasyczne – niejako ponadczasowe a zarazem wnioski wynikające z nowszych teorii rozwoju struktur przestrzennych. Proponuję też, aby w dyskusji nad współczesnymi miastami polskimi zwrócić większą uwagę na teorie, które racjonalność formy urbanistycznej traktują jako wyraz wzajemnego oddziaływania praw natury i polityk terytorialnych (Zipser, 2006, 2010) a także wyraz kulturowych podstaw budowy miast (Rossi, 1984, Alexander, 2003).

Istotne jest również pytanie o model rozwoju miast polskich na tle europejskiego modelu miasta. Oczywiście stawiając tę kwestię zakładamy, że – pomimo różnorodności strukturalnej miast europejskich – takie pytanie ma w ogóle sens, tzn. że można taki europejski model miasta zdefiniować.

Konsekwencją tej deklaracji są trzy zadania:

- a. sformułować pytania o kierunki i skutki strukturalnych zmian w przestrzennym zagospodarowaniu polskich miast;
- b. zaprezentować niektóre ważniejsze nurty badań i teorii na temat współczesnych zasad budowy miast;
- c. wskazać związki wymienionych zmian strukturalnych i zasad budowy z polityką przestrzenną państwa i samorządów terytorialnych a także strategiami sektora prywatnego.

1.2. Problem: integracja i rekonstrukcja struktur miejskości

Nowość propozycji podjęcia zintegrowanych badań nad zmianami w strukturze przestrzennej miast polskich polega nie tylko na postulacie aby skojarzyć trzy wymienione perspektywy: 1) analityczno-strukturalną (analizy geograficzne, przyrodnicze, społeczno-ekonomiczne i techniczne), 2) planistyczno-strategiczną (prawno-administracyjne regulacje planowania przestrzennego, strategię planowania społeczno-gospodarczego, urbanistyka operacyjna) i 3) inżyniersko-artystyczną (teoria architektury i inżynierii miasta). Istotną rolę odgrywa tu również hipoteza, w myśl której priorytet w sztuce urbanistycznej uzyskuje integrowanie przestrzeni miejskości. Istotne jest tu również założenie, że w studiach nad współczesnymi zmianami w zagospodarowaniu przestrzennym polskich miast kluczową rolę odegrać powinien blok tematyczny dotyczący integrowania struktur urbanistycznych i regionalnych: poczynawszy od inżynierskich i polityczno-społecznych interpretacji problemów integralności terytorialnej po zagadnienia projektowania i budowania systemów przestrzeni publicznych scalających tkankę miejską w różnych skalach urbanistycznych i regionalnych. Nazywam to zasadą integrowania przestrzeni życia miejskiego. Dotyczy ona podstawowych relacji będących przedmiotem różnych trybów podejmowania strategicznych decyzji. Relacje te tworzą sieć fizycznych i niematerialnych powiązań, między obiektami zbudowanymi oraz środowiskiem przyrodniczym, społecznym i kulturowym.

Zasada integrowania przestrzennych form i struktur miejskości odnosi się również do przestrzeni metropolitalnych (Podhalański, 2014). Z kolei mówiąc o trybach podejmowania decyzji mam na myśli projektowanie i planowanie urbanistyczne oraz strategie gier między różnymi podmiotami mającymi wpływ na zmiany inwestycyjne w przestrzeni miejskiej (Zuziak, 2008, 2011). W ten sposób akcentuję postulat jedności strukturalnego i strategicznego tła, na jakim rozgrywa się proces sterowania zmianami w przestrzeni urbanistycznej (Zuziak, 2009, 2008, 2011).

2. Sztuka budowania miast i nowe teorie struktur urbanistycznych

2.1. Zasada integracji i kwestia paradygmatu

Ocena zmian strukturalnych w przestrzeni urbanistycznej wymaga przyjęcia płaszczyzn odniesień odpowiednich do deklarowanego tu podejścia. W tym przypadku pierwszą taką płaszczyzną jest nurt współczesnej teorii urbanistycznej nawiązujący do klasycznych zasad budowania miast. Zasad, w myśl których głównym układem krystalizującym strukturę przestrzenną miasta jest sieć przestrzeni publicznej zbudowanej z ulic, placów, parków miejskich i tym podobnych elementów wpływających znacząco na atrakcyjność przestrzeni urbanistycznej i jakość życia miejskiego. W dalszej części przedstawiam kwestie diagnostyczne odnoszące się do najważniejszych zmian w sieci osadniczej. Określam rodzaje procesów strukturotwórczych oraz odpowiadające im regionalne typy struktur osadniczych i główne elementy budowy miast a także współzależności między tymi procesami, układami i komponentami a polityką przestrzenną.

Odwołując się do teorii nie można pomijać kwestii urbanistycznego paradygmatu. Przykładowo, pojawia się pytanie: czy doktrynę zrównoważonego rozwoju można uznać za paradygmat sztuki budowania miast? – czy też należałoby tu raczej mówić o kilku doktrynach – przyjmując, że oficjalnie, idea rozwoju zrównoważonego jest najważniejszą teorią wpływającą na urbanistyczne myślenie, ale w rzeczywistości – jak wykazują autorzy nurtu krytycznego w stosunku do oficjalnej urbanistyki (Harvey, 2012) – główny kierunek zmian w przestrzeni miejskiej jest raczej odwrotny. Równolegle obowiązuje przecież doktryna neoliberalna, która – sądząc po rosnącej polaryzacji przestrzeni zurbanizowanej – zdaje się bardziej oddziaływać na kierunek realnych zmian strukturalnych. Pojawia zatem się pytanie o wybór a także o ideową alternatywę. Pole wyboru nie jest rozległe ale intuicja podpowiada, by poważnie zastanowić się nad zaletami podejścia „neoklasycznego”, jako jednego z nurtów pomocnych w artykułowaniu doktrynalnych podstaw współczesnej polityki przestrzennej wobec miast.

2.2. Nowe interpretacje klasycznych zasad budowy miast

Swój wykład wygłoszony w Barcelonie w 1994r Antonio Monestiroli rozpoczyna zdaniem: „Czy możliwe jest dzisiaj pojmowanie miasta jako *dziela sztuki*?” (Monestiroli, 2009, s.63). Zaraz potem nieco przekornie dodaje: „Możemy odpowiedzieć, że jest to miasto dużych struktur, zbudowane z pomysłowością opartą na potrzebie, miasto inżynierów, wielkich infrastruktur technologicznych zbudowanych według reguł sztuki. Jest to jednak odpowiedź niepełna: sprawia, że łączy się potrzebę i piękno oraz że piękno pojmowane jest wyłącznie jako wyraz potrzeby. Piękno mostów tkwi w uznawaniu ich niezbędności i pomysłowości wykorzystanej dla ich powstania.” Uważny czytelnik odczyta tu zapewne krytyczną nutę wobec nadmiernego utylitaryzmu i przesadnego estetyzowania, dlatego z tym większym zainteresowaniem przyjmie zapowiedź, jaką odnajdujemy w kolejnym zdaniu. Tu Monestiroli daje bardzo mocne stwierdzenie, w którym odwołuje się

do sfery wartości kulturowych. Píše: „Miasto jako *dzieło sztuki* może być pojmowane o wiele szerzej, to znaczy jako reprezentacja danej kultury zamieszkiwania, nie tylko samych funkcji, ale i ich wartości. W budowaniu miasta przejście od funkcji do wartości pozwala nam wyjść poza pojmowanie miasta jako narzędzia i rozumieć je jako miejsce poznania, miejsce refleksji”. Jednak ten fragment wyводу Monestirolí kończy sceptycznie: „Dziś niewielu pojmuje miasto jako dzieło sztuki a nie budowanie, jako aparat technologiczny”. Dalej następują uwagi nawiązujące dość wyraźnie do architektoniczno-inżynierskiej teorii Aldo Rossiego (Rossi, 1984). Dlatego też akcentuje kulturową rolę planu, jako „podstawy poszukiwania formy – bez zerwania ciągłości: formy miejsc i budynków – która reprezentowałaby ich tożsamość” (Monestirolí, 2009, 68).

Budowanie miast jest działalnością praktyczną ale, jak wiadomo, największą wartość praktyczną ma dobra teoria – czyli teoria dobrze sprawdzona i odczytana przez właściwych adresatów we właściwym czasie. Przykładowo, może to być teoria przewagi konkurencyjnej: technologicznej, ekonomicznej, kulturalnej czy politycznej. Oczywiście nie można zawężać tej sprawy do kwestii użyciowych pomijając wymiary etyczne – szerzej sferę wartości. Przyjmijmy zatem, że pierwszą płaszczyzną odniesienia naszych rozważań powinny być główne nurty współczesnej teorii urbanistycznej; zwłaszcza dotyczące przewagi konkurencyjnej oraz wpływu systemów wartości na zasady budowy miast. w tym miejscu warto wrócić do przytoczonego wcześniej pytania Monestiroliego o aktualność klasycznych zasad budowy miast sformułowanych na przełomie XIX i XX wieku. Otóż, moim zdaniem, istnieją oznaki wskazujące, że nurt teorii urbanistycznej nawiązujący do klasycznych zasad budowania miast zaczyna się odradzać. Mowa tu nie tylko o poglądach artykułowanych w ramach Nowej Urbanistyki czy Nowej Karty Ateńskiej (2003), w myśl których głównym układem krystalizującym strukturę przestrzenną miasta ma być sieć przestrzeni publicznej zbudowanej z ulic, placów, parków miejskich i podobnych elementów wpływających znacząco na jakość życia miejskiego. Rzecz dotyczy również aspektów podmiotowych strategii urbanistycznej. Takie ujęcie to rodzaj urbanistycznego „neo-konstrukttywizmu”, w którym zasady urbanistycznej konstrukcji uwzględniają wyniki ścierania się różnych strategii przebudowy miast. Mowa tu o wariantach strategii odpowiadających różnym systemom wartości. Punktem wyjścia jest w tym przypadku identyfikacja relacji: systemy wartości i struktury podmiotowe. Zaraz jednak należałoby zawęzić obszar rozważań do typów sytuacyjnych z jakimi mamy do czynienia w specyfice polskich uwarunkowań procesów urbanizacji, suburbanizacji i reurbanizacji.

2.3. Procesy strukturotwórcze i metropolizacja

W literaturze odnoszącej interpretacje ogólnych mechanizmów strukturotwórczych do współczesnych układów osadniczych w Polsce (Domański, 2002; Jałowicki, 2006, 2007; Jędraszko i Biegański, 2011; Kochanowska, Kochanowski, 2012; Zipser, 2007, 2010; Zuziak, 2008a, b, 2010) wymienia się najczęściej następujące procesy i zasady:

- sprzeczności prawa koncentracji wyrażające się zarówno centralizacją (rozrastanie się centrów, powstawanie aglomeracji i konurbacji), jak i decentralizacją (tworzenie się układów policentrycznych i rozpraszanie zabudowy na peryferiach dużych i średnich miast);
- metropolizacja i suburbanizacja – jako poniekąd „dwa oblicza podobnego procesu”;
- polaryzacja przestrzeni miejskiej i regionalnej;
- rewitalizacja, rehabilitacja i rekultywacja obszarów zdegradowanych;
- zasada integracji osadniczych struktur przestrzennych oraz związanych z tym działań publicznych i prywatnych;

- procesy dezintegracji struktur miejskich w wyniku politycznego procesu deregulacji związanego z powszechnie narastającą przewagą sektora prywatnego nad publicznym.

Ta ostatnia uwaga uzasadnia pogląd, że diagnoza strukturalna zmian w układach osadniczych powinna w coraz większym stopniu uwzględniać wyniki analiz dotyczących podmiotowej strony mechanizmów strukturotwórczych. Przecież wymienione wyżej rodzaje procesów są rezultatem:

- działania mechanizmów rynkowych mających – przynajmniej w założeniu – prowadzić do swoistej „samoregulacji” systemu;
- interwencji władzy publicznej sterującej zmianami w zagospodarowaniu przestrzennym w imię określonych założeń polityk przestrzennej i w miarę posiadanych narzędzi i środków;
- wdrażania wspólnych: prywatno-publicznych projektów miejskich wkomponowanych w programy interwencji na różnych szczeblach władzy publicznej.

W dalszej części rozważań skupię się na procesach metropolizacji i rewitalizacji miast. Metropolizacja dotyczy zarówno rozwoju metropolii i jej oddziaływań na sieć osadniczą jak i zmian w tkance osadniczej, które sygnalizują formowanie się struktur metropolitalnych. Na gruncie teorii falowej (Korcelli, 1987) proces ten traktować można również jako osobliwy przejaw działania prawa koncentracji bowiem pod wpływem sił dośrodkowych i odśrodkowych w obszarach metropolitalnych dochodzi do swoistego „pulsowania materii urbanistycznej”, czyli współzależnych zmian w centrach dużych miast i na ich peryferiach. W myśl tej teorii rozwój suburbiów wiąże się ze zjawiskami degradacji obszarów śródmiejskich, co prowadzi czasem do wniosku, że prawdopodobnie działa tu również mechanizm odwrotny, a więc rewitalizacja śródmieść może sprzyjać opanowaniu zjawiska nadmiernego rozlewania się suburbiów (*urban sprawl*). Zauważmy jednak, że prawdziwość tej hipotezy nie została jeszcze przekonująco udowodniona. Rozwój metropolii oznacza też budowanie powiązań w skali globalnej, co wymaga inwestycji budowlanych umacniających funkcje metropolitalne. Ich specyfika architektoniczna pozwala mówić o „architekturze metropolii” (Gzell, 2010) jako o zjawisku ważnym dla sztuki budowania miast. To właśnie ten fenomen sprawia, że metropolitalne wymiary planowania i projektowania miast wykraczają znacznie poza zakres problematyki określonej w oficjalnych dokumentach polityki przestrzennej poświęconych rozwojowi „funkcjonalnych obszarów metropolitalnych. Można też przyjąć, że to właśnie jakościowe standardy architektury metropolii będą się szczególnie ważnym kryterium oceny atrakcyjności przestrzeni metropolitalnej.

3. Struktury urbanistyczne i polityka przestrzenna w Polsce

3.1. Typy struktur osadniczych w Polsce

Dla regionalnej charakterystyki zmian strukturalnych w polskiej przestrzeni zurbanizowanej wyróżniam sześć typów struktur osadniczych:

- a. Metropolia Warszawska wraz z jej obszarem funkcjonalnym (można przyjąć, że jest to obszar w granicach ustalonych w myśl delimitacji przeprowadzonej dla potrzeb KPZK i planu zagospodarowania przestrzennego województwa mazowieckiego);
- b. Region Metropolitalny Śląsko-Krakowski – struktura ta wymaga delimitacji ale już teraz można przyjąć orientacyjnie, że jest to obszar sieci miast rozciągającej się wzdłuż korytarza W-Z od Gliwic po Tarnów;

- c. pięć obszarów metropolitalnych o krystalizującej się strukturze funkcjonalno-przestrzennej (Wrocławia, Poznania, Łodzi, Trójmiasta, Szczecina;
- d. potencjalne obszary metropolitalne „Ściany Wschodniej” (Białystok, Lublin, Rzeszów) oraz zarysowujący się układ metropolitalny Torunia i Bydgoszczy;
- e. miasta średniej wielkości (liczące 50 000 – 500 000 mieszkańców i nie należące do obszarów wymienionych w typach a, b, c, d);
- f. miasta małe – liczące mniej niż 50 000 mieszkańców i nie należące do obszarów wymienionych w typach a, b, c, d.

Dalszy wywód dotyczy głównie zmian strukturalnych jakie występują w układach osadniczych zaliczonych do trzech pierwszych grup.

3.2. Budowanie struktur metropolitalnych i kwestia policentryczności

W koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 określono zasady strukturalnej integracji krajowej sieci osadniczej i ramowe wytyczne dotyczące zakresu polityki przestrzennej w obszarach funkcjonalnych uznanych jako metropolitalne. W porównaniu do eksperckiego projektu koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju do roku 2033 (Studia KPZK PAN, Tom CXXVIII, Warszawa, 2010) zakres ustaleń zapisanych w dokumencie oficjalnym na temat przyszłości miast polskich jest stosunkowo ograniczony. Tu zamierzam skupić się na aspektach metropolizacji, które dotyczą budowania struktur i form przestrzennych w miastach będących głównymi ośrodkami obszarów metropolitalnych wyznaczonych w KPZK. W Polsce tylko Warszawa spełnia kryteria definicji metropolii i być może dlatego w europejskich badaniach porównawczych nad architekturą metropolii stosunkowo mało jest polskich przykładów. Nie zmienia to faktu, że rozwój funkcji metropolitalnych jest ambicją deklarowaną w większości dokumentów polityki przestrzennej miast zaliczonych tutaj do grupy „b”, „c” i „d”. Gorzej natomiast przebiegają procesy inwestycyjne związane z budowaniem fizycznych struktur metropolitalnych. Sprawą kluczową jest tu rozwój infrastruktury transportowej, która poprawi znacząco dostępność węzłów miejskości. Dotyczy to w pierwszej kolejności przyszłych węzłów krajowej sieci metropolitalnej powiązanej odpowiednio z siecią globalną. Rzeczą ważną jest również ocena realnej możliwości wdrażania zasad polityki przestrzennej znanych pod hasłami: „*zrównoważony transport*”, „*inteligentna dostępność*” czy „*zrównoważona mobilność*”. Wspólnym mianownikiem tych idei – nieco odmiennych aczkolwiek wpisujących się w urbanistyczną filozofię rozwoju zrównoważonego – jest założenie w myśl którego projekty rozwoju infrastruktury transportowej konfigurowane są z projektami zabudowy w taki sposób, aby korytarze transportowe pokrywały się z kierunkami intensywnej zabudowy.

Z budową struktur metropolitalnych wiąże się kwestia policentryczności. Współczesne metropolie cechuje zazwyczaj układ wieloośrodkowy. Ponadto daje się tu zauważyć charakterystyczne zjawisko krystalizowania wyraźnej osi rozwojowej całego układu na kierunku: centrum historyczne – port lotniczy. Wokół portu lotniczego tworzy się silna koncentracja nowej zabudowy, w której przeważają funkcje logistyczne, a między tymi ośrodkami powstaje nowe centrum typu CBD. Są już oznaki wskazujące, że w Polsce – w najbliższym dziesięcioleciu – zjawisko to da o sobie znać w postaci określonych koncepcji planistycznych i projektowych. Przejawem tendencji do przekształcania się miast dużych w układy policentryczne są również plany i projekty budowania tzw. *węzłów integracyjnych*. Ich przykładem są skupiska nowej zabudowy usługowej i mieszkaniowej powstające w otoczeniu dworców kolejowych. Ta niemalże powszechna już tendencja, w wydaniu polskim oznacza, że nasze dworce kolejowe stają się częścią wielkopowierz-

niowych centrów handlowych. W niejednym przypadku (np.: Kraków Główny czy Poznań Główny) prowadzi do dysfunkcji całego układu. Pojawiają się sytuacje, w których tracą się czytelność funkcjonalno-przestrzennych powiązań (zwłaszcza układu ciągów pieszych) a jakość przestrzeni publicznej pozostawia wiele do życzenia. To jeszcze jeden z sygnałów potwierdzających ogólne przekonanie, że problematyka kształtowania przestrzeni publicznej należy do najważniejszych problemów naszej urbanistyki. To również dodatkowy argument przemawiający za wzmocnieniem roli projektowania urbanistycznego jako narzędzia polityki przestrzennej. Postulat taki jest już coraz mocniej artykułowany w polskiej literaturze naukowej (Pluta, 2012). Podejście zwane tu „neoklasycznym” akcentuje właśnie rolę przestrzeni publicznej w procesie budowania formy urbanistycznej. Przestrzeń publiczna jest tu traktowana jako podstawowe narzędzie integrowania struktur urbanistycznych. Konsekwencją tej zasady jest uznanie klasycznych form przestrzeni publicznej: ulic, placów i parków jako ważnych, „strukturalnych jednostki przebudowy / rewitalizacji miast.”

3.3. Rewitalizacja śródmieść i modernistycznych osiedli mieszkaniowych

W oficjalnych deklaracjach rewitalizacja miast uznawana jest jako priorytet polskiej polityki miejskiej. W przypadku śródmieść, to kwestia odzyskania mocnej niegdyś pozycji w strategiach władzy publicznej a zarazem szansa spowolnienia postępującego procesu dekompozycji przestrzeni miejskiej i przeciwdziałania zagrożeniom dziedzictwa kulturowego. Po zniszczeniach wojennych odbudowa śródmieść stanowiła jeden z nadrzędnych celów polityki państwa wobec miast. Później, w latach 70. i w pierwszej połowie lat 80., obszary śródmiejskie stały się polem działania projektów wdrażających zarówno programy rewaloryzacji zespołów zabytkowych jak i politykę modernizacji miast – zwłaszcza tych, które stały się stolicami nowych województw. Nie zmieniło to faktu, że wady systemowe – w tym także zbyt wolne tempo remontów i budowy infrastruktury – nie mogły przeciwdziałać stalemu „rozwieraniu się nożyc” między tempem postępującej degradacji zasobów i stosunkowo niską efektywnością działań naprawczych. W wyniku zmian ustrojowych i stopniowego ożywiania się rynku nieruchomości, w przestrzeni śródmiejskiej pojawiło się sporo zmian korzystnych. Można tu wymienić немало przykładów realizowanych projektów rewitalizacji zabytkowych zespołów urbanistycznych w historycznych centrach. Do tego zbioru zaliczyłbym np.: rewitalizację wrocławskiego Starego Miasta i ożywienie historycznie ukształtowanej osi południkowej Starego Miasta i Śródmieścia Wrocławia czy kompleksowo realizowany Program Rewitalizacji Przedmieścia Odrzańskiego. W tej grupie mieści się też realizacja planu działań dla rewitalizacji krakowskiego Kazimierza (Zuziak, 2008, 2012).

Do działań w zakresie rewitalizacji śródmieść zaliczyć można również budowę i nowych centrów metropolitalnych: zespołów zabudowy pełniących funkcje metropolitalne. Dobrym przykładem jest tu przebudowa śródmieścia Katowic, w tym takie projekty jak: „nowe centrum” (Nowy Rynek), Nowe Muzeum Śląskie czy budowa nowej siedziby NOSPR itp. Niektóre z nich wpisują się na listę projektów uznawanych jako sztabowe przykłady rewitalizacji śródmiejskich terenów przemysłowych, pokolejowych i powojennych. Do znanych projektów z tej listy zalicza się rekultywacja terenu dawnych Zakładów Sodowych Solvay w Krakowie, Stary Browar w Poznaniu itp. Kolejnym typem projektów rewitalizacji są przedsięwzięcia traktujące ulicę jako ważny element strukturalny w strategiach przebudowy i rewitalizacji śródmieść. W tej grupie mieszczą się – między innymi – takie projekty jak zrealizowany projekt ożywienia ul. Mariackiej w Katowicach, wdrażany program rewitalizacji ul. Piotrkowskiej w Łodzi, inicjatywa obywatelska

i działania Fundacji CMP mające na celu rewitalizację ul. Chmielnej w Warszawie, realizowane projekty rewitalizacji ul. Świdnickiej we Wrocławiu czy ul. Wajdeloty w Gdańsku Wrzeszczu. To tylko niektóre przykłady, które powinny być przedmiotem analizy porównawczej, w wyniku której można byłoby pokusić się o odpowiedź na pytanie: czym polskie doświadczenia w tym względzie różnią się od efektów publiczno-prywatnych inicjatyw prowadzonych z wykorzystaniem narzędzia rewitalizacji znanego pod nazwą *Main Street Program*.

Oceniając efekty rewitalizacji śródmieść w kategoriach strukturalnych można mówić o swoistej „akupunkturze urbanistycznej” – czyli o przewadze działań punktowych: ożywiających miejsca słabo ze sobą powiązane. Niestety, można również bronić tezy, że niewielkie osiągnięcia w zakresie rewitalizacji, rehabilitacji czy „reurbanizacji” (Gzell, 2009) zdegradowanych osiedli mieszkaniowych – zwłaszcza dużych zespołów modernistycznych budowanych w systemie wielkopłytowym – to „pięta achillesowa” samorządów lokalnych. To również dowód niskiej skuteczności polityki państwa i samorządów regionalnych w tym zakresie. Na tym etapie rewitalizacji jej efekty na tym polu to głównie sporządzenie odpowiednich programów a także ich punktowe realizacje.

Literatura przedmiotu na temat rewitalizacji zespołów mieszkaniowych jest już stosunkowo obszerna. Są tu publikacje poświęcone analizie procesów degradacji występujących w osiedlach mieszkaniowych, metodologii sporządzania odpowiednich programów i planów działań, studia przypadków rewitalizacji (Jarczewski, 2009; Lorens, 2010) czy „reurbanizacji” tych zdegradowanych przestrzeni (Gzell, 2010; Gruszecka, 2009; Rembarz, 2009). W pracach tych trudno jednak znaleźć wyrazistą diagnozę sytuacji – a zwłaszcza jednoznaczną ocenę na temat efektywności wdrażania tych programów.

4. Perspektywy polityki przestrzennej w Polsce

4.1. Strukturalne skutki polityki przestrzennych i nowe idee

W dyskusji publicznej nad rozwojem miast polskich główną uwagę skupiają dysfunkcje polskiego systemu planowania przestrzennego: błędy popełniane w toku sporządzania takich dokumentów jak studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy czy planów miejscowych zagospodarowania przestrzennego oraz niedostatek tych ostatnich. Uzasadniony niepokój budzą również rozwiązania prawne – zarówno istniejące, jak i te proponowane – dotyczące innych narzędzi systemu regulacyjnego w sferze polityki przestrzennej. Są to niewątpliwie ważne nurty dyskusji, ale, moim zdaniem, równie istotna jest analiza strategii sektora prywatnego oraz barier instytucjonalnych utrudniających wprowadzanie bardziej racjonalnych i efektywnych form współpracy sektora publicznego i prywatnego w prowadzeniu wspólnych projektów urbanistycznych.

Ważne są również pytania o wpływ europejskiej polityki strukturalnej na jakość polskiej przestrzeni zurbanizowanej. Oceny w tej materii nie są bynajmniej jednoznaczne, i jak wiadomo, silnie motywowane polityczne. Pytania dotyczące sytuacji miast polskich w kontekście europejskim wymagają rozległych badań a związane z tym kwestie wykraczają poza zakres tej publikacji. Tu można jedynie zaryzykować wyartykułowanie najbardziej charakterystycznych cech europejskiego modelu rozwoju miast – ściślej: modelu rozwoju upowszechniającego się w miastach Starej Unii. Model ten odznacza się: 1) ścisłą współpracą między sektorami publicznym i prywatnym, czego wyrazem są istotne modyfikacje procesu planistycznego polegające na: powszechniejszym stosowaniu projektowania urbanistycznego oraz wprowadzaniu do procedur planowania wstępnych ocen wykonalności wspólnych projektów strategicznych a także narzędzi określanych

mianem „master plan”; 2) większej demokratyzacji procesu decyzyjnego; 3) bardziej zaawansowanych technik GIS i rozwiązań w zakresie instrumentarium gospodarowania gruntami oraz ich bardziej konsekwentnym stosowaniu. Przykłady dobrej praktyki w UE wskazują też na coraz silniejsze związki między architekturą miasta metropolitalnego i modelem rozwoju, który określa się mianem „miasta inteligentnego”.

4.2. Scenariusze zmian w systemie planowania i projektowania miast

Czas na pytanie o przypuszczalne kierunki reform systemu planistycznego i rozwiązań prawnych dotyczących sterowania zmianami w zagospodarowaniu przestrzennym. Moim zdaniem, z niemalą dozą prawdopodobieństwa można obronić następujące tezy, że – pomimo znacznych różnic pomiędzy miastami UE – istnieje europejski model sterowania rozwojem miasta (por.: Stadtmachen. EU, 2008). W modelu tym, kategoriami wartości społeczno-przestrzennych przypisywanymi strategiom rozwoju miasta są: konkurencyjność, sprawiedliwość i harmonia. Postulatami tym odpowiadają trzy rodzaje polityk: równoważenia, integrowania i koncentrowania. Nie można natomiast udzielić odpowiedzi twierdzącej na pytanie, czy w UE mamy już do czynienia z nową formułą planowania rozwoju miast. Z formułą, która przystawałaby do rzeczywistości urbanistycznej w naszych czasach – a zwłaszcza w dobie kryzysu. Można natomiast zauważyć, że w krajach Starej Unii istotną cechą współczesnego modelu rozwoju miasta jest coraz wyraźniejsza tendencja do adaptowania „korporacyjnego modelu planowania”.

Polskie miasta będą z czasem zbliżały się do tego modelu, a nową, istotną cechą ewolucji polskiego modelu sterowania zmianami w zagospodarowaniu przestrzennym miast będą próby adaptowania niektórych rozwiązań korporacyjnego modelu planowania. Oficjalne deklaracje przebudowy systemu planistycznego w kierunku planowania zintegrowanego będą sprzyjały temu kierunkowi ewolucji. Jednak specyfika naszych uwarunkowań rozwoju wymagać będzie mocniejszego artykułowania cech strukturalnych istotnych dla podtrzymywania – i wręcz pielęgnowania – wartości o kluczowym znaczeniu dla narodowej kultury i narodowego dziedzictwa. Na szczęście są oznaki wskazujące, że w Polsce będą się umacniać tendencje sprzyjające kultywowaniu tradycji.

4.3. Urbanistyka strategiczna i projektowanie urbanistyczne

Zarówno w teorii urbanistycznej jak i w europejskiej praktyce zarządzania rozwojem terytorialnym projekty strategiczne i projektowanie urbanistyczne traktowane są jako kluczowe narzędzia wdrażania polityk przestrzennych i strategii rozwoju miast. Występują tu następujące problemy:

- Stosunkowo niski poziom spójności między planowaniem przestrzennym i strategicznym – zwłaszcza w sferze praktyki zarządzania rozwojem miast ale niektórych przypadkach również w zakresie ustaleń zapisanych w odpowiednich dokumentach planistycznych
- Niestosowanie (wzgl.: zbyt rzadkie stosowanie) w polskiej praktyce zarządzania rozwojem jednego z podstawowych narzędzi europejskiej praktyki planowania rozwoju jakim jest projektowanie urbanistyczne.

5. Podsumowanie

Podstawowym problemem współczesnej urbanistyki jest wypracowanie zasad i narzędzi pomagających w rekonstruowaniu miejskości. Dotyczy to coraz większych, coraz bardziej spolaryzowanych i rozbitych obszarów zabudowy, w których style i warunki życia mieszkańców odbiegają znacząco od wzorców utożsamianych z miastem. Potencjalne

rozwiązania tego problemu powinny być osadzone w ogólnej strategii reurbanizacji. Do jej celów zaliczyć należy zbudowanie nowej, inteligentnej konstrukcji urbanistycznej integrującej tkankę miasta i amorficzne układy nowych suburbiów. Uwagi te dotyczą również miast polskich. Okres 25 lat po transformacji ustrojowej i dziesięciolecie w UE to dopiero początek istotnych przemian strukturalnych w polskich miastach. Brak dystansu czasowego i odpowiednich badań interdyscyplinarnych utrudnia zobiektywizowaną ocenę kierunku tych zmian. Jednak w najbliższych latach należałoby podjąć takie badania i opracować syntezę dającą podstawy do sformułowania takich ocen. Badania takie są niezbędne dla opracowania nowej, długofalowej strategii działań mających na celu wzmocnienie i unowocześnienie urbanistycznej konstrukcji obszarów urbanizacji i suburbanizacji a także uzyskanie znaczących efektów w zakresie rewitalizacji urbanistycznej.

Wskazane w artykule „konstrukcyjne” i instrumentalne aspekty polityk rozwoju terytorialnego to tylko niektóre ważne okoliczności warunkujące zmianę modelu strukturalnej przebudowy miast polskich w kierunku bardziej zharmonizowanym. Uwagi te nie powinny przesłaniać znaczenia doktrynalnych podstaw sterowania zmianami w przestrzeni miejskiej – w tym także politycznych pryncypiów miejskich strategii urbanistycznych. Można przypuszczać, że z czasem również i pod tym względem polska polityka miejska będzie zbliżać się do kierunku zmian w modelu zarządzania rozwojem, jaki przyjęto w europejskich miastach przodujących w rankingu „miast inteligentnych”. Prawdopodobnie, w pierwszym rzędzie zmiany te dotyczyć będą narzędzi umożliwiających tworzenie nowych instytucjonalnych relacji między sektorem publicznym i prywatnym. Nie oznacza to bynajmniej, że nowy system planowania przestrzennego w Polsce powinien bezrefleksyjnie podążać za kierunkiem zmian dotyczących instytucjonalno-prawnych podstaw polityki przestrzennej w krajach Starej Unii.

Biorąc pod uwagę specyfikę naszego dotychczasowego modelu przebudowy miast, czas najwyższy aby po okresie „urbanistycznej akupunktury” przystąpić do bardziej usystematyzowanego budowania „nowych konstrukcji urbanistycznych”. To czas na rozwiązania architektoniczno-inżynierskie będące mądrymi interpretacjami „złotego środka” między tradycją i wymaganiami współczesności. I właśnie ten postulat wyraża chyba najbardziej istotę formuły, którą określam mianem urbanistyki strategicznej a zarazem jej relacje z projektowaniem urbanistycznym.

Literatura

- 1 Alexander Ch., *The Nature of Order: An Essay on the Art of Building and the Nature of the Universe*, 2003-2004.
- 2 Domański R. *Gospodarka przestrzenna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002
- 3 Gehl J., *Życie między budynkami. Użytkowanie przestrzeni publicznych*, Wyd. RAM, 2009.
- 4 Guranowska-Gruszecka K., *Śródmieście Warszawy w XX wieku*, Szkoła wyższa im. Bogdana Jańskiego, Warszawa, 2013.
- 5 Gzell S., *Wielkie osiedla mieszkaniowe jako potencjalne obszary rozwojowe przestrzeni publicznej w miastach*, w: *Osiedle: Reurbanizacja*, Gruszecka, K., Gzell S., Rembarz G., *Urbanistyka. Międzyuczelniane Zeszyty Naukowe* (2009) 5-15.
- 6 Gzell S., Wośko-Czeranowska, Majewska A., Świeżewska K., *Miasto zwarte. Problem terenów granicznych*, *Urbanistyka, Międzyuczelniane Zeszyty naukowe*, 2011.
- 7 Gzell S., *Aktualne poglądy na problem przestrzeni publicznej w miastach*. *Urbanistyka. Międzyuczelniane Zeszyty Naukowe* (2009) 16-31.
- 8 Gzell S., Kurzątkowska A., Witkowska A., Zdunek-Wielgołaska J. *Obszarowa granica miasta zwartego*. *Urbanistyka. Międzyuczelniane Zeszyty Naukowe* (2012).

- 9 Haas T., *New Urbanism and Beyond. Designing cities for the future*. Rizzoli, New York, 2008.
- 10 Harvey D., *Bunt miast. Prawo do miasta i miejska rewolucja*, Fundacja Nowej Kultury Bęc Zmiana, Warszawa, 2012.
- 11 Hillier B., *The New Science of Space and the Art of Place. Towards a Space-led Paradigm for Researching and Designing the City*, [w:] *New Urbanism and Beyond. Designing Cities for the Future*, Haas Tigran, (ed.), Rizzoli, New York, 2008.
- 12 Jałowiecki B., Szczepański M., *Miasto i przestrzeń w perspektywie socjologicznej*, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa, 2006
- 13 Jałowiecki B., *Globalny świat metropolii*, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa, 2007
- 14 Jarczewski W. (red.), *Przestrzenne aspekty rewitalizacji śródmieścia, blokowiska, tereny poprzemysłowe, pokolejowe i powojkowe*, Instytut Rozwoju Miast, Kraków, 2009.
- 15 Jędraszk A., Biegański L. *Planowanie przestrzenne w Niemczech – Zarys systemu*, w: *Planowanie i realizacja przedsięwzięć urbanistycznych*. (red.: Lorens P., Martyniuk L.), Akapit-DTP, Gdańsk 2011, s. 45-84.
- 16 Kochanowska D., Kochanowski M., *W stronę miasta. Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania*, 2012.
- 17 Krier L. *Architektura wspólnoty*. Wydawnictwo słowo/obraz/terytoria, 2011
- 18 Lorens P., *Rewitalizacja miast. Planowanie i realizacja*, Politechnika Gdańska Wydział Architektury, Gdańsk, 2010.
- 19 Markowski T., *Dylematy terytorialnego wymiaru w krajowych i regionalnych dokumentach strategicznych*, w: *Studia KPZK PAN*, Tom CXXXVII, 61-76, Warszawa 2011.
- 20 Monestiroli A., Tryglif i metopa. *Dziewięć wykładów o architekturze*, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków, 2009.
- 21 Paszkowski Z., *Miasto idealne w perspektywie europejskiej i jego związku z urbanistyką współczesną*. Universitas, Kraków, 2011
- 22 Pluta K., *Przestrzenie publiczne miast europejskich. Projektowanie urbanistyczne*, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2012.
- 23 Podhalański B., *Integrowanie przestrzeni metropolitalnych*, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 2013.
- 24 Rossi A. *The Architecture of the City*, MIT Press, 1984.
- 25 Rudnicki A., *Zrównoważona mobilność a rozwój przestrzenny miasta*. *Czasopismo Techniczne Zeszyt 3 (2010) 57-74*.
- 26 Suchorzewski W., *Rola transportu w kształtowaniu struktury funkcjonalno-przestrzennej miast*. *Czasopismo Techniczne Zeszyt 3 (2010) 31-44*.
- 27 *Smart City. Viennese experience based on science and research*, Schmid Verlag, Vienna, 2012.
- 28 Stadtmachen. *Eu. Urbanity and the Planning Culture in Europe* (ed. Jessen J, Meyer U. M., Schneider J.), Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 2008
- 29 Węclawowicz G., *Geografia społeczna miast*, PWN, Warszawa, 2007.
- 30 Zipser T., *Aktualna doktryna urbanistyczna wśród ślepych uliczek*, w: *Urbanistyka w działaniu. Teoria i praktyka*, red.: Ossowicz T., Zipser T., Urbanista, Warszawa, 2006, s. 114-121.
- 31 Zipser T., *Powiązania transportowe jako generatory struktury przestrzennej systemu osadniczego*. *Czasopismo Techniczne Zeszyt 3, 2010; 21-30*.
- 32 Zuziak Z. K. *O tożsamości urbanistyki*. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, 2008.
- 33 Zuziak Z.K., *Nowe struktury w przestrzeni metropolitalnej. Pytania i problemy planistyczne*. *Czasopismo Techniczne, Zeszyt 5-A 2008, 4-18*.
- 34 Zuziak Z. K. *Forma metropolitalna i zrównoważona mobilność*. *Czasopismo Techniczne Zeszyt 3 (2010) 75-91*.
- 35 Zuziak Z. K. *Strategiczne węzły w przestrzeni przepływów*. *Czasopismo Techniczne Zeszyt 10, 2011, 41-47*.
- 36 Zuziak Z. K. *Rewitalizacja miast i teoria urbanistyki*. *Czasopismo Techniczne Zeszyt 12 (2012) 7-18*.

Structural changes in the Polish cities at the beginning of 21-st century. Between the art of building cities and spatial policy

Zbigniew K. Zuziak

*Building Cities Unit, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology,
e-mail: zzuziak@nsnet.pl*

Abstract: Theses presented in this paper reflect the “structural” current in the discussion on recent changes observed in the physical space of Polish cities. Discussing strategic and operational aspects of these changes the author emphasizes their logical ties with the elements of urban composition constituting physical and intellectual framework of the city defined in the process of creating the vision of its development. Therefore he names his approach as “neoclassical” and refers to the theories in which the concept of spatial order is derived from architectural and urbanistic tradition known as “the art of building cities”. From this perspective he refers to structural statements written in official policy documents as well as to the research on the transformation of settlement structures in Poland. He focuses on emerging metropolitan structures and their interrelation with the development of transport systems as well as public interventions designed to revitalize the areas affected by urban decline in the inner city areas and large scale housing developments. In the conclusion, it is emphasized that urban design should be regarded as a policy tool playing a significant role in the integration of spatial and social fabric of the city.

Keywords: polish cities, urban structural change, spatial policy, urban planning, strategic urbanism

Kwantyfikacja problemu zmian klimatu w projektowaniu infrastruktury wodno-kanalizacyjnej miast

Andrzej Kotowski

*Zakład Naukowy Usuwania Ścieków, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska,
Politechnika Wrocławska, e-mail: andrzej.kotowski@pwr.edu.pl*

Streszczenie: Omówiono zagrożenia ludności i infrastruktury miast związane z niedoborem oraz nadmiarem wody w przyszłości, wywoływane zmianami klimatu. Dokonano ilościowej oceny zjawiska odnośnie zagrożeń dla infrastruktury wodno-kanalizacyjnej miast. Zaprezentowano współczesne modele opadów i metodę maksymalnych natężeń do wymiarowania odwodnień terenów zurbanizowanych w Polsce, a także zasady badania przeciążeń systemów kanalizacyjnych. Na podstawie doniesień literaturo- wych i badań własnych odnośnie prognozowanego wzrostu intensywności opadów w perspektywie 2100 roku, zaproponowano zmiany scenariuszy opadów do modelowania napięć w kanałach, dla zachowania w przyszłości dopuszczalnych obecnie (wg PN-EN752:2008) częstości wylewów.

Słowa kluczowe: ocieplenie klimatu, zagrożenia, standardy odwodnień terenów, wymiarowanie, modelowanie

1. Wprowadzenie

W Polsce, podobnie jak w innych krajach Europy i świata, obserwowane są zmiany klimatu, przejawiające się głównie wzrostami: średniej rocznej temperatury powietrza, intensywności opadów atmosferycznych i częstości występowania zdarzeń ekstremalnych (upały, oberwania chmur, huragany, trąby powietrzne). Wzrost średniej rocznej temperatury powietrza odnotowywany jest we wszystkich regionach kraju. Przykładowo, na podstawie danych z 7 stacji meteorologicznych IMGW położonych na wybrzeżu Bałtyku (Gdańsk, Gdynia, Hel, Koszalin, Rozewie, Świnoujście i Szczecin), stwierdzono, że w okresie 1836-1990 (155 lat) nastąpił wzrost temperatury powietrza o około $1,1^{\circ}\text{C}$. Średni roczny przyrost temperatury wyniósł więc około $0,007^{\circ}\text{C}$ na rok [1]. Podobny wskaźnik przyrostu temperatury powietrza odnotowano w Warszawie w okresie 1779-2010 (232 lat) – z około 7 do $8,6^{\circ}\text{C}$ [2].

Przyczyna „ocieplanie się” klimatu - największy przyrost temperatury obserwuje się w zimie, nie jest w pełni rozpoznana i budzi wciąż kontrowersje. Bezsprzecznie, wzrost temperatury powietrza wywołuje zmiany w cyrkulacji wody w cyklu hydrologicznym i nasilenie się występowania, zwłaszcza w ostatnich dziesięcioleciach, ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak susze czy powodzie. Według prognoz opartych na globalnym modelu klimatu IPCC:2007, w bieżącym stuleciu temperatura powietrza może się podnieść o dalsze $1,7^{\circ}\text{C}$ do nawet $4,4^{\circ}\text{C}$ [3], a na każdy stopień wzrostu temperatury przewiduje się wzrost intensywności opadów o około 7% [4]. Z powodu ocieplenia klimatu zmieni się istotnie struktura opadów, w tym roczna wysokość i częstość występowania ekstremalnych opadów regionalnych w Polsce - w projekcji na lata 2071-2100, biorąc za podstawę okres pomiarowy 1951-2009 [5]. Zmiany w strukturze opadów objawiają się

m.in. tym, że krótkie (pojedyncze) intensywne opady deszczu będą ulegać przegrupowaniu w dłuższe nawet kilkudniowe okresy, o sumie wysokości znacznie wyższej niż dawniej [6]. We Wrocławiu na przestrzeni ostatnich 50 lat (1960-2009) odnotowano: spadkowy trend rocznej wysokości opadów, a jednocześnie wzrostowe trendy odnośnie liczby dni deszczowych w roku i intensywności opadów o czasach trwania od 5 min do 3 dni - średnio na poziomie 13% [7].

Wywoływane zmianami klimatu, zagrożenia ludności i infrastruktury miast związane są przede wszystkim z niedoborem bądź nadmiarem wody. Ryzyko zaistnienia niekorzystnych w skutkach zjawisk, takich jak susza czy powódź, określa się zwykle jako kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia oraz miary ich negatywnych skutków. Przewidywanie zagrożeń związanych z niskimi oraz wysokimi stanami i przepływami wód, spośród innych elementów hydrologicznych, w warunkach zmieniającego się klimatu jest niezbędne dla racjonalnej gospodarki wodnej miast. Dotyczy to zwłaszcza podstaw projektowania, budowy i eksploatacji ujęć wody (powierzchniowej i podziemnej) czy też odwodnień (kanalizacji) na terenach zurbanizowanych.

2. Bariery rozwoju miast wynikające ze zmian klimatu

Infrastruktura związana z zaopatrzeniem w wodę mieszkańców jest istotnym elementem funkcjonowania miast. Brak wody może stać się jedną z barier w rozwoju miast. Zasoby wodne Polski należą do najuboższych w Europie. Ich wielkość, w przeliczeniu na mieszkańca, jest trzykrotnie mniejsza od średniej europejskiej. Sytuację pogarsza dodatkowo duża zmienność sezonowa i znaczne zróżnicowanie przestrzenne, w efekcie czego w wielu rejonach kraju występują okresowe zagrożenia deficytem lub nadmiarem wody. Istniejące zbiorniki retencyjne mogą zatrzymać niewielką część rocznego odpływu i nie stanowią odpowiedniego zabezpieczenia przed suszą czy powodzią. Wraz ze wzrostem częstości i intensywności występowania upałów oraz wydłużaniem się okresów bezopadowych, w przyszłości zwiększać się będzie ryzyko zagrożenia tzw. suszami hydrologicznymi, pogłębiającymi niedobory wody [8]. Długie okresy bezopadowe skutkują bowiem spadkiem wilgotności gleby w wyniku intensywnego parowania i obniżeniem się zwłaszcza przepływów wody w rzekach, ale także zwierciadła wód podziemnych. Wg danych GUS, znakomita większość ujmowanej wody, bo około 85%, pochodzi z zasobów wód powierzchniowych, a 15% czerpana jest z zasobów wód podziemnych.

Obserwowanym efektem zmian klimatycznych i poza klimatycznych jest zjawisko wzrostu temperatury powietrza w miastach w stosunku do terenów otaczających – tzw. Miejska Wyspa Ciepła. MWC jest wynikiem m.in. uwalniania się ciepła w środowisku miejskim z procesów przemysłowych i komunalnych, które modyfikują lokalnie warunki meteorologiczne. Związany z niedoborem wody w miastach, spadek wilgotności gleby przejawia się przede wszystkim przesuszeniem zieleni miejskiej, co ogranicza możliwości terenów biologicznie czynnych w łagodzeniu wpływu wysokiej temperatury. Zagrożenia wynikające z warunków termicznych w miastach (MWC) wzrastają na ogół liniowo wraz ze wzrostem wielkości miast. Przeciętnie, intensywność oddziaływania MWC charakteryzują lokalne przyrosty temperatury od wartości niewiele przekraczających 1°C - w małych miastach do około 2,5°C - w dużych miastach. Jednakże, w dużych aglomeracjach, w przypadku wystąpienia upałów ponad 35°C, różnica temperatury powietrza pomiędzy miastem a terenami otwartymi może sięgać nawet 10°C. Skutkuje to już istotnym wzrostem wskaźnika śmiertelności mieszkańców [2].

Zagrożeniami w funkcjonowaniu obiektów infrastruktury miast związanymi z nadmiarem

wody (tj. systemów wodociągowych z ujęciami wody, kanalizacyjnych z oczyszczalniami ścieków, wysypisk odpadów, itp.) są powodzie i podtopienia. Według prognoz opartych na pesymistycznym scenariuszu zmian klimatu (SRES A1B), przykładowo woda stuletnia, w państwach środkowej Europy, będzie zdarzać się średnio częściej niż raz na 50 lat [6]. Powodzie zagrażają więc większości polskich miast - położonych w dolinach rzecznych (powodzie rzeczne) i w strefie wybrzeża (powodzie sztormowe). Natomiast lokalne podtopienia terenów (powodzie miejskie) mogą wystąpić wszędzie, najczęściej w efekcie gwałtownych ulew, bądź też długotrwałych intensywnych opadów czy roztopów. Sprzyja temu duże zagęszczenie zabudowy miejskiej oraz uszczelnienie powierzchni terenu, prowadzące do zmniejszenia bądź znacznego ograniczenia infiltracji wód opadowych do gruntu.

Zagrożenia i straty generowane powodzią miejską objawiają się lokalnymi wylewami z kanałów deszczowych czy ogólnospławnych (zalewanie ulic, piwnic), skutek m.in. niedostatecznej przepustowości i retencji istniejących sieci kanalizacyjnych - zwymiarowanych w przeszłości nieodpowiednimi obecnie metodami. Konieczna staje się więc zwłaszcza modernizacja infrastruktury wodno-kanalizacyjnej na terenie całego kraju (zwiększenie przepustowości kanałów, budowa zbiorników retencyjnych, obwałowań, itp.).

Z powodu globalnych i regionalnych zmian klimatycznych, w przyszłości w Polsce wystąpi jeszcze więcej ekstremalnych opadów, które będą powodować szkody na obszarach zurbanizowanych. Odpowiednie działania zaradcze w celu zminimalizowania negatywnych skutków takich zdarzeń jest więc już dziś pilnie potrzebne, bowiem budowane obecnie systemy odwodnień terenów powinny sprawdzać się w działaniu w horyzoncie czasowym 2100 roku. Zmuszać to nas powinno do ciągłego doskonalenia zasad ich wymiarowania, w tym z uwzględnieniem prognozowanych zmian klimatu w przyszłości [9, 10].

3. Standardy odwodnień terenów zurbanizowanych

Systemy kanalizacyjne (sieci z obiektami) na terenach zurbanizowanych mają na celu:

- utrzymanie warunków higienicznych (sanitarnych),
- zapobieganie szkodom związanym z podtopieniem terenów i obiektów,
- utrzymanie powierzchni komunikacyjnych (dróg, ulic) w stanie przejezdności.

Współcześnie, kanalizacja rozumiana jako system do powierzchniowego odwadniania terenów zurbanizowanych jest często wspomagana melioracjami terenów, jako systemem służącym do regulacji poziomów i zasobów wód podziemnych.

W Europie, odchodzi się obecnie od idei pełnego odwodnienia terenów zurbanizowanych, tj. odprowadzania do kanalizacji deszczowej bądź ogólnospławnej wszystkich wód opadowych (deszczowych i roztopowych), a jedynie pochodzących z zanieczyszczonych uszczelnionych powierzchni. Zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, prawidłowa gospodarka wodna w miastach (- w zlewniach rzek) powinna polegać na zagospodarowaniu jak największej objętości „czystych” wód opadowych, tak aby:

- zmniejszyć i opóźnić spływ powierzchniowy wód do odbiorników,
- zapobiec obniżaniu się poziomów wód podziemnych w miastach.

Wykorzystuje się w tym celu procesy retencji, infiltracji i ewapotranspiracji, w takich urządzeniach jak zbiorniki retencyjno-infiltracyjne, niecki terenowe czy „zielone dachy” [11-13]. Unikać przy tym należy generalnie nadmiernego uszczelniania powierzchni terenu (stosować np. utwardzanie ażurowe). Przyczyni się to w bezpośredni bądź pośredni sposób do ochrony terenów zurbanizowanych przed powodzią miejską – wylewami z kanałów.

Niezawodność działania systemów kanalizacji deszczowej bądź ogólnospławnej nie jest w pełni możliwa do osiągnięcia ze względu na losowy charakter opadów [14]. Dążyć należy zatem do bezpiecznego ich wymiarowania, tzn. gwarantującego osiągnięcie współcześnie wymaganego standardu odwodnienia terenów zurbanizowanych - wg zaleceń najnowszej europejskiej normy PN-EN752:2008 r. [15]. Wymaga to dostosowania systemu kanalizacyjnego do przyjęcia maksymalnych - prognozowanych strumieni wód opadowych, o częstości występowania równej dopuszczalnej (akceptowalnej społecznie) częstości wystąpienia wylania na powierzchnię terenu (tab. 1) - również w przyszłości.

Tabela 1. Zalecane częstości obliczeniowe opadów deszczu i dopuszczalne częstości wylewów z kanałów do projektowania odwodnień terenów zurbanizowanych wg PN-EN752 z 2008 r.

Rodzaj zagospodarowania terenu	Częstości projektowe [1 raz na C lat]	
	- opadów deszczu ^{*)}	- wylewów
Tereny wiejskie	1 na 1	1 na 10
Tereny mieszkaniowe miast	1 na 2	1 na 20
Centra miast, tereny usług i przemysłu	1 na 5	1 na 30
Podziemne obiekty komunikacyjne, przejścia i przejazdy pod ulicami, itp.	1 na 10	1 na 50

^{*)} Dla deszczu obliczeniowego nie mogą wystąpić żadne przeciążenia systemów

Zalecane w Polsce, standardy odwodnienia dróg wg Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2 marca 1999 r. (Dz. U. Nr 43, poz. 430) podano w tabeli 2.

Tabela 2. Zalecane częstości obliczeniowe opadów deszczu do projektowania odwodnienia dróg wg Rozporządzenia MTiGM z 1999 r.

Rodzaj – klasa drogi	Częstości projektowe opadów [1 raz na C lat]
Lokalna (L), dojazdowa (D)	1 na 1
Główna (G), zbiorcza (Z)	1 na 2
Główna ruchu przyspieszonego (GP)	1 na 5
Autostrada (A), ekspresowa (S)	1 na 10

Zgodnie Ustawą z 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz. U. Nr 169, poz. 1386 - art. 5 ust. 3) stosowanie Polskich Norm (PN) jest dobrowolne, podobnie też norm europejskich (EN), w tym tzw. zharmonizowanych (PN-EN), a także norm międzynarodowych (ISO). Rangę prawną mają obecnie np. ustawy czy rozporządzenia do ustaw. Ustawa z 2002 roku dostosowała więc krajową normalizację do reguł europejskiego systemu prawnego. Dla projektantów, wykonawców czy eksploataatorów obiektów budowlanych branży sanitarnej (i nie tylko), od lat przyzwyczajonych do obowiązkowego stosowania polskich norm (w tym branżowych), jest to istotna zmiana. Normy nie są obecnie aktami prawnymi. Oznacza to tyle, że należy je traktować jako źródło przepisów pozaprawnych, podobnie jak np. aktualnych wytycznych technicznych projektowania (WTP) czy też publikowanych wyników z najnowszych prac badawczych (np. zaleceń odnośnie metod wymiarowania kanalizacji czy technologii budowy, itp.). Obecny stan prawny nakłada więc na projektantów i wykonawców obiektów budowlanych większą odpowiedzialność, tym obowiązek bezpiecznego projektowania oraz starannego wykonywania inwestycji – zgodnie ze sztuką budowlaną, wynikającą z najlepszej dostępnej wiedzy technicznej (BAT – *Best Available Techniques*; BMP – *Best Management Practices*; LID – *Law Impact Development*; ZWT – *Zasady Wiedzy Technicznej*).

Idea ta znajduje zastosowanie w niniejszej pracy w odniesieniu do zasad projektowania i wymiarowania systemów odwodnień terenów - wg zaleceń najnowszej normy PN-EN752:2008. Uwzględniono przy tym branżowe propozycje Niemieckiego Stowarzyszenia

Gospodarki Wodnej, Ściekowej i Odpadowej (*Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.*) wg DVWK-A118:2006 [16], a także postulat Europejskiego Komitetu Normalizacji (CEN) osiągnięcia w państwach Unii Europejskiej ujednolicenia poziomu wymagań co do ochrony terenów zurbanizowanych przed wylewami z systemów kanalizacyjnych. Na podstawie doniesień literaturowych i badań własnych dotyczących wzrostu intensywności opadów w perspektywie 2100 roku, zaprezentowano scenariusze opadów do modelowania przeciążeń kanałów w Polsce - zalecane już do stosowania w wielu krajach europejskich - dla zachowania w przyszłości zalecanych obecnie standardów odwodnień terenów zurbanizowanych (wg PN-EN752:2008).

4. Współczesne modele opadów maksymalnych

Do wymiarowania systemów kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej w Polsce stosowano najczęściej dwie metody obliczeniowe: stałych natężeń (dla zlewni do 50 ha) lub granicznych natężeń (MGN). Obie metody wykorzystywały wzór Błaszczyka, który oparty został na opadach zarejestrowanych w Warszawie w latach 1837÷1891 i 1914÷1925 (czyli średnio ponad 100 lat temu), postaci:

$$q = 6,631H^{2/3}C^{1/3}t^{-2/3} \quad (1)$$

gdzie: q - jednostkowe natężenie deszczu, $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$; t - czas trwania deszczu, min; H - wysokość opadu normalnego (średniego z wielolecia), mm; C - częstość występowania deszczu o natężeniu q lub większym, lata.

Wzór Błaszczyka (1) zaniża o około 40% obecne wartości jednostkowych natężeń deszczu, co wykazano w pracy [17] na przykładzie opadów zmierzonych we Wrocławiu z okresu 1960-2009. Dzisiaj wiemy już, że było to spowodowane m.in. niestacjonarnością opadów na przestrzeni wieków. Ponadto, założenia wyjściowe MGN odnośnie retencji kanałowej i terenowej dodatkowo redukują strumień spływu wód opadowych (Q), w stosunku do metod czasu przepływu stosowanych w Europie (różnice Q sięgają nawet 100%) [14]. Ma to negatywne skutki przy weryfikacji dopuszczanych normą PN-EN752:2008 częstości wylewów z kanałów, co wykazano m.in. w pracy [18]. Do wymiarowania systemów kanalizacyjnych w Polsce zalecana jest obecnie metoda maksymalnych natężeń (MMN) - z polskimi modelami opadów maksymalnych z okresów pomiarowych 1960-2009.

Regionalny model opadów maksymalnych Bogdanowicz i Stachy powstał na podstawie ogólnopolskich pomiarów deszczu na 20 stacjach IMGW w latach 1960÷1990 [19]:

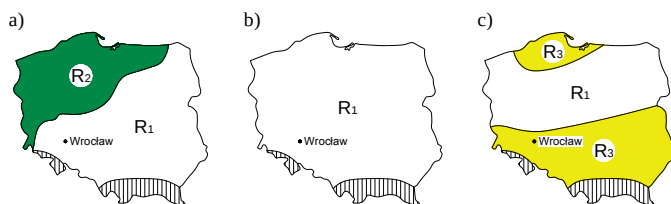
$$h_{\max} = 1,42t^{0,33} + \alpha(-\ln p)^{0,584} \quad (2)$$

gdzie: $h_{\max}$ - maksymalna wysokość opadu, mm; t - czas trwania deszczu: $t \in [5; 4320]$ min; p - prawdopodobieństwo przewyższenia opadu ($p = 1/C$); α - parametr skali zależny od regionu Polski (rys. 1) i czasu trwania deszczu t .

Model opadów regionalnych (2) ma zastosowanie dla częstości $C \geq 2$ lata, lecz nie obejmuje obszarów górskich i podgórskich - zakresowane na rysunku 1.

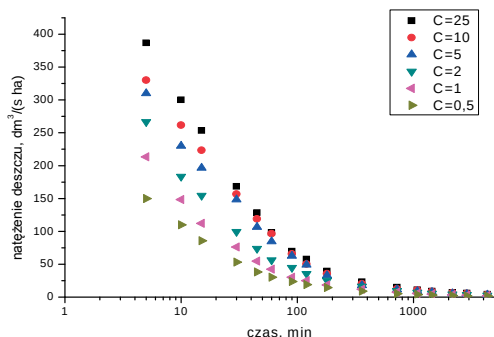
W zależności od skali odwzorowania, wzrasta dokładność i praktyczna przydatność informacji o opadach do celów projektowych. Przykładowo, dla stacji IMGW Wrocław-Strachowice sformułowano probabilistyczny model maksymalnych wysokości opadów o prawdopodobieństwie występowania $p \in [1; 0,01]$, czyli o częstości pojawiania się $C \in [1; 100]$ lat, i czasie trwania $t \in [5; 4320]$ minut, postaci [20]:

$$h_{\max} = -4,58 + 7,41t^{0,242} + (97,11t^{0,0222} - 98,68) (-\ln p)^{0,809} \quad (3)$$



Rys. 1. Regiony opadów maksymalnych: a) dla czasów trwania deszczy $t \in [5; 60]$ min; b) dla $t \in [60; 720]$ min; c) dla $t \in [720; 4320]$ min (R1 - region centralny; R2 - region północno-zachodni; R3 - regiony południowy i nadmorski)

Na rysunku 2 przedstawiono rodziny krzywych (typu IDF) - powtarzalnych natężeń jednostkowych opadów deszczowych we Wrocławiu obliczone z modelu (3) - z okresu 1960÷2009.



Rys. 2. Obecne krzywe jednostkowych natężeń deszczy dla Wrocławia

5. Nowe zasady wymiarowania odwodnień terenów

W celu zapewnienia bezpieczeństwa działania systemów kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej, budowanych czy modernizowanych w Polsce, zgodnie z wymaganiami PN-EN752:2008, pilna stała się potrzeba zmiany dotychczasowych zasad ich wymiarowania, w tym zastąpienie wzoru Błaszczyka nowymi modelami opadów maksymalnych. Mianowicie, w pracy [14] zaproponowano modyfikację metody granicznych natężeń (MGN) poprzez wyeliminowanie czasów koncentracji terenowej i retencji kanałowej, a więc uzależnienie opóźnienia spływu powierzchniowego jedynie od rzeczywistego czasu trwania opadu (t) - równego czasowi przepływu ścieków w kanale (t_p). Wykazano bowiem, iż miarodajne do projektowania systemów odwodnień terenów, maksymalne natężenia opadów deszczu (o czasach trwania od kilku minut do kilku godzin) występują z reguły w okresach długotrwałych zjawisk opadowych, trwających nawet kilka dni. Wówczas znaczenie koncentracji terenowej i retencji kanałowej jest pomijalnie małe. Ponadto, zalecono przyjmowanie wartości współczynnika spływu powierzchniowego (ψ_s), nie tylko w zależności od stopnia uszczelnienia terenu, ale także od natężenia deszczu ($q_{\max}(C)$) i spadków powierzchni - wg [16]. Stąd miarodajny do wymiarowania kanałów i obiektów strumień Q (w dm^3/s), wg metody maksymalnych natężeń (MMN), wyniesie:

$$Q = q_{\max} \psi_s F \quad (4)$$

gdzie: $q_{\max} = 166,7 h_{\max}/t$ - maksymalne natężenie jednostkowe deszczu (dla $t = t_p$), $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$; ψ_s - szczytowy (maksymalny) współczynnik spływu, - ; F - powierzchnia zlewni deszczowej, ha.

Wymiarowany przekrój rozpatrywanego kanału należy dobierać tak, aby jego przepustowość całkowita była większa od odpływu obliczeniowego (Q). U podstaw tej zasady leży domniemanie, że dla przyjętych częstości deszczu, przy całkowitym wypełnieniu kanału, dopuszczane normą PN-EN752:2008 częstości wylania nie zostaną przekroczone (tab. 1). Jednakże związku między częstością deszczu projektowego a wynikowymi wielkościami obciążenia danego systemu nie da się uogólnić, ponieważ hydrauliczny opis przepływu w kanałach jest nieliniowy. Po osiągnięciu całkowitego wypełnienia kanałów i przy dalszym wzroście spiętrzenia ścieków do poziomu terenu możliwy jest wzrost ich przepustowości. Zależy to głównie od zagłębienia kanałów i lokalnych uwarunkowań na powierzchni terenu. Przez to nie jest możliwe ustalenie zależności pomiędzy częstością deszczu obliczeniowego i częstością wylania, zwłaszcza na etapie projektowania kanalizacji. Pomocne okazują się tutaj zalecenia niemieckie, wg DVWK-A118:2006, wprowadzające pojęcie częstości nadpiętrzenia do poziomu terenu do obliczeń sprawdzających przy pomocy modelowania hydrodynamicznego (tab. 3).

Tabela 3. Zalecane scenariusze odnośnie częstości nadpiętrzeń do poziomu terenu do modelowania przeciążeń nowoprojektowanych bądź modernizowanych systemów kanalizacyjnych wg DVWK-A118

Rodzaj zagospodarowania terenu	Częstość nadpiętrzenia [1 raz na C lat]
Tereny wiejskie	2
Tereny mieszkaniowe miast	3
Centra miast, tereny usług i przemysłu	rzadziej niż 5
Podziemne obiekty komunikacyjne, przejścia i przejazdy pod ulicami, itp.	rzadziej niż 10*

* Gdy nie są stosowane lokalne środki zabezpieczające, częstość nadpiętrzenia i wylania należy przyjmować jako 1 raz na 50 lat.

W istniejących, modernizowanych czy nowoprojektowanych systemach kanalizacyjnych zaleca się obecnie weryfikację przepustowości hydraulicznej zwymiarowanych kanałów i obiektów na drodze symulacji hydrodynamicznych, przy różnych scenariuszach obciążenia zlewni opadami zmiennymi w czasie i przestrzeni. Scenariuszami tymi są najczęściej opady modelowe (tworzone z krzywych typu IDF lub DDF), lub rzeczywiste serie intensywnych opadów z wielolecia. Ideą opadów modelowych jest oddanie w sposób zbliżony do rzeczywistości przebiegu typowych opadów o zmiennej w czasie intensywności. Przykładem modelowego opadu deszczu jest model Eulera typu II zalecany do symulacji działania kanalizacji w Niemczech [16], a obecnie w Polsce [10, 14, 18].

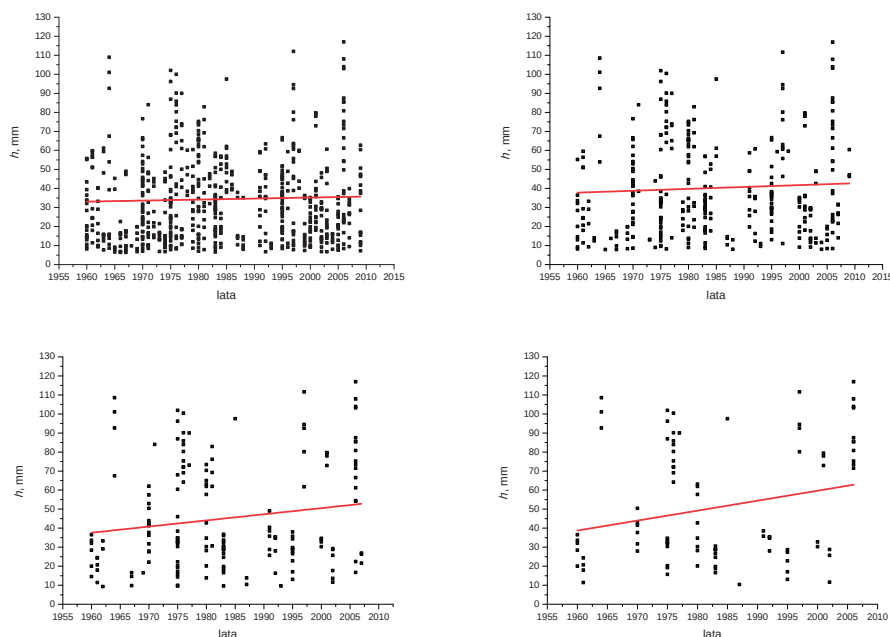
Modelowanie działania systemów kanalizacyjnych, zalecane m.in. normą PN-EN752:2008, a nawet wymagane prawem, np. wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2006 r. - odnośnie weryfikacji częstości działania przelewów burzowych, jest w Polsce rzadko stosowane głównie z braku niezbędnych danych (monitoringu sieci i opadów czy też map numerycznych terenu) [14, 21].

6. Scenariusze opadów do modelowania przeciążeń kanalizacji w przyszłości

Biorąc pod uwagę obecną wiedzę na temat trendów zmian klimatu do 2100 roku, do stosowania typowych opadów projektowych (wg obecnych standardów PN-EN752:2008

i DWA-A118:2006) do wymiarowania i modelowania odwodnień terenów (tab. 1 i 3) można dokonać poprzez korektę ich intensywności - dla obecnych częstości występowania, lub zmieniając częstości występowania współczesnych opadów projektowych. Wg Willemsa [22], przy tzw. wysokim scenariuszu zmian klimatu, dzisiejsze intensywności opadów należałoby zwiększyć o ok. 20% - dla $C = 1$ rok do ok. 50% - dla $C = 10$ lat, lub też częstości występowania obecnych opadów należałoby zredukować - około 2 razy. Na tej podstawie opracowano już wytyczne do identyfikacji przyszłych przeciążeń hydraulicznych w systemach kanalizacyjnych Flandrii w Belgii. Podobne trendy stwierdzono też w innych regionach Europy [23, 24].

Prognozowane trendy zmian częstości występowania intensywnych opadów deszczu znajdują potwierdzenie we Wrocławiu [7], gdzie tylko na przestrzeni ostatniego 50-lecia (1960-2009) nastąpił wzrost przedziałowych wysokości opadów maksymalnych o czasach trwania od 5 min do 3 dni, w czterech klasach częstości projektowych (wraz z przewyższeniami): $C \geq 1$ o 8%, $C \geq 2$ o 13%, $C \geq 5$ o 43% oraz $C \geq 10$ lat o 68%. Zbadane trendy zmian w okresie 1960-2009 zilustrowano na rysunku 3.



Rys. 3. Trendy zmian przedziałowych wysokości opadów maksymalnych dla częstości występowania $C \geq 1$, $C \geq 2$, $C \geq 5$ oraz $C \geq 10$ lat we Wrocławiu w okresie 1960-2009

Stauffer i inni [24] zaproponowali korektę częstości opadów projektowych, przyjmowanych obecnie do weryfikacji nadpiętrzeń i wylewów w Niemczech (wg standardu DVWK-A118:2006). Przykładowo, dla terenów mieszkaniowych zaproponowano scenariusz opadów $C = 5$ lat zamiast $C = 3$ lata (wg tab. 3) do weryfikacji występowania przyszłych nadpiętrzeń oraz scenariusz opadów ekstremalnych o $C = 100$ lat dla zapewnienia wymaganej obecnie dopuszczalnej częstości wylewów raz na 20 lat (wg tab. 1). Na tej podstawie Krajowy Urząd ds. Środowiska (LFU) w Bawarii wydał w 2009 roku zalecenie [25], odnośnie częstości opadów do identyfikacji przyszłych przeciążeń kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej w Północnej Nadrenii-Westfalii, co przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zmiany (do zaleceń DVWK-A118:2006) odnośnie scenariuszy opadów do identyfikacji przeciążeń systemów kanalizacyjnych w przyszłości dla Północnej Nadrenii-Westfalii wg LFU:2009

Rodzaj zagospodarowania terenu	Częstości opadów do symulacji [1 raz na C lat]:	
	- nadpiętrzeń	- wylewów
Tereny wiejskie	3 w miejsce 2	50 w miejsce 10
Tereny mieszkaniowe miast	5 w miejsce 3	100 w miejsce 20
Centra miast, tereny usług i przemysłu	10 w miejsce 5	100 w miejsce 30

Pierwszym etapem do identyfikacji przeciążeń kanałów i obiektów w przyszłości powinna być symulacja działania istniejącego czy nowoprojektowanego systemu odwodnienia odnośnie nadpiętrzeń. Przykładowo, dla zlewni miejskiej w zabudowie mieszkaniowej, zgodnie z dotychczasowymi zaleceniami wg DVWK-A118:2006 (tab. 3), należało obciążyć kanalizację deszczem o częstości występowania $C = 3$ lata i czasie trwania co najmniej dwukrotnie przewyższającym czas przepływu w sieci [16]. Z badań symulacyjnych przeprowadzonych w pracy [18] wynika, że w warunkach hydrologicznych Wrocławia, wydłużanie czasu trwania opadu modelowego do czterokrotnej wartości czasu przepływu powodować może istotny wzrost objętości wylewów z sieci. Obecnie zaleca się, aby symulacje dotyczyły przyszłych scenariuszy obciążenia kanalizacji (tab. 4). Dla zlewni mieszkaniowej będą to dzisiejsze opady o częstości występowania $C = 5$ lat - do weryfikacji nadpiętrzeń oraz o $C = 100$ lat - do zapewnienia dopuszczalnych obecnie częstości wylewów także w przyszłości. Po dokonaniu oceny wyników takich symulacji może być stwierdzona potrzeba adaptacji systemu, zgodnie z oczekiwanym wzrostem strumieni spływu wód opadowych w przyszłości.

7. Kryteria do oceny przeciążeń kanalizacji w przyszłości

Wg Siekmanna i Pinnekampa [26], parametrami kryterialnymi do wykazania konieczności dostosowania danego systemu odwodnienia do zmian klimatycznych mogą być: objętość właściwa wylewów (OWW), stopień zatopienia studzienek (SZS) i stopień wykorzystania kanałów (SWK). OWW (w m^3/ha) wynika z obliczonej objętości wylewów z kanałów (V w m^3) względem uszczelnionej powierzchni F_u zlewni (w ha):

$$OWW = \sum V / \sum F_u \quad (5)$$

SZS ujmuje stosunek liczby zalanych do powierzchni terenu studzienek (N_z) do ogólnej liczby studzienek (N) danego systemu lub tylko powiązanych wzajemnie jego części:

$$SZS = \sum N_z / \sum N \quad (6)$$

SWK pozwala na ocenę średniego ważonego stopnia wykorzystania przepustowości hydraulicznej całej sieci danego systemu odwadniającego lub jego części:

$$SWK = \sum (l_i \cdot Q_{\max,i} / Q_{proj,i}) / \sum l_i \quad (7)$$

gdzie: $Q_{\max,i}$ - maksymalna obliczona wartość strumienia odpływu i -tego odcinka kanału, m^3/s ; $Q_{proj,i}$ - maksymalna projektowa wartość strumienia odpływu i -tego odcinka, m^3/s ; l_i - długość i -tego odcinka sieci kanalizacyjnej, m.

Wartości graniczne parametrów OWW , SZS i SWK powinny być ustalane indywidualnie dla danego systemu. Dla przykładu, w pracy [26] omówiono wyniki analizy kryterialnych danych do oceny trzech systemów kanalizacyjnych w Północnej Nadrenii-Westfalii. Badane zlewnie znajdowały się wewnątrz obszarów miejskich lub centrów miast. Do symulacji nadpiętrzeń i wylewów, jako obciążenie kanałów przyjęte zostały opady

o częstotliwości występowania $C = 5$ lat oraz opady ekstremalne o częstotliwości $C = 100$ lat. Na tej podstawie określono wartości graniczne kryterialnych parametrów oceny: $OWW > 13 \text{ m}^3/\text{ha}$, $SZS > 0,3$ oraz $SWK > 1,1$, jako wskazujące na wysoką potrzebę adaptacji badanych systemów kanalizacyjnych do skutków zmian klimatu.

W przypadku, gdy zidentyfikowane zostaną lokalne przeciążenia systemu (np. wg scenariuszy z tabeli 4) konieczne są dalsze analizy ryzyka [27]. Można tego dokonać na podstawie ocen GIS i in-situ, a w przypadku stwierdzenia rozległych przeciążeń, niezbędna staje się dodatkowa symulacja działania systemu w połączeniu z cyfrowym modelem terenu. Zalecane jest to zwłaszcza w przypadku, gdy co najmniej dwa kryterialne parametry (OWW i SZS lub SWK) wskazują na wysoką potrzebę adaptacji systemu. Szczegółowa analiza wyników symulacji pozwala więc nie tylko na wytyczenie granic terenów zalewowych, ale także na specyfikację głębokości wody, szybkości strumienia i objętości spływu wody.

Przydatność prezentowanej metodyki badań wykazano w warunkach wrocławskich w pracy [28], na modelowej zlewni mieszkaniowej o powierzchni około 2 km^2 . Dla zwymiarowanej bezpieczną metodą czasu przepływu (MMN) na $C = 2$ lata kanalizacji deszczowej symulowano przeciążenia wywołane opadami modelowymi Eulera typu II o częstotliwości występowania $C = 3$ lata, a następnie o $C = 5$ lat. W obu przypadkach nie stwierdzono występowania wylewów z kanałów. Jednak dla ekstremalnego obciążenia zlewni – opadem o $C = 100$ lat, stwierdzono już liczne wylewy z kanałów. Określono wskaźniki: $OWW = 25,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ i $SZS = 0,59$, a tym samym wykazano wysoką potrzebę adaptacji przedmiotowego systemu kanalizacyjnego do zmian klimatu w przyszłości.

Dalsze kroki planowania i ocen ryzyka powinny polegać na wskazaniu potencjalnych rezerwuarów (np. zagłębień terenowych) do retencjonowania lub ewentualnie kierowania fali spływu powierzchniowego na tereny słabiej zagospodarowane (nieużytki czy ogrody działkowe). Analizy takie mają więc na celu umożliwienie dokonania racjonalnego wyboru środków zaradczych z uwzględnieniem kosztów wariantów zabezpieczeń (w tym ewentualnych odszkodowań), tj. rozstrzygnięcie dylematów typu: czy wybrać zagłębienia terenowe lub budowę zbiorników retencyjnych do przetrzymywania fali powodzi we wskazanych miejscach, czy też wytyczyć uprzywilejowane drogi spływu wód opadowych po powierzchni np. wybranych ulic, z ewentualnym zaleceniem podwyższenia krawężników lub też budowy wałów przeciw powodziowych (trwałych bądź zastawkowych), do kierowania fali powodziowej na wybrane tereny lub bezpośrednio do odbiorników.

8. Podsumowanie i wnioski

W pracy omówiono zagrożenia ludności i infrastruktury miast związane z niedoborem oraz nadmiarem wody w przyszłości, wywoływane zmianami klimatu. Dokonano ilościowej oceny zjawiska na przykładzie zagrożeń dla infrastruktury wodno-kanalizacyjnej miast.

Nie jest możliwe obecnie, jak i w przyszłości, osiągnięcie w pełni niezawodnego działania systemów odwodnień terenów ze względu na losowy charakter opadów. Chodzi więc o ograniczenie częstotliwości występowania wylewów z systemów kanalizacyjnych (powodzi miejskich), które jest możliwe do osiągnięcia jedynie w poprawnie zwymiarowanych i zweryfikowanych w modelowaniu hydrodynamicznym sieciach i obiektach. Zaprezentowano współczesne modele opadów i nową metodę maksymalnych natężeń (MMN) do bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów zurbanizowanych, a także zasady badania przeciążeń systemów kanalizacyjnych w Polsce – wg DVWK-A118:2006.

Na podstawie doniesień literaturowych i badań własnych odnośnie prognozowanego wzrostu intensywności opadów w perspektywie 2100 roku, zaproponowano zmiany

scenariuszy opadów do modelowania przeciążeń - napięć w kanałach, dla zachowania w przyszłości dopuszczalnych obecnie częstości wylewów - wg PN-EN752:2008. Zaproponowano także parametry kryterialne do oceny konieczności dostosowania danego systemu odwodnienia do zmian klimatycznych w przyszłości oraz omówiono racjonalne działania zaradcze.

Do bezpiecznego wymiarowanych odwodnień terenów w Polsce, wg obecnych standardów (PN-EN752:2008 i DVWK-A118:2006) i obecnych wzorców opadów maksymalnych, należy zmienić częstości deszczy do symulacji występowania napięć do poziomu terenu, tak aby odzwierciedlały one częstości przeciążeń kanałów w przyszłości. Mianowicie, proponuje się sprawdzać napięcia na obecne deszcze o $C = 3, 5$ i 10 (wg tab. 4) - odpowiednio do rodzaju zagospodarowania terenu - standardu odwodnienia wg PN-EN752:2008. Z uwagi na niepewność obecnych prognoz co do przyszłych scenariuszy opadów, proponuje się sprawdzać sieci na deszcze ekstremalne o $C = 50 \div 100$ lat (wg tab. 4). Wówczas zachowane zostaną prawdopodobnie dopuszczalne obecnie częstości wylewów $C = 10, 20, 30, 50$ lat (wg tab. 1) - odpowiednio do rodzaju zagospodarowania terenu, także w przyszłości.

Powyższe ustalenia są już obecnie zalecane do projektowania kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej w wielu krajach Europy. Niezbędne są jednak dalsze badania, w tym zwłaszcza dotyczące uprawdopodobnienia się wysokiego scenariusza wzrostu intensywności opadów w przyszłości.

Literatura

- 1 Miętus M. Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030. Materiały badawcze. Seria: Meteorologia nr 26, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1996.
- 2 Ministerstwo Środowiska. Projekt VI Raportu Rządowego oraz Raportu Dwuletniego dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji NZ w sprawie zmian klimatu. Warszawa 2013 (http://www.mos.gov.pl/kategoria/3686_konsultacje_spoleczne/).
- 3 IPCC. Climate change impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Summary for policymakers, 2007.
- 4 Landerink G., Van Meijgaard E. Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nature Geosci.* 2008, No. 1, p. 511-514.
- 5 Pińskwar I. Projekcje zmian w ekstremach opadowych w Polsce. Wyd. Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, Monografia nr 32, Warszawa 2010.
- 6 Kundzewicz Z. W. Zmiany ryzyka powodziowego w Europie. Sympozjum europejskie nt. Współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej (red. Cz. Szczepielniak). Paryż - Orlean, 28-30 marzec 2012, s. 11-20.
- 7 Kaźmierczak B., Kotowski A. The influence of precipitation intensity growth on the urban drainage systems designing. *Theoretical and Applied Climatology*, DOI: 10.1007/s00704-013-1067-x, Published online: 20 December 2013, pp. 1-12.
- 8 Tokarczyk T. Nizówka jako wskaźnik suszy hydrologicznej. Wydawnictwo IMGW, Seria Monografie, Warszawa 2010.
- 9 Kotowski A. Wyzwania wywołane zmianami klimatu w projektowaniu systemów odwodnień terenów w Polsce. *Inżynier Budownictwa* 2013, nr 3 (vol. 104), s. 48-53.
- 10 Kotowski A. Prognozowane skutki ocieplenia klimatu w modelowaniu przeciążeń systemów kanalizacyjnych w Polsce. *GWITS* 2013, Nr 5, s. 201-205.
- 11 Geiger W., Dreiseitl H. Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Wyd. Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1999.
- 12 DVWK-A117. Bemessung von Regenrückhalteräumen. DVWK, Hennef 2006.

- 13 Edel R. *Odwadnianie dróg*. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
- 14 Kotowski A. *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2011.
- 15 PN-EN752. *Drain and sewer systems outside buildings*. PKN, Warszawa 2008.
- 16 DVWK-A118. *Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen*. DVWK, Hennef 2006.
- 17 Kotowski A., Kaźmierczak B., Dancewicz A. *Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji*. Wyd. Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Monografia Nr 68, Warszawa 2010.
- 18 Kaźmierczak B., Kotowski A. *Weryfikacja przepustowości kanalizacji deszczowej w modelowaniu hydrodynamicznym*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.
- 19 Bogdanowicz E., Stachy J. *Maksymalne opady deszczu w Polsce. Charakterystyki projektowe*. Materiały badawcze, seria: Hydrologia i Oceanologia Nr 23, Wyd. IMGW, Warszawa 1998.
- 20 Kotowski A., Kaźmierczak B. *Probabilistic models of maximum precipitation for designing sewerage*. *Journal of Hydrometeorology* 2013, Issue 6, Vol. 6, p. 1958-1965.
- 21 Kwietniewski M., Rak J. *Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce*. Wyd. Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Monografia nr 67, Warszawa 2010.
- 22 Willems P. *Revision of urban drainage design rules based on extrapolation of design rainfall statistics*. 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011.
- 23 Larsen A.N., Gregorsen I.B., Christensen O.B., Linde J.J., Mikkelsen P.S. *Potential future increase in extreme one-hour precipitation events over Europe due to climate change*. *Water Science Technology* 2009, Vol. 60, pp. 2205-2216.
- 24 Staufer P., Leckebusch G., Pinnekamp J. *Die Ermittlung der relevanten Niederschlagscharakteristik für die Siedlungsentwässerung im Klimawandel*. KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall 2010, Nr. 12.
- 25 LFU. *Bemessung von Misch- und Regenwasserkanälen. Teil 1: Klimawandel und möglicher Anpassungsbedarf*. Referat 66 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, Merkblatt Nr. 4.3/3, 2009.
- 26 Siekmann M., Pinnekamp J. *Indicator based strategy to adapt urban drainage systems in regard to the consequences caused by climate change*. 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011.
- 27 Schmitt T.G. *Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen*. KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011, Nr. 1 (Jg. 58), S. 40-49.
- 28 Kotowski A., Kaźmierczak B., Nowakowska M., *Analiza obciążenia systemu odwadniania terenu w przypadku prognozowanego zwiększenia częstości i intensywności deszczów z powodu zmian klimatycznych*. *Ochrona Środowiska* 2013, Nr 1, Vol. 35, s. 25-32.

Quantification of the climate change problems in water and sewerage infrastructure design

Andrzej Kotowski

*Zakład Naukowy Usuwania Ścieków, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska,
Politechnika Wrocławska, e-mail: andrzej.kotowski@pwr.edu.pl*

Abstract: The paper discusses the risk associated with water deficiency and urban floodings in the future - related impacts of climate change. There has been a quantitative risk assessment for water and sewerage infrastructure of cities. The contemporary

precipitation models and the maximum intensity method applied in a safe dimensioning of drainage in Poland, and rules for sewer system capacity analysis, were presented. On the basis of literature reports and own research on the increase of precipitation intensity in the perspective of the year 2100, changes in rainfall scenarios for modeling maximum elevations in drains were proposed in order to meet the future requirements (of the PN-EN752:2008) concerning outflows frequency.

Keywords: global warming, risk, drainage design standards, dimensioning, modeling.

Budowle podziemnej przestrzeni miast

Cezary Madryas

*Instytut Inżynierii Lądowej, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska,
e-mail: cezary.madryas @pwr.wroc.pl*

Streszczenie: Omówiono światowe tendencje w zakresie wykorzystania miejskiej przestrzeni podziemnej, funkcji jakie w tej przestrzeni są lokalizowane oraz rodzaje przypisanych im obiektów budowlanych. Wskazano na podstawowe zasady segregacji przestrzeni podziemnej w miastach z uwzględnieniem relacji pomiędzy rodzajem zainwestowania terenu i głębokością posadowienia budowli. Na tym tle dokonano analizy sposobów wykorzystanie podziemnej przestrzeni w polskich miastach oraz przedstawiono studium przypadków – ciekawszych budowli podziemnych jakie zastały zbudowane lub są budowane w naszym kraju. Wskazano na kierunki i perspektywy dalszego rozwoju podziemnego budownictwa w polskich miastach w kontekście rozwiązań światowych, wymagań cywilizacyjnych oraz aspiracji naszego społeczeństwa.

Słowa kluczowe: miasto, przestrzeń podziemna, wykorzystanie, budowle

1. Wprowadzenie

Styl życia i pracy mieszkańców współczesnych miast oraz ich oczekiwań i wymagań powodują, że wzrasta popyt na wysokiej jakości usługi, szybką i wygodną komunikację, miejsca parkingowe a także, na szerszą niż dotąd obsługę podziemną infrastrukturą sieciową tzn. zapewnienie łączności, dostawy wody i energii oraz odprowadzenia ścieków. Coraz bardziej ujawnia się zapotrzebowanie na miasta 24-godzinne czyli takie, w których pewne obszary funkcjonują całą dobę. Jest zatem oczywiste, że dostosowywana do takich celów infrastruktura techniczna musi być zdolna nie tylko do spełnienia podstawowych wymagań egzystencji ludzkiej jak to ma miejsce obecnie, ale musi także zapewniać wysoki komfort i bezpieczeństwo, co jest możliwe tylko wtedy jeżeli będzie kierowana przez rozwinięte systemy informacyjno-kontrolne. Rozwój infrastruktury technicznej jest także konieczny wobec perspektywy społeczeństwa o bardzo dużym udziale ludzi starszych, a także wynika z potrzeby zagospodarowania zwiększającej się ilości wolnego czasu mieszkańców miast, co wynika głównie z technicznych udogodnień cywilizacyjnych (informatyzacja, łączność bezprzewodowa, itp.). Stąd też, obecne oczekiwania społeczne są takie aby modernizowane fragmenty miast, a także ich rozbudowa przebiegała z większym niż dotąd uwzględnieniem komfortu zamieszkania, przystosowując nowo powstającą infrastrukturę miejską do potrzeb socjalnych, duchowych i kulturowych wynikających ze współczesnego stylu życia i aktualnej skali wartości. Tworzenie przestrzeni zurbanizowanej o wymienionych cechach zostało już w kraju częściowo podjęte. Ciągłe jednak w niewystarczającym stopniu. Powstające projekty modernizacji i rozbudowy miast muszą charakteryzować się lepszym niż dotąd wykorzystaniem przestrzeni miejskiej także poprzez intensywniejszy rozwój budownictwa podziemnego a także, wyższy stopień integracji systemu infrastruktury, który może być podzielony na trzy podsystemy. Do pierwszego podsystemu proponuje się kwalifikować wszystkie urządzenia związane z komunikacyjną

obsługą miasta a do drugiego, wszystkie urządzenia związane z gospodarką energetyczną, wodną, ściekową oraz usuwaniem i utylizacją odpadków. Trzeci podsystem stanowiły będą urządzenia łączności i informacji, które przy założeniu potrzeby kontroli, także w odniesieniu do pozostałych urządzeń infrastruktury, tworzą podstawę systemu zarządzania urbanistycznego (ang. urban management system).

Jeśli przedstawione cele mają być osiągnięte konieczny jest pakiet preferencyjnych dla rozwoju budownictwa miejskiego przepisów administracyjnych mających odbicie w zasadach kredytowania, subsydiowania, prowizji itp. dla rozwiązań najlepszych. Najważniejsze jednak jest wypracowanie koncepcji rozwiązań technicznych, które stanowiłyby podstawę do tworzenia spójnych opracowań szczegółowych spełniających opisane wymogi. Podstawowym założeniem takich opracowań musi być kreowanie znacznie bardziej pojemnej przestrzeni zurbanizowanej co nie jest możliwe bez intensyfikacji zainwestowania w przestrzeni podziemnej miast. Wielofunkcyjna, intensywnie zagospodarowana przestrzeń podziemna pozwala na uwolnienie od niektórych funkcji przestrzeni naziemnej, która może być w takim razie wykorzystana do innych celów (przede wszystkim mieszkaniowych) a także, częściowo odnowiona ekologicznie.

Uwaga planistów musi zatem zostać bardziej niż dotąd skupiona na szerszym wykorzystaniu przestrzeni podziemnej jako kierunku dla poprawy komunikacji miejskiej, zwiększenia pojemności centrów poprzez przeniesienie do podziemi wielu funkcji handlowych i usługowych a także, modernizacji i rozbudowy struktur sieciowych z uwzględnieniem zwiększenia ich wydolności i niezawodności funkcjonowania.

Prace w tym kierunku są związane z początkami cywilizacji a współcześnie ich celowość potwierdzają działania w krajach wysoko rozwiniętych, gdzie zainteresowanie przestrzenią podziemną trwa już od wielu lat [1], [2], [6] [8], [14], [16], [17]. Najbardziej wymownym potwierdzeniem tego faktu są powstałe struktury podziemne określane mianem „*underground city*”, między innymi w takich miastach jak Montreal, Tokio czy Pekin [10].

2. Segregacja przestrzeni podziemnej w miastach

Przeprowadzone własne studia, głównie zagranicznych, rozwiązań technicznych i ich powiązań funkcjonalno-lokalizacyjnych pozwoliły wyłonić prawidłowości dające podstawę do sformułowania uogólnionych zasad segregacji przestrzeni podziemnej dla poszczególnych funkcji. Zbiorcze zestawienie wyników tej analizy zilustrowano w tabeli 1.

Wyróżniono dwa typy terenu: teren miejski i teren podmiejski. W obrębie terenu miejskiego wydzielono trzy rodzaje zabudowy: zabudowę kubaturową, ulice oraz inne niezabudowane tereny użyteczności publicznej poza ulicami (place, zieleńce itp.). Jak widać największe nasycenie budowlami podziemnymi występuje pod ulicami na małej głębokości - do 10 metrów. Wynika to przede wszystkim z historii rozwoju technologii stosowanych w budownictwie, które w przeszłości uniemożliwiały realizację na szeroka skalę obiektów podziemnych metodami bezwykopowymi na większych głębokościach. Cechą charakterystyczną dla tej strefy jest także łatwość łączenia funkcjonalnego budowni podziemnych z budowlami na powierzchni terenu (głównie budynków z przyłączami do sieci). Możliwe jest tu również projektowanie rozwiązań z częściowym wykorzystaniem naturalnego oświetlenia. Głębokość ta jest także najlepiej akceptowana przez mieszkańców miast, z natury rzeczy nie przyzwyczajonych do dłuższego przebywania w przestrzeni podziemnej. Konstrukcja górnego stropu płytkich budowli zazwyczaj stanowi bezpośrednie podłoże dla nawierzchni terenu (analogia do pomostu w budownictwie mostowym). Jeżeli jest to budowla zlokalizowana pod terenem zabudowanym, na konstrukcji tej wznoszone są obiekty nadziemne (budynki mieszkalne i użyteczności publicznej, itp.).

Strefy na większych głębokościach zabudowywane są przede wszystkim na terenach pozamiejskich gdzie zgodnie z tendencjami światowymi lokalizuje się podziemne laboratoria, magazyny i urządzenia techniczne, np. oczyszczalnie ścieków. W perspektywie, jak wynika ze studiów literaturowych, strefa ta będzie również szerzej wykorzystywana na terenach miejskich.

Tabela 1. Strefy funkcjonalnego wykorzystania przestrzeni podziemnej

TERENY MIEJSKIE (URBAN AREAS)				TERENY PODMIEJSKIE (SUBURBAN AREAS)
0m	Pod zabudową mieszkaniową	Pod ulicami	Pod terenami użyteczności publicznej	
-5m	Mieszkania (piwnice) Baseny Pasaże handlowe Galerie dla przewodów infrastruktury Parkingi	Przejścia dla pieszych (lobby metro) Sieci infrastruktury (w tym tunele wieloprzewodowe) Płytkie tunele komunikacyjne itd.) Pasaże handlowe Parkingi	Parkingi Przejścia dla pieszych (lobby metro) Sieci infrastruktury np.c.o. Obiekty rekreacyjne (baseny, hale koncertowe, itp.)	Warsztaty, laboratoria Sieci infrastruktury Magazyny
-10m	Parkingi Urządzenia techniczne (stacje pomp, podstacje elektroenergetyczne itd.)	Parkingi Metro (perony, odcinki drogowe) Głębokie tunele komunikacyjne Sieci infrastruktury (w tym tunele wieloprzewodowe) Podziemne ciekі (skanalizowane) Zbiorniki retencyjne	Parkingi Metro (perony, odcinki drogowe) Głębokie tunele komunikacyjne Sieci infrastruktury np.c.o. Obiekty rekreacyjne (baseny, hale koncertowe, itp.) Podziemne ciekі (skanalizowane)	Warsztaty, laboratoria Sieci infrastruktury Magazyny
-30m	Warsztaty, laboratoria ze stałą temperaturą Głębokie tunele komunikacyjne	Parkingi Metro (perony, odcinki drogowe) Głębokie tunele komunikacyjne Sieci infrastruktury (w tym tunele wieloprzewodowe) Zbiorniki retencyjne	Głębokie tunele komunikacyjne Wypożazenia techniczne: - wysoko-napięciowe podstacje energetyczne, - oczyszczalnie ścieków, - stacje pomp, itp. Zbiorniki retencyjne	Siłownie energetyczne Podziemne laboratoria Magazyny cieczy i żywności itp.
-100m		Wypożazenia techniczne jak: - wysoko-napięciowe podstacje energetyczne, - oczyszczalnie ścieków Zbiorniki gazów i cieczy, w tym retencyjne	Wypożazenia techniczne jak: - wysoko-napięciowe podstacje energetyczne, - oczyszczalnie ścieków Zbiorniki gazów i cieczy, w tym retencyjne	Siłownie energetyczne Zbiorniki paliw płynnych (ropopochodnych) Zbiorniki gazu naturalnego i gazu ciekłego

Opisane w tabeli 1 funkcje realizowane są przez budowle, których układy mogą tworzyć struktury sieciowe. W strukturach tych węzły "W" utożsamiane są z obiektami o skupionym, z przestrzennego punktu widzenia, charakterze (stacje metro, komory techniczne tuneli wieloprzewodowych, studzienki rewizyjne i inne) a linie "L" z tunelami i przewodami. Z punktu widzenia systematyki inżynierskiej mamy zatem podziemne

systemy współpracujących ze sobą budowli (komunikacyjne i zaopatrzeniowe) oraz zbiór rozproszonych budowli nie powiązanych ze sobą funkcjonalnie (magazyny, hale sportowe, laboratoria, zbiorniki itd.). Należy tu podkreślić, że systemy sieciowe (wodociągowe, kanalizacyjne, energetyczne, łączności czy metro) stanowią uporządkowane struktury przestrzenne i nie mogą być lokalizowane w dowolnych miejscach.

3. Sposoby wykorzystania przestrzeni podziemnej w miastach polskich

W świetle opisanych w tabeli 1 funkcji ciekawa jest analiza współczesnego wykorzystania przestrzeni podziemnych w miastach polskich. Problem jest o tyle złożony, że w kraju jak dotąd nie prowadzi się badań w celu sformułowania zasad kompleksowego i wielofunkcyjnego wykorzystania przestrzeni podziemnej. Zazwyczaj analizy dotyczą wybranych typów budowli, metod ich projektowania oraz wykonawstwa, nie omawiając współzależności między nimi, nie mówiąc już o współzależności wyposażenia podziemnego miasta z jego zainwestowaniem naziemnym. Taki stan nauki i prac inżynierskich jest spójny z rzeczywistą sytuacją w zakresie wykorzystania przestrzeni podziemnej, której zainwestowanie w kraju ogranicza się w dużej mierze do wyeksploatowanych sieci ułożonych bezpośrednio w gruncie, nielicznych przejść podziemnych dla pieszych oraz rzadziej tuneli komunikacyjnych i incydentalnie tuneli wieloprzewodowych.

Sytuacja zapewne byłaby inna gdyby ukończono rozpoczętą w latach 50. ubiegłego wieku budowę głębokiego metro w Warszawie. Przerwanie tej inwestycji w roku 1957 niewątpliwie przyczyniło się do opóźnień jakie istnieją w zakresie miejskiego budownictwa podziemnego w Polsce, w stosunku do krajów wysokorozwiniętych. Do budowy metro, wg koncepcji trasy z okresu międzywojennego, powrócono dopiero w latach 80.

Zapoczątkowany pod koniec lat 70., rozwój indywidualnej motoryzacji nie przyniósł również oczekiwanego postępu w miejskim budownictwie podziemnym. W dalszym ciągu nie budowano podziemnych garaży ani parkingów a nieliczne tunele dla samochodów nie zmieniły rzeczywistości. Ze względu na kryzys ekonomiczny sytuacja nie ulega zmianie także w latach 80. Spopularyzowane w tym okresie budownictwo "plombowe", z uwagi na ograniczone środki, było realizowane bez wykorzystania podziemnych kondygnacji do celów usługowych i parkowania. Zabudowane w ten sposób tereny w centrach miast bezpowrotnie wykluczyły wykorzystanie płytkiej przestrzeni podziemnej w tych miejscach również w przyszłości, co jest niepowetowaną stratą. W tym obszarze, sytuacja uległa nieco zmianie dopiero w latach 90. ubiegłego stulecia, od kiedy to w większości projektowanych budynków ich kondygnacje podziemne są przeznaczone do parkowania samochodów.

Do dzisiaj nienowocześnie realizowana jest zabudowa nowych terenów i ich wyposażenia w podziemne urządzenia inżynierskie. Budownictwo podziemne na tych obszarach ogranicza się do sieci zaopatrzeniowych, które są nie układane w tunelach wieloprzewodowych, lecz bezpośrednio w ziemi co obniża niezawodność ich funkcjonowania oraz zazwyczaj jednokondygnacyjnych garaży dla lokatorów osiedli mieszkaniowych wznoszonych przez deweloperów.

Reasumując należy stwierdzić, że przestrzeń podziemna w polskich miastach wykorzystywana jest incydentalnie (z wyjątkiem infrastruktury sieciowej). W żadnym razie nie może być tu mowy o zintegrowanych systemach wielofunkcyjnych. Pewną osnową dla takich systemów jest jak dotąd wyłącznie warszawskie metro, ale i tu stan zainwestowania jest skromny w stosunku do innych europejskich miast (np.: Praga, Monachium czy Budapeszt, nie mówiąc o wspomnianych już pozaeuropejskich metropoliach, jak Montreal

lub Tokio). Bezsprzecznie jest wiele powodów takiego stanu, spośród których najważniejszym jest brak preferencji dla tego typu budownictwa, implikujący małe zainteresowanie tą problematyką w środowiskach naukowych i inżynierskich. To z kolei skutkuje małą liczbę polskich specjalistów (jest to ciągle niszowy obszar edukacji) a co za tym idzie, obawą przed zainwestowaniem podziemnym wynikającą z braku wiedzy.

Niewątpliwie zmianie sytuacji sprzyja rozwój technologii i ich dostępność (niestety, większość z nich pochodzi spoza granic kraju) stwarzający szerokie możliwości zainwestowania ciągle wolnej przestrzeni w naszych miastach. Istnieją nawet dobre przykłady aplikacji tych technologii w Polsce, w wyniku czego powstało i powstaje kilka interesujących budowli podziemnych, z których wybrane opisano w punkcie 4.

4. Studium przypadków

4.1. Tunele drogowe

4.1.1. Tunel tramwajowy w Krakowie

Tunel tramwajowy w Krakowie jest najdłuższą tego typu budowlą w Polsce i liczy 1420 m a wraz z rampami 1539 m. Powstał w ramach realizacji zadanie „Krakowski Szybki Tramwaj” i łączy Rondo Mogiłskie z przyległościami ul. Pawiej i Głównego Dworca PKP [15]. Praktycznie, po warszawskim metro i linii średnicowej kolei PKP, również w Warszawie, jest to trzecia w Polsce miejska budowla podziemna przeznaczona dla taboru szynowego. Czwartym tunelem jest, oddany do eksploatacji w 2012 roku, tunel o długości 1067,2 m na trasie szybkiego tramwaju w Poznaniu.



Rys. 1. Przystanek tramwajowy „Politechnika” [22]

Budowa krakowskiego tunelu trwała z długimi przerwami 34 lata a jego ostateczne otwarcie, miało miejsce w grudniu 2008. Na trasie tunelu zlokalizowano dwa przystanki: Dworzec Główny i Politechnika. Pierwszy z przystanków znajduje się pod dworcem PKP „Kraków Główny” co powoduje, że wraz z Regionalnym Dworcem Autobusowym stanowi nowoczesny, zintegrowany kompleks przesiadkowy. Drugi z przystanków składa się z części podziemnej i nadziemnej zlokalizowanej wzdłuż ul. Pawiej. Nad torami ułożonymi w tunelu umieszczono galerię, z której schodzi się na perony oraz przejście podziemne pod ul. Pawią. Torowiska w tunelu mają niezależne perony co wynika z faktu, że tabor tramwajowy nie posiada drzwi po lewej stronie. Tunel jest budowlą o konstrukcji żelbetowej wykonaną na całej długości w wykopie otwartym. Mimo to, należy go uznać za dobre rozwiązanie inżynierskie z bardzo estetycznie wykonanymi przystankami (patrz rys.1) oraz funkcjonalnościami zbliżającymi przedsięwzięcie do zgodnych ze współczesnymi trendami w urbanistyce przestrzeni podziemnej miast, struktur wielofunkcyjnych.



Rys. 2. Widok szyby docelowego i czoła (noża) maszyny drążącej (Fot. D. Ganew)

4.1.2. Tunel samochodowy w Gdańsku

Dotychczas wybudowane, nieliczne tunele drogowe w Polsce to płytkie budowle o niedużych długościach wykonane w wykopach. Sytuacja uległa zmianie w 2013 roku, kiedy to rozpoczęto drążenie tunelu drogowego pod Martwą Wisłą w ramach Zadania IV „Odcinek Węzeł Marynarki Polskiej – Węzeł Ku Ujściu” realizowanego w ramach przedsięwzięcia „Połączenie Portu Lotniczego z Portem Morskim Gdańsk – Trasa Słowackiego”. Projekt, którego całkowity koszt wynosi 1420000000 zł, współfinansowany jest przez Unię Europejską na poziomie 1154000000 zł, ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko [19]. Całkowita długość tunelu wynosi 1377,5 m z czego 1072,5 m jest wykonywana przy użyciu TBM a 305,0 m, w wykopie otwartym. Tunel będzie składał się z dwóch osobno drążonych tuneli z dwujezdniowymi drogami, oddalonych od siebie o 25,0 m i połączonych siedmioma przejściami ewakuacyjnymi w odległościach ca’ 170 m. Stąd też, całkowita długość tuneli drążonych wynosi 2145 m. Do realizacji tego zadania wykonano maszynę drążącą typu Mixshield o średnicy 12560 mm, długości 91 m i masie 2200 t [7]. Maszyna została wykonana w Niemczech, skąd w częściach, drogą lądową i morską przetransportowano ją na miejsce budowy. Po zmontowaniu w całość maszynę połączono z zakładem separacji, do którego transportowany jest urobek w celu odseparowania od płuczki bentonitowej. Każdy z tuneli składa się z 538 pierścieni zbudowanych z 7 tubingów (sześć podstawowych i jeden zwornikowy). Masa pojedynczego pierścienia wynosi ca’ 100 ton. Drążenie tuneli rozpoczyna się w szybach startowych o głębokości 21 m, konstrukcję których stanowią ściany szczelinowe o grubości 1,20 m, ekrany Soilcrete z palami kotwiącymi dla uszczelnienia dna oraz specjalne konstrukcje rozparć [18]. Z konstrukcyjnego punktu widzenia najtrudniejszym wyzwaniem było zaprojektowanie rozparć ścian na okres montażu TBM. W tym czasie szyby były rozparte stropem żelbetowym i płytą denną tworząc niejako konstrukcję ramową o rozpiętości 16 m. W polu przejścia maszyny przez ścianę szczelinową (tzw. oknie) przewidziano zbrojenie betonu włókna szklanymi. Docelowo w szybach startowych i odbiorczych będą zainstalowane wyposażenia techniczne. Nadkład gruntu nad tunelem waha się w granicach od 8 do 21,5 m a w najniższym punkcie niwelety, tunel znajduje się 34,25 m poniżej zwierciadła Martwej Wisły. Budowa tunelu przebiega przez gruntu sypkie i spoiste o słabej nośności (piaski, namuły, torfy) przy wysokim poziomie wody gruntowej [4]. Opisany tunel jest największą (w sensie wymiarów przekroju poprzecznego) tego typu budowlą w Polsce i jedną z największych w Europie. Po raz pierwszy w kraju zastosowano też TBM do budowy tunelu drogowego. Budowany jest przez firmę spoza granic kraju jednak przy decydującym udziale polskich inżynierów i polskim nadzorze naukowym. Na

rysunku 2 pokazano szyb docelowy i czoło maszyny drążącej podczas uroczystości zakończenia pierwszego tunelu.

4.2. Metro

Nazwa „metro” pochodzi od nazwy pierwszej linii podziemnej kolei w Paryżu, którą nazwano „*Metropolitain*” i oddano do eksploatacji w 1900 roku, Metro jest uważane za najefektywniejszy środek komunikacji zbiorowej w miastach. Jednak ze względu na wysoki stopień użycia zaawansowanych technologii oraz wysoki koszt inwestycyjny, metro może poszczycić się nieco ponad 100 miast w najwyżej rozwiniętych krajach Świata. W Polsce pierwszą uchwałę o budowie metro w Warszawie podjęto już w 1925 roku a zatem, siedem lat po odzyskaniu niepodległości co bez wątpienia świadczy o odwadze i umiejętności perspektywicznego myślenia ówczesnych decydentów i inżynierów. Budowy metro (głębokiego) od strony Pragi podjęto, po przerwie spowodowanej II wojną światową, na początku lat 50. ubiegłego stulecia. Jednak w 1957 r. roboty budowlane zostały ostatecznie przerwane. Prace projektowe pierwszej linii, oddanej do eksploatacji w 2008 roku, rozpoczęto dopiero w połowie lat 70. a jej realizację, w roku 1983. Linia ta, o długości 23,1 km, składa się z odcinków szlakowych oraz 21 stacji i łączy południowe i północne dzielnice lewobrzeżnej Warszawy z centrum miasta. Codziennie z metra korzysta około 500 tysięcy pasażerów. Tunele metro zostały częściowo wykonane w wykopach otwartych (końcowe odcinki linii) a częściowo, metodą tarczową z użyciem starego wręcz „zabytkowego” typu tarczy. Wszystkie stacje wykonano w wykopach otwartych.



Rys. 3. Widok TBM podczas jej opuszczania do szybu startowego (Fot.D. Ganew)

Obecnie budowany jest centralny odcinek II linii warszawskiego metra. Jest to trudne przedsięwzięcie techniczne, gdyż cała trasa zlokalizowana jest w ścisłym centrum miasta. Linia przebiega pod dnem Wisły, zabytkową fabryką Norblina, przechodzi 3 m poniżej tuneli I linii metra oraz mocno zdegradowanymi budynkami pomiędzy ulicami Targową, Sprzeczną i Zamoyskiego. Przedsięwzięcie składa się między innymi z siedmiu stacji posadowionych na głębokości od 13 do 23 m i budowanych w wykopach otwartych, sześciu wentylatorni oraz tuneli o łącznej długości ponad 9 km [21]. Mimo drobnych niepowodzeń, jak awaria tunelu na Wisłostradzie i pęknięcia kilku budynków, tunele zostały wybudowane w ciągu 18 miesięcy co daje średnią prędkości drążenia na poziomie 80 metrów na tydzień. Uzyskanie tak satysfakcjonującego wyniku było możliwe dzięki budowie tuneli przy użyciu czterech nowoczesnych maszyn TBM EPB. II linia warszawskiego metro jest budowana, w przeciwieństwie do linii I, urządzeniami odpowiadającymi najwyższym światowym standardom co dobrze wróży dla realizacji podobnych przedsięwzięć w innych miastach. Wiadomym jest, że o podziemnej kolei myśli się w Krakowie czy Wrocławiu. Widok TBM podczas opuszczanie jej do szybu startowego przedstawiono na rysunku 3 a widok wnętrza gotowego tunelu, na rysunku 4.



Rys. 4. Widok wnętrza tunelu II linii warszawskiego metro (Fot. D. Ganew)

4.3. Budowle wielofunkcyjne

Wielofunkcyjne struktury podziemne powstają zazwyczaj na podstawie metro lub raczej, jako budowle o charakterze skupionym. W pierwszym przypadku są skutkiem integracji stacji metro z podziemnymi przejściami dla pieszych, przechodzącymi często w podziemne ulice łączące obiekty o różnych funkcjach (domy handlowe, banki, kina itp.). Są to z reguły struktury wielopoziomowe – nieraz węzły, w których przecinają się niekiedy połączone konstrukcyjnie i funkcjonalnie budowle podziemne. Przykładem takiego rozwiązania w kraju, może być rondo na skrzyżowaniu ulicy Marszałkowskiej i alei Jerozolimskich w Warszawie, pod którym poza przejściem podziemnym dla pieszych przebiegają (poniżej tego przejścia) kolektor kanalizacyjny i linia kolejowa a w pobliżu, zlokalizowana jest stacja metro. Budowla ta powstała, za wyjątkiem stacji metro, kilkadziesiąt lat temu co bez wątpienia było znaczącym osiągnięciem inżynierskim.



Rys. 5. Widok ronda w Katowicach nocą [20]

Podobną historię ma zmodernizowane w ostatnich latach rondo im generała Jerzego Ziętki w Katowicach. Budowla powstała w 1965 roku a w jej podziemiach zaplanowano między innymi sklepy, bar, kwiaciarnie i toalety. Jeden z tuneli prowadzi do tzw. „katowickiego spodka”. Obiekt w całości wykonany był w wykopie otwartym ale mimo to stanowił bardzo nowoczesny element podziemnej infrastruktury miasta. Przebudowa ronda została przeprowadzona w latach 2000 - 2006. Obecnie rondo ma trzy poziomy, w tym jeden podziemny wzbogacony o nowy tunel dla samochodów. Jest to tunel dwunawowy o długości naw 657 m i 650 m, szerokości jezdni w obu nawach równej 11 m i użytkowej wysokości 6,4 m. Umożliwiło to uruchomienie 6 pasów ruchu. Konstrukcje nośną tunelu stanowi płyta stropowa o grubości 1,2 m oparta na ścianach szczelinowych o grubości 0,8 m [20]. Połowę budowli przekryto efektowną kopułą. Obiekt pełni również funkcję wystawienniczą, gastronomiczną i centrum przesiadkowego dla ruchu tramwajowego i autobusowego. Widok ronda w nocy przedstawiono na rysunku 5.

4.4. Mikrotunele

W Polsce w zdecydowanej większości przypadków mikrotunelowanie wykorzystywane jest do bezwykopowej realizacji infrastruktury sieciowej, w tym przede wszystkim przewodów kanalizacyjnych. Pierwszy mikrotunel wykonano na przełomie 1997/98 roku w Toruniu. Zrealizowano tam kolektor kanalizacyjny o średnicy DN1600 mm i długości $L = 973$ m z rur, z materiału kompozytowego GRP (*Glass Reinforced Plastic*).

Pod względem wymiarów przewodu, najbardziej spektakularnymi przedsięwzięciami były realizacje kolektorów ogólnospławnych pod Al. Prymasa Tysiąclecia w Warszawie i halą sportową w Katowicach – kolektor „Wełnowiecki II” oraz w trakcie budowy systemu dosyłowego kanalizacji do Oczyszczalni Ścieków „Czajka” w Warszawie.

W pierwszym przypadku tunel został zbudowany z rur GRP o średnicy DN2400 mm, sztywności obwodowej $SN = 32000$ N/m², długości pojedynczych rur $l = 3,0$ m i grubości ich ścianki $s = 76$ mm. Budowę wykonano na głębokość od 9 do 11 m poniżej poziomu terenu. Mikrotunel został podzielony na pięć odcinków, z których najdłuższy, zbudowany z zastosowaniem trzech pośrednich stacji siłowników miał 470,5 m długości. Na wszystkich odcinkach, w celu zmniejszenia tarcia przewodu o grunt, iniektowano lubrykat bentonitowy. Spowodowało to, że maksymalne siły przeciskające nie przekroczyły 65 kN. W tamtych czasach (lata 2000-2003), ze względu na duży wymiar średnicy rur oraz materiał z którego były wykonane, realizacja ta była postrzegana jako innowacyjne osiągnięcie techniczne w skali światowej [9].

W drugim przypadku zostały użyte rury betonowe rury. Część trasy kolektora przebiegała pod halą widowiskową nazywaną „Katowickim Spodkiem”. Przedsięwzięcie przewidywało wykonanie dwóch odcinków przewodu o długościach 86 m i 296 m z rur o średnicy DN2400 mm oraz czterech odcinków o długościach 362 m, 90,5 m, 331,5 m i 245,5 m z rur o średnicy DN1600 mm. Najtrudniejszym etapem prac była realizacja odcinka o długości 362 m ułożonego na głębokości ca’ 8,0 m poniżej poziomu terenu w złożonych warunkach gruntowych, zmieniających się od gruntów piaszczystych poprzez żwir, gliny, rumosz gliniasty do frakcji kamienistych z przewagą otoczków i masy tłuczniowej pochodzenia nasypowego. Powodowało to, że postęp wiercenia był zmienny i wahał się w granicach od 18 do 33 m na dobę. Oba przypadki zostały szczegółowo opisane w literaturze tematu [9].

Trzeci przypadek należy analizować w kontekście całego projektu, tzn. wybudowania układu przesyłowego ścieków z lewobrzeżnej Warszawy do Oczyszczalni Ścieków „Czajka”, w skład którego wchodzi kilku zasadniczych elementów [12]:

- kolektory ogólnospławne o średnicy wewnętrznej 2800 mm wybudowane na terenie dzielnicy Białoleka w prawobrzeżnej części Warszawy wraz z kolektorami przepięć rezerwowych o średnicy 1400 mm, przewidzianych dla transportu ścieków do pompowni Żerań i Nowodwory,
- kolektor ogólnospławny o średnicy 2160 mm, który jest przedłużeniem syfonu włączonym do układu opisanych powyżej kolektorów o średnicy 2800 mm,
- tunel zbiorczego o średnicy wewnętrznej 4500 mm ułożony pod Wisłą dla przeprowadzenia syfonu wykonanego z dwóch przewodów kanalizacyjnych o średnicy 1600 mm,
- pompownia „Farysa” będąca żelbetową, monolityczną studnią opuszczaną o średnicy około 10 m i głębokości 10 m,
- budynek krat o rzucie prostokąta, o bokach 25 m i 40 m, posadowiony na głębokości około 6m,

- zagłębiona poniżej terenu komora startowa o średnicy wewnętrznej 20 m i głębokości 43m zaprojektowana w technologii ścian szczelinowych o grubości 1,0 m (płyta fundamentowa komory została posadowiona na rzędnej 27 m w stosunku do „0” poziomu rzeki Wisły; komora ta była komorą startową dla realizacji tunelu),
- komora wyjściowa o zróżnicowanej głębokości (6,1 m, 7,65 m i 8,75 m) na planie prostokąta o bokach 9,10 m i 36,70 m.

Było to przedsięwzięcie o nie spotykanej dotąd w Polsce skali a nawet unikatowych cechach wśród podobnych rozwiązań w świecie. Bez wątpienia na uwagę zasługują wszystkie ww. wymienione elementy inwestycji W niniejszej pracy ograniczono się do przedstawienia najważniejszych informacji o kolektorach o średnicy wewnętrznej 2800 mm wykonanych z zastosowaniem technologii mikrotunelowania oraz tunelu pod Wisłą.

Jak już napisano powyżej, jednym z elementów zadania była realizacja kolektora o średnicy wewnętrznej 2800 mm i długości 6000 m zlokalizowanego w intensywnie zabudowanej dzielnicy Białoleka. Było to zadanie wyjątkowe, gdyż nigdy dotąd nie budowano w Polsce mikrotunelu o tak dużej średnicy. Do wykonania tunelu użyto rur z kompozytu GRP wyprodukowanych w Dąbrowie Górniczej, na specjalnie dla tego projektu wykonanej linii technologicznej. Do drążenia mikrotunelu użyto dwie maszyny: AVN 2000 i AVN 2400, o zewnętrznej średnicy noża 3065 mm i sile nacisku 1800 ton. Zaprojektowano długie odcinki pomiędzy komorami roboczymi (do 930 m długości), co znacznie zmniejszyło uciążliwość dla otoczenia wynikających z wykonywania dużej liczby komór. Na rysunku 6 przedstawiono jedną z komór wybudowaną podczas realizacji kolektora.



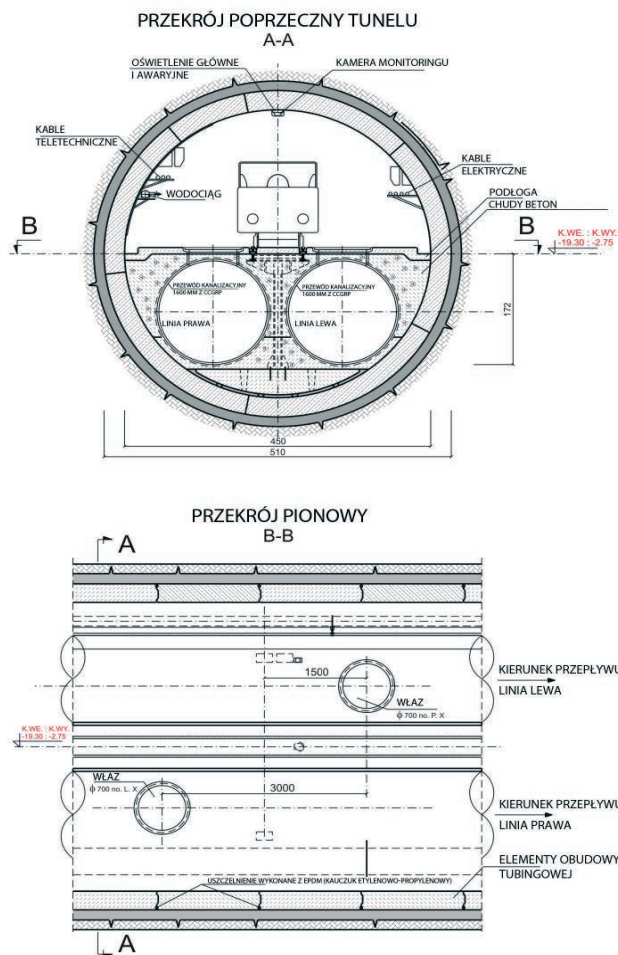
Rys. 6. Komora robocza mikrotunelu zlokalizowana w pasie rozdziału jezdni [12]

Głównym celem wybudowania tunelu pod Wisłą było umieszczenie w nim przewodów kanalizacyjnych – syfonów dla przetrzutu ścieków z lewobrzeżnej na prawobrzeżną część Warszawy w kierunku Oczyszczalni Ścieków „Czajka”. Całość systemu składa się z następujących elementów:

- zlokalizowanej na terenie lewobrzeżnej Warszawy komory wejściowej,
- tunelu wieloprzewodowego o średnicy wewnętrznej 4500 mm ułożonego pod rzeką Wisłą,
- dwóch przewodów kanalizacyjnych o średnicy 1600 mm ułożonych we wnętrzu tunelu wieloprzewodowego,
- zlokalizowanej na terenie prawobrzeżnej części Warszawy komory wyjściowej z umieszczonymi w niej komorami: zasuw, rozprężną i połączeniową.

Tunel o średnicy wewnętrznej 4,5 m i długości 1305 m zaprojektowano jako żelbetowy. Został wykonany z tubingów przy pomocy pierwszy raz użytej w Polsce tarczy typu TBM. Schemat tunelu przedstawiono na rysunku 7.

Warto podkreślić, że opisane przedsięwzięcie zostało nagrodzone przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych (ISTT- *International Society of Trenchless Technology*), jako najlepszy na świecie projekt roku 2010 w kategorii instalacji bezwykopowych. Nagroda została wręczona w Berlinie, w 2011 roku, na dorocznej międzynarodowej konferencji tej organizacji (29th *International NO DIG*).

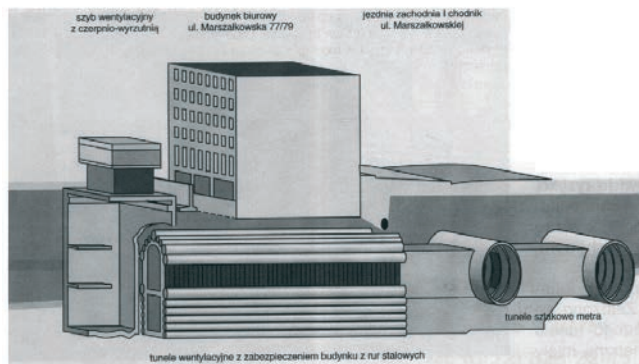


Rys. 7. Schemat tunelu wieloprzewodowego pod Wisłą z rozmieszczonymi przewodami syfonu [12]

4.5. Budowle specjalnego przeznaczenia

4.5.1. Tunel wentylacyjny dla I linii warszawskiego metra

Technologia mikrotulewania znajduje także w kraju zastosowania niekonwencjonalne, tzn. w metodzie *pipe roofing*. Pierwsze aplikacje tej metody w Polsce dotyczą jej horyzontalnego typu i miały miejsce w latach 90. ubiegłego stulecia przy budowie kilku tuneli komunikacyjnych wykonywanych techniką przeciskania elementów żelbetowych. Przykładami mogą tu być realizacje w latach 1997 – 2000 „sztucznych stropów” z mikrotuneli podczas budowy przejść podziemnych dla pieszych i tuneli drogowych [3].



Rys. 8. Schemat tunelu wentylacyjnego w Warszawie [5]



Rys. 9. Widok konstrukcji *pipe roofing* w trakcie realizacji tunelu wentylacyjnego [5]

Niewątpliwym osiągnięciem technicznym w budownictwie podziemnym było zastosowanie w 1998 roku metody *pipe roofing* do wykonania obudowy wstępnej tunelu wentylacyjnego dla obsługi metra w Warszawie. Tunel wykonano pod 5-cio piętrowym budynkiem o konstrukcji szkieletowej opartej na stopach fundamentowych, a zatem bardzo wrażliwej na osiadania. Dodatkowe utrudnienie wynikało z konieczności zakończenia tunelu na styku ze ścianą już wykonanego tunelu metra, co wykluczyło możliwość odbioru zmechanizowanej głowicy drążącej w szybie końcowym. Przekrój tunelu ma wysokość 10 m, szerokość 5 m i długość 25 m. Obudowę wstępną zbudowano z 21 mikrotuneli o średnicy 800 i 1200 mm, tworzących sklepienie łukowe przechodzące w odcinki proste w przyspągowych częściach przekroju. Projektowaną geometrią tunelu zapewniono wprowadzając z dużą dokładnością pierwszy (pilotujący) mikrotunel o średnicy 1200 mm, który służył do naprowadzania poprzez prowadnice zamków następnych mikrotuneli o średnicach 800 mm. Ze względu na nieprzewidziane występowanie otoczków i głazów o dużej twardości, których nie można było rozkruszyć zastosowaną głowicą (do urobku twardej gliny), średnice niektórych przewiertów zwiększono do 1200 mm. Stosowano wtedy specjalne urządzenie urabiające do gruntu zwartego i pozwalające na wydobywanie głazów w całości. W trakcie prac mikrotunelowych dla zmniejszenia tarcia użyto lubrykat w postaci zawiesiny bentonitowej. W końcowej fazie prac do lubrykatu dodawano cement w proporcji 1:5, co pozwoliło na wypełnienie pustek jakie powstawały w wyniku różnicy pomiędzy średnicą noża i rur mikrotunelowych oraz kawern po otoczkach. Na rysunku 8 pokazano schemat omówionego przedsięwzięcia, a na rysunku 9 zdjęcie wykonane w trakcie jego realizacji [5].

Opisana konstrukcja *pipe roofing* była wykonana przez polską firmę budowlaną i niewątpliwie w tamtym czasie należała do znaczących osiągnięć technicznych. Potwierdza to zainteresowanie tym rozwiązaniem, nawet po wielu latach, co miało miejsce podczas obrad kongresy ITA (*International Tunnelling Association*), który odbył się w Waszyngtonie w roku 2011 a zatem, 13 lat później [11]. W kraju budowała ta nie została należycie doceniona.

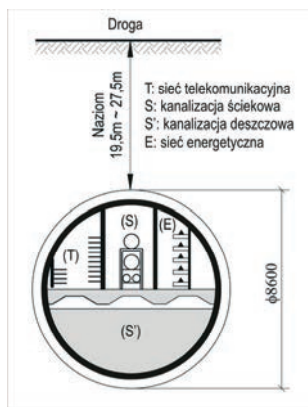
4.5.2. Zbiorniki retencyjne

Problem ewakuacji wód opadowych w miastach polskich stał się problemem podstawowym. Wynika to ze zmian klimatycznych, na które w dużej mierze nie mamy wpływu gdyż jest to problem globalny, oraz ze zmian charakterystyk zlewni, które to zmiany powstały w kraju w wyniku często błędnej, nieprzemyślanej jej zabudowy. Od czasu pamiętnej powodzi w 1997 roku, która miała zdarzać się raz na 500 lat, corocznie zalewane są fragmenty naszego kraju, w tym miasta. Należy tu podkreślić, że powodzie w miastach często związane są nie tylko z wylewaniem rzek ale także, z krótkotrwałymi opadami o bardzo dużej intensywności. Rozwiązanie problemu nie jest łatwe i wiąże się z dużymi kosztami. Nie analizując w niniejszej pracy szerokiego spektrum rozważań na ten trudny często kontrowersyjny temat skoncentrowano się na problemie podziemnych zbiorników retencyjnych. Budowle te od dawna są znane i aplikowane jako jeden ze sposobów ochrony miast lub ich fragmentów przed podtopieniami. Mogą to być rozwiązania o znacznych wymiarach stanowiące systemy urządzeń podziemnych wybudowanych dla przetrzymania wód opadowych lub wylewających się z rzek. Do największych systemów retencyjnych zalicza się TARP (*Tunnel and Reservoir Plan*) w Chicago [24] i system *Hirano River Flood* w Osace [23].

TARP jest największym tego typu projektem XX wieku. Projekt rozpoczęto w 1975 roku w celu zapobieżenia częstym powodziom i problemom melioracyjnym, które dotyczyły Chicago i jego okolice. Faza I projektu obejmowała budowę tuneli, szybów, oczyszczalni wód i pompowni. W jej wyniku wyeliminowano prawie 85% zanieczyszczeń. Systemy wybudowane w tej fazie obejmują cztery tunele (*Mainstream, Des Plaines, Calumet i O'Hare*) o łącznej długości 176,1 km, w zakresie średnic od 2,4 m do 10,8 m. Prawie wszystkie tunele zostały wykonane w utworach wapiennych co wymagało użycia ponad 30 TBM. Faza II składała się z budowy trzech głównych zbiorników (*O'Hare, Thornton i McCook*) o łącznej pojemności 69.050.000 m³. Zbiorniki stanowią element projektu melioracji okolic Chicago ale przede wszystkim, zostały zbudowane w celu zapewnienia ochrony przed powodzią, czyli do retencjonowania wód opadowych przekazywanych z tuneli. Budowę zbiornika *O'Hare* o pojemności 1.290.000 m³ rozpoczęto w 1990 roku i zakończono w 1998 roku. Budowa zbiornika *Thornton* została ukończona w 2012 roku. Zbiornik ma pojemność 29.900.000 m³. Zbiornik *McCook*, wykonywany jest w dwóch etapach i zapewni retencjonowanie do 38.000.000 m³ wody. Pierwszy etap budowy ma się zakończyć w 2015 roku, natomiast termin zakończenia drugiego etapu nie został jeszcze ustalony. Do 2008 roku, całkowity koszt projektu TARP osiągnął poziom 3.500.000.000 dolarów. Przedsięwzięcie to w 1986 roku zdobyło nagrodę dla najwybitniejszego projektu inżynierii lądowej i wodnej na świecie. TARP doprowadził do znaczącej poprawy jakości wody w jeziorze Michigan i zdecydowanie ograniczył zagrożenia powodziowe [24].

Hirano River Flood to przede wszystkim tunel (o średnicy około ca' 10 metrów) przeznaczony do retencjonowania wody opadowej. Tunel jest strategicznym elementem ochrony przed powodzią południowo-wschodniej części miasta Osaka. Realizacja projektu rozpoczęła się w 1981 roku a zakończyła, w 2005 roku [23]. Kontynuacją projektu są obecnie działania polegają na tym, że nowe przewody infrastruktury sieciowej w dużej mierze są układane

w tunelach wieloprzewodowych wykonywanych przy użyciu TBM na znacznych głębokościach (od 19,5 m do 27,0 m), pod zabudową, istniejącymi przewodami i innymi elementami infrastruktury. Schemat takiego rozwiązania pokazano na rysunku 10. Eliminuje to kolizje z istniejącymi budowlami, a także ogranicza potrzebę rozkopywania ulic co minimalizuje przerwy w ruchu drogowym i umożliwia, na co w Japonii kładziony jest bardzo duży nacisk, niezawodne działanie pojazdów używanych przez służby specjalne w razie katastrof i innych zagrożeń (np.: pojazdy bojowe straży pożarnej, samochody pogotowia ratunkowego, policji, wojska, itp.). Oryginalnym elementem projektu i jednym z jego podstawowych zadań jest retencjonowanie wód opadowych, które gromadzone są w dolnej części tuneli. Dotąd ukończono pięć odcinków takich tuneli o łącznej długości 11,2 km.



Rys. 10. Tunel wieloprzewodowy z funkcją umożliwiającą retencjonowanie wód [23]



Rys. 11. Przykładowy zbiornik retencyjny do zabudowy w wykopie otwartym [13]

Oczywistym jest, że w kraju nie można oczekiwać budowy systemów podobnych do opisanych powyżej ze względu na wielkości naszych miast i ich budżety. Należy natomiast zastanowić się czy wobec coraz częstszej aplikacji technologii tarczowej, nie powinniśmy zacząć myśleć o budowie lokalnych, głębokich tuneli przy użyciu tego narzędzia. Obecnie budujemy wyłącznie płytkie tunele retencyjne najczęściej wykonywane z zestawów rur, jak to pokazano na rysunku 11. Należy tu podkreślić, że ich aplikacja w warunkach miejskich, ze względu na istniejące zainwestowanie, jest często trudna lub niemożliwa wobec czego, zbiorniki głębokie mogą stanowić wygodną alternatywę

5. Podsumowanie

Jak widać, co potwierdza przeprowadzone studium literatury tematu, opóźnienia w miejskim budownictwie podziemnym w Polsce są kilkudziesięcioletnie. Szczególnie

dotyczy to wielofunkcyjnych systemów zintegrowanych. Ograniczonym optymizmem napawa fakt, że w ostatnich dwóch dekadach zaczęto stosować w naszym kraju nowoczesne technologie a wybudowane przy ich użyciu obiekty, między innymi opisane w punkcie 4 niniejszej pracy, odpowiadają standardom światowym.

Dla zapewnienia wysokiej wydajności miastom polskim należałoby jednak rozwijać i modernizować wszystkie z wymienionych w tabeli 1 funkcji lokalizowanych w przestrzeni podziemnej. Warunki techniczno-ekonomiczne w kraju wymagają ustalenia hierarchii ważności przedsięwzięć i kolejności ich wykonywania. W pierwszym etapie działania muszą obejmować podziemną infrastrukturę sieciową. Stworzenie prawidłowych wzorców eksploatacji, modernizacji i rozbudowy tego systemu jest konieczne gdyż stanowi on obecnie podstawowy a zarazem najbardziej wyeksploatowany i awaryjny element wyposażenia miast. Również wyposażenia dodatkowe (zbiorniki retencyjne, oczyszczalnie ścieków, podstacje elektroenergetyczne, pompownie i inne) powinny być, wszędzie tam gdzie to możliwe, lokalizowane w podziemiach miast.

Rozwiązanie problemów komunikacji zbiorowej a także ochrony środowiska w miastach o ponad 500 tysiącach mieszkańców, wymaga częściowego wyeliminowania ruchu prywatnych samochodów. Jak wykazały doświadczenia w europejskich krajach wysokorozwiniętych najbardziej efektywnym sposobem rozwiązania tego problemu jest budowa szybkiej kolei podziemnej (metro). Rozwój kolejnych linii metro stymuluje również wielofunkcyjne wykorzystanie podziemi szczególnie w sąsiedztwie stacji. Powstają, niejako w naturalny sposób, zintegrowane ze stacjami pasażerów handlowe dające często początek podziemnym ulicom i przejściami dla pieszych z rozbudowaną sferą usług. Taki model rozwoju należy założyć również w warunkach polskich.

Budowle podziemne o przeznaczeniu handlowo-usługowym należy także projektować jako samodzielne jednostki, szczególnie w pobliżu obiektów użyteczności publicznej (dworce, kina, hale sportowe itp.). W następnym etapie, jeżeli w mieście będą rozwijane systemy podziemnej komunikacji mogą one być z nimi integrowane tworząc w konsekwencji wielofunkcyjne zagospodarowania przestrzeni podziemnej.

Literatura

- 1 Broth E.: Unconventional use of the sub-surface illustrated by examples from Nordic countries. Tunnel Australia 1987, Conference ITA/AITES, Melbourne, Victoria, 1987.
- 2 Claes G.: Integration des tunnels (Routiers et metro) dans les complexes souterrains. International Symposium. AITES/ITA, Warszawa, 1983.
- 3 Furtak K., Kędracki M., Podstawy budowy tuneli, Wydawnictwo PK, Kraków, 2005.
- 4 Gwizdała K., Buca B., Pawłowski J., Rozpoznanie geotechniczne z uwzględnieniem doświadczeń z drążenia tunelu drogowego pod Martwą Wisłą. Inżynieria i Budownictwo, 2/2014, s.78-80.
- 5 Gryglewicz K., Pisz R., Szyb wentylacyjny dla linii metra warszawskiego, Technologie Bezwykopowe, 2/98, s.33-35.
- 6 Hou X., Shu Y.: The model of underground space of the city. The Third International Conference on Underground Space and Earth Sheltered Buildings. Tongji University Press, Shanghai. 1988.
- 7 Kołakowski T., Kosecki W., Leusz R., Grunt M., Piwiński J., Mazurkiewicz B.: Konstrukcja przeprawy tunelowej pod Martwą Wisłą w Gdańsku, Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele, 04/2013 (45), s.76-80.
- 8 Kuczyński J., Madryas C.: A contribution to urban areas underground armour design methodology. Underground Structures in Urban Areas, Tunnel-City'85, ITA/AITES, Contributions, Praha, Novinar, 1985.
- 9 Madryas C., Kolonko A., Szot A., Wysocki L.: Mikrotunelowanie, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006, s.287.

- 10 Madryas C.: Beton w infrastrukturze podziemnej miast przyszłości. *Geoinż. Drogi Mosty Tunele* 2007 nr 4 s. 28-35.
- 11 Madryas C., Meier G., Skomorowski L., Wallmann U.: Applications of GRP pipes for pipe roofing technology - case study and future perspectives, NASTT's 2011 No-Dig Show [Dokument elektroniczny] : conference proceedings, Washington, March 27-31, 2011 / North American Society for Trenchless Technology, 2011. s. 1-8.
- 12 Madryas C., Wysokowski A., Gaertig M., Skomorowski L.: Innovative tunneling and microtunneling technologies of record parameters used in the construction of the sewage transfer system connected to the Czajka sewage treatment plant in Warsaw, W: International No-Dig 2011 [Dokument elektroniczny]: 29 th International Conference and Exhibition, Berlin, 2-5 May 2011 / International Society for Trenchless Technology ; German Society for Trenchless Technology, s. 1-12.
- 13 Materiały informacyjne FIRmy Hobas.
- 14 Nishi J., Kamo F., Ozawa K.: National use of urban underground space for surface and sub-surface activities. The Third International Conference on Underground Space and Earth Sheltered Buildings, Tongji University Press, Shanghai, 1988.
- 15 Ryż A., Ryż K.: Krakowski szybki tramwaj, *Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele*, 2009, nr 1, s.14-23.
- 16 Saari K., Roinisto J.: Underground Construction In Finland. International Congress on Large Underground Openings, Firenze, 1986.
- 17 Scalise J.W.: Earth Integrated Architecture. The Architecture Foundation, College of Arizona State University, Tempe, 1975.
- 18 Topolnicki M., Buca R.: Realizacja i monitoring komory startowej i wyjściowej maszyny TBM, *Inżynieria i Budownictwo*, 2/2014, s.71- 77.
- 19 Trasa Słowackiego – zadanie IV. Materiały informacyjne Gdańskich Inwestycji Komunalnych (www.gik.gda.pl).
- 20 wikipedia.org/wiki/Rondo_gen.-Jerzego-Ziętka-w-Katowicach.
- 21 Witczyński M., Barbanti M., Grossa T., Janaszek B., Ponad 9 km tuneli centralnego odcinka II linii metra, *Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele*. 04/2013/(45), s.70-75.
- 22 www.sztuka-architektury.pl
- 23 www.city.osaka.lg.jp
- 24 www.auca.org/monyh/project0999.html

The structures of underground space in urban areas

Cezary Madryas

*Institute of Civil Engineering of Wrocław University of Technology,
e-mail: [cezary.madryas @pwr.wroc.pl](mailto:cezary.madryas@pwr.wroc.pl)*

Summary: Global trends in the area of using urban underground space, functions which are located in such space and types of buildings assigned to them, were discussed. Basic principles of segregation of underground space in cities including the relation between the type of investment and depth of structure foundations were highlighted. On this basis, the analysis of the ways of using underground space in Polish cities was carried out and the case studies of more interesting underground structures built in our country or ones which are under construction, were presented. Directions and prospects for further development of underground building construction in Polish cities in the context of global solutions, civilization requirements and aspirations of our society were also indicated.

Keywords: city, underground space usage, building structures

Kształtowanie układów komunikacyjnych miast

Andrzej Rudnicki

Katedra Systemów Komunikacyjnych, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska, e-mail: ar@transys.wil.pk.edu.pl

Streszczenie: We wprowadzeniu nakreślono istotę i rolę planowania komunikacyjnego. Zarysowano ogólny stan badań nad optymalizacją sieci transportowych oraz podejście stosowane w praktyce planowania. Podano uwarunkowania przestrzenne dla rozwoju zrównoważonego systemu transportu oraz dokonującą się zmianę poglądów, które umniejszają rolę samochodu w mieście na rzecz innych środków lokomocji, to jest transportu zbiorowego i ruchu niezmotoryzowanego. Zarysowano rolę prognoz ruchu w planowaniu komunikacyjnym, odnosząc je do poszczególnych stadiów modelu podróży: potencjały ruchotwórcze, przestrzenny rozkład podróży, podział zadań przewozowych, rozkład ruchu w sieciach transportowych. Nakreślono ogólne zasady planowania rozwoju systemów transportu zbiorowego, zwracając uwagę na zapewnieniu dostępności do systemu. Omówiono poglądy w odniesieniu do wyboru rodzajów środków przewozowych w miastach, w tym o charakterze innowacyjnym. Podano cele rozwoju sieci ulic i wynikające z tego ogólne rekomendacje. Zestawiono modele sieci ulic osiedla mieszkaniowego i kryteria ich oceny. Podano zasady planowania sieci dróg rowerowych w miastach. Referat kończą wnioski generalne.

Słowa kluczowe: planowanie układów transportowych, sieć ulic, sieć komunikacji zbiorowej

1. Wprowadzenie - kwestie ogólnometodyczne

Układ komunikacyjny jest istotną częścią struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta. Założenia krajowej polityki miejskiej [1] wskazują na siłę sprawczą miast (szczególnie największych) w rozwoju polskiej gospodarki, dlatego ważne jest stworzenie warunków pozwalających wykorzystać potencjał ośrodków miejskich i ich obszarów funkcjonalnych w kreowaniu wzrostu i zatrudnienia oraz w zdynamizowaniu rozwoju kraju. Jednym z tych warunków jest sprawny transport. Pomimo podejmowanych wysiłków modernizacyjnych, funkcjonowanie systemów transportowych w obszarach zurbanizowanych nadal nie spełnia oczekiwań ich użytkowników. Wysoki wskaźnik motoryzacji (w wielu przypadkach przewyższający wartości w miastach Europy Zachodniej) przy jeszcze słabo rozwiniętej sieci drogowo-ulicznych jest powodem narastania stanów kongestii ruchu. Stany te uderzają w korzystającą z jedni ulic komunikację zbiorową, pogarszając jej konkurencyjność w stosunku do samochodu osobowego.

Poprawę funkcjonowania transportu osiąga się działaniami zarządczymi na poziomach: polityki i strategii, planowania, projektowania, wykonawstwa oraz eksploatacji systemu. Na poziomie planowania kształtowany jest rozwój układu komunikacyjnego miasta, od stanu obecnego do stanu oczekiwanego w przyszłości. Układ komunikacyjny pokazuje strukturę osadzoną w przestrzeni miejskiej, na którą składa się: sieć ulic, torowisk transportu szynowego, portów lotniczych, dworców, stacji i przystanków, dróg rowerowych,

dróg wodnych, ciągów i stref ruchu pieszego, parkingów i obiektów zaplecza technicznego transportu. Plan układu komunikacyjnego pokazuje go w formie kompletnej, spójnej i zintegrowanej, zapewniającej oczekiwaną, a przy tym w przyszłości możliwej do osiągnięcia funkcjonalności.

Proces planowania rozwoju systemu transportu ma trzy warstwy udziałowców: profesjonalny, polityczny i społeczny. W warstwie profesjonalnej konstruuje się projekty rozwoju systemu oparte na racjonalnych przesłankach z wykorzystaniem merytorycznych metod i narzędzi. W warstwie politycznej formułowane są strategie, polityki i ustalane priorytety oraz podejmowane decyzje, w tym poprzez uchwalanie treści transportowych dokumentów planistycznych. W trzeciej warstwie ma miejsce przekaz informacji oraz udział społeczności lokalnej w konsultowaniu i opiniowaniu planowanych rozwiązań transportowych. Przyjęte ostatecznie rozwiązania to rezultat gry interesów pomiędzy udziałowcami procesu planowania.

Prowadzone są liczne prace teoretyczne nad problemem projektowania sieci transportowych, w wykorzystaniu zaawansowanych metod optymalizacji (np. [2]). Inne prace podejmują problem projektowania sieci w warunkach niepewności, co do skali popytu transportowego. Ważnym nurtem w rozwoju teorii jest wykorzystanie (np.[3]) programowania dynamicznego w wielostopniowym procesie podejmowania decyzji w ramach wieloletniego horyzontu planowania, co pozwala optymalizować etapowanie rozwoju sieci. Jednakże prace te są jeszcze dalekie od satysfakcjonującego, to znaczy obliczeniowo efektywnego, a przede wszystkim realistycznego rozwiązania.

Dlatego w praktyce planowania sieci transportowych stosuje się podejście mieszane, heurystyczno-algorytmiczne. Tworzenie sieci, a w istocie rozwijanie bądź uzupełnianie istniejącej jest niesformalizowanym zadaniem koncepcyjnym, mającym charakter procesu twórczego, wspomaganego zasadami planowania. Natomiast procedury algorytmiczne - są to głównie prognozy ruchu, kończące się rozkładem natężeń ruchu i potoków pasażerskich w sieci - wspierają proces dochodzenia do najbardziej korzystnego rozwiązania. W praktyce droga do rozwiązania quasi optymalnego wiedzie przez wariantowanie sieci i wybór rozwiązania w oparciu o wynik oceny wielokryterialnej, wspomaganej metodami szeregowania wariantów, np. AHP, ANP, Electre. Kluczową rolę w ocenie wariantów odgrywa wynik rachunku efektywności ekonomicznej.

Ze względu na rozległość i złożoność problematyki kształtowanie układów komunikacyjnych miast, referat skupia się na wybranych aspektach metodycznych, odwołując się do strategii i polityk rozwoju oraz struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta, starając się zasygnalizować przy tym kwestie warsztatowe oraz współczesne tendencje w planowaniu.

2. Uwarunkowania przestrzenne a rozwój systemów transportu

Projekt Krajowej Polityki Miejskiej [4] jako jeden z celów wskazuje na ..."osiągnięcie zrównoważonej mobilności w obszarze funkcjonalnym miasta, rozumianej jako odbywanie podróży w takiej ilości i o takiej długości, jak wynika to z zaspokajania potrzeb życiowych podróżujących, z racjonalnym wykorzystaniem poszczególnych podsystemów transportu miejskiego, co oznacza dokonywanie takich wyborów przez podróżujących, które nie powodują w bilansie ogólnym nadmiernych strat czasu oraz nadmiernych kosztów - ponoszonych przez uczestników podróży, organizatorów transportu oraz całą społeczność. Zasadniczym priorytetem muszą być starania na rzecz zmiany zachowań komunikacyjnych, a zwłaszcza odwrócenia trendu polegającego na wzrastającym uzależnieniu od codziennego wykorzystywania samochodu osobowego przy przemieszczaniu się w obszarze miejskim".

Układ komunikacyjny jest istotną częścią struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta. Stan i kierunek dalszego rozwoju tej struktury ma wpływ na możliwości i sposób ukształtowania sprawnie działającego i efektywnego systemu transportowego. Zmiana zachowań komunikacyjnych jest warunkowana w wysokim stopniu relacją czynnika urbanistycznego do transportowego. Struktura przestrzenna realizująca wzorce zrównoważonej mobilności, to w szczególności taka, która wpływa na eliminowanie zbędnych podróży, wywołuje jak największą liczbę krótkich podróży, kosztem ograniczania liczby podróży długich. Skoordynowanie polityki rozwoju przestrzennego z zasadami polityki transportowej będzie skutkować poprawą funkcjonalności transportu i zmniejszenia jego uciążliwości dla środowiska oraz obniżeniem transportochłonności układów przestrzennych. W tym celu należy:

- Przeciwdziałać rozpraszaniu się osadnictwa, zwłaszcza przenoszeniu na obszary, które nie będą mogły zostać efektywnie obsłużone przez komunikację zbiorową. Powinno się egzekwować utrzymanie wysokiej zwartości struktury miasta, w tym intensywności zabudowy w korytarzach o dogodnej obsłudze transportem miejskim, zwłaszcza szynowym (zarówno wzdłuż istniejących jak i planowanych tras), z polaryzacją zabudowy w rejonach stacji i przystanków. Jest to proces długotrwały, wymagający pobudzenia zarówno instrumentami administracyjnymi (np. wymuszające zapisy w decyzji o warunkach zabudowy) jak i rynkowymi (zysk z efektywnego wykorzystania terenu).
- Przekształcać struktury urbanistyczne z monofunkcyjnych, wielkoskalowych (typowe blokowiska zabudowy mieszkaniowej bez miejsc pracy) na wielofunkcyjne, drobnoziarniste. Podstawą oceny jest stopień zbilansowania w jednostce strukturalnej liczby miejsc pracy i oferty usługowej z liczbą mieszkańców. Wówczas jedna krótka podróż (czyli z mniejszym udziałem samochodu osobowego) zapewniać będzie dostępność do kilku aktywności.
- Kształtować struktury jednostek osadniczych w sposób wzmagający rolę powiązań lokalnych, przyjaznych ruchowi pieszemu i rowerowemu oraz nakierowanych na dogodną obsługę komunikacją zbiorową. Polega to między innymi na tworzeniu w dzielnicach i osiedlach lokalnych centrów usługowo-administracyjnych, dobrze powiązanych w obszarze ciężenia ciągami pieszymi i rowerowymi, nawet z możliwością tworzenia stref ruchu pieszego, wolnych od ruchu pojazdów.
- Wzajemnie dostosować strukturę i funkcję zabudowy oraz korytarzy transportowych, stosownie do generalnej zasady: średnicowy przebieg komunikacji zbiorowej, obniżony przebieg ponadlokalnego ruchu samochodowego.
- Uzależniać dopuszczalną liczbę miejsc postojowych obsługujących zespoły zabudowy od: lokalizacji parkingu (strefy miasta), rodzaju i intensywności użytkowania terenu, dostępności komunikacją zbiorową, utrudnień w ruchu (wynikających ze stopnia zatłoczenia ruchem lub z decyzji ograniczających ten ruch). Będzie to sprzyjać powstrzymywaniu wzrostu zatłoczenia komunikacyjnego.
- Opracowywać i uchylać korytarzowe plany miejscowe, uwzględniające nie tylko trasę komunikacyjną, lecz również tę część jej otoczenia urbanistycznego, która pozostaje w ścisłych związkach przestrzennych z trasą.

Szerzej uwarunkowania przestrzenne dla racjonalnego rozwoju zostały przedstawione w [5] i [6].

Konieczne jest zaakcentowanie zachodzących zmian w sferze poglądów, zwłaszcza co do przewartościowania roli samochodu w mieście. Na przykład idee Nowej Urbanizacji formowane na corocznych kongresach odbywanych w Ameryce Północnej

(http://www.cnu.org/sites/files/defining_measuring_sustaining.pdf) przeciwstawiają konwencjonalnej sieci transportowej, sieć zrównoważoną, czyli różniącą się od konwencjonalnej, tym że ma być ona między innymi:

- multimodalna zintegrowana, niż samochodowo mono-funkcyjna;
- rekomendująca węższe jezdnie zamiast szerszych jezdni;
- skoncentrowana bardziej na jakości przestrzeni publicznej, zamiast na prędkości ruchu samochodów;
- zapewniająca mniejsza prędkość, ale szybszą podróż, niż wyższą prędkość, ale wolniejszą podróż;
- przyjazna dla pieszych, niż starającą się być przyjazną dla samochodów;
- wspierająca na chodnikach rozwój aktywności międzyludzkich, zamiast zajmującej chodniki na potrzeby samochodów.

Przykładem diametralnej zmiany funkcji korytarza transportowego jest wyburzenie w Seulu wielokilometrowej czteropasowej samochodowej estakady i po odsłonięciu zasklepionej pod nią rzeki, stworzenie w tym miejscu zielonego bulwaru dla pieszych. (<http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies/case-study/382/>).

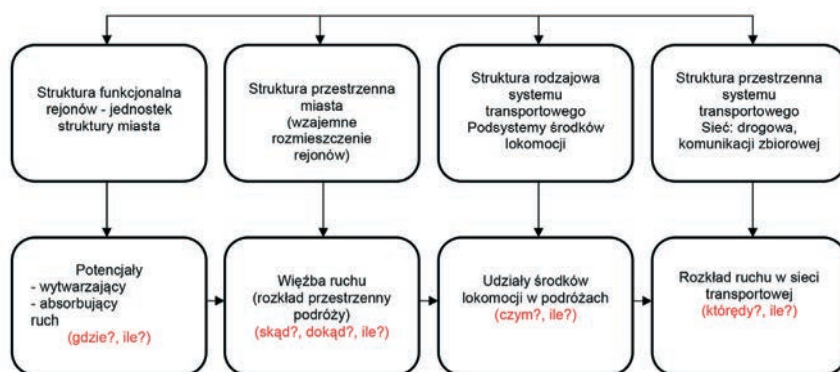
3. Rola prognoz ruchu w planowaniu komunikacyjnym

Prognozy ruchu stanowią bardzo istotną przesłankę dla formowania i rozwijania oraz wymiarowania sieci transportowych. W klasycznym ujęciu, modelowanie podróży dla potrzeb tworzenia prognoz ruchu składa się z czterech stadiów, z których wynik może (i powinien) być wykorzystany w planowaniu sieci.

1. Potencjał ruchotwórczych rejonów określający liczbę wszystkich podróży rozpoczynających oraz kończących się w danym rejonie komunikacyjnych w jednostce czasu (w dobie lub w godzinie szczytu). Rejony komunikacyjne to poszczególne wyodrębnione jednostki struktury miasta, np. osiedle mieszkaniowe, centrum usługowe, zespół przemysłowy. Potencjał ruchotwórczy modelowany jest zwykle w postaci funkcji regresji, w której zmiennymi objaśniającymi są w szczególności: liczba mieszkańców, liczba miejsc pracy. Duży ruch generowany przez rejon uzasadnia rozważenie wprowadzenia do niego trasy wydajnego środka komunikacji zbiorowej (na przykład tramwaju) oraz podłączenia do ulicy wyższej klasy (np. głównej).
2. Przestrzenny rozkład podróży, zwany więźbą ruchu, określa liczbę podróży odbywanych w jednostce czasu (w dobie lub w godzinie szczytu) między każdą parą rejonów komunikacyjnych. Ma zatem formę macierzy kwadratowej, której elementy modelowane są tzw. rozkładem grawitacyjnym, rozdzielającym potencjały rejonów z uwzględnieniem czasu trwania podróży między rejonami. Obrazuje kierunki potrzeb komunikacyjnych, nieskażone i nieodkształcone stanem istniejącej sieci transportowych. Graficzny obraz więźby ruchu pokazujący w zagregowanej postaci prostoliniowe pasemka o szerokości proporcjonalnej do wielkości ruchu, wyrażają tendencję do prostoliniowych powiązań pomiędzy źródłem i celem podróży. Pozwalają to ocenić, które relacje są dominujące, a zatem wymagające bezpośredniego połączenia wysokowydajnym środkiem komunikacji zbiorowej, bądź ciągiem drogowym wyższej klasy. Więźba ruchu między poszczególnymi wlotami drogowymi do miasta powinna sugerować dla jakich relacji zaplanować obejście drogowe i jak powinno ono przebiegać względem miasta.
3. Podział zadań przewozowych określa udziały (w procentach oraz w wartościach bezwzględnych) poszczególnych środków lokomocji w podróżach (pieszo, rowerem,

samochodem osobowym, komunikacją zbiorową). Udziały te modeluje się funkcjami logitowymi, przy czym udział ruchu pieszego i rowerowego zależy od długości podróży, a podział ruchu zmotoryzowanego dokonuje się w zależności od stosunku czasów podróży komunikacją indywidualną (samochód osobowy) i komunikacją zbiorową. W wyniku tego uzyskuje się rozszczerzone więzby podróży na poszczególne środki lokomocji. Podział zadań przewozowych założony zgodnie z polityką zrównoważonego rozwoju stanowi podstawę do właściwego wyboru rodzaju środka przewozowego, a przede wszystkim - do ukształtowania właściwej struktury sieci podsystemów transportu. Przyjęcie opcji z ograniczonym udziałem samochodu osobowego w podróżach spowoduje, że układ drogowy będzie niedowymiarowany wobec oczekiwań zmotoryzowanych, a układ komunikacji zbiorowej - przewymiarowany, co skutkować będzie posiadaniem rezerw zdolności przewozowej i oferowaniem wysokiego standardu usług tej komunikacji. Jednakże w konsekwencji będzie to wpływać na zmianę zachowań komunikacyjnych użytkowników systemu, zwiększając udział w podróżach komunikacji zbiorowej, kosztem indywidualnej.

4. Rozkład ruchu w sieciach transportowych dokonuje się w wyniku wyboru tras przejazdu pomiędzy źródłami a celami podróży, co obciąża poszczególne odcinki sieci ruchem. W wyniku uzyskuje się obraz potoków pojazdów (sieć ulic) oraz potoków pasażerów (sieć komunikacji zbiorowej). Rozkład ruchu dokonuje się złożonymi algorytmami wyszukującymi w sieciach najkrótszych tras przejazdu według kryterium czasu podróży, który w sieciach ulic zależy od stosunku natężenia ruchu do przepustowości. W sieciach przeciążonych ruchem (a taki obraz jest w okresach szczytu stanem permanentnym) algorytm poszukuje stanu równowagi w sieci. Obraz rozkładu potoków w sieci pozwala ocenić równomierność obciążenia układu, wskazać odcinki przeciążone ruchem, a inne - jako niedociążone (posiadające jeszcze rezerwy w przepustowości). Umożliwi to wskazanie potrzebnych nowych odcinków, uzupełniających sieć ulic w celu bardziej równomiernego wykorzystania przepustowości sieci. Analizując wielkości ruchu przejętego przez obejście drogowe można ocenić trafność trasy jego przebiegu. Bardzo słabe obciążenie potokami pasażerskimi końca planowanej trasy tramwajowej może sugerować jej skrócenie bądź odgięcie w kierunku obszaru o większym potencjale ruchotwórczym.



Rys. 1. Współzależności struktury przestrzennej miasta i układu transportu oraz wielkości ruchu

Wynikowe parametry procesu rozkładu ruchu w sieciach, obejmujące między innymi pracę przewozową wyrażaną w pojazdo-kilometrach oraz w pasażero-kilometrach, a także średnie czasy podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową stanowią podsta-

wowe kryterium porównania wariantów sieci, a także miarą transportochłonności struktur przestrzennych, jako ważnej komponenty oceniającej zgodność z postulatem zrównoważonego rozwoju miasta. Zasadnicze relacje pomiędzy czynnikami przestrzennymi a podróżą i ruchem przedstawia rys.1.

Podstawą budowy modeli (a w szczególności szacowania wartości parametrów poszczególnych modeli cząstkowych) są tzw. kompleksowe badania ruchu, polegające na ankietowaniu reprezentacyjnej próby mieszkańców odnośnie ich zrealizowanych zachowań komunikacyjnych oraz kierowców pojazdów na wlotach drogowych do miasta. Badania uzupełniane są pomiarami natężeń ruchu samochodowego i potoków pasażerskich komunikacji zbiorowej na wybranych odcinkach sieci.

Do prognozowania wykorzystuje się specjalistyczne oprogramowanie. Obecnie standardem w stosowaniu staje się pakiet Visum do makrosymulacji ruchu oferowany przez firmę PTV Vision z Karlsruhe. W prognozowaniu powinno się uwzględniać [7] wpływ nowych inwestycji drogowych i komunikacji zbiorowej na liczbę dodatkowo wygenerowanych podróży, jak również liczbę podróży tłumionych złymi warunkami ruchu bądź przewozu.

Reasumując, wyniki prognoz ruchu służą do:

- planowania kierunków przebiegu nowych dróg i ulic oraz tras komunikacji zbiorowej, w tym ich potrzebnej wydajności (przepustowość, zdolność przewozowa);
- doboru typu skrzyżowania lub węzła (w tym rodzaju łącznic i liczby pasów ruchu) potrzebnych do określenia zajętości terenu pod skrzyżowanie lub węzeł;
- wymiarowanie przekrojów dróg i ulic (liczba pasów ruchu na odcinkach międzywęzłowych), w tym dla określenia szerokości w liniach rozgraniczających.

Rezerwowaniu terenów pod przyszłe inwestycje infrastrukturalne jest jednym z podstawowych zadań planowania przestrzennego.

Ponadto prognozy ruchu są wykorzystane do analizowania oddziaływania inwestycji transportowych na środowisko oraz wyznaczania wskaźników ich efektywności ekonomicznej, między innymi w ramach tak zwanych studiów wykonalności.

4. Kształtowanie systemów transportu zbiorowego

Ogólne, wybrane zasady planowania rozwoju sieci transportu publicznego:

- Prowadzić trasy ciągami niezagrożonymi kongestią ruchu, powodowaną przez pozostałe pojazdy. Są to odcinki ulic nieprzeciążone ruchem, torowiska tramwajowe wydzielone z jezdni, pasy lub jezdnie tylko dla ruchu autobusów.
- Zapewnić pokrycie obszaru obsługi liniami i przystankami: według rekomendacji programu Civitas (<http://www.civitas.eu/content/new-public-transport-network>) aż 97% mieszkańców powinno mieć możliwość dojścia z domu do przystanku na odległość nie przekraczającą 350 metrów.
- Zapewnić wysoki stopień wewnętrznego i zewnętrznego zintegrowania systemu transportu publicznego (węzły przesiadkowe, powiązanie z dworcami; piesza i rowerowa oraz samochodowa dostępność przystanków).
- Łączyć przeciwległe obszary miasta, które w godzinach szczytu mają dominujący ruch wyjazdowy z dominującym ruchem przyjazdowym i posiadające porównywalny duży potencjał ruchotwórczy.
- Prowadzić większość tras przez centrum miasta lub jego sąsiedztwie, wykorzystując ulice z ograniczeniami ruchu oraz strefy ruchu pieszego.
- Starać się prowadzić trasy środkiem, a nie obrzeżem pasm intensywnej zabudowy.

- Ukształtować sieć w taki sposób, aby użytkownik mógł dotrzeć do dowolnego celu podróży w mieście przesiadając się najwyżej dwa razy.
- Zapewnić konkurencyjność transportu zbiorowego poprzez warunek, aby czas podróży środkami transportu publicznego był porównywalny z czasem przejazdu samochodem osobowym.

Im wyższy jest wskaźnik motoryzacji tym większą wagę należy przypisywać rozwojowi komunikacji zbiorowej oraz w większym zakresie stosować środki ograniczające ruch samochodów. Jest to odwrócenie poprzednio stosowanej zasady, że rozwój sieci ulic i jej przepustowość powinna nadążać za rosnącą motoryzacją. Niewłaściwe zatem jest budowanie równocześnie z trasą tramwajową, równoległej jezdni dla samochodów lub zwiększanie przepustowości np. przez poszerzanie istniejącej ulicy, jak to uczyniono na krakowskim osiedlu mieszkaniowym Ruczaj. Wskazując zgodnie z polityką transportową na pierwszeństwo budowy trasy tramwajowej, należałoby już na poziomie rozwiązań planistycznych unikać uwikłania poprzez rozwiązanie uniemożliwiające realizowanie tych inwestycji rozdzielnie w czasie.

Niezmiennie istotnym wyzwaniem dla planisty komunikacji jest zapewnienie integracji przestrzennej i dogodnego dostępu do systemu transportu zbiorowego, zwłaszcza oferującego dużą zdolność przewozową. Kładzie na to nacisk między innymi podręcznik [8]. Postulaty te realizuje się planując:

- krótkie, atrakcyjne i minimalizujące kolizje z ruchem samochodowym, dojścia piesze do stacji i przystanków;
- minimalizujące kolizje ścieżki rowerowe prowadzące do stacji i przystanków, z parkingami dla rowerów;
- trasy i linie dowozowe autobusowe i tramwajowe, z ewentualnymi pętlami w rejonie stacji i przystanków, z rozwiązaniami ułatwiającymi przesiadanie się;
- parkingi przy stacjach i przystankach, obejmujące stanowiska postojowe dla zatrzymania się samochodów prywatnych i taksówek podwożących pasażerów w celu ich pozostawienia oraz odebrania (Kiss & Ride);
- parkingi przy stacjach i przystankach dla pozostawianych samochodów, których kierowcy przesiadają się na komunikację zbiorową (Park & Ride).

Dogodne, to jest bezpośrednie, logiczne, czytelne i bezpieczne dojścia piesze i dojazdy rowerem powinny objąć wszystkie przystanki. Trasy i linie dojazdowe komunikacji zbiorowej powinny objąć wybrane przystanki na terenie całego miasta. Parkingi Kiss & Ride powinny być wyznaczone wszędzie tam, gdzie występuje deficyt miejsc postojowych. Natomiast parkingi Park & Ride powinny być lokalizowane przy stacjach i niektórych przystankach kolejowych, terminalach tramwajowych i autobusowych, lecz z zasady w strefie peryferyjnej dużych miast, możliwie na zewnątrz obszaru objętego permanentną kongestią ruchu. Celem ochrony przed kongestią ruchu, utrudniającą dojazd do węzłów przesiadkowych należy planować układy ulic lokalnych dla niezależnego dogodnego dostępu, zapewniając wysoką jakość i bezpieczeństwo rozwiązań, bezszwowo integrującą z istniejącą i przyszłą infrastrukturą transportu zbiorowego.

W rozwoju miejskiej komunikacji zbiorowej kluczową decyzją jest wybór rodzaju środka przewozowego. Wprowadzenie nowego środka jest uzasadnione tylko wtedy, gdy rozwijanie istniejących nie zapewnia osiągania zakładanych standardów obsługi. Bilans kosztów budowy i późniejszej eksploatacji oraz przychodów z wprowadzenia nowego środka powinien mieć potwierdzenie w długoterminowych prognozach możliwościami finansowymi [4].

W miastach, które posiadają komunikację tramwajową logiczną opcją jest jej dalszy rozwój. Może ona polegać na wydłużaniu lub rozgałęzianiu tras do obszarów już będących dużymi generatorami ruchu oraz do terenów rozwojowych o wysokiej intensywności zabudowy. W przypadku braku miejsca na torowisko, uzasadnionym może być jego wybudowanie kosztem zawężenia jezdni ulic. Należy rekomendować rozwiązania prowadzenia torowisk poza ulicami z intensywnym ruchem samochodowym oraz nad stacjami kolejowymi celem ułatwienia przesiadek, jak w przypadku obecnie budowanego odcinka tramwaju szybkiego nad peronami stacji Kraków Płaszów. Generalnie słuszny jest postulat, aby przy okazji okresowych remontów torowisk podnosić prędkość tramwajów, poprzez wydzielanie z ruchu innych pojazdów oraz zapewnianie priorytetów na skrzyżowaniach. W sytuacji wyczerpywania się przepustowości tras tramwajowych, zwłaszcza przystanków - co ma miejsce głównie na obszarze centrum - uzasadnione jest tworzenie nowych połączeń poza tym obszarem, co równocześnie poprawiać będzie niezawodność sieci tramwajowych. Także uzasadnione może być w pewnych sytuacjach wybudowanie tunelu tramwajowego na odcinku przejścia przez obszar śródmieścia, jak na przykład uczyniono to w Krakowie.

W polskich miastach (poza Warszawą) nie ma uzasadnienia na budowę - przynajmniej w najbliższej perspektywie czasu - metra klasycznego, przede wszystkim ze względu na skrajnie wysoki koszt budowy (w opcji podziemnej jest to rząd 600 mln zł za kilometr), a także na wysokie jego koszty eksploatacji. To oraz wielkość potoków pasażerskich w miastach, które nie jest na tyle wystarczająco duża (poza Warszawą nie przekracza rzędu 10 tys. pasażerów w godzinie szczytu), aby wykazać funkcjonalno-ekonomiczną efektywność budowy metra, a potoki takie daje się jeszcze obsłużyć środkami naziemnymi. Nie uzyska się oczekiwanego wsparcia środków pomocowych Unii Europejskiej (na co liczą politycy miast zainteresowanych metrem), jeśli wynik analiz ekonomicznych będzie negatywny oraz jeśli można wskazać rozwiązania o wyższej efektywności (a przecież takie istnieją). Rozwój przestrzenny miast skutkuje tym, że w miejsce silnie dominujących poprzednio kilku relacji ruchu pojawia się wiele różnorzędnych pod względem wielkości potoków pasażerskich, które racjonalniej będzie obsłużyć tramwajem. Również nie sposób wykazać pozytywny wynik analizy finansowej, gwarantujących pozyskanie środków na ten cel - decyzja o budowie metra mogłaby poważnie zagrozić stabilności budżetu miasta na wiele lat. Można przyjąć za wysoce prawdopodobne, że powstaną w przyszłości nowe rozwiązania technologiczne, znacznie tańsze od metra, a przy tym funkcjonalnie sprawne.

Poważnym zagrożeniem przywiązania się do opcji z metrem rozwoju systemu transportu zbiorowego jest spowolnienie, a nawet zaniechanie innych inwestycji komunalnych, w tym rozbudowy sieci tramwajowej, lecz także potęgowanie zaniedbań w zakresie remontu ulic i torowisk oraz odnowy taboru komunikacji miejskiej.

Obiecującym kierunkiem rozwoju miejskiej komunikacji autobusowej jest system BRT (amerykańskie: Bus Rapid Transit <http://www.omniplus.com/pl/o-omniplus/serwis-systemow-bus-rapid-transit-brt>) realizowany w wielu miastach na świecie, lecz w Polsce nie doczekał się jeszcze zainteresowania planistów i decydentów. Polega on na prowadzeniu linii autobusowych na specjalnych jezdniach umiejscowionych w pasie dzielącym jezdnie dla ruchu samochodowego bądź korytarzami poza ogólnodostępnymi ulicami. Taki system charakteryzuje się wysoką elastycznością funkcjonalną oraz niższymi kosztami budowy niż torowisko tramwajowe. Może to być konkurencyjną alternatywą także w miastach, które nie posiadają jeszcze, lecz rozważają wprowadzenie komunikacji tramwajowej.

Decyzje zarządców ruchu i transportu zbiorowego, wydzielanie z jezdni pasów specjalne dla ruchu autobusów są podejmowane pod presją nie akceptowanych już warunków funkcjonowania komunikacji autobusowej w stanach zatłoczenia ruchem. Takie działania

powinny też wynikać z ustaleń zapisanych w planach zagospodarowania przestrzennego. Ze względów środowiskowych małe przewaga trolejbusu nad autobusem, który spełnia coraz ostrzejsze normy emisyjne (obecnie EURO 6).

Należy podnieść kwestię bardzo słabego wykorzystania kolei do obsługi miasta i jego strefy podmiejskiej oraz aglomeracji. Zwiększenie wykorzystania wymaga działań inwestycyjnych i modernizacyjnych polegających na budowie łącznic, dobudowie torów, budowie przystanków, rozbudowie stacji oraz systemu sterowania ruchem kolejowym. Wprawdzie postulaty lepszego wykorzystania kolei są zapisywane w kolejnych uchwalanych planach zagospodarowania przestrzennego wielu polskich miast, ale ich realizacja postępuje bardzo wolno. W części wynika to z obaw, co do możliwości przyciągnięcia przez kolej potoków pasażerskich oraz z braku gotowości władz miast i województw do inwestowania w nie własny majątek.

Nie wyklucza się rozważenia wprowadzenia środków niekonwencjonalnych, a to ze względu na przychylność programów pomocowych Unii Europejskiej dla rozwiązań innowacyjnych, np. tramwaj na kołach ogumionych, kolej jednoszynowa na estakadzie (ang. *monorail*). Innowacją eliminującą przesiadki w podróżach odbywanych do centrum ze strefy podmiejskiej, a nawet z dalszych miejscowości obszaru metropolitalnego jest formuła tramwaju dwusystemowego, wprowadzona po raz pierwszy w 1992 r. w Karlsruhe i rozwijana w dalszych latach, także w innych miastach. Taki tramwaj może się poruszać zarówno po sieci tramwajowej, zasilany prądem stałym jak i po sieci kolejowej, zasilany prądem zmiennym. Podróżni mogą dojeżdżać z miejsca zamieszkania bezpośrednio do centrum miasta bez konieczności przesiadania się na dworcu kolejowym na środki komunikacji miejskiej. Jest to szczególnie korzystne, jeśli dworzec kolejowy jest oddalony od centrum miasta.

5. Kształtowanie sieci ulic w skali miasta i osiedla mieszkaniowego

Narastającym stanom kongestii ruchu miejskiego próbuje się przeciwdziałać poprzez modernizację istniejących oraz budowę ciągów ulic, co jednak nie zapewnia trwałej poprawy warunków ruchu. W związku z tym coraz częściej podnoszone są opinie o niecelowości rozbudowy sieci ulic. Jednakże sieci ulic polskich miast w porównaniu z Zachodnią Europą są słabo rozwinięte. Jeśli pominąć postulat poprawy standardu ruchu samochodów osobowych, to trzeba zwrócić uwagę na inne cele rozbudowy sieci ulic, takie jak: powiązanie układu ulic z zewnętrznym układem dróg; uwolnienie zwartych obszarów zabudowy od ruchu tranzytowego; udostępnienie ulic dla obsługi komunikacją zbiorową; zapewnienie dostępności terenów rozwojowych oraz stacji, przystanków, lotnisk, parkingów przesiadkowych i terminali towarowych; umożliwienie realizacji powiązań międzydzielnicowych poza obszarem śródmiejskim, ułatwiające uspokajanie ruchu w centrum.

Wspomaganiem procesu planowania jest stosowanie zasad kształtowania sieci ulic, które podzielić można na 4 grupy: funkcjonalne (odnoszące się do roli elementów sieci w całym jej układzie), strukturalne (dotyczące formy i parametrów sieci), ekologiczne (związane z ochroną środowiska naturalnego i kulturowego), realizacyjne (odnoszące się do łatwości i efektywności rozbudowy). Z zasad wyprowadzane są kryteria oceny wariantów.

Sformułowane w [9] przed 14 laty rekomendacje dotyczące rozwoju sieci ulic nadal pozostają aktualne. Warto są wybiórczego skrótowego przypomnienia:

- W etapowaniu sieci ulic należy uwzględniać pryncypia polityki komunikacyjnej, tj. rozwój powinien być rozważny, umiarkowany w swej skali, selektywny, realizowany od zewnątrz do wewnątrz, zaczynając od powiązań obwodowych, w dalszej ko-

lejności - promienistych, jednak bez dochodzenia do śródmieścia. Rozbudowa sieci ulic powinna ustępować priorytetowi inwestycyjnemu dla transportu zbiorowego.

- Zaleca się ograniczenie skali budowy ciągów ulic o bardzo wysokiej przepustowości, a tym samym o zbyt wysokim koszcie. Takie ulice wpływają na zwiększenie mobilności samochodów, pogłębiając stany kongestii ruchu.
- Budowa obwodnic (obejść) drogowych miejscowości może być skutecznym środkiem usprawnienia przepływu ruchu. Po wybudowaniu obejścia miasta – zwłaszcza małego – następuje wyraźna poprawa warunków dla ruchu wewnętrznego i zmniejsza się skala niekorzystnych oddziaływań na środowisko w otoczeniu dotychczasowego przebiegu drogi przez miejscowość, jednakże pod warunkiem zastosowania środków uspokojenia ruchu w samym mieście. W dużym mieście ważną rolę odgrywa obwodnica zewnętrzna, pozwalając na przejęcie rozrządzania całością ruchu tranzytowego i ułatwiając wprowadzanie środków ograniczania ruchu wewnątrz miasta.
- Rozbudowa sieci ulic ma za zadanie tworzenie zhierarchizowanej jej struktury, między innymi wiążącej stopień dostępności (w tym gęstość skrzyżowań) z zasięgiem przenoszonych ruchów. Należy unikać tworzenia sytuacji skutkujących nakładaniem się zbyt wielu – i do tego intensywnie realizowanych – funkcji w jednym ciągu (np. przenoszenie ruchu tranzytowego, docelowo-źródłowego i wewnętrznego lokalnego).
- Przyjęcie restrykcyjnych regulacji parkingowych powinno powstrzymywać tempo pogarszania się warunków ruchu w mieście. Istota ograniczeń polega na dostosowaniu w parkowaniu popytu do podaży a nie na odwrót. Im lepiej jest rozwinięta w korytarzu obsługi komunikacja zbiorowa oraz im większe jest zatłoczenie ruchem pojazdów i większa jest intensywność użytkowania terenu, tym ostrzej będzie limitowana dopuszczalna liczba miejsc postojowych dla samochodów osobowych.

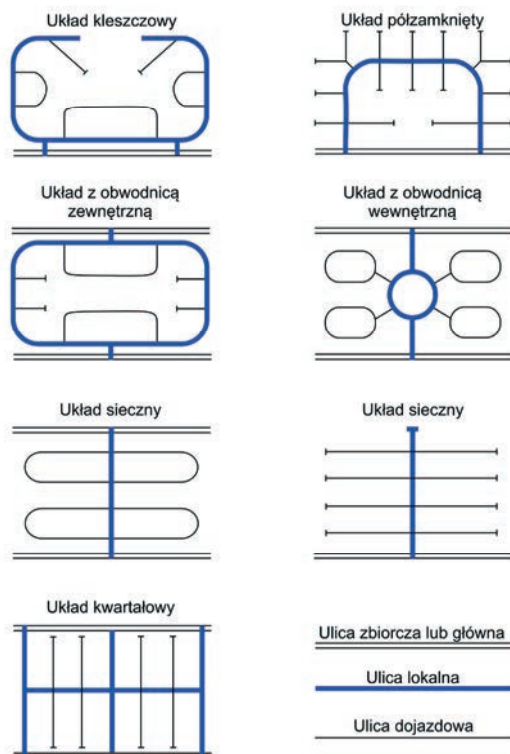
Aktualną kwestią jest obsługa komunikacyjna osiedli mieszkaniowych, w której ważną rolę odgrywa sieć ulic. Potrzeby mieszkaniowe w polskich miastach są jeszcze dalekie do zaspokojenia. Dlatego nowa substancja mieszkaniowa będzie powstawała bądź jako dogęszczanie istniejących osiedli lub wielofunkcyjnych struktur zabudowy, bądź lokalizowana na obszarach wolnych od zabudowy lub w ramach rewaloryzacji zdegradowanych terenów poprzemysłowych.

Sieć ulic osiedla mieszkaniowego można uformować z typów modeli pokazanych na rys.2. Ich szkielet tworzy różnie ukształtowana ulica lokalna, identyfikująca typ modelu. Uformowanie ulic dojazdowych w poszczególnych modelach jest przykładowe, co znaczy, że forma tych ulic (sięgaczowa, rozwidlona, półzamknięta, pętlowa) może wystąpić wymiennie w każdym z modeli, a ich gęstość zależy od rozmieszczenia i wielkości budynków.

Poza przypadkami dogęszczania istniejącej zabudowy, układy modelowe mogą być (w odróżnieniu od sieci ulic miasta) stosowane w postaci jednolitej formy, lecz także w postaci mieszanej, czyli będącej kombinacją więcej niż jednej formy modelu. Poszczególne modele sieci ulic osiedla mieszkaniowego, a przede wszystkim ich realne rozwiązania podlegają ocenie stosownie do następujących kryteriów:

- Ochrona przed ruchem tranzytowym (ograniczenie uciążliwości środowiskowych, ułatwienie ruchu wewnętrznego).
- Ułatwienie segregacji ruchu kołowego do pieszego (lepsze warunki poruszania się pieszych i ich bezpieczeństwo).
- Możliwość objazdu (istnienie alternatywnych powiązań).

- Dogodność doprowadzania ruchu docelowo-źródłowego.
- Czytelność dla użytkownika (łatwość rozpoznania układu ulic i znalezienia właściwej trasy dojazdu do celu).
- Równomierność obciążenia sieci ruchem.
- Dogodność dla prowadzenia linii komunikacji zbiorowej (autobusowej).
- Elastyczność kompozycyjna.
- Koszt budowy.



Rys. 2. Modele sieci ulic osiedla mieszkaniowego

Przykładowo, ocena układu kleszczowego, wykazuje takie zalety jak: wyeliminowanie ruchu tranzytowego, umożliwienie pełnego oddzielenia ruchu pieszego od kołowego oraz nieskrępowana elastyczność w kompozycji urbanistycznej osiedla. Jednak układ ten posiada takie wady, jak: brak alternatywnego dojazdu, niedogodności dla ruchu docelowo-źródłowego, nierównomierność obciążenia sieci ruchem. Dla odmiany zaletami układu kwartałowego są: bardzo wysoka niezawodność, dogodny dostęp dla ruchu docelowo-źródłowego oraz równomierne obciążenie sieci ruchem. Mankamentami tego układu są: zagrożenie ruchem tranzytowym, wielokrotne przecinanie ciągów pieszych ulicami lokalnymi, brak elastyczności kompozycyjnej - sieć ulic przesądza o formie urbanistycznej osiedla.

Wybór modelu sieci ulic osiedla mieszkaniowego zależy od:

- lokalizacji osiedla w strukturze miasta (np. osiedle położone peryferyjnie);
- warunków fizjograficznych (uksztalowanie wysokościowe, hydrografia, zadrzewienie) oraz stanu zainwestowania, w tym obecność budynków;

- możliwości powiązania ulic osiedla z układem ulic zewnętrznych;
- koncepcji przestrzennej osiedla;
- wielkości osiedla oraz intensywności zabudowy (np. duże osiedle nie powinno być osadzone tylko na jednym sięgaczu).

Według [10] długości ulic dojazdowych nie powinny przekraczać: w formie sięgacza - 300 m, w formie pętli: jednokierunkowej - 500 m, dwukierunkowej - 800 m.

W istniejące sieciach ulic osiedla, które nie zapewniają ochrony przed ruchem tranzytowym, podejmowane są działania polegające na rozciananiu powiązań tranzytowych.

Kształt sieci ulic osiedla i całej jego obsługi komunikacyjnej powinien być kompletnie rozwiązany w ramach planu miejscowego. Niestety, jest wiele przykładów nie spełnienia tego podstawowego wymogu. Odchodzi się w tych planach od uchwalania przebiegu oraz linii rozgraniczających ulic wewnętrznych, w tym umieszczenia sieci uzbrojenia nadziemnego i podziemnego, co ogromnie utrudnia ich koordynację w trakcie realizacji inwestycji infrastrukturalnych i kubaturowych.

W planach miejscowych nie zwraca się należytej uwagi na ukształtowanie dogodnych powiązań pieszych między poszczególnymi budynkami mieszkalnymi a punktami zainteresowań mieszkańców, przede wszystkim takimi jak: szkoła, przedszkole, przystanek komunikacji miejskiej, sklep. Struktury przestrzenne osiedli, które były ukierunkowane prawie wyłącznie na obsługę samochodem osobowym powinny zostać przekształcone w celu zapewnienia krótkich powiązań dla pieszych [np. 11].

Obserwowana nadmierna intensywność zabudowy mieszkaniowej w nowobudowanych lub dogęszczanych osiedlach powoduje brak miejsca na inne funkcje, w tym transportowe. Prowadzi to do substandardowych, niefunkcyjnych rozwiązań komunikacyjnych, jak na przykład zbyt wąskie ulice dojazdowe, karkołomne wjazdy do garaży podziemnych, zmarginalizowana przestrzeń dla pieszych i w konsekwencji - do uciążliwości dla użytkowników systemu oraz dla otoczenia. Sprawia to wrażenie chaosu przestrzennego i skutkuje spadkiem jakości życia oraz rynkowej wartości mieszkań.

6. Zasady planowania sieci dróg rowerowych w miastach

W kształtowaniu rozwoju układu komunikacyjnego miasta nie można pominąć sieci dróg rowerowych. Udział podróży realizowanych rowerami jest istotny dla oceny stopnia zrównoważenia systemu transportowego (według tzw. Karty Brukselskiej powinien do 2020 r. osiągnąć w miastach poziom 15%). Badania wykazują, że na użytkowanie roweru w podróżach ma istotny wpływ gęstość sieci dróg rowerowych w mieście. Sieć ta powinna być elementem ustaleń „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego” oraz planów miejscowych. Rozwijając sieć dróg rowerowych można się posługiwać następującymi zasadami:

- Wykorzystanie istniejących fragmentów sieci rowerowej jako elementów przyszłego systemu (dążenie do uzyskania ciągłości dróg i spójności sieci).
- Wykorzystanie korytarzy dogodnych dla prowadzenia ciągów rowerowych: bulwarów wałów rzek lub brzegów cieków, obrzeży linii kolejowych, terenów zielonych (parki, ogródki działkowe), wewnątrz osiedli mieszkaniowych, ciągów pieszych lecz o niezbyt intensywnym ruchu, terenów o małych pochyleniach podłużnych.
- Prowadzenie dróg rowerowych w tworzonych strefach ruchu uspokojonego, ruchu wolnego oraz pieszego.
- Unikanie prowadzenia ścieżek rowerowych wzdłuż ulic z intensywnym ruchem samochodowym.

- Dla ciągów biegnących terenami niezabudowanymi (parki, itp.) przewidzieć alternatywny ciąg rowerowy dla poruszania się po zmierzchu.
- Opcje tworzenia wariantów sieci dróg rowerowych to: większa liczba ciągów prowadzonych poza głównymi ulicami; w większym stopniu wykorzystywane istniejące ulice.
- Podstawowy i najważniejszy jest układ rowerowy centrum miasta, a miejsce na jego budowę uzyskuje się w wyniku rewindykacji przestrzeni w istniejących ulicach, w tym poprzez likwidację części stanowisk postojowych dla samochodów.
- Branie pod uwagę możliwości pozyskania terenu, w tym sprawy własnościowe.
- Troszczenie się o oszczędność rozwiązań.
- Trzy podstawowe lokalizacje ścieżki rowerowej to: wydzielony pas z jezdni prowadzącej ruch samochodowy; w obrębie pasa drogi lub ulicy, lecz poza jezdnią; samodzielne (tj. ścieżki prowadzone niezależnie od ulic).
- Priorytetowe traktowanie powiązań dróg rowerowych ze śródmieściem, kampusami uczelnianymi, ośrodkami rekreacji oraz powiązań z ciągami w sąsiednich gminach.
- Zapewnienie sieci rowerowej struktury hierarchicznej. Sugeruje się wpisanie do planów zagospodarowania przestrzennego trzech kategorii tras warunkowanych zasięgiem realizowanych powiązań: główne, łączące podstawowe koncentracje zabudowy; zbiorcze, łączące osiedla z trasami głównymi; lokalne, zapewniające dojazdy do poszczególnych zespołów zabudowy.
- Zapewnienie kompletności i otwartości sieci dla dalszej rozbudowy.
- Rekomenduje się następującą gęstość ścieżek rowerowych [km/1000 mieszkańców]: 0,4 dla miast dużych; 0,7 dla miast średnich; 1,0 dla miast małych.

7. Wnioski generalne

1. W kształtowaniu sieci transportowych rosnącą użyteczność wykazuje podejście heurystyczne oparte na intuicji i doświadczeniu, wsparte algorytmami oceniającymi wielowariantowe rozwiązania, przede wszystkim pod względem efektywności funkcjonalnej (w tym ruchowej) i ekonomicznej. Pomimo istotnego rozwoju teorii optymalizacji sieci transportowych nie znajduje ona zastosowania w praktyce, ze względu na przyjmowanie upraszczających założeń i skrajną złożoność obliczeniową.
2. Rozwój systemu transportowego i struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta powinny pozostawać we współzależności, np. że korytarze wysoko wydajnego systemu transportu zbiorowego powinny stymulować wysoką intensywność zabudowy w ich otoczeniu.
3. W sferze poglądów dokonują się dalsze przewartościowania co do ograniczania roli samochodu osobowego, na rzecz komunikacji zbiorowej i ruchu niezmotoryzowanego. Przekłada się to na umiarkowaną skalę rozwiązań drogowych, przy równoczesnym nadaniem priorytetu inwestycyjnego transportowi zbiorowemu. Należy wzmacniać integrację systemu transportowego, zwłaszcza przez poprawę dostępności do komunikacji zbiorowej.
4. Sposób rozwoju infrastruktury komunikacyjnej wspierany działaniami na poziomie eksploatacji, stanowi mega-instrument zarządzania mobilności, która zmierza do wewnętrznego i zewnętrznego zrównoważenia systemu transportu, w tym łagodzenia skutków kongestii ruchu.

Literatura

- 1 Założenia krajowej polityki miejskiej do roku 2020 przyjętej przez Radę Ministrów na posiedzeniu w dniu 16 lipca 2013 r.
- 2 Wang S., Meng Q., Yang H., Global optimization methods for the discrete network design problem. *Transportation Research Part B*, Volume 50, Issue 4 (2013), pp. 42-60.
- 3 Lo H.K., Szeto W.Y. Time-dependent transport network design under cost-recovery. *Transportation Research Part B*, Volume 43, Issue 1 (2009), pp. 142-158.
- 4 Projekt Krajowej Polityki Miejskiej, wersja I, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, marzec 2014 r.
- 5 Banister D. Assessing the reality - transport and land use planning to achieve sustainability. *Journal of Transport and Land Use*, Vol. 5, No 3 (2012).
- 6 Rudnicki A. Zrównoważona mobilność a rozwój przestrzenny miasta, w *Transport a logika formy urbanistycznej. Projekty dla polskich metropolii.* (ed. Rudnicki A., Zuziak B.). Czasopismo Techniczne; Architektura, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej; Zeszyt 3,1-A/2010, str.57-74.
- 7 Szarata A., Modelowanie podróży wzbudzonych oraz tłumionych zmianą stanu infrastruktury transportowej. Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej. Seria Inżynieria Lądowa. Monografia 439. Kraków, 2013.
- 8 TransLink Transit Authority. *Public Transport Infrastructure Manual*, May 2012.
- 9 Rudnicki A., Dudek M., Kruszyna. Problemy rozwoju sieci ulic Krakowa, Poznania, Warszawy i Wrocławia Studium porównawcze, w *Materiały XLVI Konferencji Naukowej KILiW PAN i KN PZITB. Tom 4, Infrastruktura inżynierska miast.* Wrocław - Krynica 2000, s. 377-396.
- 10 Schnabel W., Lohse D. *Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung.* Band 2. Verlag für Bauwesen, Berlin 1997.
- 11 Kutz M. (editor): *Handbook of Transportation Engineering, Volume II: Application and Technologies.* Second Edition. Mc Graw-Hill Company, 2011.

Shaping the urban transport systems

Andrzej Rudnicki

Department of Transportation System, Faculty of Civil Engineering, Cracow University of Technology, e-mail: ar@transys.wil.pk.edu.pl

Abstract: The essence and role of transportation planning are outlined in the paper. The general state of researches on the optimization of transport networks and the approach used in planning practice are drafted. Spatial preconditions for the development of a sustainable transport system are given. The view change being made downgrades the role of the car for other transport means, such as public and non-motorized ones are shown. The role of traffic forecasts in transportation planning is discussed referring it to various stages of the travel model: trip travel generation, trip distribution, modal split, traffic assignment. The general principles on how to plan the development of public transport systems, paying attention to ensuring accessibility to the system are shown. The outlook for choice of transport means in cities, including their innovative character is discussed. The goals of the street network development and resulting from this general recommendations are given. The street network models of housing estates and the criteria for their evaluation are drawn. The principles of planning a bicycle path network in cities are drafted. The paper ends in general conclusions.

Keywords: planning of transport systems, street network, public transport network.

Współczesne mosty miejskie

Tomasz Siwowski

*Zakład Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska,
e-mail: siwowski@prz.edu.pl*

Streszczenie: Miasto stanowi specyficzne wyzwanie dla budowniczych mostów. Gęsta i zwarta zabudowa, historyczne centra, dalekie obrzeża, rozbudowana infrastruktura podziemna i naziemna oraz intensywny ruch drogowy i pieszy generują bardzo duże trudności projektowe i wykonawcze. Na to wszystko nakłada się powszechne oczekiwanie polityczne i społeczne: mostów o wysokich walorach estetycznych, unikalnych pod względem formy, będących wyrazem postępu technologicznego, jednym słowem mostów, które staną się symbolem współczesnego miasta. Estetyka odgrywa w projektowaniu mostów równie ważną rolę, jak efektywność konstrukcyjna i ekonomiczna, wykonalność czy zasady zrównoważonego rozwoju. Mosty, jako konstrukcje długowieczne, modyfikują krajobraz miasta, a o ich wpływie na życie wielu generacji mieszkańców należy pamiętać przy ich projektowaniu. Znaczenie estetyki mostu miejskiego zależy od funkcji, jakie ma on pełnić, oczekiwań jego inwestorów, które ma spełniać oraz od związanych z tym cech technicznych i pozateczniczych, jakie nada mu jego twórca - projektant. Funkcje i cechy mostów miejskich zmieniały się na przestrzeni wieków. W miejsce funkcji, które zanikły (obronna, mieszkalna), współcześni właściciele mostów wygenerowali nowe – kulturową, promocyjną czy polityczną. Budowane współcześnie mosty mają wiele cech, umożliwiających im wypełnianie tych nowych funkcji. Krytyczny i subiektywny przegląd współczesnych funkcji i cech mostów miejskich jest przedmiotem niniejszej pracy.

Słowa kluczowe: obiekt mostowy, miasto, estetyka, architektura, funkcje, cechy

1. Wprowadzenie

Miasto stanowi specyficzne wyzwanie dla budowniczych mostów. Gęsta i zwarta zabudowa, historyczne centra, dalekie obrzeża, rozbudowana infrastruktura podziemna i naziemna oraz intensywny ruch drogowy i pieszy generują bardzo duże trudności projektowe i wykonawcze. Na to wszystko nakłada się powszechne oczekiwanie polityczne i społeczne: mostów o wysokich walorach estetycznych, unikalnych pod względem formy, będących wyrazem postępu technologicznego, jednym słowem mostów, które staną się symbolem współczesnego miasta (tzw. *significant bridges*, *landmark bridges*). Sądzi się powszechnie, że estetyka mostów miejskich dużo kosztuje. To nie musi być prawdą. Istnieje dzisiaj bowiem wiele narzędzi i zasobów, wspomagających projektowanie atrakcyjnych estetycznie i ekspresyjnych w formie mostów. Inżynierowie budujący mosty miejskie są świadomi wagi właściwego wyboru rodzaju konstrukcji, kształtu, wymiarów, zależności pomiędzy mostem i krajobrazem, jak również pomiędzy poszczególnymi elementami mostu, jego detalami, kolorem, teksturą. Wszystkie te aspekty w połączeniu z zrównoważonym podejściem do efektywności konstrukcyjnej i ekonomicznej, bazujących na cyklu życia plus techniki CAD i symulacje numeryczne MES, pozwalają dzisiaj inżynierom mostowym podejmować właściwe decyzje również w zakresie estetyki.

Estetyka gra w projektowaniu mostów równie ważną rolę, jak efektywność konstrukcyjna i ekonomiczna, wykonalność czy zasady zrównoważonego rozwoju [1],[2],[3]. Mosty, jako konstrukcje długowieczne, modyfikują krajobraz miasta, a o ich wpływie na życie wielu generacji mieszkańców należy pamiętać przy ich planowaniu i projektowaniu. *“The significance of the appearance”* - znaczenie wyglądu, to stale obecny kanon w pracy dobrych architektów i inżynierów, tworzących infrastrukturę miasta. Mosty miejskie z małymi i średniej rozpiętości przęsłami oferują możliwość testowania nowych form konstrukcyjnych i metod budowy, gdyż koszt budowy - tak długo, jak długo stosowane będą konwencjonalne metody - zależy dzisiaj głównie od rozpiętości przęsła i rodzaju materiału. W obszarach miejskich koszty ponadstandardowego wykończenia mostu, ograniczeń placu budowy, zakłóceń w ruchu drogowym, czy oddziaływań na handel i usługi, mogą dochodzić czasami do wartości budowanej konstrukcji. Jej granica to kwestia etyki. Inżynierowie mostowi wydają pieniądze podatników, a ich obowiązkiem jest, aby to było uzasadnione. Prawdziwym wyzwaniem w tej sytuacji jest umiejętne połączenie estetyki z umiarkowanym kosztem mostu.

Znaczenie estetyki mostu miejskiego zależy od funkcji, jakie ma on pełnić, oczekiwań jego inwestorów, które ma spełniać oraz od związanych z tym cech technicznych i pozatechnicznych, jakie nada mu jego twórca - projektant. Funkcje i cechy mostów miejskich zmieniały się na przestrzeni wieków. Np. powszechna kiedyś funkcja obronna, wymuszająca budowanie baszt i wieżyc, dzisiaj już nie istnieje. Zdecydowanie ograniczona została funkcja usługowa i mieszkalna, dominująca w średniowieczu. W tym jednak przypadku obserwuje się współcześnie próby powrotu do tej roli mostów miejskich. W miejsce funkcji, które zanikły, współcześni właściciele mostów wygenerowali nowe – kulturową, promocyjną czy polityczną. Budowane współcześnie mosty mają wiele cech, umożliwiających im wypełnianie tych nowych funkcji. Krytyczny i subiektywny przegląd współczesnych funkcji i cech mostów miejskich jest przedmiotem niniejszej pracy.

2. Podstawowe funkcje mostów miejskich

Podstawową funkcją każdego obiektu mostowego jest **funkcja komunikacyjna**. Przestrzeń miejska wymaga takiej organizacji, aby możliwe było szybkie i bezproblemowe połączenie różnych części miasta. Miejskie obiekty mostowe (mosty, wiadukty, kładki) służą zatem usprawnieniu komunikacji, a ich podstawowym zadaniem jest bezkolizyjne przeprowadzenie samochodów, kolei (metra), tramwajów, rowerów czy pieszych, nad przeszkodą, którą może stanowić rzeka, ulica miejska oraz tory kolejowe lub tramwajowe. Ze względu na dużą gęstość różnych arterii komunikacyjnych w mieście (ulice, tory, ciągi piesze), obiekty mostowe służą do realizacji węzłów komunikacyjnych, w których bezkolizyjnie mogą krzyżować się wybrane ciągi komunikacyjne (rys.1a). Skomplikowane geometrycznie, wielopoziomowe węzły są lokalizowane na bardzo ograniczonej powierzchni, ze względu na istniejącą gęstą zabudowę. Niejednokrotnie niektóre ważne ciągi komunikacyjne w miastach, służące do szybkiego transportu publicznego lub tranzytu przez miasto, ze względu na brak miejsca są lokalizowane na wyniesionych nad teren estakadach, tworzących drugi, a czasami trzeci poziom komunikacji miejskiej (rys.1b). Zdarza się również, że ze względu na brak miejsca, estakada musi przechodzić tuż obok, a czasami nawet przez sąsiadujący budynek. Komunikacyjna funkcja obiektów mostowych oraz ograniczony teren pod budowę dojazdów do obiektu wymuszają tworzenie skomplikowanych form konstrukcyjnych (tzw. łącznic), umożliwiających zintegrowanie obiektu z siecią komunikacyjną miasta (rys.1c).



Rys. 1. Miejskie obiekty mostowe spełniające funkcje komunikacyjne: (a) węzeł; (b) estakada; (c) łącznice

Miejski obiekt mostowy służy też pieszym, musi być zatem włączony w sieć miejskich ciągów pieszo – rowerowych. Konieczność lokalizacji na obiekcie mostowym chodników i ścieżek rowerowych znacząco zwiększa ich szerokość i wymusza specjalne rozwiązania konstrukcyjne oraz wyposażenie pomostu, zapewniające bezpieczeństwo i komfort tej grupy użytkowników (rys.2a). Wraz z rozwojem miast powstają nowe ciągi pieszo – rowerowe, obsługujące np. centra handlowe, obiekty sportowe, czy obiekty kulturalne. Integralną częścią tych ciągów komunikacyjnych są kładki, zapewniające bezkolizyjną komunikację pieszą i rowerową ponad siecią ulic miejskich (rys.2b). Podobną funkcję mają kładki, łączące ze sobą sąsiadujące budynki i umożliwiające komunikację pomiędzy nimi bez konieczności uciążliwego wychodzenia na ruchliwą ulicę miejską (rys.2c). Wobec rosnącej popularności społecznej i politycznej tzw. miejskich tras rowerowych oraz idei roweru miejskiego, znaczenie funkcjonalnych kładek dla pieszych wmiastach będzie rosło, tym bardziej, że współczesne kładki miejskie już dawno przestały pełnić tylko funkcję komunikacyjną.

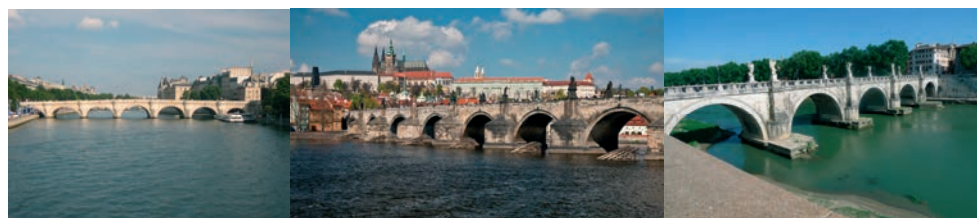


Rys. 2. Obsługa komunikacyjna ruchu pieszych i rowerów: (a) ścieżka na moście; (b) kładka w centrum handlowym; (c) kładka pomiędzy budynkami

Miastotwórcza funkcja obiektów mostowych, niezwykle ważna w poprzednich wiekach, straciła ostatnio swoje podstawowe znaczenie wobec wielu alternatywnych możliwości łączenia odseparowanych części miasta (np. tunele). Znaczenie tej funkcji opisał m.in. M.Salamak [4] na przykładzie wybranych mostów Budapesztu i Nowego Jorku. Współcześnie rzadko zdarzają się tak spektakularne przykłady miastotwórczego znaczenia mostów, gdyż duże miasta położone nad rzekami już dawno zagospodarowały oba ich brzegi. Tym niemniej każdy most miejski, położony nad dzielącą miasto rzeką, oprócz funkcji komunikacyjnej, pełni także funkcję miastotwórczą, tym mocniej, im dalej od centrum zlokalizowano nowy most. Funkcje miastotwórcze obiektów mostowych można zaobserwować także w miastach, w których w połowie XX wieku powstały tzw. obwodnice miejskie, lokalizowane wzdłuż ich granic, obejmujących ówczesną zabudowę miasta. Każdy obiekt mostowy, zbudowany nad taką obwodnicą powodował przyspieszony rozwój terenów bezpośrednio do niej przyległych, a po pewnym czasie włączanie ich w substancję miejską. Tak rozwijały się m.in. zewnętrzne dzielnice Paryża, położone poza *Boulevard Periferique*.

Niektóre mosty miejskie od zawsze pełniły **funkcję kulturowo-promocyjną**. Dotyczy to mostów zabytków, zbudowanych kilka wieków temu, które dzisiaj stały się

symbolami miast oraz ich głównymi atrakcjami turystycznymi. Takie obiekty jak *Ponte Angelo* w Rzymie z II w. naszej ery (rys.3a), XIV-wieczny *Most Karola* w Pradze (rys.3b), XVI-wieczny *Pont Neuf* w Paryżu (rys.3c) lub XIX-wieczny *Tower Bridge* w Londynie są od dawna symbolami tych miast, celami licznych wycieczek turystycznych i atrakcjami, cenionymi na równi z innymi zabytkami. Spełniają także doskonale role promocyjną, pojawiając się w różnych formach na większości materiałów marketingowych, związanych z miastem. Są jednocześnie obiektami kulturowymi i punktami charakterystycznymi miast, przy których umawiają i spotykają się mieszkańcy i turyści. Niektóre z nich (np. *Harbour Bridge* w Sydney) są także doskonałymi punktami widokowymi, z których można podziwiać zarówno konstrukcję mostu jak również całe miasto.



Rys. 3. Mosty-symbol z przeszłości: (a) *Ponte Angelo* w Rzymie; (b) *Most Karola* w Pradze; (c) *Pont Neuf* w Paryżu

Oczywiście nie każde miasto ma szczęście posiadać taką ikonę z przeszłości. Dlatego współcześnie wiele miast wydaje duże fundusze na stworzenie własnych, rozpoznawalnych symboli mostowych, budując obiekty typu *landmark*, które oprócz funkcji komunikacyjnej spełniają także (a może przede wszystkim) funkcję promocyjną i wizerunkową. Oryginalnie zaprojektowany i wykonany projekt mostowy staje się wizytówką miasta, jego współczesną ikoną, a czasami pełni także funkcje reprezentacyjne. Jest promocją miasta, a niejednokrotnie także i całego kraju. Oryginalność tych mostów wyrażana jest przez nietypowe rozwiązania konstrukcyjne, przekraczające niekiedy istniejące granice techniczne, zastosowanie niekonwencjonalnej formy, wykorzystanie zaawansowanych materiałów oraz ekstrawagancką kolorystykę i iluminację. Tworzą je dzisiaj najslawniejsi architekci świata, czyniąc z projektowania takich mostów obszar swojej głównej aktywności twórczej. Należą do nich m.in. *Santiago Calatrava*, *Marc Mimram*, *Norman Foster* lub *Zaha Hadid*. Dwaj pierwsi są jednocześnie doskonałymi architektami oraz mają doktoraty z inżynierii budowlanej. Ostatnie 30 lat rozwoju mostownictwa przyniosło bardzo liczne przykłady miejskich obiektów mostowych typu *landmark*. Do najbardziej spektakularnych należą: *Alamillo Bridge* w Sewilli (rys.4a), *Samuel Beckett Bridge* w Dublinie (rys.4b), *Erasmus Bridge* w Rotterdamie (rys.4c), czy *Lupu Bridge* w Szanghaju. Zgodnie z oczekiwaniami ich fundatorów – władz miasta – każdy z nich dość szybko po wybudowaniu stał się symbolem miasta, do czego przyczyniły się nadzwyczajne rozwiązania techniczne jak również estetyczna i nowatorska forma.

Jeszcze lepiej niż mosty drogowe funkcję promocyjną spełniają dzisiaj miejskie kładki dla pieszych. Ze względu na niewielkie obciążenie użytkowe oraz dostępne współczesnym inżynierom nowoczesne materiały i technologie, w połączeniu z możliwościami obliczeniowymi jakie daje zaawansowany software, architekci i współpracujący z nimi konstruktorzy mają obecnie prawie nieograniczone pole do realizacji swoich nawet najbardziej śmiałych fantazji, daleko odbiegających od standardowej formy typowej kładki. Przykładem takiego podejścia do budowy mostów są tzw. kładki milenijne, których kilkanaście powstało w samej Anglii na przełomie wieków. Większość tych obiektów ma niespotykaną dotychczas formę, cechującą się wysokimi walorami estetycznymi, co czyni je – zgodnie

z zamysłem ich twórców – symbolem i ikoną miasta, w którym powstały. Wśród brytyjskich kładek milenijnych największe wrażenie jako obiekt typu *landmark* sprawiają: ruchoma kładka *Gateshead* w Newcastle (rys.5a), kładka milenijna w Londynie (rys.5b), *Butterfly Bridge* w parku w Bedford (rys.5c), czy *Modern Clyde Arc Bridge* w Glasgow. W innych dużych miastach świata także powstają kładki – ikony, służące głównie promocji, a przykładem niech będą: *Eastern Harbor Footbridge* w Amsterdamie (rys.6a), *Puente de la Mujer* w Buenos Aires (rys.6b), kładka w Dallas, czy *Peace Bridge* w Calgary (rys.6c). Takich przykładów z okresu ostatnich 10 lat można wymienić kilkadziesiąt.



Rys. 4. Mosty wybudowane jako *landmark*: (a) *Alamillo Bridge* w Sewilli; (b) *Samuel Beckett Bridge* w Dublinie; (c) *Erasmus Bridge* w Rotterdamie



Rys. 5. Angielskie kładki milenijne: (a) Newcastle; (b) Londyn; (c) Bedford



Rys. 6. Kładki spełniające rolę promocyjną: (a) *Eastern Harbor Footbridge* w Amsterdamie; (b) *Puente de la Mujer* w Buenos Aires; (c) *Peace Bridge* w Calgary

Opisany trend wykorzystywania współczesnych mostów miejskich w celach promocyjnych nie ominął także Polski. Wraz z wzbogacaniem się polskich miast oraz dzięki napływającym od 2004 r. funduszom z Unii Europejskiej wiele z nich „zafundowało” sobie mosty symbole, których funkcja znacząco wykracza poza ich konwencjonalne znaczenie komunikacyjne. Praktycznie każde duże polskie miasto będzie niedługo miało co najmniej jeden taki obiekt (most lub kładkę). Zaczęło się w Gdańsku w 2000 r., gdzie powstał pierwszy w Polsce nowoczesny most podwieszony. Tuż po nim taki most symbol wybudowano w stolicy (Most Świętokrzyski – rys.7a), a ostatnio we Wrocławiu (Most Rędzński – rys.7b) i Przemyśle (rys.7c). Pierwszy z nich już dzisiaj jest najczęściej „grającym” w filmach polskim mostem. Każdy z tych obiektów mógł mieć konwencjonalną formę, spełniając analogiczną funkcję komunikacyjną, a jednocześnie kosztować znacząco mniej.

Jeszcze bardziej niż w mostach ta nowa tendencja jest widoczna w budowanych współcześnie w polskich miastach kładkach dla pieszych. Ich projektanci robią wszystko, aby obiekty charakteryzowały się jedynym w swoim rodzaju kształtem, nadającym miejscu powstania kładki cechy indywidualne, a samym obiektom cechy reprezentacyjne dla decydentów, którzy zgodzili się na taką budowlę. Tworzone są różne, nietypowe formy konstrukcyjne, a standardowe rozwiązania belkowe czy łukowe „udoskonalane” są dodatkowymi elementami, mającymi imitować nowatorstwo konstrukcyjne. Nie zawsze jednak takie działanie daje pozytywny efekt estetyczny, lecz funkcja promocyjna jest zazwyczaj zachowana. Przykłady z Krakowa (rys.8a), Katowic (rys.8b) i Rzeszowa (rys.8c) potwierdzają tę zależność.



Rys. 7. Mosty promujące polskie miasta: (a) Warszawa; (b) Wrocław; (c) Przemyśl

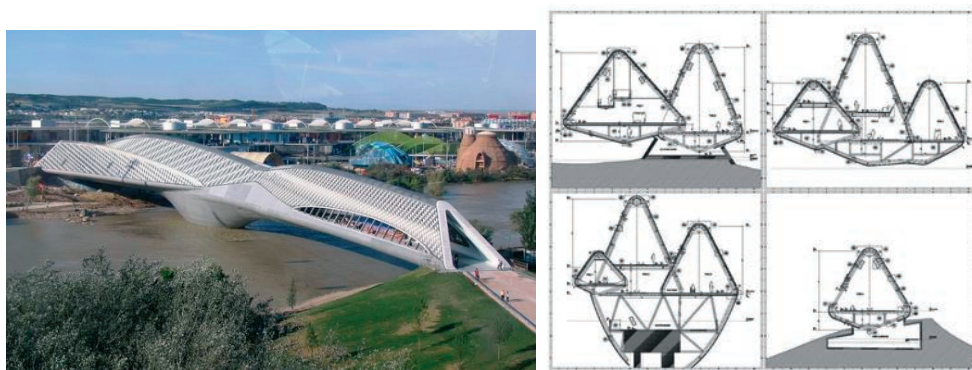


Rys. 8. Kładki promujące polskie miasta: (a) Kraków; (b) Katowice; (c) Rzeszów

Od kilku lat można zaobserwować, w szczególności w projektach znanych architektów, tendencję powrotu do niektórych koncepcji ze średniowiecza, a mianowicie do **funkcji usługowo – mieszkalnej** mostów miejskich [5]. Wzorem dawnej Wenecji, Florencji, Paryża czy angielskiego Bath, na mostach lokuje się sklepy, centra kulturalne, usługowe, rekreacyjne lub nawet lokale mieszkalne. Spektakularnym przykładem tej tendencji jest most *Zaragoza Bridge Pavilion* projektu *Zahy Hadid*, spinający brzegi rzeki Ebro i zbudowany na Expo 2008 (rys.9). Łączy on w sobie funkcję komunikacyjną kładki dla pieszych oraz wielopoziomowego pawilonu wystawienniczego, mogącego przyjąć 10 tys. zwiedzających na godzinę. Inne ciekawe koncepcje architektoniczne mostów usługowo-mieszkalnych pokazano na rys.10.

Ideę „*living bridges*” podjął ostatnio w swoich pracach architekt-konstruktor *Marc Mimram*, który we wspólnej pracy z firmą *Lafarge* wyszedł poza normalne znaczenie konstrukcji inżynierskiej i nadał projektowanym obiektom pozatechnicznego, społecznego i bardzo miejskiego w wyrazie wymiaru. Architekt zwrócił uwagę że funkcja miastotwórcza jest ściśle związana z infrastrukturą miejską, zatem jej realizacja nie może omijać dróg, ulic i mostów miejskich. Miasto jest formatowane przez infrastrukturę, pojmowaną bardzo szeroko, nie tylko jako część krajobrazu, lecz także jako miejsce do mieszkania. *Mimram* proponuje, aby mosty miejskie rozpatrywać podobnie jak wieżowce, jako formy do mieszkania, zastępując jedynie ich pionowy charakter na układ poziomy, uzyskując dodatkowo funkcję komunikacyjną (przekroczenie przeszkody). Swoje wizje przedstawił

architekt w czterech specjalnie wybranych lokalizacjach miejskich, m.in. Nowym Jorku (rys.11a) i Moskwie (rys.11b) [6].



Rys. 9. Zaragoza Bridge Pavilion w Hiszpanii – most z funkcją wystawienniczą i usługową



Rys. 10. Współczesne mosty mieszkalne – wizje architektów: (a) Duisburg; (b) Londyn



Rys. 11. Mosty mieszkalne Marca Mimrama: (a) Nowy Jork; (b) Moskwa

Od wieków mosty pełniły także **funkcję polityczną**, jak w znanej piosence-zabawie „budujemy mosty dla pana starosty”. Dzisiaj takich „starostów” jest znacznie więcej, od prezydentów państw i premierów zaczynając, a na burmistrzach i wójtach kończąc. Każdy z nich chętnie pochwali się nowym mostem, demonstrując równocześnie potęgę ekonomiczną (lub w polskich realiach: skuteczność w załatwianiu środków) oraz wysoki poziom technologiczny. Nowy most jest traktowany przez polityków jako wyznacznik postępu i umiejętności organizacyjnych oraz symbol potencjału gospodarczego miasta. Budowa nowego mostu to bowiem prezentacja najnowszych osiągnięć technologicznych, materiałowych, organizacyjnych, a także nowatorskiej myśli architektonicznej i konstrukcyjnej. Reprezentantów tego nurtu w polityce stale w świecie i w Polsce przybywa. Ostatnim spektakularnym tego przykładem jest *Russky Island Bridge* we Władywostoku (rys.12a),

największy most podwieszony na świecie (1104 m), prowadzący z centrum miasta na prawie niezamieszkałą wyspę, na której kiedyś powstanie wielki uniwersytet wschodnioazjatycki. Podobnej proveniencji są dwa mosty wybudowane w nowej stolicy Malezji, Putrajaya. Zarówno *Seri Saujana Bridge* (rys.12b) jak i *Seri Wawasan Bridge* są konstrukcjami nietypowymi, hybrydowymi pod względem konstrukcyjnych oraz zaawansowanymi technologicznie i ekstrawaganckimi architektonicznie. Jedno jest pewne: były bardzo drogo i nie pozostawiają nikogo obojętnym w odbiorze obiektu. Zgodnie z zamiarem władz Malezji mają świadczyć zarówno o potęgze ekonomicznej, jako również o wysokim poziomie technologicznym miasta i kraju. Podobne były powody budowy *Juscelino Kubitschek Bridge* w Brasilii, poprowadzonego przez wybudowane w pierwszej kolejności sztuczne jezioro w samym sercu gorącej Brazylii. Ostatnio mosty demonstrujące potęgę polityczną i ekonomiczną miast (państw) buduje się na Bliskim Wschodzie. Przykładem może być *Sheikh Zayed Bridge*, wybudowany w Abu Dhabi (Arabia Saudyjska) wg projektu *Zahy Hadid* (rys.13a). W innym mieście tego regionu, Dubaju, planuje się natomiast budowę największego na świecie mostu łukowego, także wg projektu brytyjskiej architektki (rys.13b).



Rys. 12. Mosty symbole potęgi ekonomicznej i technologicznej: (a) *Russky Island Bridge* we Władywostoku; (b) *Seri Saujana Bridge* w Putrajaya



Rys. 13. Mosty symbole potęgi ekonomicznej i technologicznej Bliskiego Wschodu: (a) *Sheikh Zayed Bridge*, Abu Dhabi; (b) planowany most łukowy w Dubaju

Prezydentom niektórych polskich miast, które przecież nie należą do światowej czołówki potęg ekonomicznych lub politycznych, też nie jest obce myślenie o politycznej funkcji dużych mostów. Nie ulega wątpliwości, że na wielkość, rodzaj, poziom technologiczny, a także budżet budowy najnowszych mostów miejskich Bydgoszczy (rys.14a), Torunia (rys.14b) i Rzeszowa (14c) miały wpływ ambicje polityczne rządzących tymi miastami. Bo czy w innej sytuacji daliby się namówić ambitnym twórcom mostów na budowę pomników, w miejscach, gdzie do przekroczenia przeszkody wystarczyłaby konwencjonalna i znacznie tańsza konstrukcja belkowa?



Rys. 14. Mosty - pomniki władz polskich miast: (a) Bydgoszcz; (b) Toruń; (c) Rzeszów

Opisane powyżej podstawowe funkcje mostów miejskich świadczą o jednym: współczesne mosty miejskie cechuje **wielofunkcyjność**. Rzadko kiedy pełnią one jedynie funkcję komunikacyjną, będąc przeprawą nad przeszkodą. Coraz częściej, szczególnie w dużych miastach, dominować zaczyna promocyjna i polityczna funkcja mostów miejskich. Wpływa to oczywiście na estetykę mostów, ich coraz większą niekonwencjonalność, a także związany z tym budżet, niezbędny do ich budowy. Wprawdzie nie ma badań, pokazujących jak tego typu inwestycja zwraca się miastu, lecz pewne jest, że zwraca się politykom, którzy podejmują odważne decyzje o budowie niekonwencjonalnych i estetycznych konstrukcji mostowych. Niejednemu z nich budowa spektakularnego mostu przyniosła bowiem następną kadencję u steru miasta.

3. Cechy mostów miejskich

Większość podstawowych **cech technicznych** miejskich obiektów mostowych wynika z ich funkcji komunikacyjnej. Lokalizacja trasy mostu oraz jego poszczególnych elementów jest narzucona przez układ ulic i gęstą zabudowę miejską, a także nierazko przez układ infrastruktury podziemnej. Trudność wpasowania się w istniejący układ komunikacyjny wymaga krzywoliniowego trasowania pomostów w planie (rys.15a). Ułatwia to uzyskanie korzystnych warunków ruchu na moście przy istniejącej zabudowie. Bardzo ograniczona jest powierzchnia koniecznej zabudowy, co dotyczy także rzeki w przypadku jej żeglowności. Zdarza się więc, że mosty buduje się wzdłuż, a nie w poprzek koryt rzek. Mosty miejskie cechuje duża szerokość pomostu (duża liczba pasów ruchu, chodniki) oraz duże rozpiętości i zróżnicowanie przęseł, konieczne dla minimalizacji liczby podpór (rys.15b). Często stosuje się podpory w kształcie V, gdyż zmniejszają rozpiętości przęseł bez dodatkowej zajętości terenu pod fundamenty. Natomiast dojazdy do mostów miejskich, z uwagi na ograniczenia terenowe, są często lokalizowane na ciasnych łącznicach (ślimakach) (rys.15c). Jedną z ważniejszych cech technicznych mostów miejskich jest wielofunkcyjność komunikacyjna. Wynika ona z konieczności umieszczenia na jednej konstrukcji różnych środków transportu prywatnego i publicznego (samochód, autobus, tramwaj, metro, rower, ruch pieszny). Dlatego dość często spotyka się w miastach mosty wielopoziomowe, z dwoma lub trzema pomostami, służącymi różnym środkom transportu. Pewną formą tej wielopoziomowości są także estakady tranzytowe, prowadzone zazwyczaj na drugim lub trzecim poziomie komunikacyjnym, w stosunku do poziomu podstawowej komunikacji miejskiej. Powoduje to niekiedy kolizje z wysokimi budynkami, które należy ominąć lub przez nie przejść.



Rys. 15. Niektóre cechy techniczne mostów miejskich: (a) krzywoliniowość w planie; (b) duża szerokość; (c) dojazdy w formie „ślimaków”

Większość przedstawionych cech technicznych mostów miejskich dotyczy także kładki dla pieszych. Ich układ w planie często jest krzywoliniowy, wymagają również skomplikowanych ramp dojazdowych, „skręconych” na ograniczonym terenie w „ślimak”, mają rozbudowane w planie podpory w celu minimalizacji długości przęseł lub wręcz są podwieszane do górnych konstrukcji nośnych (pylon, łuk). Kładki mają zazwyczaj jeden poziom, lecz współcześnie wymaga się odseparowania ruchu pieszego i rowerowego, co generuje dużą szerokość pomostów. Ostatnio coraz częściej w miastach o gęstej zabudowie pojawiają się także kładki między sąsiednimi budynkami, nie wymagające zejścia do poziomu ulicy i powrotnego wejścia na kilka metrów w górę.

Nie ulega wątpliwości, że jedną z podstawowych cech miejskich obiektów mostowych jest (lub powinna być) **wysokiej jakości architektura i estetyka**. Od mostów miejskich oczekuje się zazwyczaj monumentalności, dominanty krajobrazowej, stworzenia punktu orientacyjnego w mieście. Głównym narzędziem spełnienia tych oczekiwań jest forma przestrzenna obiektu, która niejednokrotnie jest ważniejsza od jego podstawowej funkcji komunikacyjnej. Jednakże wykreowanie właściwej formy mostu miejskiego nie jest wcale łatwe, głównie ze względu na ograniczoną ekspozycję obiektu w zabudowanym terenie. Wiele obiektów o wysokiej wartości architektonicznej jest niedostatecznie eksponowane z powodu gęstej i wysokiej zabudowy miejskiej. Elementami utrudniającymi właściwą ekspozycję bywają także rozbudowane tablice informacyjne, ekrany przeciwhałasowe, reklamy, itp. Elementami wpływającymi na odbiór estetyczny mostu miejskiego jest także kolorystyka, faktura elewacji, dbałość o szczegóły, zastosowane trwałe materiały oraz eleganckie wyposażenie. Znaczący wpływ na ogólny wizerunek mostu ma także jego oświetlenie. W szczególności iluminacja nocna powoduje, że most ma dwie formy: dzienną i nocną. Ta druga jest zazwyczaj bardziej atrakcyjna (rys.16).

Pożądana cechą mostów miejskich jest ich **transparentność**. Mosty nie powinny przesłaniać innych budowli, generując kolizje wizualne. Dlatego najczęściej mosty miejskie są smukłe i płaskie, o konstrukcji płytowej z betonu sprężonego lub skrzynkowej ze stali. Ten drugi rodzaj konstrukcji stosuje się w przypadku konieczności schowania tzw. urządzeń obcych, nierzadko prowadzonych po miejskich obiektach mostowych. Konieczność stosowania płaskich i smukłych przęseł spowodowała popularność konstrukcji zawieszonych na łukach lub podwieszonych do pylonów. Takie obiekty mają małą wysokość konstrukcyjną (dużą smukłość), stosunkowo dużą rozpiętość, a lekkie łuki i pylony wraz z olinowaniem stanowią dodatkowy akcent architektoniczny.



Rys. 16. Dwie formy mostu: dzienna i nocna

Kształtowanie formy mostów podwieszonych dotyczy zazwyczaj podziału konstrukcji na przęsła, wyboru miejsca usytuowania oraz kształtu pylonów, doboru układu podwieszenia, a także kolorystyki obiektu. Na końcowy efekt składają się także wzajemne proporcje poszczególnych elementów konstrukcji, przebieg niwelety mostu, ekspozycja mostu w terenie miejskim oraz sposób rozwiązywania detali konstrukcyjnych. Natomiast główne zalecenia dla kształtowania architektonicznego miejskich mostów łukowych z jazdą dołem są następujące:

- wyniosłość łuków nie powinna być zbyt duża, gdyż zwiększa to ekspresję działających w nich sił oraz stwarza wrażenie lekkości; ekspresję sił w łukach można także wzmocnić odpowiednio dobierając kształt ich osi i powierzchni bocznych;
- o wyglądzie elewacji mostu decydują zarówno łuki, jak i podłużne belki pomostu, a w szczególności proporcje ich sztywności (wysokości);
- należy dążyć do redukcji górnych stężeń wiatrowych, gdyż zwiększają one liczbę elementów konstrukcyjnych, zmniejszając prostotę i czytelność sił w konstrukcji; ponadto stężenia niekorzystnie oddziałują także na doznania użytkowników obiektu, silnie ograniczając jego wnętrze.

Podane powyżej główne zasady kształtowania architektonicznego mostów łukowych spełniają konstrukcje typu „*network arch*”. Cechą charakterystyczną tych mostów są ukośne wieszaki, które krzyżują się wzajemnie minimum 2 razy, tworząc gęstą sieć wewnętrzną (*network*), upodabniającą łuk do kratownicy. W jego elementach występują jedynie siły osiowe, a momenty zginające i siły poprzeczne są minimalne. W pracy [7] autor porównał walory estetyczne miejskich mostów podwieszonych i łukowych typu „*network arch*” na czterech przykładach pochodzących z dwóch miast Podkarpacia: Rzeszowa i Przemyśla (rys.17).

Kolejną, często podkreślaną cechą mostów miejskich jest **integracja przestrzenna**. Mosty w miastach powinny być zharmonizowane z otoczeniem, urozmaicając i dopełniając istniejący pejzaż miejski. Jednakże powstaje zasadnicze pytanie - na ile respektować tę zasadę, projektując most na 100 lat? Zmieniające się w czasie układ przestrzenny i zabudowa miasta powodują, że współczesne otoczenie mostu, jak również sam most, może się kilkukrotnie zmienić podczas jego życia technicznego. Doskonale zilustrował to J.Biliszcuk na przykładzie wrocławskiego Mostu Grunwaldzkiego [8]. Zmienność otoczenia miejskiego przemawia zatem za mostami jak najmniej ekstrawaganckimi, które odpowiadają ogólnemu poczuciu piękna, a nie doraźnym modom. Projektując mosty należy stosować zasady estetyki, ustalone na przestrzeni wieków, a nie dostosowywać je do zmiennych mód i tymczasowego (na przestrzeni 100 lat) pejzażu miejskiego.



Rys.17. Podwieszane i łukowe mosty miast Podkarpacia: Rzeszów (góra); Przemyśl (dół)

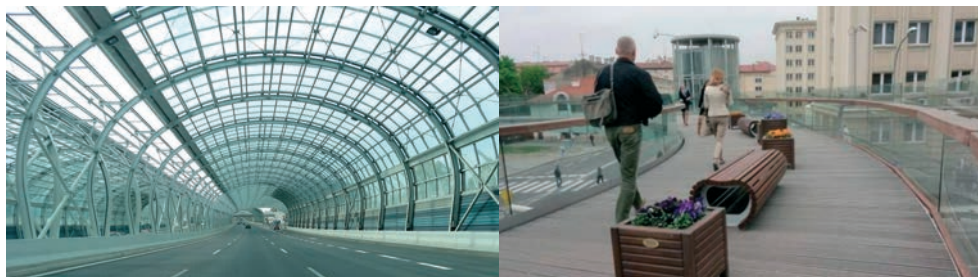
Współczesny most miejski to także **nowoczesna technologia budowy i zaawansowane technologicznie materiały**. Ograniczenia placu budowy wymuszają stosowanie najnowszych, najbardziej zaawansowanych technologicznie metod budowy: nasuwania lub montażu wspornikowego. Tylko te dwie technologie pozwalają na utrzymanie ruchu ulicznego w czasie budowy mostu. W budowie mostów miejskich wymagane jest także duże tempo robót, co preferuje prefabrykację głównych elementów. Prefabrykacja jest także technologią budowy przyjazną dla mieszkańców, gdyż nie powoduje hałasu, kurzu, wibracji, itp. W budowie miejskich obiektów mostowych, a zwłaszcza kładek dla pieszych, coraz częściej stosowane są nowe, zaawansowane technologicznie materiały konstrukcyjne, jak kompozyty FRP, stopy aluminium, stal nierdzewną i trudnordzewiejącą, beton ultrawytrzymały, szkło konstrukcyjne, itp. Mosty z tych materiałów są trwalsze, lżejsze, bardziej estetyczne, bardziej wytrzymałe, łatwiejsze do kształtowania konstrukcyjnego, przyjazne środowisku, lepiej spełniające wymagania zrównoważonego rozwoju. Mają tylko jedną wadę: są zazwyczaj droższe od rozwiązań konwencjonalnych ze stali i betonu, co jak już wykazano w tym tekście, nie musi stanowić przeszkody w zastosowaniu do obiektu miejskiego. Tym bardziej, że gdy rozważy się koszty obiektów w tzw. cyklu życia (LCCA), to obiekt z zaawansowanego technologicznie materiału okazuje się tańszy od wykonanego z materiału konwencjonalnego. Przykłady ostatnio wybudowanych mostów i kładek z tych materiałów pokazano na rys.18.

Ostatnia cechą mostów miejskich, którą warto wskazać jest **specyficzne wyposażenie**, wynikające niejednokrotnie z funkcji, którą most pełni w danej przestrzeni miejskiej. Funkcja komunikacyjna obiektu w bezpośredniej bliskości gęstej zabudowy generuje wysokie wymagania środowiskowe, w tym konieczność stosowania ekranów przeciwhałasowych, czasami w formie tuneli szklanych (rys.19a). Dostępność obiektu dla pieszych wymaga budowy schodów, ramp, balkonów, itp. Kładki dla pieszych są narażone na pojawienie się tłumu lub zachowania wandalistyczne, dlatego muszą być wyposażane

w specjalne tłumiki, zapewniające komfort użytkownikom i bezpieczeństwo konstrukcji. Estetyka mostu miejskiego wymaga niejednokrotnie zastosowania indywidualnych barier, balustrad, latarni oświetleniowych, oraz dbałości o szczegóły wyposażenia (nawierzchnia, odwodnienie). Na mostach i kładkach miejskich często umieszczane są platformy widokowe, ławki, balkony, dla umożliwienia turystom podziwiania miasta lub obiektu (rys.19b). Wreszcie współczesne mosty miejskie budowane są jako tzw. *smart bridges*, mosty inteligentne, posiadające różnorodne systemy monitoringu, umożliwiające ciągłą kontrolę zarówno stanu technicznego i zachowania się konstrukcji pod obciążeniem jak również ruchu, odbywającego się na moście.



Rys. 18. Obiekty mostowe z zaawansowanych technologicznie materiałów: (a) kładka z kompozytu FRP; (b) most ze stopu aluminium; (c) kładka ze stali nierdzewnej



Rys. 19. Specyficzne wyposażenie mostów miejskich: (a) ekrany przeciwhałasowe; (b) ławki i kwietniki

Zestawienie cech technicznych i pozatechnicznych miejskich obiektów mostowych pokazuje, jak skomplikowanym zadaniem jest właściwe zaprojektowanie i wykonanie takiego obiektu, aby zapewniając większość oczekiwanych funkcji mostu miejskiego, stworzyć obiekt, który byłby jednocześnie bezpieczny, funkcjonalny, trwały i estetyczny.

4. Architekt czy inżynier projektantem mostów miejskich?

Dyskusja na ten temat toczy się od lat [1], [9], [10]. Jest ona szczególnie istotna w kontekście mostów miejskich, gdzie funkcje promocyjna i polityczna niejednokrotnie dominują nad funkcją komunikacyjną, a wysokiej jakości architektura i estetyka mostów miejskich należą do ich podstawowych cech pozatechnicznych. Nie ma jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie. Praktyka rozwiniętych krajów Zachodu pokazuje, że rolę wiodącą w projektowaniu znaczących mostów w miastach pełnią architekci. Większość przedstawionych w artykule mostów świata znana jest poprzez nazwiska ich twórców – architektów. Nazwiska konstruktorów pojawiają się rzadko i to niekiedy w nieprzyjemnych okolicznościach. Znamiennym przykładem jest kładka milenijna w Londynie, której projektantem – wg powszechnej wiedzy – jest słynny architekt brytyjski *Norman Foster*.

Konstruktorów z firmy inżynierskiej *Arup* ujawniono dwa dni po otwarciu obiektu, gdy wskutek nadmiernych drgań kładkę musiano zamknąć. I oni też ponieśli główne tego konsekwencje - firma *Arup* zapłaciła za dostosowanie kładki do użytku ponad 5 mln funtów.

W Polsce uważa się, że wiodącą rolę w projektowaniu mostów powinien pełnić inżynier konstruktor. On bowiem, zgodnie z prawem, odpowiada za bezpieczeństwo i trwałość konstrukcji. Rola estetyki nie jest prawnie skodyfikowana i pozostaje kwestią „dobrego smaku”. W naszym środowisku inżynierów mostowych dominuje pogląd, że **funkcja poprzedza formę**, tzn. mosty, które są efektywne konstrukcyjnie (bezpieczne, ekonomiczne i trwałe), są także ładne. Pogląd ten ugruntowany jest dziełami największych twórców mostowych XIX i XX wieku, którzy nie byli architektami, a których dzieła stanowią dla obu grup projektantów mostów wzory do naśladowania (Telford, Eiffel, Roebling, Maillart, Menn, Schlaich i wielu innych).

Architekci jednak, wzorem swoich zachodnich kolegów, wyznają zasadę, że inżynier konstruktor nie jest w stanie zaprojektować estetycznego mostu - architekt zawsze zrobi to lepiej. Współczesne funkcje i społecznie oczekiwane cechy mostów miejskich (*signature bridges*, *landmark bridges*) skłaniają ich inwestorów do przyznania racji architektom. Wyznają oni bowiem w większości pogląd, że mosty które podobają się mieszkańcom, są zawsze ładne (**klient ma zawsze rację**). A zdecydowanie większą szansę w wyścigu o estetyczny gust klienta ma architekt, niż inżynier. Nawet w przypadku, gdy za dzieło architekta trzeba zapłacić znacznie więcej, niż za most inżyniera, w którym forma jest tylko pochodną jego funkcji.

Miastem polskim, które w konsekwentny sposób powierza tworzenie swoich głównych mostów architektom jest Kraków. W wyniku konkursów architektonicznych (wyłącznie dla architektów) miasto w ciągu ostatnich 15 lat zamówiło cztery projekty obiektów mostowych przez Wisłę (dwa mosty drogowe, dwie kładki dla pieszych), a trzy z nich wybudowało. Niestety, nie są one moim zdaniem przykładem twórczego wkładu architektów do polskiego mostownictwa. W każdym przypadku konstruktorzy musieli diametralnie zmienić formę i wygląd konstrukcji w stosunku do projektu konkursowego – w przeciwnym razie mostów nie dałoby się zbudować. Niezbędne zmiany formy dla zapewnienia podstawowych funkcji tych obiektów wygenerowały wysokie koszty budowy, a efekty takiego działania nie są wcale estetycznie spektakularne.

Z drugiej strony zbudowano w polskich miastach wiele mostów, stworzonych tylko przez inżynierów mostowców, które w sposób nieodwracalny zniszczyły istniejący krajobraz miejski. Są nieatrakcyjne, źle zaprojektowane i wybudowane, pozbawione elegancji, lekkości, kreatywności. Niektóre z nich są konstrukcyjnie bez sensu, mają wiele zbędnych elementów, a nie dają jednak w zamian poczucia piękna i elegancji, czy chociażby zwykłej przyjemności patrzenia. Są przykładem nieuzasadnionego przerostu formy nad funkcją. Dodając do tego najniższą cenę budowy, niską jakość oraz źle pojętą efektywność konstrukcyjną, mosty te stają się zaprzeczeniem oczekiwań ich inwestorów i społeczności, dla której je zbudowano. Przykładów z ostatnich lat nie brakuje – ich subiektywny wybór pokazano na rys.20.

Przykładów zgodnej współpracy polskich architektów i inżynierów w projektowaniu mostów nie ma zbyt dużo. Wynika to z błędnego przeświadczenia każdej ze stron o własnej, wiodącej roli w projektowaniu mostów. Jednakże doświadczenie autora wskazuje, że przy wzajemnym zrozumieniu własnych kompetencji i obustronnej chęci spełnienia oczekiwań klienta na jak najwyższym poziomie - taka współpraca jest możliwa. Niestety, obecna tendencja budowania mostów w formule „zaprojektuj i zbuduj” nie będzie sprzyjać

rozwojowi tej współpracy. Most, którego architektoniczną koncepcję pokazano na rys.14c właśnie przechodzi fazę „optymalizacji”, w wyniku rozstrzygniętego przetargu D&B. Jej głównym celem nie jest – niestety – poprawienie jego wartości estetycznej, lecz zminimalizowanie kosztów budowy.



Rys. 20. Przykłady nieuzasadnionej dominacji formy mostu nad jego funkcją

Pomimo niekorzystnej tendencji rynkowej wydaje się jednak, że w przypadku mostów miejskich współpraca architektów i inżynierów mostowych jest koniecznością. Wymusić ją powinni samorządowcy, rządzący polskimi miastami, którym na sercu leży nie tylko usprawnienie wewnętrznej komunikacji miasta, lecz także kreowanie jego współczesnego, nowoczesnego i estetycznego wizerunku. Formalne ramy takiej współpracy powinny opracować wspólnie dwa branżowe stowarzyszenia: SARP oraz ZMRP. Kanwą do stworzenia takiego dokumentu mogą być wytyczne IABSE, popularyzowane obecnie na zachodzie w obu środowiskach [11]. Wytyczne przygotowano specjalnie dla projektów infrastrukturalnych, w których most jest głównym elementem inwestycji, a jego znaczenie zdecydowanie wykracza poza jego funkcję komunikacyjną. Pamiętać jednak przy tym należy, że w przypadku mostów podstawowym źródłem ich elegancji oraz unikalnego i ekspresyjnego wyglądu jest przepływ sił wewnętrznych, kreowany jednak przez inżyniera, a nie architekta.

5. Podsumowanie

Mosty miejskie stanowią zawsze charakterystyczny element krajobrazu miasta, przez co muszą także być odpowiednio dopasowane formą do istniejącej, niekiedy historycznej zabudowy lub innych elementów przestrzeni miejskiej. Mostom miejskim stawia się nie tylko standardowe wymagania dotyczące nośności i trwałości, lecz również wysokie wymagania w zakresie architektury, estetyki, kolorystyki i wykończenia detali konstrukcyjnych. Mosty typu „*landmark*” kreują przestrzeń, dodają jej wartości oraz stają się często symbolem miasta bądź regionu. Położenie w centrum miasta, w otoczeniu gęstej zabudowy, zazwyczaj w miejscach mocno eksponowanych na widok publiczny, czyni kształtowanie i projektowanie takich obiektów zadaniem trudnym i niestandardowym. Forma konstrukcji oraz jej aspekty estetyczne dominują przy wyborze wariantu mostu, spychając na drugi plan zagadnienia związane z utrzymaniem i trwałością obiektu. W celu uzyskania właściwego efektu jest konieczna bliska współpraca inżyniera konstruktora i architekta. Nietypowość formy obiektu wymaga także zastosowania niestandardowych metod obliczeniowych i wymusza przeprowadzanie złożonych symulacji numerycznych dla oceny wytrzymałości i stateczności konstrukcji. Powstanie nowych i ładnych obiektów generuje rozwój otaczającego nowy most terenu miasta.

Literatura

- 1 Wasiutyński Z. O architekturze mostów. PWN, Warszawa, 1971.
- 2 Jarominiak A. Główne uwarunkowania estetyki mostów. *Drogownictwo* 49 (1995)
- 3 Flaga K., Januszkiewicz K., Hrabiec A., Cichy-Pazder E. Estetyka konstrukcji mostowych. Politechnika Krakowska, Kraków, 2005.
- 4 Salamak M. Czy mosty mogą zmieniać miasto? w: *Obiekty mostowe w infrastrukturze miejskiej*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2013, s.43-53.
- 5 Piekarski J. Mosty mieszkalne. ZMRP, Warszawa, 2007.
- 6 Mimram M. Living bridges. 4 projects. Lafarge, Paris, 2008.
- 7 Siwowski T. Walory estetyczne nowych mostów miejskich. *Drogi* 1 (2008) 85-91.
- 8 Biliszczyk J. Mosty jako punkt charakterystyczny miast, w: *Budownictwo komunikacyjne w warunkach miejskich*, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2009, s.54-60.
- 9 Jarominiak A. Kto powinien kierować projektowaniem mostów: architekt czy inżynier? *Inżynieria i Budownictwo* 50 (1996)
- 10 Jarominiak, A. Specyfika projektowania i budowy mostów miejskich. *Inżynieria i Budownictwo* 63 (2007) 187-193.
- 11 Hussain N. Guidelines for Design Competitions for Bridges. IABSE, Zurich, 2013.

Contemporary urban bridges

Tomasz Siwowski

*Department of Roads and Bridges, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Rzeszow
University of Technology, e-mail: siwowski@prz.edu.pl*

Abstract: A city is the specific challenge for bridge builders. Dense and compact building zones, historical centers, far suburbs, expanded over- and underground infrastructure and high traffic volume generate very big design and construction difficulties. It is imposed by common expectations to create aesthetic and elegant urban bridges with unique form, expressing technological development, in a word, symbolic bridges for contemporary and modern city. The aesthetics of a bridge plays a role as important as efficiency, economy, sustainability and constructability. Bridges, as long-lasting structures, modify the landscape and their influence on the life of various generations is something we cannot forget in their planning and design. The importance of bridge aesthetics depends on a function to be held, client's expectations to be fulfilled, and technical and nontechnical features, given by designer. The bridges functions and features have been changing for centuries. Some functions disappeared (defensive, residential), some of them have recently been created by contemporary clients, f.e. cultural, promotional and political ones. The modern urban bridges have got a lot of new features, enabling them to hold these new functions. The critical and subjective review of contemporary functions and features of urban bridges is the main subject of the paper.

Keywords: bridge, city, aesthetics, architecture, functions, features

Współczesne rozwiązania techniczne w zakresie utylizacji odpadów komunalnych

Kazimierz Szymański

Katedra Gospodarki Odpadami, Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, Politechnika Koszalińska, e-mail: kazimierz.szymanski@tu.koszalin.pl

Streszczenie: W Polsce ciągle najbardziej popularną metodą unieszkodliwiania odpadów jest deponowanie tego materiału na składowiskach. Deponowanie odpadów na składowiskach jest tzw. modelem otwartym, na który zarządzający ma *a posteriori* bardzo mały wpływ. Jednak *a priori*, wykorzystane muszą być nauki geologiczne, w tym szczególnie budowa górotworu i warunków hydrogeologicznych podłoża pod składowanymi odpadami. Dochodzi do tego statyka i dynamika gruntu, hydrologia wód powierzchniowych i podziemnych, dyfuzja i przepływ gazów w gruncie, zaś po zamknięciu składowiska i zakończeniu eksploatacji, dobra znajomość pedologii, botaniki i dendrologii, służące najwłaściwszej rekultywacji tego terenu.

W ostatnich latach podjęto skuteczne próby kompostowania odpadów komunalnych wraz z osadami ściekowymi. Kompostowanie odpadów rozpatrywane jako całość jest systemem półotwartym, tzn. takim, w którym ingerencja zarządzającego nie jest pełna. W złożonym łańcuchu operacji jednostkowych, służących przetwarzaniu odpadów na kompost trzeba korzystać z ogólnych zasad inżynierii procesowej, a więc z zasady przenoszenia masy, ciepła i pędu, a konkretnie z maszyn i urządzeń, które wstępnie przygotowują wsad do kompostowania (procesy rozdziału, korekty wilgotności i składu), a po procesie humifikacji ponownie podzielić masę kompostową, natomiast niepożądany balast odstawiany jest na składowisko.

Procesami i systemami w pełni zamkniętymi, a więc i w pełni sterowanymi są systemy termicznego unieszkodliwiania odpadów. Budowę tego rodzaju instalacji, obok jedynej dotychczas pod Warszawą, podjęły się cztery polskie miasta. W przypadku projektowania i budowy tego typu obiektów nieodzowna staje się współpraca z energetykami i elektrykami. Podobne warunki wstępne trzeba stawiać zakładom, stosującym procesy pirolityczne (wytłewanie, zgazowanie).

Słowa kluczowe: odpady komunalne, składowiska komunalne, odcieki składowiskowe, kompostownie, spalarnie odpadów

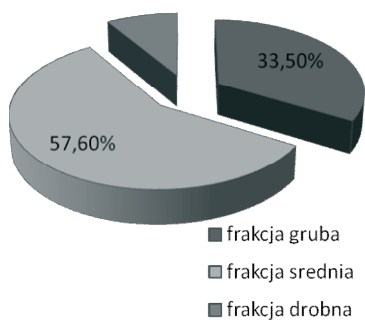
1. Wstęp

Unieszkodliwianie odpadów komunalnych odbywa się zazwyczaj poprzez: deponowanie tego materiału na składowiskach, metodami biologicznymi (kompostowanie, fermentacja metanowa, przekształcanie mechaniczno-biologiczne) i metodami termicznymi. Niezmiernie istotnym elementem gospodarki odpadami jest recykling materiałowy. W warunkach polskich zdecydowanie dominuje pierwsza z wymienionych metod unieszkodliwiania odpadów (składowiska). Pozytywnym elementem całokształtu gospodarki odpadami komunalnymi jest budowa lub rozbudowa instalacji unieszkodliwiania odpadów na drodze procesów biochemicznych. Ten sposób jest w Polsce coraz bardziej popularny.

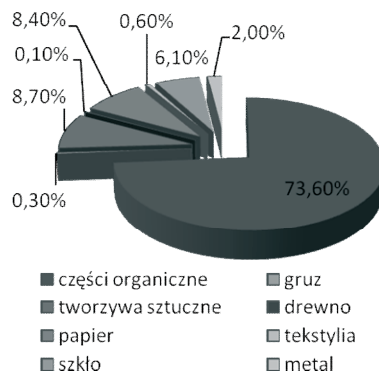
Jak dotychczas posiadamy jedną podwarszawską instalację termicznego przekształcania odpadów w Radiowie. Ambitne plany budowy nowoczesnych instalacji termicznego unieszkodliwiania odpadów, z wyjątkiem kilku aglomeracji miejskich, utknęły na etapie konsultacji społecznych. Niezmiernie ważnym elementem gospodarki odpadami, w każdym społeczeństwie, jest budowa zakładów infrastruktury technicznego przetwarzania odpadów, szczególnie w zakresie recyklingu i odzysku oraz wykorzystania surowców, zawartych w odpadach, a szczególnie w zakresie przetwarzania opakowań.

Opady komunalne deponowane na składowiskach mogą negatywnie oddziaływać na szereg elementów środowiska. Jednocześnie, przy racjonalnej gospodarce tymi odpadami mogą być źródłem surowców do produkcji kompostów a nawet czynników energetycznych, Urbaniak i Hillebrand [1], Biedugnis i in. [2], Manczarski [3], Żygadło i Stępiak [4]. Poniższe prezentacje graficzne wskazują na takie możliwości. Przykładowo świadczy o tym struktura odpadów opakowaniowych (rys. 1) i skład morfologiczny odpadów komunalnych (rys. 2).

Zagadnieniem tym interesowało się wielu badaczy, pracujących w polskich akademickich ośrodkach naukowych. Opracowania naukowe w zakresie badań transformacji odpadów komunalnych, wielokrotnie podejmowane były przez wielu specjalistów z tej dziedziny, Manczarski [5], Sidelko i in. [6], Janowska i in. [7]. Z tego zakresu na uwagę zasługują również prace, Tałała i Dzienis [8], Sawicki [9], Niemiec i in. [10] oraz Suchowska - Kisielewicz i Jędrzak [11]. Dużo uwagi w tych pracach poświęcono budowie i eksploatacji składowisk odpadów, jako obiektów inżynierskich. Tematykę tę wielokrotnie w swoich pracach poruszali również inni badacze, Topolnicki [12], Michałkiewicz [13] oraz Boruszko [14]. W tematyce odpadowej pojawiają się często publikacje z metodyki badań i unieszkodliwiania odpadów komunalnych i osadów ściekowych oraz ich praktycznego zagospodarowania. Prace z tego zakresu prowadzone są nieomal we wszystkich polskich uczelniach technicznych: Janowska i Szymański [7], Tomaszek [15], Koszelnik i Filipek [16], Sidelko i in. [6], Katanek [17].

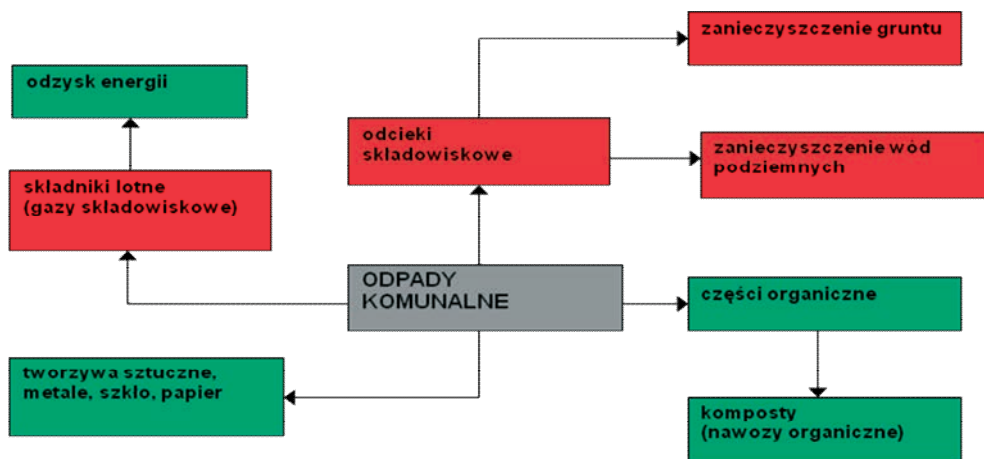


Rys. 1. Struktura odpadów komunalnych



Rys. 2. Morfologia frakcji średniej

Składowisko odpadów to źródło materiałów surowcowych (np. tworzywa sztuczne, metale, szkło, papier, składniki palne, w tym gaz składowiskowy). Na składowiskach odpadów powstają również lotne składniki toksyczne, przykładowo: siarkowodór, amoniak lub silnie odorowe, przykładowo: merkaptany (rys.3). W kolejności pokrótce zostaną omówione pozytywne i negatywne wymienionych wcześniej technik unieszkodliwiania odpadów komunalnych.



Rys. 3. Implikacje wynikające z deponowania odpadów komunalnych na składowiskach

2. Składowiska odpadów komunalnych

W minionym okresie odpady komunalne deponowano zazwyczaj w wyeksploatowanych wyrobiskach piaskowych lub żwirowych Kempa [18]. Tego rodzaju obiekty nie spełniały podstawowych zasad ochrony środowiska. W przypadku obiektów o nieuszczelnionym podłożu, powstające na składowisku odcieki migrowały do wód podziemnych, tym samym powodując ich skażenie. Zanieczyszczenia zawarte w odciekach, nierzadko zawierające wyjątkowo toksyczne związki metali ciężkich, substancje ropopochodne oraz materiały skażone biologicznie w niewielkim stopniu eliminowane były w trakcie migracji przez podłoże składowiska (strefa aeracji) oraz w warstwie wodonośnej (strefa saturacji). Zjawiska te ilustruje poniższy schemat (rys. 4).

Prędkość przepływu odcieków v_a w strefie aeracji można obliczyć ze wzoru [19]:

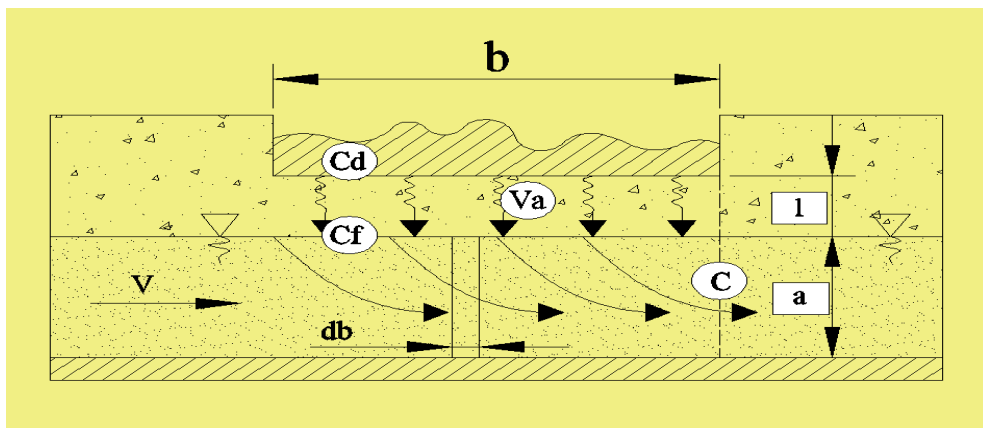
$$v_a = \frac{1}{n_0} \sqrt[3]{\omega^2 k} \quad (1)$$

gdzie:

n_0 - porowatość gruntu,

ω - intensywność wypływu odcieków ze składowiska,

k - współczynnik wodoprzepuszczalności gruntu strefy aeracji.



Rys. 4. Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w środowisku gruntowym – wodnym: C_d – stężenie zanieczyszczeń zawartych w odciekach, C_f – stężenie zanieczyszczeń w odciekach migrujących do strefy saturacji, V_a – objętość odcieków, V – prędkość przepływu wód podziemnych, l – miąższość strefy aeracji, a – miąższość strefy saturacji, C – stężenie zanieczyszczeń w wodach podziemnych, b – obszar deponowania odpadów.

Migracja zanieczyszczeń mineralnych i organicznych w środowisku gruntowo-wodnym odbywa się na drodze adwekcji, dyspersji oraz dyfuzji molekularnej. Uznaje się, że dyfuzja molekularna ma niewielki wpływ na proces rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w tym środowisku. Jeżeli uwzględnimy udział adwekcji i dyspersji hydrodynamicznej oraz procesy przemian biochemicznych składników ulegających biodegradacji, czyli czynników rzutujących na migrację zanieczyszczeń zawartych w odciekach, wówczas do oceny tych zjawisk można stosować różnorodne formuły matematyczne, w tym poniższe równanie różniczkowe (2) Lomgwell D., Nair S., Seigneur Ch. [20]. Zdecydowanie najtrudniejszym elementem i słabo opisanym w literaturze są kinetyki przemian biochemicznych związków organicznych, powstających w wyniku rozkładu materii organicznej, zawartej w odpadach i w konsekwencji w odciekach składowiskowych.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) + \frac{q_s}{n} C_s + \sum_{k=1}^N R_k \quad (2)$$

gdzie:

C – stężenie zanieczyszczeń rozpuszczonych w wodzie,

t – czas transportu zanieczyszczeń,

x_i – i -ta współrzędna w przyjętym układzie odniesienia ($i=1,2,3$),

D_{ij} – współczynnik dyspersji hydrodynamicznej

v_i – prędkość filtracji wody w porach,

q_s – strumień wody przepływającej przez jednostkę objętości warstwy wodonośnej,

C_s – stężenie całkowitej masy zanieczyszczeń,

n – porowatość ośrodka gruntowego,

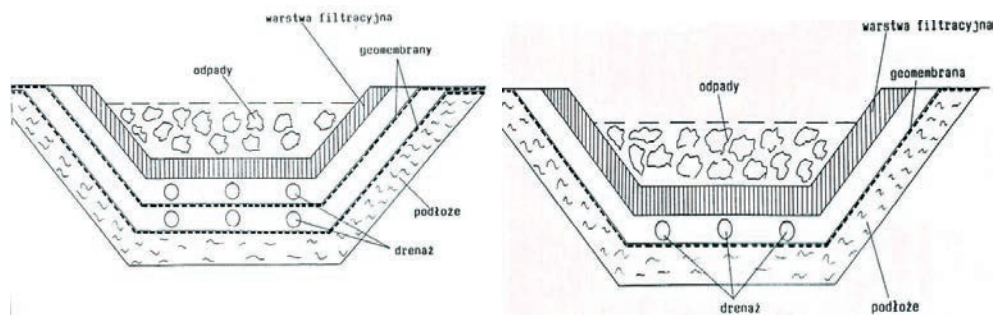
$\sum_{k=1}^N R_k$ – wyrażenie opisujące sorpcję na porach gruntu.

Deponowanie odpadów na składowiskach, jako metoda ich unieszkodliwiania, jest niezwykle popularne w Polsce. Mamy wówczas do czynienia z tzw. modelem otwartym, na który zarządzający ma *a posteriori* niewielki wpływ. Jednakże *a priori*, wykorzystane muszą być podstawy nauk geologicznych, w tym szczególnie budowa górotworu i warunki

hydrogeologiczne podłoża pod składowanymi odpadami. Dochodzą wówczas zagadnienia statyki i dynamiki gruntu, hydrologii wód powierzchniowych i podziemnych, dyfuzji i przepływu gazów w gruncie, zaś po zamknięciu składowiska i zakończeniu jego eksploatacji, dobra znajomość pedologii, botaniki i dendrologii, służące najwłaściwszej rekultywacji tego terenu. Poniższy schemat (rys. 5) ilustruje przykłady budowy nowoczesnych składowisk odpadów komunalnych o różnym stopniu szczelności, a tym samym o ograniczeniu migracji zanieczyszczeń do wód gruntowych.

a) uszczelnienie pojedyncze

b) uszczelnienie podwójne



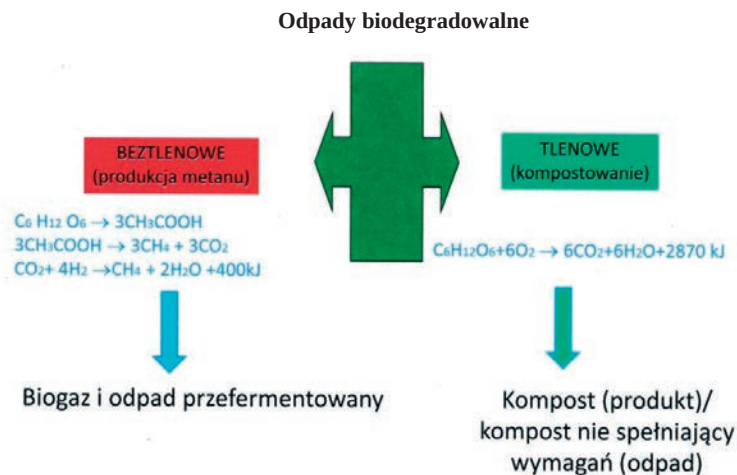
Rys. 5. Systemy budowy składowisk

3. Kompostowanie jako biologiczna metoda zagospodarowania odpadów

Inną metodę unieszkodliwiania odpadów poprzez kompostowanie organicznej frakcji odpadów, rozpatrywaną jako całość, stanowi system półotwarty, tzn. taki, w którym ingerencja zarządzającego nie jest pełna. Proces tlenowego rozkładu materii organicznej przebiega wówczas w czterech etapach. W pierwszym etapie obserwowane są procesy hydrolizy i utleniania materii organicznej podatnej na rozkład, głównie cukrów i białek. W rezultacie powstają kwasy organiczne, CO_2 i H_2O (warunki mezofilowe przy jednoczesnym spadku pH). W drugim etapie obserwuje się intensywny rozkład cukrów, białek oraz tłuszczów, węglowodorów, celulozy, hemicelulozy w obecności bakterii termofilowych co prowadzi również do powstawania CO_2 , H_2O oraz NH_3 . W etapie tym, zwanym amonifikacją, zauważalny jest wzrost pH, a temperatura reagentów podnosi się do około 70°C . W trzecim etapie, przy udziale bakterii mezofilowych, rozkładowi ulegają składniki materii organicznej, bardziej odporne na rozkład. W tym przypadku obserwuje się obniżenie pH wskutek procesu nityfikacji, w którym jony NH_4^+ , utleniane są do jonów azotu V (formy azotanowe). W kolejnym, czwartym etapie rozkładu tlenowego materii organicznej następuje wyciszenie procesów. W tych warunkach odczyn środowiska reakcji zbliżony jest do obojętnego (pH około 7), natomiast temperatura ok. $22-25^\circ\text{C}$. Produktem finalnym tego procesu jest kompost (przy spełnieniu pewnych wymagań) lub produkt o zbliżonych parametrach jakościowych do kompostu. W warunkach beztlenowych (anaerobowych) mamy do czynienia z procesem fermentacji, w którym z odpadów biodegradowalnych (przykładowo z cukrów) powstają kwasy karboksylowe (np. kwas octowy) i w dalszym etapie metan. Gaz ten, aczkolwiek w mniejszych ilościach, może być w tych warunkach syntetyzowany z ditlenku węgla i wodoru. Procesy te zilustrowano również na rysunku 6.

W złożonym łańcuchu operacji jednostkowych, służących przetwarzaniu odpadów na kompost, należy korzystać z ogólnych zasad inżynierii procesowej, a więc z zasady

przenoszenia masy, ciepła i pędu. W tym przypadku korzysta się z maszyn i urządzeń, które w początkowym etapie procesu optymalnie przygotowują wsad do kompostowania (procesy rozdziału, korekty wilgotności i składu), a po procesie humifikacji ponownie rozfrakcjonują masę kompostową na pożądany produkt tj. kompost (ewentualnie na kilka jego gatunków) i na balast. Ostatecznie kompost przygotowuje się do transportu, stosownie do wymagań odbiorcy (np. paczkowanie czy konfekcjonowanie), zaś balast zagospodarowuje się wtórnie lub odstawia na składowisko.



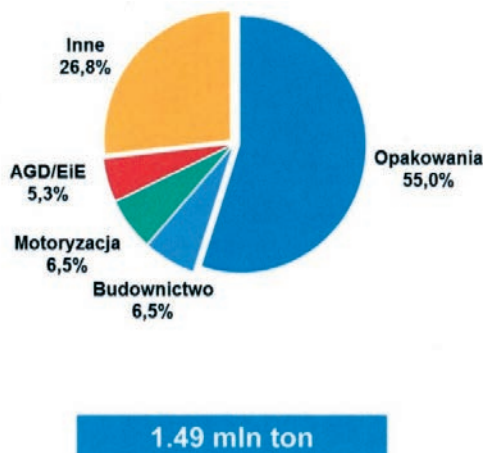
Rys. 6. Mechanizm rozkładu odpadów biodegradowalnych

W przetwarzaniu odpadów biorą udział procesy biologiczne, stąd dogłębne poznanie niektórych działów biologii jest równie niezbędne jak zasady inżynierii procesowej. Na szczególną uwagę zasługują tu procesy tlenowe i beztlenowe, zachodzące w glebie, środowisku wodnym i w samych odpadach. Przykładowo, proces kompostowania jest procesem tlenowego, biochemicznego rozkładu (humifikacji) i jest procesem egzotermicznym, a więc wydzielającym ciepło powstałe wskutek biochemicznego "spalania" węgla organicznego przez mikroorganizmy. Dochodzi zatem potrzeba korzystania z zasad termodynamiki. Potrzebna jest wreszcie dobra znajomość materiałoznawstwa i maszynoznawstwa, na tyle, aby ocenić urządzenia mechaniczne oferowane przez producentów, a także wiedza koncepcyjno-projektowa, ukierunkowana na konstruowanie nowych rozwiązań.

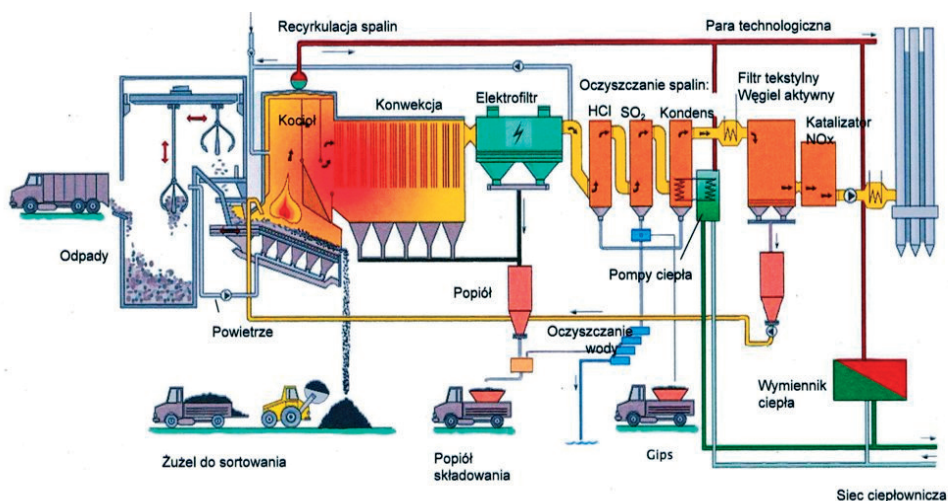
4. Systemy termicznego przekształcania odpadów

Procesami i systemami w pełni zamkniętymi, a więc i w pełni sterowanymi, są systemy termicznego unieszkodliwiania odpadów. W tym przypadku nieodzowna staje się ścisła współpraca z energetykami i elektrykami. Najlepiej wykształcony inżynier sanitarny nie posiada tak dużej wiedzy, by mógł samodzielnie zaprojektować zakład energetyczny jakim niewątpliwie jest spalarnia odpadów. Niestety, termiczne unieszkodliwianie odpadów komunalnych wywołuje w Polsce szereg kontrowersji. Dotychczas możemy pochwalić się jedną instalacją tego typu. W Polsce zaplanowano budowę 11. zakładów termicznego przetwarzania odpadów komunalnych. Po kilku latach dyskusji, budowę zakładów termicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych podjęto w Krakowie, Poznaniu, Białymstoku i Koninie. W spalarniach tych mogą być utylizowane różnorodne odpady,

ulegające termicznemu rozkładowi, przy jednoczesnej produkcji energii cieplnej, przykładowo odpady opakowaniowe (rys.7). W instalacjach tych można unieszkodliwiać również odpady niebezpieczne, przykładowo szpitalne i weterynaryjne, dla których metody termiczne uważane są za optymalne. Odpady te mogą być współspalane z odpadami komunalnymi.



Rys. 7. Szczegółowa struktura odpadów opakowaniowych w Polsce



Rys. 8. Schemat nowoczesnej spalarni odpadów komunalnych (Szwecja)

Podobne warunki wstępne należy stworzyć zakładom stosującym procesy pirolityczne (wytłewanie, zgazowanie). Poniżej zamieszczono schemat działania jednej z najnowocześniejszych spalarni szwedzkich (rys.8).

Poszczególne elementy pracy typowej nowoczesnej spalarni odpadów komunalnych ilustruje poniższy schemat z całym systemem usuwania składników lotnych poprzez wykorzystanie układów katalitycznych.

Współczesne spalarnie to instalacje z rozbudowanym systemem katalitycznego sposobu eliminacji związków siarki, azotu, chloru, rtęci, jak również powstających w termicznych

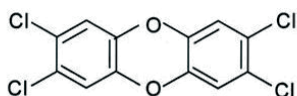
procesach wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), dioksyn (PCDD) i furanów (PCDF). Poniżej podano wzory chemiczne PCDD i PCDF oraz liczbę możliwych kongenerów (związków różniących się jedynie budową strukturalną). Zamieszczono wzory związków szczególnie toksycznych: 2,3,7,8 – tetrachloro - dibenzo - *p* - dioksyna i 2,3,7,8 – tetrachloro – dibenzofuran.

PCDD – polichlorowane - dibenzo - *p* - dioksyny, występujące w postaci 75 kongenerów $C_{12}H_nCl_{8-n}O_2$

PCDF – polichlorowane - dibenzo - furany, występujące w postaci 135 kongenerów $C_{12}H_nCl_{8-n}O$

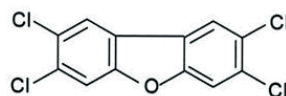
Budowa TCDD

2,3,7,8 – tetrachloro - dibenzo - *p* - dioksyna



Budowa TCDF

2,3,7,8 – tetrachloro – dibenzofuran



Obawy o emisje tych związków do atmosfery są często nieuzasadnione. Jak wiadomo, dioksyny i furany powstają w każdym procesie termicznym w zakresie temperatur 200-700°C, w obecności materii organicznej, tlenu i chloru w dowolnej postaci. Stopień degradacji tych związków w temperaturze 700°C wynosi 99,9%. Dla porównania, inne związki alifatyczne i aromatyczne rozkładalne w tym samym stopniu wymagają około: heksachlorobenzen - 920°C, dichlorometan - 820°C, benzen - 810°C. W związku z tym procesy termiczne unieszkodliwiania odpadów komunalnych, zawierające do 5% chloru prowadzi się w temperaturze 900°C, natomiast powyżej 5% chloru w temperaturze 1100°C. Współczesne spalarnie odpadów komunalnych zapewniają stałą temperaturę wynoszącą 1100°C, co wynika z dyrektyw unijnych i właściwych ustaw polskich. Proces rozkładu dioksyn i furanów w tych temperaturach można opisać za pomocą następujących równań reakcji chemicznych:



Gospodarka odpadami, a szczególnie procesy przetwarzania odpadów, powiązane są z inżynierią procesową (chemiczną). W dyscyplinie tej stosuje się nieomal wszystkie (w uogólnionym znaczeniu) równania modelowe, które mogą i powinny być następnie stosowane w praktyce. Odpady te, w rozumieniu inżynierii procesowej, stanowią jedynie specyficzny, czyli zwykły surowiec, przeznaczony do określonego przetwarzania. Całą inżynierię procesową można wówczas sprowadzić do równania transportu (przenoszenia), sformułowanego przez Kattanka i Robel'a [1965], a nazwanego potocznie przez tych autorów „równaniem światowym” co można określić słownie jako:

$$\begin{aligned} &\text{czasowa zmiana wielkości transportowej} = \\ &= \text{transport z ruchem strumienia} + \text{transport przez przewodnictwo} + \\ &\quad + \text{transport przez dyfuzję} + \text{źródło} \end{aligned}$$

Należy zauważyć, że w systemie stacjonarnym zmiana czasowa równa się zeru, natomiast dyfuzja, przenoszenie ciepła i lepkość są cechami transportowymi przenoszenia masy, ciepła i pędu, co można opisać poniższym zmodyfikowanym równaniem:

$$\nabla^T (K \nabla T) + Q = c_p \rho \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v^T \nabla T \right) \quad (3)$$

gdzie:

T - temperatura,

K - macierz funkcji rozkładu współczynnika przewodzenia ciepła,

Q - prędkość generowania ciepła, jakie powstaje w wyniku plastycznego odkształcania się materiału lub w wyniku przemian fazowych zachodzących w materiale,

ρ - gęstość materiału w temperaturze T ,

c_p - ciepło właściwe materiału w danej temperaturze,

v - wektor prędkości.

5. Podsumowanie

Reasumując, należy stwierdzić, że gospodarka odpadami wymaga znajomości szeregu zagadnień w sferze ich charakterystyki toksykologicznej, jak również w zakresie konstrukcji specjalistycznych maszyn i urządzeń do ich unieszkodliwiania. Przykładowo, nie sposób skonstruować jednej uniwersalnej rozdrabniarki, przystosowanej optymalnie do wszelkich materiałów, występujących w odpadach ani bioreaktora, w którym kompostowane są odpady. Dla różnego rodzaju odpadów, unieszkodliwianych z wykorzystaniem technik termicznych, należy zaprojektować odpowiednie kotły, systemy oczyszczania spalin, w tym elektrofiltry, układy katalityczne, wymienniki ciepła, pompy ciepła a też zbiorniki na popiół i żużel oraz gips.

W ostatnich latach wybudowano kilkadziesiąt składowisk odpadów komunalnych, zbudowanych według najnowszych zasad techniki i technologii, zwykle w oparciu o standardy niemieckie [„Wytyczne budowy składowisk odpadów tzw. TASI – 3 nowelizacja”, 1993]. W ślad za tymi inwestycjami powstało kilka nowych kompostowni odpadów, związanych przeważnie z wyprzedzającymi operacjami sortowania i odzysku odpadów surowcowych. Niestety, niektóre z nich nie cieszą się dobrą sławą z uwagi na nieudane rozwiązania detali operacyjnych i w niewłaściwie dobranym lub zastosowanym sprzęcie. Stały się one uciążliwe dla środowiska, głównie poprzez emisję substancji odorowych. Częściowym usprawiedliwieniem tego stanu jest sam materiał odpadowy, który charakteryzuje się wielofazowymi i wieloskładnikowymi parametrami i tym samym jest zdecydowanie trudniejszy do obróbki, w porównaniu do wody a nawet ścieków. Pojawiły się również nowe amerykańskie technologie w zakresie plazmowej utylizacji odpadów, w tym osadów ściekowych. Niedostateczna wiedza o ich możliwościach oraz nasza wrodzona ostrożność do nowych, słabo rozpoznanych technologii ogranicza ich wdrożenie w Polsce. Zapomina się często o podstawach procesowych i operacyjnych, stąd też istnieje konieczność mocnego i trwałego powiązania gospodarki odpadami z inżynierią procesową (d. chemiczną), co jest warunkiem *sine qua non* dalszego jej rozwoju.

Prawidłowo prowadzona gospodarka odpadami opiera się na szeregu procesów przetwórczych. Nie są one zbyt liczne, jednakże na tyle złożone, że wykorzystanie podstaw teoretycznych i naukowych jest wręcz niezbędne. W zbiorce odpadów mają zastosowanie badania operacyjne, programowanie liniowe i wyraźnie widoczne zoptymalizowane modele transportowe na zadanej powierzchni. Dalszy transport odpadów optymalizuje się przez zastosowanie (w praktyce) stacji przeładunkowych, co ponownie prowadzi do korzystania z modeli transportu i programowania dynamicznego wraz z korzystaniem z tzw. modelu obsługi (teoria kolejek).

6. Wnioski końcowe

Niezbędna jest weryfikacja krajowych rozwiązań, począwszy od zakresu i kierunku kształcenia, a skończywszy na sprawach wdrożeń technicznych, opartych na racjonalnych przesłankach naukowych. W gospodarce odpadami nie notuje się aż tak wielu nowości procesowych i operacyjnych. Tym niemniej obserwuje się, że urządzenia wykorzystywane w unieszkodliwianiu odpadów komunalnych są coraz bardziej sprawne i niezawodne. W tym zakresie należy wprowadzać na grunt krajowy doświadczenia tych krajów, które mają już bogate doświadczenie w zakresie budowy spalarni i kompostowni. Należy również modernizować aktualnie eksploatowane składowiska odpadów, natomiast obiekty zamknięte zrehabilitować zgodnie z zasadami ochrony środowiska naturalnego.

Na tle aktualnego stanu rozwoju gospodarki odpadami w Polsce, należy szczególnie uwagę zwrócić na:

- edukację społeczeństwa w zakresie gospodarki odpadami,
- dostosowanie programów studiów na kierunkach *ochrona środowiska i inżynieria środowiska* do aktualnych wymogów w tej dyscyplinie,
- doposażenie laboratoriów, w tym uczelnianych, w niezbędną aparaturę badawczą,
- zadbanie o wysoki poziom publikacji naukowych z tej dyscypliny.

Na tle aktualnego stanu nauki światowej należy:

- zadbać o kształcenie kadry naukowej w znaczących ośrodkach naukowych w kraju i za granicą,
- transplantować doświadczenia światowe w tym zakresie na teren Polski,
- tworzyć ogólnouczelniane centra naukowe zajmujące się gospodarką odpadami,
- nawiązać ścisłą współpracę uczelni z przemysłem.

Należy jednocześnie pamiętać, że w Polsce istnieje ogromne zapotrzebowanie na budowę zakładów infrastruktury technicznego przetwarzania odpadów, szczególnie w zakresie recyklingu i odzysku oraz wykorzystania surowców, zawartych w odpadach, a szczególnie w zakresie przetwarzania opakowań. W tym zakresie niezbędna jest ścisła współpraca ze specjalistami reprezentującymi inne dyscypliny techniczne i przyrodnicze.

Literatura

- 1 Urbaniak M., Hillebrand B. Technological remarks to methane fermentation of mixtures containing chromium-free tannery wastes and to dewatering of post-fermentation sludges, 14 s., pod red. Pawłowski L., Dudzińska M., Pawłowski A. Environmental Engineering Studies–Polish research on the Way to EU. Wydawca Kluwer, Academic Plenum Publishers, s. 450, New York, 2003.
- 2 Biedugnis S., Smolarkiewicz M., Podwójci P. Badania symulacyjne i baza danych w zakresie optymalizacji i zarządzania gospodarką odpadami komunalnymi w skali mikro i makroregionalnej. IPPT PAN. Wrocław, 2002.
- 3 Manczarski M. Poradnik powiatowe i gminne plany gospodarki, MŚ, DANCE, s.136. MIKOM, s.110. IPPT PAN, Warszawa, 2002.
- 4 Żygadło M., Stępnia S. Wysypiska odpadów komunalnych jako inżynierska budowla geotechniczna. tom 1, zeszyt 3, skrypt recenz. WSzOŚ, Radom 1999.
- 5 Manczarski P. Oceny oddziaływania na środowisko obiektów zagospodarowania lub unieszkodliwiania odpadów. Poradnik gospodarowania odpadami. Wyd. Verlag Dashofer Sp. z o.o., Warszawa 2003.
- 6 Sidelko R., Janowska B., Walendzik B., Siebielska I. Two composting running in different process conditions timing relationship, Bioresource Technology, vol. 101 s.6692-6698, 2010.

- 7 Janowska B., Szymański K. Transformation of selected trace elements during the composting process of sewage sludge and municipal solid waste, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 18, No7, s.1110-1117, 2009.
- 8 Tałała I. A., Dzienis L. Changes of groundwater quality in the vicinity of a municipal landfill site, *Proceedings of the 2nd National Congress of Environmental Engineering*, / ed. by Pawłowski L., Dudzińska M., Pawłowski A. Taylor & Francis Group, s.227-231, London 2007.
- 9 Sawicki J. M. Hydraulic consequences of landfill-liner damage. *Arch. Hydro-Eng. a. Env. Mech.* 3-4/1997.
- 10 Niemiec W., Jasiński T., Piech A. Examination of nitrate concentration in ground water in the Trzebownik commune. *Environment Protection Engineering*, 1/2002.
- 11 Suchowska-Kisielewicz M., Jędrzak A. The chemical composition of leachate from municipal solid and mechanical biological treatment wastes, w: *Management of pollutant emission from landfills and sludge*, ed. M. Pawłowska, L. Pawłowski. Taylor & Francis, s. 177-186, London 2008.
- 12 Topolnicki M. Municipal solid waste settlement (MSWS) model with account for integrated creep and degradation processes. *Arch. Hydro-Eng. a. Environm. Mech.* vol. 51, nr 3, s.267-286, 2004.
- 13 Michałkiewicz M. Składowiska odpadów jako źródła skażenia mikrobiologicznego. Budowa i eksploatacja bezpiecznych składowisk odpadów: modernizacja i finansowanie zakładów unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Dobór materiałów konf. Gamańska K. s.133-150, Gdynia 2009.
- 14 Boruszko D. Low cost methods of treatment of sewage sludge - experiences in the Podlaskie Province : [rozdz.]Sewage sludge and waste solids disposal systems in agricultural and industrial regions - selected problems *Polish Journal of Environmental Studies - Series of Monographs*; vol. 6, s. 17-22, 2009.
- 15 Tomaszek J. Treatment of nitrogen-rich streams originating from the dewatering of digested sludge. *TAYLOR & FRANCIS AS.* s.219-228, 2008.
- 16 Koszelnik P., Filipek J. Wstępne badania wpływu odcieków ze składowiska odpadów w Jarosławiu na jakość wód rzeki San. t. 4. Oficyna wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, seria: budownictwo i inżynieria środowiska. s.107-115, 2011.
- 17 Kattanek S., Robel H. Einige Differentialgleichungen zur Berechnung verfahrens-technischer Anlagen. *Chemische Technik*, 17. Jahrgang, Heft 9, s. 513-517, Wyd. Kammer der Technik, Berlin 1965.
- 18 Kempa E.S. Gospodarka odpadami miejskimi, Wyd. ARKADY, Warszawa 1983.
- 19 Szymański K., Migracja odcieków z wysypisk odpadów komunalnych w gruncie, Monografia Wydziału Inżynierii Lądowej i Sanitarnej, Wydawnictwo Uczelniane WSInż., Koszalin 1987.
- 20 Longwell D., Nair S., Seigneur Ch. Simulation of chemical transport in unsaturated soil. *Journal of Environmental Engineering*, vol. 116, III/IV 1990.

Modern technical solutions in the field of municipal waste disposal

Kazimierz Szymański

Department of Waste Management, Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geodetic Sciences. Koszalin University of Technology, e.mail: kazimierz.szymanski@tu.koszalin.pl

Abstract: In Poland, still the most popular method of waste disposal is the depositing of material on landfill sites. Depositing waste in landfills is the so called open model, for which a site manager has a posteriori very little impact. However, a priori, geological sciences have to be used, especially the construction of the ground and hydrogeological condition of the subsoil under the stored waste. In addition, statics and dynamics of soil, hydrology of surface water and groundwater, diffusion and the flow of gases in the soil play the important role; and after the landfill is closed and its utilization is closed, a good knowledge of penology, botany and dendrology, for proper reclamation of the area is of great significance. In recent years effective tryouts have been performed for composting of municipal waste together with sewage sludge. Composting of waste considered as a whole is a semi-open system, that is such in which the interference of the management is not complete. In a complex chain of unit operations for the processing of waste into compost, the general principles of process engineering need to be used, and thus the principle of mass transfer, heat and momentum, and especially of machinery and equipment which initially prepare feedstock for composting (separation processes, and the correction of humidity and composition), and after the humification process they re-release the compost mass, while the unwanted ballast is laid at the landfill. The processes and systems which are fully closed, and thus fully controllable are thermal waste incineration systems. Four Polish cities set out on the construction of such an installation, in addition to the only one existing in Warsaw so far. In the case of the design and construction of such facilities, a close cooperation with power engineers and electricians becomes indispensable. Similar prerequisites need to be imposed on institutions applying pyrolytic treatment (smouldering, pressure gasification).

Keywords: municipales wastes, community landfill, landfill leachate, composting plant, incinerator waste

Inteligentne budynki

Jerzy Mikulik

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Inżynierii Zarządzania, e-mail: jmikulik@zarz.agh.edu.pl

Streszczenie: Inteligentne budynki (IB) są wynikiem połączenia różnych dziedzin inżynierskich włączając w nie: projektowanie architektoniczne wewnętrznej i zewnętrznej konstrukcji, technologie komputerowe i telekomunikacyjne, techniki ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, systemy bezpieczeństwa ludzi, mienia i procesów oraz wiele systemów mechanicznych i elektrycznych. IB są systemami złożonymi i do opisu ich działania należy stosować podejście holistyczne wzbogacone dodatkowo o zagadnienia ergonomii, środowiska i produktywności pracy.

Słowa kluczowe: inteligentne budynki, budynkowe systemy sterowania, budynki zielone, odnawialne źródła energii, biomimetyczna architektura

1. Wprowadzenie

Przez budynek można rozumieć najprościej obiekt lub grupę obiektów zaprojektowanych jako miejsca pracy lub odpoczynku. Budynkiem może być: obiekt użyteczności publicznej, obiekt biurowy, obiekt mieszkalny lub rezydencja (dom jednorodzinny).

Inteligentny budynek (IB) natomiast to pojedynczy budynek lub grupa budynków dostarczających spójnych udogodnień zarówno dla osób zarządzających jak i dla jego mieszkańców. Budynki te mają zintegrowane systemy zarządzania, wewnętrzne i zewnętrzne systemy komunikacji, optymalne i efektywne systemy sterowania, systemy nadzoru wizyjnego, wewnętrzne i zewnętrzne systemy bezpieczeństwa oraz są efektywne energetycznie. Wszystkie systemy i urządzenia muszą być zaprojektowane ergonomicznie i mają one zwiększać produktywność i wydajność użytkowników tych budynków.

Podstawową cechą budynku IB jest integracja wszystkich podsystemów i systemów sterowania, systemów komputerowych i komunikacyjnych, która zapewnia holistyczne i ergonomiczne zaprojektowanie i użytkowanie budynku, a w nim miejsc pracy, życia i odpoczynku dla ludzi. Projekt budynku IB obejmuje zagadnienia makro związane z podziałami architektonicznymi i zasilaniem energetycznym przestrzeni wewnętrznych i zewnętrznych, a także zagadnienia mikro dotyczące np. umeblowania miejsc pracy, ich oświetlenia oraz lokalnych problemów sterowania bezpieczeństwem i komfortem.

Budynki IB mają konkretne cele do spełnienia, jak; zwiększenie komfortu, wydajności, kreatywności i bezpieczeństwa użytkowników, optymalne sterowanie zasobami energetycznymi i umożliwienie właścicielom budynku osiągnięcia korzyści finansowych. Budynki IB powinny być zrównoważone energetycznie, zdrowe dla ludzi i środowiska naturalnego, programowalne technologicznie, powinny zaspokajać potrzeby mieszkańców i właścicieli budynków. Powinny również wykazywać elastyczność i zdolność dostosowywania się do zmian technologicznych w zakresie wyposażenia, instalacji i systemów sterowania. Oznacza to, że wszystkie procesy, od planowania i projektowania, po budowę, uruchomienie, zarządzanie i eksploatację budynkiem są niezwykle ważne. Budynki składają się z wielu systemów opracowanych przez różnych ludzi. Relacje między budynkiem

a użytkownikami będą poprawne jeżeli budynek stworzy zintegrowany zespół ludzi posiadający wspólną wizję całości obiektu.

Dlatego też bezwzględnie wymagane jest myślenie systemowe w procesie planowania, projektowania, zarządzania i użytkowania inteligentnym budynkiem, podobnie jak zdolność tworzenia i wprowadzania innowacji przy jednoczesnym zachowaniu podejścia praktycznego. Ostatecznym celem powinna być prostota działania, a nie jego złożoność. Wymaga to od zespołów projektujących nie tylko zdolności technicznych, ale również umiejętności interpretacji, wyobraźni, a często nawet intuicji. Istniejące przepisy budowlane mogą hamować kreatywność twórców, lecz są konieczne, by określić minimalny poziom wymagań technicznych oraz zapewnić higienę i bezpieczeństwo. Jednak w codziennej pracy powinno się dążyć znacznie dalej niż tylko do spełnienia tych podstawowych wymagań. Budynki tworzą krajobraz architektoniczny i wraz z otoczeniem, jakie tworzą, powinny również podnosić na duchu i poprawiać nastrój ludzi przebywających na ich terenie oraz ludzi przechodzących w pobliżu. Budynki odzwierciedlają ducha danej epoki i gromadzą wartości dziedzictwa kulturowego dla przyszłych pokoleń.

Budynki IB zdefiniowano jako obiekty spełniające oczekiwania użytkowników, zapewniające dobre samopoczucie ludzi, niskie zużycie energii oraz niski poziom zanieczyszczeń i odpadów, mające elastyczność i łatwość dostosowania się do zmian technologicznych. Przede wszystkim budynki IB są przykładem architektury, która oddaje ducha naszych czasów, którą docenią i z której będą dumne przyszłe pokolenia.

Istnieje wiele definicji budynku IB. Każda definicja zależy od powiązań zawodowych twórcy tej definicji, dlatego też uniwersalną definicją budynku IB może być ta podana przez EIBG (European Intelligent Building Group); budynek IB to taki budynek, który maksymalizuje efektywność osób czy instytucji, które go wykorzystują i pozwala im na efektywne zarządzanie zasobami przy minimalnych kosztach podczas całego okresu eksploatacji. Definicja budynku IB opracowana przez autora artykułu jest następująca: BI to nie tylko fizyczny obiekt, ale całe środowisko, które jest przyjazne dla pracujących lub wypoczywających tam ludzi, jest też przyjazne dla otaczającego środowiska naturalnego i inteligentnie obserwuje swoje własne wnętrze i otoczenie. Działanie budynku IB odbywa się przy optymalizacji procesów technicznych i ekonomicznych oraz przy zapewnieniu najwyższego poziomu bezpieczeństwa.

Budynki IB są wspólnym produktem następujących dziedzin nauki i techniki, jak:

- architektura,
- projektowanie wnętrz,
- projektowanie mebli i sprzętu,
- klimatyzacja, wentylacja i ogrzewanie,
- techniki okablowania przewodowego i bezprzewodowego,
- komputery i sieci komputerowe,
- automatyka przemysłowa, budynkowa i domowa,
- ergonomia i socjologia,
- ekologia oraz zagadnienia jakości i bezpieczeństwa środowiska naturalnego.

Istnieje wiele budynków, które mogą spełnić wymagania budynków IB, do grupy tych budynków należą:

- budynki jednego najemcy, jak: budynki rządowe i korporacyjne,
- budynki wielu najemców i parki technologiczne,
- hotele,
- kampusy uniwersyteckie lub szpitalne,

- centra handlowe,
- fabryki
- domy (budynki jednorodzinne).

Można zauważyć dużą rozbieżność pomiędzy idealistycznym wyobrażeniem inteligentnego budynku, a jego rzeczywistym wykonaniem i działaniem. Głównym powodem tych rozbieżności może być brak tzw. integratora w procesie projektowania budynku, kiedy przedstawiciele tak zwanych branż (architekci, elektrycy, inżynierowie HVAC, projektanci systemów bezpieczeństwa) powinni wymieniać między sobą istotne informacje. Skutkuje to później w procesie budowy trudnymi do rozwiązania sytuacjami, kiedy przykładowo brakuje wymaganej przestrzeni na okablowania energetyczne czy komunikacyjne.

Aby budynki IB zachowały swoje funkcje techniczne i społeczne na długo dla przyszłych pokoleń powinny być zdrowe i nowoczesne pod względem technologicznym; spełniać wymogi prawne; zaspokajać potrzeby użytkowników, a także być elastyczne, by móc szybko dostosowywać się do zmian. Budynek zawiera różne systemy techniczne opracowane przez wielu ludzi, natomiast relacja między budynkiem, a ludźmi może być zadowalająca pod warunkiem, że nastąpi integracja partnerów po stronie podaży oraz popytu, jak również między użytkownikami, systemami zarządzania i budynkiem.

2. Rozwój technologii inteligentnego budownictwa

Paradoksalnie można powiedzieć, iż gwałtowny rozwój różnych technologii budowlanych w czasie drugiej wojny światowej był motorem napędowym powstania najpierw budynków nowoczesnych, a później inteligentnych budynków. Po zakończeniu tej wojny na świecie nastąpił gwałtowny wzrost zapotrzebowania na nowoczesne budynki. Pojawiły się wtedy nowe rozwiązania architektoniczne brył budynków, wykorzystano lekkie konstrukcje stalowe i szkło, budynki stawały się coraz wyższe, wycofano z projektów otwierane okna. Spowodowało to konieczność rozwiązania nowych nieistniejących dotychczas problemów związanych z utrzymaniem komfortu cieplnego wewnątrz budynku. Komfort cieplny musiały utrzymywać nowe systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji. Pojawiły się pierwsze centrale klimatyzacyjne montowane na dachach budynków, które wymagały nowych metod automatycznego sterowania.

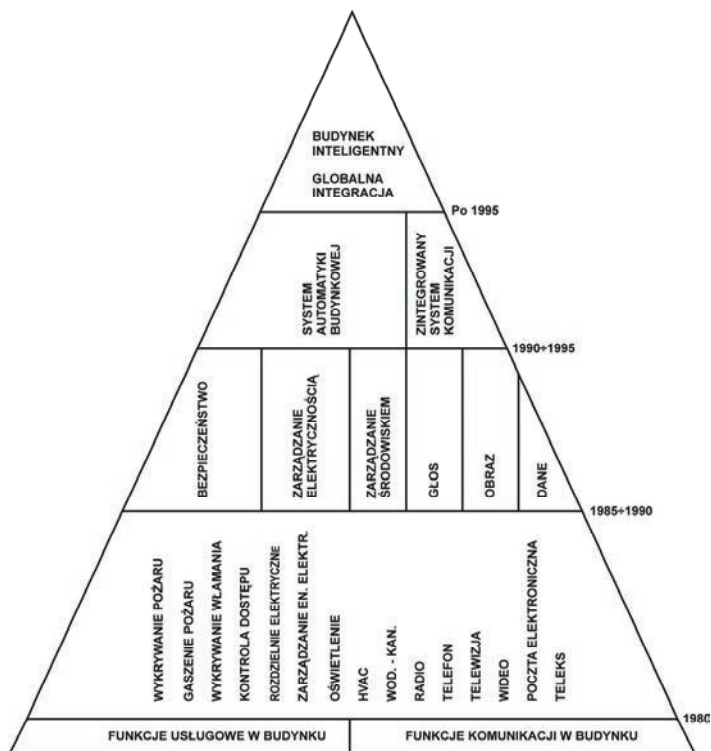
Określenie „Inteligentny budynek” IB pojawiło się w USA na początku lat 80-tych XX wieku. Było to określenie bardzo modne i miało raczej charakter komercyjny. Zgodnie z nową modą zaczęto wymagać od wykonawców konstruowanych budynków wyposażania obiektów w nowoczesne systemy infrastruktury technicznej. Również właściciele istniejących budynków musieli unowocześniać swoje obiekty, tak aby można je było uznać za inteligentne. Inteligentne budynki stawały się towarem bardzo atrakcyjnym i łatwiejszym do sprzedania, czy wynajęcia. Budynki IB były budowane według innych zasad niż te dotychczas, piętra budynków były wykonywane w postaci otwartych przestrzeni, co zdecydowanie ułatwiało późniejszą aranżację wnętrza. Powierzchnie pięter były otwarte na przyszłe zabudowy i przebudowy w zależności od potrzeb użytkownika.

Pojawiły się instalacje infrastruktury, które zostały ukryte w nowoczesnych rozwiązaniach architektonicznych, jak podwieszane sufity, czy podniesione podłogi. Otwarte, nie podzielone przestrzenie wymagały nowych rozwiązań systemów zasilania elektrycznego i telekomunikacyjnego.

Historię rozwoju technologii inteligentnych budynków od nowoczesnych, poprzez zautomatyzowane do inteligentnych można prześledzić według figury piramidy na Rys.1.

Początki istnienia budynków IB sięgają lat 80-tych XX wieku. Wtedy każdy system w budynku działał oddzielnie i miał swoje własne okablowania. Pierwsza najniższa warstwa piramidy z Rys.1 (lata 1980-1985) pokazuje systemy realizujące usługi techniczne i komunikacyjne dla budynku. Systemy te istnieją do dzisiaj w każdym budynku IB, ale oczywiście zbudowane są według innych technologii. W tamtych czasach duża ilość systemów wprowadzała ogromne ilości okablowania. Obsługa techniczna spędzała dużo czasu na chodzeniu po różnych pomieszczeniach technicznych, gdzie odczytywała i ustawiała różnego rodzaju parametry technologiczne. Systemy nie przekazywały sobie wzajemnie żadnych informacji.

W latach 1985-1990 pojawiły się komputery o dużych mocach obliczeniowych, które umożliwiły centralne sterowanie komfortem fizycznym wewnątrz budynku, urządzeniami elektrycznymi i bezpieczeństwem. Dokonano też po roku 1990 pewnej integracji podsystemów bezpieczeństwa, funkcji technicznych i funkcji komunikacyjnych, integrując oddzielnie obraz, głos i dane komputerowe. Zastosowanie transmisji szeregowej danych do głównego komputera i wprowadzenie czujników cyfrowych ograniczyło zdecydowanie ilość okablowania.



Rys. 1. Piramida rozwoju technicznego budynków IB

Zarządzanie przy pomocy szybkiego komputera okazało się bardzo skuteczne. Komputer wiedział wszystko o działaniu każdego systemu i samodzielnie podejmował decyzje. Taki system sterowania przyniósł początkowo poprawę warunków zarządzania i oszczędności energii w budynku. Jednak z chwilą uszkodzenia centralnego komputera cały budynek zamierał i stawał się zagrożeniem dla użytkowników. Wtedy zauważono potrzebę rozproszenia zarządzania budynkiem głównie ze względów bezpieczeństwa.

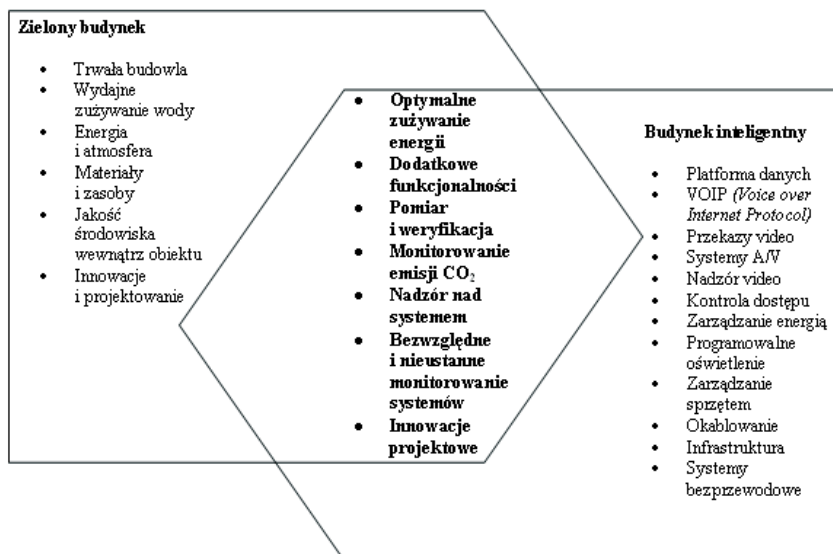
Od 1995r wprowadzono tak zwane rozproszone systemy sterowania, w których każdy element działał na zasadzie zwykłego komputera. Element miał swoje własne procedury działania i działał niezależnie w całym systemie. Uszkodzenie jednego elementu nie miało istotnego wpływu na działanie całego systemu i nie powodowało zapaści tego systemu. Pozostał nadal główny komputer, który sporządzał raporty o zarządzaniu budynkiem na podstawie sygnałów otrzymywanych ze sterowników rozproszonych, prowadził analizy i obliczał tendencje zużycia np. różnych mediów. Dokonano integracji podsystemów bezpieczeństwa i oddzielnie funkcji technicznych budynku.

Po roku 1995 zintegrowano wszystkie systemy działające w budynku IB. Integracji dokonano głównie przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego.

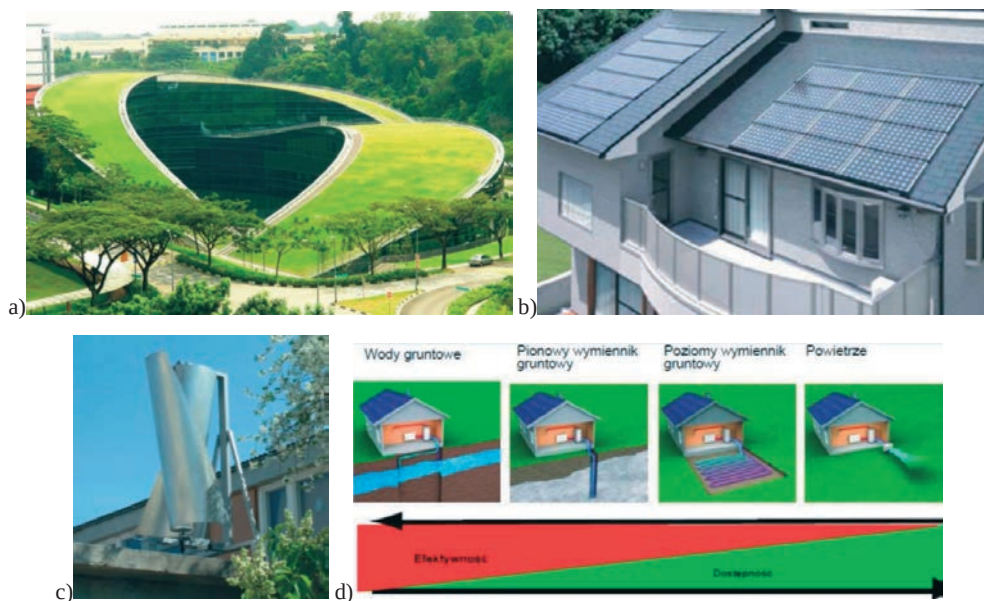
Integracja wszystkich pracujących systemów automatycznego sterowania i monitorowania stała się cechą charakterystyczną budynków IB. W ramach integracji współpracują ze sobą systemy bezpieczeństwa oraz systemy techniczne, które wymieniają między sobą potrzebne do prawidłowego funkcjonowania informacje. Integracja systemów sterowania umożliwia posługiwanie się zintegrowaną informacją, która ma fundamentalne znaczenie szczególnie w sytuacjach kryzysowych. Integracja systemów w IB oparta jest głównie o działanie cyfrowego programu integrującego, który umożliwia wymianę informacji pomiędzy podsystemami i systemami. Program integrujący powinien dawać obszerny, nowoczesny i bezpieczny dostęp do stosowanych aplikacji. W Polsce systemy ratujące życie i zdrowie ludzkie, jak na przykład system sygnalizacji pożarowej, mają swoje własne regulacje prawne, które zabraniają jakiegokolwiek ingerencji w ten system. Dlatego też program integrujący nie może wpływać na działanie systemu pożarowego, może jedynie czerpać z niego informacje. Pożar w budynku lub napad terrorystyczny są najlepszymi przykładami sytuacji, w której integracja systemów sterowania nie może zawieść.

Dzisiaj nie wystarczy już, aby budynek był inteligentny, czyli zapewniał bezpieczne środowisko życia lub pracy i maksymalizował efektywność użytkującej go organizacji. Obserwuje się obecnie tendencję do coraz szerszego wdrażania idei zielonego budynku, przyjaznego dla środowiska budynku czyli obiektu projektowanego i konstruowanego w oparciu o dodatkowe założenia zrównoważonego rozwoju budownictwa. Rozwój zrównoważony to postępowanie człowieka w duchu poszanowania środowiska naturalnego, odpowiedzialności za losy przyszłych pokoleń i co również ważne wykorzystania tzw. odnawialnych źródeł energii, jak: energia słoneczna, ciepło wnętrza Ziemi i wiatr.

Inteligentnie zrównoważony budynek to nowa technologia projektowania, budowania i eksploatacji, funkcjonalność i niskie koszty operacyjne. Dla budynku zielonego, kluczowymi zagadnieniami są: jakość środowiska wewnętrznego, zielone żywe dachy, oszczędność używanej wody, cykl życia obiektu i zarządzanie instalacjami odnawialnych źródeł energii. Budynek inteligentny ma zapewnić nowoczesną infrastrukturę komunikacyjną przewodową i bezprzewodową oraz sterowanie strumieniami ludzi, informacji i energii. Wspólny obszar zależności dla obu typów budynków to optymalizacja zarządzania obiektem w kierunku podwyższania jego efektywności energetycznej, monitorowanie i wizualizowanie procesów. Przyszłościowy kierunek rozwoju budownictwa zakłada podejście holistyczne i współpracę obu ideologii, co schematycznie zaprezentowano na Rys.2.



Rys. 2. Holistyczne współdziałanie inteligentnego i zrównoważonego budynku



Rys. 3. Źródła energii odnawialnych wspomagające efektywność energetyczną zielonego budynku:

a - zielony dach, b - energia słoneczna, c - wiatr, d - ciepło wnętrza Ziemi, źródła: [1,2,4,6]

Rezultatem tego działania będzie podnoszenie efektywności, związanej nie tylko z kosztami operacyjnymi, ale przede wszystkim, z wyższym poziomem jakości życia człowieka

Budynek inteligentny z zielonym (zrównoważonym) łączy następująca zależność; budynek inteligentny powoduje, iż ten zielony staje się bardziej przyjazny dla środowiska, a budynek zielony wymusza większą inteligencję w inteligentnym obiekcie. Budynek inteligentnie zrównoważony będzie wyposażony: w systemy sterowania instalacjami źródeł

odnawialnych i nieodnawialnych, w algorytmy optymalnego sterowania bezpieczeństwem, komfortem fizycznym i infrastrukturą. Oba budynki łączą również technika pasywnej i aktywnej energooszczędności.

3. Efektywność energetyczna inteligentnych budynków

Inteligentne budynki IB z założenia dla swojego działania są wyposażane w zintegrowane systemy automatycznego sterowania, które mają optymalnie zarządzać systemami komfortu fizycznego obiektu i jego bezpieczeństwem, co naturalnie przekłada się na wysoką efektywność energetyczną budynku IB. Aby można było optymalnie zarządzać tymi podstawowymi systemami w budynku IB muszą zostać zamontowane instalacje technologiczne przygotowane na takie sterowania.

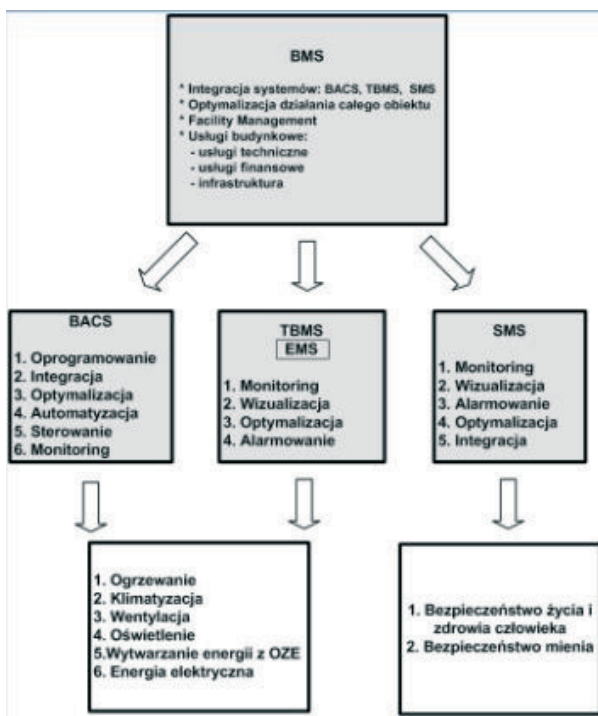
W celu uporządkowania i znormalizowania stanu wiedzy technicznej dotyczącej wymagań od systemów automatyzacji budynków oraz instalacji technologicznych wprowadzona została w 2012r w Polsce norma PN-EN 15232, która organizuje zasady projektowania i eksploatacji tych systemów, tak aby miały one znaczący wpływ na efektywność energetyczną budynków.

W normie tej wprowadzono definicje Systemu Automatyzacji i Sterowania Budynku BACS (Building Automation and Control System) oraz Systemu Technicznego Zarządzania Budynkiem TBMS (Technical Building Management System). Zastosowanie tych systemów daje możliwość obniżenia zużycia wszelkich energii w budynku. Systemy BACS i TBMS są powiązane bezpośrednio ze strategicznym nadsystemem zarządzania budynkiem BMS (Building Management System). Zmienia się dotychczasowy układ systemów automatyzacji i zarządzania w budynku IB na nowy, co zostało pokazane na Rys.4.

Jak widać na Rys.4 nadsystem BMS integruje działania systemów BACS, TBMS oraz SMS i optymalizuje na poziomie strategicznym pracę całego budynku. W nadsystemie BMS umieszczone są również tzw. usługi budynkowe jak: usługi techniczne (obejmują działania podejmowane przez systemy techniczne w celu zaspokojenia potrzeb technicznych użytkowników budynku), usługi finansowe (obejmują obsługę bieżącej działalności podmiotów gospodarczych i osób fizycznych oraz obsługę obrotu płatniczego) i usługi w obszarze infrastruktury technicznej (sieci przesyłowe i związane z nimi obiekty).

System BACS związany jest bezpośrednio z automatyzacją budynku i obejmuje głównie sterowniki i oprogramowanie dla sterowników działających w obszarze zarządzania komfortem fizycznym budynku, czyli jakością powietrza i oświetleniem.

Nowym systemem jest TBMS, który monitoruje i wizualizuje pracę urządzeń klimatyzacji, ogrzewania, wentylacji, oświetlenia i urządzeń generujących energię z odnawialnych źródeł energii. W systemie TBMS jest też wydzielony podsystem EMS (Energy Management System) dedykowany optymalnemu zarządzaniu energią cieplną i elektryczną. Podsystem EMS ma zbierać i rejestrować dane, alarmować przekroczenia ustalonych poziomów oraz analizować i optymalizować zużycie energii w budynku. Systemy BACS, TBMS i EMS zarządzają najbardziej energochłonnymi urządzeniami w budynku (HVAC i oświetlenie). Bezpieczeństwo ludzi i mienia wydzielone zostało do systemu SMS (Security Management System). Urządzenia systemu SMS zużywają małe ilości energii elektrycznej w porównaniu z urządzeniami systemu TBMS.



Rys. 4. Struktura systemów automatyzacji i zarządzania w inteligentnym budynku

W normie PN-EN 15232 określono cztery klasy wpływu systemów BACS i TBMS na efektywność energetyczną budynków. Wyróżnia się klasy: A, B, C, i D.

Klasa A – najlepsza i charakterystyczna dla budynku IB ma największy wpływ systemów BACS i TBMS na efektywność energetyczną budynku. W klasie A dostarczenie dowolnych form energii do każdego pomieszczenia podlega dokładnemu sterowaniu zależnemu od rzeczywistego zapotrzebowania na energię.

Klasa B – ma zaawansowany system BACS, ale system TBMS realizuje tylko niektóre swoje funkcje.

Klasa C – jest jakby referencyjnym poziomem odniesienia, czyli funkcje BACS i TBMS działają standardowo.

Klasa D – najgorsze rozwiązanie techniczne dla budynku, gdzie systemy: BACS i TBMS nie mają wpływu na efektywność energetyczną budynku.

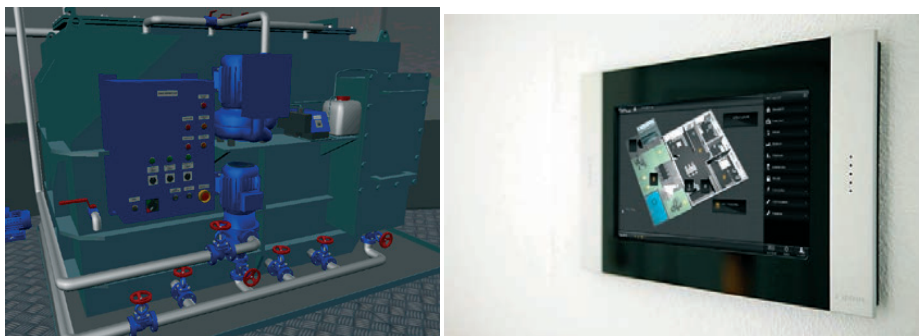
Podsumowując wymagania od systemów BACS i TBMS w budynku IB można stwierdzić, iż wszystkie instalacje technologiczne w budynku powinny umożliwiać indywidualne sterowanie dostawą dowolnej formy energii do każdego indywidualnego pomieszczenia. Do sterowania energią w każdym pomieszczeniu trzeba zastosować dedykowane sterowniki lub zintegrowane sterowniki pomieszczeniowe dla zapewnienia komfortu fizycznego w pomieszczeniu. Sterowniki muszą identyfikować zapotrzebowanie pomieszczenia na energię i muszą komunikować się między sobą i z nadsystemem BMS.

Skuteczne oddziaływanie systemów BACS i TBMS na efektywność energetyczną budynku wymaga kompletnej zmiany inżynierskiego podejścia do procesu projektowania budynku. Obecna rola projektanta systemów automatyzacji nie może już ograniczyć się do zaprojektowania automatyzacji do już zaprojektowanych indywidualnych instalacji technologicznych. Proces projektowania budynku powinien rozpocząć się od ustalenia

wymaganej dla budynku klasy wpływu systemów BACS i TBMS na jego efektywność energetyczną. I dopiero dla już przyjętej klasy efektywności energetycznej budynku można rozpocząć cały proces projektowania.

4. Wizualizacja informacji w inteligentnych budynkach

Współczesny budynek i budynek IB potrzebuje interfejsu użytkownika, który pozwoli na użytkowanie, zarządzanie i monitorowanie funkcji budynku w sposób przejrzysty i czytelny, a w wielu przypadkach interaktywny. W tym przypadku z pomocą przychodzą systemy multimedialne, które umożliwiają wizualizowanie procesów i ułatwiają ich zrozumienie oraz podejmowanie decyzji, bez potrzeby znajomości szczegółów technicznych i samej technologii inteligentnych procesów budynkowych i współpracujących ze sobą systemów. Ta intuicyjna forma, również atrakcyjna dla potencjalnego użytkownika, jest bardzo odpowiedzialnym elementem, gdyż to od niej zależy stopień i zdolność do zarządzania systemami i ich obsługa.



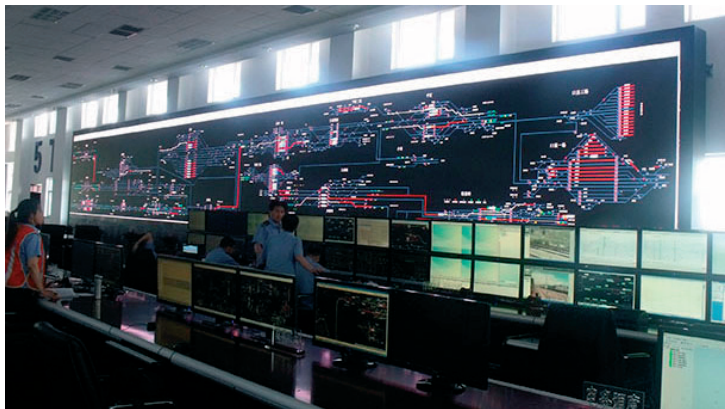
Rys. 5. Wizualizacja w systemie 3D szafy układów automatyki wraz z zaworami [10], oraz interfejs użytkownika systemu KNX [11]

Nowoczesne technologie multimedialne oferują wiele możliwości obejmujących sposoby i metody wizualizacji i sterowania procesami zachodzącymi w systemach zintegrowanych, dlatego wszelkie tworzone rozwiązania, oprócz zagwarantowania wymaganych parametrów technicznych i ich zwizualizowania, muszą prezentować monitorowane parametry w sposób jasny i czytelny, czy to w postaci aplikacji, czy w postaci odrębnego interfejsu użytkownika. Zarządzanie informacją w sposób multimedialny staje się dzisiaj istotnym elementem każdego systemu, a tym samym budynku, niezależnie od jego rozmiaru i aplikacji. Nawet w najprostszej formie wdrożenia należy daną treść dostarczyć, przetworzyć i zaprezentować w taki sposób, aby nie ograniczać zarządzania, a co ważniejsze samych przekazywanych treści. Dlatego jakość systemów budynku IB w zakresie inteligentnych systemów zarządzania determinowana jest przez sposób wizualizacji i interfejs użytkownika jaki dla tych systemów został stworzony.

Dlatego też coraz więcej poświęca się uwagi na opracowywanie urządzeń i interfejsów pozwalających na zarządzanie systemami osobom i użytkownikom nie posiadającym dogłębnej wiedzy na temat podzespołów i podsystemów, pozostawiając tą rolę projektantom systemów multimedialnych. Użytkownicy, przyzwyczajeni do korzystania z nowoczesnych narzędzi takich jak tablety czy smartfony oczekują takiej właśnie formy zarządzania zasobami, zarówno w aspekcie zawodowym, jak i w zakresie prywatnych aktywności – istotny jest dostęp, graficzne zobrazowanie wartości i procesów, dynamiczne odzwierciedlenie zmiennych wartości i parametrów zgodne z oczekiwaniami, przekazanie

alarmów i stanów awaryjnych. Dlatego niemal każdy system umożliwia dzisiaj obsługę z wykorzystaniem właśnie urządzeń przenośnych, które są interfejsem użytkownika pomiędzy człowiekiem a systemem i wspomagają istotnie zarządzanie dowolną informacją w niemal każdym dostępnym dla nas systemie czy rozwiązaniu.

Coraz większą popularnością, szczególnie w przypadku budynków i rozległych instalacji automatyki kontrolujących dużą liczbę podsystemów i zmiennych zachodzi potrzeba tworzenia interfejsów użytkownika bardzo rozbudowanych, równocześnie analizujących i monitorujących wiele zmiennych w czasie rzeczywistym i w dużej skali. Do wizualizacji takich procesów i systemów wykorzystuje się systemy multimedialne wielkoformatowe w postaci tablic synoptycznych, ale wzbogaconych o dodatkowe wejścia na przykład z kamer monitoringu. Dlatego na takich ścianach poza wyświetlaniem fizycznie zmiennych i ich obrazowaniem w sposób wizualny, możliwa jest też obserwacja danych w czasie rzeczywistym, a każda zmiana jest dokonywana przez operatora na monitorze komputera i wizualizowana na wielkoformatowym wyświetlaczu, co pokazano na Rys.6.



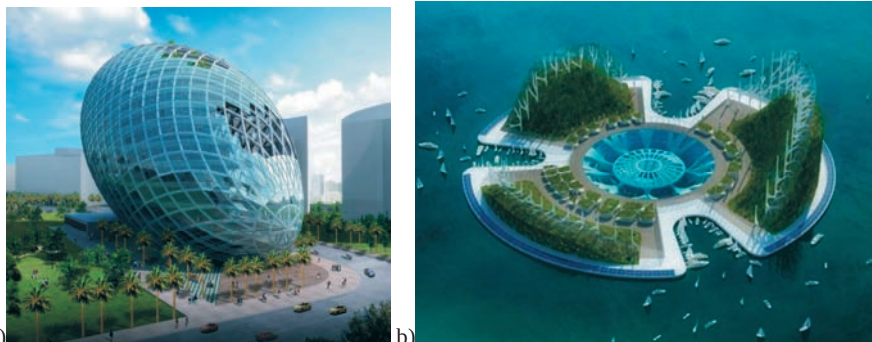
Rys. 6. Zarządzanie węzłami automatyki ciepła i chłodu, źródło: [12]

Najczęściej stosuje się systemy typu videowall lub tylko projekcyjne o wysokich rozdzielczościach, które niezbędne są wszędzie tam, gdzie wizualizowana jest duża liczba zmiennych i detali, bazuje się na realnej architekturze i precyzyjnych lokalizacjach poszczególnych elementów automatyki i podzespołów. Duże formaty umożliwiają też błyskawiczną analizę danych i procesów wielowątkowo, gdyż często alarm w jednej części systemu jest wynikiem zakłóceń pracy w innych jego częściach i obszarach, co można zauważyć analizując cały system jednocześnie, a nie przechodząc przez kolejne poziomy. Jest to obecnie nowoczesna metoda wizualizowania procesów diagnostycznych i decyzyjnych.

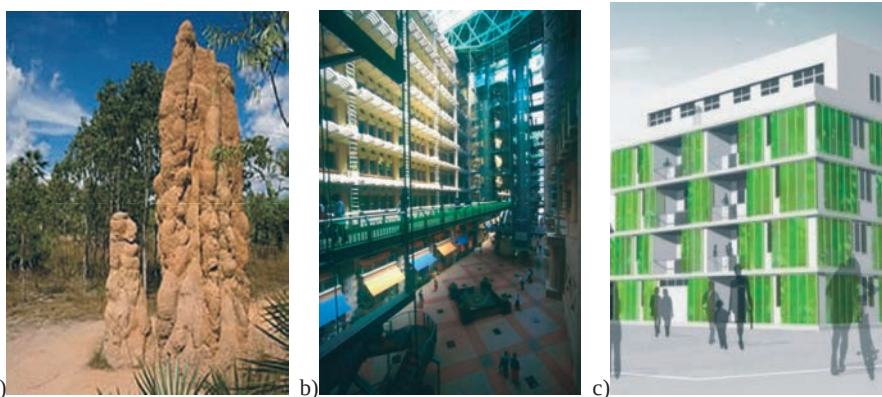
5. Podsumowanie

W XXI wieku budynki będą różniły się zdecydowanie od tych z poprzedniego stulecia nie tylko wykorzystaniem tradycyjnych materiałów budowlanych jak: beton, stal, szkło, ale pojawią się nowe niematerialne tworzywa technologiczne, wykorzystane zostaną na szeroką skalę interaktywne multimedia wielkopowierzchniowe. Będzie to tzw. architektura cybernetyczna, czyli cybertekstura, której twórcą jest architekt James Law z Cybertecture International. Według cybertekstury nastąpi integracja świata rzeczywistego ze światem cyfrowym. Budynek stanie się elementem pośrednim między komputerem, sterowanym urządzeniem i obiektem budowlanym. Przykładem cybertekstury jest budynek zaprojekto-

wany w kształcie jajka w Indiach, Rys.7a. Cała konstrukcja stanowi samowystarczalny ekosystem podobny do tego jaki tworzy nasza Ziemia.



Rys. 7. Obiekty cybertekturowe jako samowystarczalne ekosystemy; a – budynek w mieście, b – przyszłościowe miasto na morzu, źródło [1]



Rys. 8. Architektura biomimetyczna; a – naturalny kopiec termitów, b – budynek w Zimbabwie z techniką wentylacji naśladującą wentylację w kopcu termitów, c – budynek samowystarczalny z żywymi koloniami glonów w Hamburgu, źródło [1]

Budynek „cybernetyczne jajko” ustawiony jest optymalnie względem stron świata i sterowany według zasady zapewnienia świeżości tylko w zajmowanych przez ludzi pomieszczeniach. Te działania pasywne i aktywne zapewniają mu wysoką efektywność energetyczną.

Obok fascynacji światem wirtualnym pojawia się również fascynacja badaniem zasad funkcjonowania organizmów żywych i wdrażaniem tych spostrzeżeń do nowoczesnych technologii. Powstała nowa filozofia architektury tzw. biomimetyczna architektura, która poszukuje rozwiązań dla zrównoważonego rozwoju budynków w przyrodzie, a także w tradycjach ludowych.

Na Rys.8b pokazano budynek zbudowany według koncepcji biomimetyki, w którym zastosowano wentylację inspirowaną naturalną cyrkulacją powietrza w kopcach termitów. Udało się dzięki temu projektowi uzyskać wystarczającą naturalną cyrkulację powietrza. Kolejnym ważnym przykładem jest budynek w Hamburgu (Rys.8c), w którym wykorzystano panele z żywymi glonami. Panele te umieszczono na fasadzie budynku. Glony są ciągle odradzającą się biomasą do produkcji energii elektrycznej i także dostarczają ciepła dla budynku.

Współczesne wykorzystanie nauk pochodzących ze środowiska naturalnego oraz innowacyjnych technologii cyfrowych pozwoli niebawem na projektowanie i budowanie coraz bardziej ekologicznych budynków. Zastosowanie istniejących rozwiązań ze środowiska naturalnego łącznie z technologiami sterowania automatycznego pozwoli na osiągnięcie zrównoważonej i inteligentnej architektury dla ludzi. Architektura jest nauką i sztuką budowania polegającą na łączeniu materiałów oraz systemów, tak aby współgrały z naturą i cieszyły ludzi swoim pięknym widokiem.

Literatura

- 1 Derek Clement-Croome: Innovative intelligent buildings, The 1st World Multi-Conference on Intelligent Building Technologies and Multimedia Management, Cracow 2013, Poland
- 2 Maliwiński A.: „Droga do racjonalizacji wykorzystania energii poprzez modernizację budynków, procesy termomodernizacyjne i zastosowanie odnawialnych źródeł energii, Część 2: http://www.preda.pl/pliki/Dokumenty/malwinski_metodologiczne/20100105/c2.pdf
- 3 Mikulik J.: Wybrane zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu w budynkach, AGH Uczelniane Wydawnictwa naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2008, ISBN 978-83-7464-171-5
- 4 Mikulik J.: Inteligentne budynki – teoria i praktyka, Oficyna Wydawnicza Text, Kraków, 2010, ISBN 978-83-60560-54-9
- 5 Mikulik J.: Inteligentne budynki – nowe możliwości działania, Wydawnictwo LIBRON, Kraków 2014, ISBN 978-83-64275-20-3
- 6 Oczós A., Danfoss, „Pompy ciepła w rolnictwie.”, Materiały konferencyjne „Liga Mistrzów energii odnawialnej, Katowice 2009
- 7 Oszczak W.: Ogrzewanie domów z zastosowaniem pomp ciepła.”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009
- 8 Materiały firmy DIVUS
- 9 Materiały firmowe plusnet.pl
- 10 Materiały firmowe UNILUMIN.com

Intelligent buildings

Jerzy Mikulik

*AGH University of Science & Technology in Cracow, Faculty of Management,
e-mail: jmikulik@zarz.agh.edu.pl*

Abstract: Intelligent buildings are the result of a combination of various engineering disciplines, including: architectural design of internal and external construction, computer and telecommunication technologies, heating, ventilation and air condition systems, security and safety systems as well as many mechanical and electrical systems.

Intelligent buildings are complex systems and in order to describe their activities should be a holistic approach should be used, enriched by further issues of ergonomics, the environment and labor productivity.

Keywords: intelligent buildings, building control systems, green buildings, renewable energy sources, biomimetic architecture

Specyfika projektowania akustycznego budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej

Elżbieta Nowicka

Zakład Akustyki, Instytut Techniki Budowlanej, e-mail: e.nowicka@itb.pl

Streszczenie: Ochrona przed hałasem wchodzi w skład 7 podstawowych wymagań użytkowych jakim powinny odpowiadać budynki. Dbłość o jakość akustyczną budynków, wyrażająca się przestrzeganiem przepisów budowlanych w tym zakresie powinna być wyszczególnionym literalnie obowiązkiem wszystkich uczestników procesu budowlanego i organów nadzoru budowlanego. Wymagania ludzi w stosunku komfortu akustycznego w miejscu zamieszkania są bardzo zróżnicowane. Zależą one od bardzo wielu czynników, wśród których można wymienić zarówno względy kulturowe jak też poziom zaspokojenia w danym państwie potrzeb mieszkalnych oraz możliwości ekonomiczne państwa i społeczeństwa. Jakość akustyczna budynku zależna jest od prawidłowych pod względem akustycznym rozwiązań projektowych architektonicznych i materiałowo-konstrukcyjnych, dobrej jakości zastosowanych wyrobów budowlanych do wzniesienia budynku oraz prawidłowego wykonawstwa. W artykule przedstawiono aspekty związane z projektowaniem akustycznym budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.

Słowa kluczowe: projektowanie akustyczne, izolacyjność akustyczna, ocena akustyczna budynków

1. Wprowadzenie

Ochrona przed hałasem wchodzi w skład 7 podstawowych wymagań użytkowych jakim powinny odpowiadać budynki. Wymagania w tym zakresie ujęte są we wszystkich podstawowych aktach prawnych i przepisach dotyczących budownictwa. Należą do nich przede wszystkim:

- 1) Ustawa Prawo Budowlane [1] – w ustawie obowiązek ochrony przed hałasem ujęty jest zarówno jako obowiązek ochrony interesów osób trzecich w procesie projektowania, wykonywania i eksploatacji obiektu budowlanego, a także jako jedno z podstawowych wymagań użytkowych jakim powinny odpowiadać budynki, które musi być uwzględniane przez wszystkich uczestników procesu budowlanego.
- 2) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2] – zagadnieniu ochrony przed hałasem poświęcony jest Dział IX, w którym określono w sposób opisowy zakres i sposób ochrony przed hałasem budynku i jego otoczenia ze wskazaniem na wymagania ujęte w normach technicznych (wymaganie rozciągnięte jest również na ochronę przed drganiami wywołanymi źródłami emitującymi równocześnie dźwięki powietrzne jak i materiałowe).

W Rozporządzeniu tym uwzględniono następujące normy z zakresu ochrony przed hałasem i drganiami w budownictwie przewidziane do obowiązkowego stosowania:

- PN-87/B-02151/02 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniu,

- PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania,
- PN-B-02156:1987 Akustyka budowlana - Metody pomiaru dźwięku A w budynkach
- PN-B-02170:1985 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłogę na budynki
- PN-B-02171:1988 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach
- PN-EN ISO 140-4:2000 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami
- PN-EN ISO 140-5:1999 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary terenowe izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych ściany zewnętrznej i jej elementów
- PN-EN ISO 140-6:1999 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary laboratoryjne izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów
- PN-EN ISO 140-7:2000 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów
- PN-EN ISO 140-8:1999 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary laboratoryjne tłumienia dźwięków uderzeniowych przez podłogi na masowym stropie wzorcowym
- PN-EN ISO 140-12:2001 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Część 12: Pomiar laboratoryjny izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych podniesionej podłogi pomiędzy dwoma sąsiednimi pomieszczeniami
- PN-EN 20140-3:1999 Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary laboratoryjne izolacyjności od dźwięków powietrznych elementów budowlanych
- PN-EN 20140-9:1998 Akustyka - Pomiary izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiar laboratoryjny izolacyjności od dźwięków powietrznych, dla sufitów podwieszonych z przestrzenią nad sufitem, mierzonej pomiędzy dwoma sąsiednimi pomieszczeniami
- PN-EN 20140-10:1994 Akustyka- Pomiary izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiary laboratoryjne izolacyjności od dźwięków powietrznych małych elementów budowlanych
- PN-EN ISO 354:2005 Akustyka - Pomiar pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej

Sformułowanie w przepisach polskich celu i zakresu ochrony przed hałasem jest bardzo bliskie zapisom zawartym w Rozporządzeniu UE nr 305/2011 (CPR) oraz w Dokumencie Interpretacyjnym „Wymaganie podstawowe nr 5: Ochrona przed hałasem”

Zakres ochrony przed hałasem i drganiami dotyczy ochrony przed:

- rozprzestrzenianiem się w budynku hałasów wewnętrznych tzw. bytowych powietrznych i uderzeniowych wynikających z użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem,
- przenikania do budynków hałasów powietrznych zewnętrznych (np. hałasów komunikacyjnych),

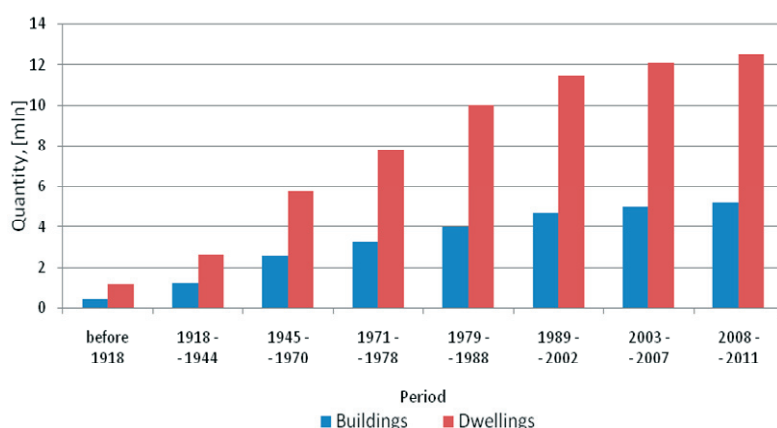
- powstawaniem i rozprzestrzenianiem się w budynku hałasów instalacyjnych pochodzących od technicznego wyposażenia budynku,
- drganiami pochodzącymi od źródeł zewnętrznych (np. tras komunikacyjnych) przenikającymi do budynku przez podłoże jak i wewnętrznych (np. od wyposażenia technicznego budynku lub od urządzeń zamontowanych w pomieszczeniach usługowych zlokalizowanych w budynku), stwarzającymi dyskomfort dla użytkowników budynku.

Dbłość o jakość akustyczną budynków, wyrażająca się przestrzeganiem przepisów budowlanych w tym zakresie powinna być wyszczególnionym literalnie obowiązkiem wszystkich uczestników procesu budowlanego i organów nadzoru budowlanego. Ogólne stwierdzenia w dotychczasowej ustawie Prawo Budowlane o obowiązku respektowania przepisów, w tym techniczno - budowlanych niestety nie sprawdziły się w praktyce w odniesieniu do respektowania przepisów dotyczących ochrony przed hałasem i drganiami.

2. Subiektywna ocena warunków akustycznych w budynkach w Polsce

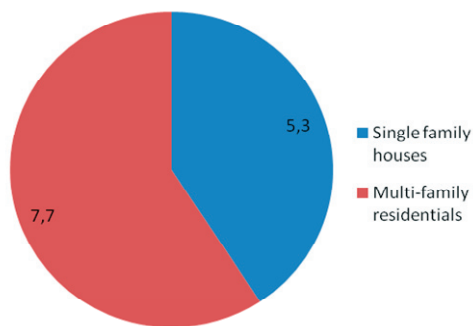
Negatywny wpływ hałasu występującego w miejscu zamieszkania na zdrowie i samopoczucie człowieka został udowodniony wieloma badaniami. Na podstawie wyników badań ankietowych i sanitarnych, przeprowadzonych przez WHO w latach 2002 – 2003 szacuje się, że zagrożenie hałasem w miejscu zamieszkania, powodujące niekorzystny wpływ na zdrowie i jakość życia dotyczy ponad 50 milionów ludzi w Europie.

Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego, w 2011 roku w Polsce było ok. 38 milionów mieszkańców, gdzie około 60% z nich zamieszkuje w miastach [3]. Jednocześnie zasoby mieszkaniowe wynosiło ok. 5.5 miliona budynków mieszkalnych, z czego około 5 milionów to jednorodzinne budynki mieszkalne w zabudowie wolnostojącej, bliźniaczej lub szeregowej, a ok. 0.5 miliona to budynki wielorodzinne (budynki z 3 mieszkaniami lub więcej). Całkowita liczba mieszkań wynosiła ok. 13 milionów, gdzie ok. 7.7 milionów z nich znajdowały się w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Na rysunku 1 przedstawiono liczbę budynków oraz mieszkań w ostatnich latach [4].

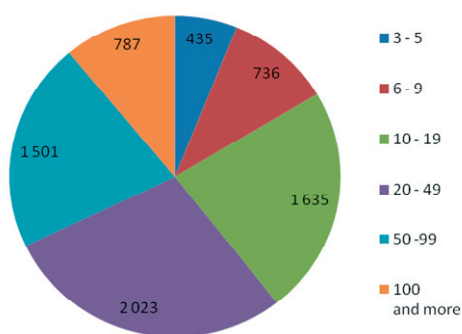


Rys. 1. Liczba budynków mieszkalnych oraz mieszkań (do 2011 roku)

Mimo, że liczba domów jednorodzinnych jest znacznie większa niż liczba budynków wielorodzinnych, około 60% z ogólnej liczby mieszkań znajduje się w budynkach wielorodzinnych, co pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Liczba mieszkań (w milionach) w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych (w 2011)



Rys. 3. Liczba mieszkań w miastach wg. liczby mieszkań w budynkach (w 2011)

Liczba osób żyjących w mieszkaniach w domkach jednorodzinnych oraz w budynkach wielorodzinnych jest dość podobna do całej Polski i wynosi około 19,5 i 18,5 mln mieszkańców, odpowiednio. W ten sposób można stwierdzić, że ok. 16,7 mln ludzi żyje w budynkach wielorodzinnych i tylko 6,3 mln w budynkach jednorodzinnych.

Przedstawione wykresy wskazują na zwiększającą się w ostatnich latach liczbę mieszkańców budynków wielorodzinnych. Z doświadczeń Zakładu Akustyki Instytutu Techniki Budowlanej wynika, że zwiększa się jednocześnie liczba skarg mieszkańców na niedostatek izolacyjności akustycznej, w nowym budownictwie mieszkalnym. Zostało to potwierdzone w ankiecie internetowej przeprowadzonej w 2012 roku, której wyniki przedstawiono na rys.4.

Ankieta: Czy uważasz, że twoje mieszkanie jest zbyt akustyczne?

43% tak, doskonale orientuję się w tym, co dzieje się u sąsiadów

17% tak, najgorzej jest w łazience

12% tak, ale już się przyzwyczaiłem

14% tak, ale denerwują mnie przede wszystkim dźwięki z zewnątrz

14% nie, w moim mieszkaniu jest cicho

Ankieta: Uważasz, że nowe budynki mieszkalne są bardziej akustyczne od tych z wielkiej płyty i starszych?

27% tak, nowe materiały budowlane są pod tym względem dużo gorsze niż płyty czy cegły

41% tak, to вина deweloperów, którzy oszczędzają na materiałach budowlanych

16% to wszystko zależy od tego jak zostanie zaprojektowany budynek

16% nie zauważyłem, żeby w nowym budownictwie było głośniejsze

Rys. 4 wyniki ankiety internetowej [5]

3. Wymagania akustyczne w odniesieniu do subiektywnej oceny warunków akustycznych budynków mieszkalnych

Wymagania ludzi w stosunku komfortu akustycznego w miejscu zamieszkania są bardzo zróżnicowane. Zależą one od bardzo wielu czynników, wśród których można wymienić zarówno względy kulturowe jak też poziom zaspokojenia w danym państwie potrzeb mieszkalnych oraz możliwości ekonomiczne państwa i społeczeństwa. W odniesieniu do budynków mieszkalnych pojęcie „zadawające warunki akustyczne” musi uwzględniać konieczność zapewnienia poczucia intymności, spokoju i bezpieczeństwa. Dbałość o odpowiedni komfort mieszkań eliminuje przyczyny powstawania coraz częściej występujących konfliktów międzyludzkich, spowodowanych występowaniem różnego typu hałasów przenikających z mieszkań sąsiednich lub pomieszczeń ogólnego użytkowania.

Pojęcie „zadawające warunki akustyczne” jest z jednej strony bardzo ściśle związane z subiektywną oceną hałasu, z drugiej strony musi uwzględniać hałas jako czynnik wpływający szkodliwie na zdrowie i samopoczucie człowieka. W odniesieniu do budynków mieszkalnych pojęcie „zadawające warunki akustyczne” musi uwzględniać także konieczność zapewnienia poczucia prywatności, intymności, spokoju i bezpieczeństwa a także musi umożliwiać utrzymanie przyjaznych kontaktów sąsiedzkich, co jest związane z eliminacją przyczyn ewentualnych sporów sąsiedzkich na tle przenikania między mieszkaniami zakłóceń akustycznych. Konsekwencją operowania pojęciem „zadawające warunki akustyczne” jest konieczność określenia „wystarczającej” dla zapewnienia tych warunków izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynku. [7]

Należy przy tym zaznaczyć, że nie ma w UE podanej ujednoliconej formy wymagań w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród w budynku. Podana jest cała gama możliwości (zestaw różnych wskaźników), z pośród których w poszczególnych państwach wybierane są konkretne rozwiązania. W wyniku braku ujednolicenia bezpośrednie dokładne porównanie poziomu wymagań stosowanych w poszczególnych państwach jest bardzo utrudnione.

Nie jest możliwe jednoznaczne ustalenie jak duża powinna być izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych aby spełniała oczekiwania wszystkich użytkowników budynku. Niezależnie od przyjętego poziomu wymagań należy się liczyć z tym, że będą osoby, które ten poziom uznają za mało satysfakcjonujący. Istotne jest aby odsetek ludzi oceniających warunki akustyczne jako niewłaściwe zawarty był w „rozsądnych granicach”.

Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych obowiązują w większości państw europejskich. Zapewnienie wymaganej izolacyjności nie oznacza jednak, że obecność innych mieszkańców w budynku będzie pod względem akustycznym nieodczuwalna. Relacje oraz wyniki najnowszych badań w tym zakresie a także próby szacunkowego określenia spodziewanego stopnia akceptacji jakości akustycznej budynku w zależności od izolacyjności akustycznej przegród międzymieszkańowych zestawiono w tabeli 1.

Ocena subiektywna izolacyjności akustycznej przegród międzymieszkańowych wynika m.in. z oceny przenikających między mieszkaniami hałasów bytowych związanych z normalnym użytkowaniem pomieszczeń mieszkalnych. Informacje na ten temat zaczerpnięte z literatury niemieckiej przedstawiono w tablicy 1.

Tabela 1. Relacje między spodziewanymi pozytywnymi ocenami izolacyjności akustycznej między mieszkaniami w zależności od parametrów akustycznych przegród międzymieszkaniowych [9]

Lp.	% ocen warunków akustycznych jako satysfakcjonujących (w zakresie przenikania hałasów przez ściany międzymieszkaniowe i stropy)	Izolacyjność od dźwięków powietrznych $R'_w + C_{50-3150}$	Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych – poziom uderzeniowy $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$
1.	20%	48 dB	63 dB
2.	40%	53 dB	58 dB
3.	60%	58 dB	53 dB
4.	80%	63 dB	48 dB

Uwzględniając różnice wynikające z różnych wskaźników oceny izolacyjności akustycznej przegród w budynku podanych w tablicy 1 oraz przyjętych w Polsce wymagań akustycznych należy stwierdzić, że przy obecnym poziomie wymagań wg PN-B-02151-3:1999 można oczekiwać, że procent ludzi oceniających izolacyjność akustyczną między mieszkaniami za w pełni satysfakcjonującą wyniesie zaledwie ok. 30-40% (i to przy założeniu, że wymagania te są spełnione przynajmniej na minimalnym poziomie, co niestety w wielu przypadkach nie znajduje pokrycia w praktyce).

Jednocześnie należy mieć w pamięci fakt, że spełnienie wymagań akustycznych na podstawowym poziomie nie zapewni całkowitej ciszy w mieszkaniu. Będziemy mieć zachowany pewien komfort, jednak nadal docierać będą dźwięki emitowany z sąsiednich lokali (mieszkalnych i użytkowych). Dopiero w budynkach/mieszkaniach o lepszej klasie akustycznej zostanie zapewniony podwyższony komfort akustyczny, co orientacyjnie opisano w tabela 2.

Zróżnicowanie poziomu wymagań związane jest z koniecznością przyjęcia pewnego kompromisu, uwzględniającego lokalne uwarunkowania, takie jak podaż i popyt na rynku mieszkaniowym, poziom budownictwa mieszkaniowego, warunki ekonomiczne w danym państwie, a także poziom oczekiwań społecznych i rodzaj przyzwyczajęń. Uzyskanie takiej izolacyjności akustycznej przegród, aby ograniczyć negatywne oceny akustyczne budynku mieszkalnego na zdrowie mieszkańców oraz zapewnić znacznie wyższy komfort ma swoje ograniczenia w uwarunkowaniach technicznych i ekonomicznych. Oba uwarunkowania określają izolacyjność akustyczną maksymalnie możliwą do osiągnięcia przy danym poziomie rozwoju technicznego i możliwościach ekonomicznych państwa i poszczególnych grup społeczeństwa gotowych więcej zapłacić za mieszkanie o lepszych parametrach akustycznych. Minimalne wymagania, powinny natomiast chronić przed „szczególnie uciążliwymi obciążeniami akustycznymi”.

Ta filozofia legła u podstaw wprowadzenia w wielu normach państw europejskich klasyfikacji akustycznej budynków przy czym dla nowych budynków klasa akustyczna o najniższych wymaganiach jest traktowana jako obligatoryjna (parametry akustyczne przegród wewnętrznych w budynku nie mogą być gorsze od wymagań) i wprowadzana do przepisów budowlanych, natomiast klasy wyższe określają wymagania dla lepszego standardu akustycznego, którego przyjęcie jest całkowicie dobrowolne. [7] Ta filozofia leży także u podstaw próby wprowadzenia klasyfikacji akustycznej budynków w Polsce.

Tabela 2. Orientacyjna ocena subiektywna percepcji hałasów dochodzących od sąsiednich mieszkań w budynkach wielorodzinnych. Kolorem szarym zaznaczono klasę akustyczną budynku odpowiadającą podstawowym wymaganiom akustycznym obowiązującym w Polsce [6].

Klasa akustyczna budynku					
Rodzaje hałasów	D	C	B	A	A*
Głośna rozmowa	Dobrze zrozumiała, wyraźnie słyszalna	Częściowo zrozumiała, ogólnie słyszalna	Ogólnie nie zrozumiała, częściowo słyszalna	Nie zrozumiała, nie słyszalna	
Rozmowa podniesionym głosem	Częściowo zrozumiała, ogólnie słyszalna	Ogólnie nie zrozumiała, częściowo słyszalna	Nie zrozumiała, nie słyszalna		
Normalna rozmowa	Ogólnie nie zrozumiała, częściowo słyszalna	Nie zrozumiała, nie słyszalna			
Bardzo głośna muzyka	Bardzo wyraźnie słyszalna			Wyraźnie słyszalna	Słyszalna
Głośna muzyka	Bardzo wyraźnie słyszalna		Wyraźnie słyszalna	Słyszalna	Jeszcze słyszalna
Normalna muzyka	Bardzo wyraźnie słyszalna	Wyraźnie słyszalna	Słyszalna	Jeszcze słyszalna	Ogólnie nie słyszalna
Instalacje wodne	Słyszalne	Jeszcze słyszalne	Ogólnie nie słyszalne		
Odgłosy użytkowników przy normalnym funkcjonowaniu	Wyraźnie słyszalne	Słyszalne	Jeszcze słyszalne	Ogólnie nie słyszalne	
Odgłosy kroków	Wyraźnie słyszalne	Słyszalne	Jeszcze słyszalne	Ogólnie nie słyszalne	Całkowicie niesłyszalne
Zabawa dzieci	Bardzo wyraźnie słyszalna	Wyraźnie słyszalne	Słyszalne	Jeszcze słyszalne	Ogólnie nie słyszalne
Urządzenia AGD	Bardzo wyraźnie słyszalne	Wyraźnie słyszalne	Słyszalne	Jeszcze słyszalne	Ogólnie nie słyszalne

Warunki obowiązywania oceny subiektywnej:

1. Czas pogłosu w pomieszczeniu odbiorczym wynosi 0,5 s
2. Powierzchnia przegrody oddzielającej wynosi ok. 10-15 m²
3. Tło akustyczne w pomieszczeniu odbiorczym wynosi powyżej 20 dB(A)

Przykłady hałasów:

Głośna rozmowa – hałasy imprezy, kłótnia występująca okazjonalnie.

Rozmowa podniesionym głosem – rozmowa podniesionym głosem pomiędzy większą liczbą osób występująca okazjonalnie.

Normalna rozmowa – spokojna rozmowa pomiędzy większą liczbą osób.

Bardzo głośna muzyka – muzyka z głośnymi (elektro)akustycznymi instrumentami lub z zastosowaniem urządzeń wzmacniających (HiFi).

Głośna muzyka – muzyka i z instrumentami akustycznymi bez urządzeń wzmacniających bez stosowania urządzeń wzmacniających.

Normalna muzyka – spokojna muzyka (HiFi).

Instalacje wodne – typowe użytkowanie urządzeń sanitarnych.

Odgłosy użytkowników – odkładanie przedmiotów na półkę, ręczna obsługa okiennic, mocne trzaskanie drzwiami.

Odgłosy kroków – zwykle chodzenie, bez stosowania obcasów.

Zabawa dzieci – zabawy z zabawkami na podłodze, skoki, fikołki, tupot.

Urządzenia AGD – odkurzacz, robot kuchenny, pralka, zmywarka.

4. Jakość akustyczna budynków

Jakość akustyczna budynku zależna jest od prawidłowych pod względem akustycznym rozwiązań projektowych architektonicznych i materiałowo-konstrukcyjnych, dobrej jakości zastosowanych wyrobów budowlanych do wzniesienia budynku oraz prawidłowego wykonawstwa. Na jakość akustyczną budynku składa się prawidłowy pod względem akustycznym projekt, dobra jakość zastosowanych wyrobów budowlanych do wzniesienia budynku oraz prawidłowe wykonawstwo.

Dobra jakość akustyczna budynku powstaje nie w wyniku stosowania dodatkowych zabezpieczeń akustycznych a jest rezultatem przyjęcia i zastosowania prawidłowych z punktu widzenia akustycznego rozwiązań architektonicznych, budowlanych, instalacyjnych, przy których zabezpieczenia akustyczne stanowią niezbędne uzupełnienie a nie podstawowy element ochrony przeciwhałasowej. Duże znaczenie w tym procesie ma także właściwa jakość akustyczna zastosowanych materiałów i wyrobów budowlanych oraz dobra jakość wykonawstwa.

Rola prawidłowego projektu jest jednak w wielu przypadkach dominująca. Złe zaprojektowany pod względem akustycznym budynek nie zapewni właściwych warunków akustycznych w pomieszczeniach nawet przy zastosowaniu dobrej jakości wyrobów budowlanych i zgodnym z projektem, prawidłowym wykonawstwie. Jednakże zła jakość wyrobów i nieprawidłowe wykonawstwo będą zawsze przyczyną złej jakości akustycznej budynku, nawet gdyby został on prawidłowo zaprojektowany.

Podstawowymi błędami popełnianymi w projektowaniu jest nie uwzględnienie podanych wyżej zasad [8]:

- Błędny dobór rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych całego budynku i poszczególnych przegród wewnętrznych i zewnętrznych (należy uwzględnić wzajemne zależności między ich parametrami technicznymi i akustycznymi);
- Niepoprawne dane przyjęte do obliczeń prognozowanej izolacyjności akustycznej danej przegrody w budynku;
- Błędne założenia przy obliczaniu wpływu stopnia bocznego przenoszenia dźwięku na izolacyjność akustyczną przegrody wewnętrznej;
- Nieuwzględnienie wszystkich innych czynników wpływających na izolacyjność akustyczną samej przegrody (np. przy ocenie parametrów akustycznych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przeznaczonych do wykonania konkretnych przegród opieranie się na danych przedstawianych przez producenta bez uwzględnienia wpływu bocznego przenoszenia dźwięku w budynku), rodzaj wykończenia powierzchni, sposób prowadzenia przewodów instalacji elektrycznych, a także sposób mocowania przewodów instalacyjnych.
- Wśród błędów wykonawczych, można wyróżnić następujące:
- Jakość wykonania konstrukcji murowych (niedokładne wypełnienie spoin, niedokładne układanie pustaków P+W),
- Jakość wykonania złączy (odstępstwa w sposobie wykonania złączy, nie zapewnienie szczelności ściany międzymieszkaniowej na obwodzie pozostawienie zbyt dużej szczeliny pod stropem lub niewłaściwe jej zaizolowanie),

- Wykończenie powierzchni ściany (zastosowanie tynków innych niż zostały przyjęte przy ocenie akustycznej ściany, zastosowanie wykończenia powierzchni płytami gipsowo-kartonowymi mocowanymi na plackach gipsowych),
- Mocowanie przewodów i osprzętu instalacyjnego, wykonywanie bruzd w ścianie.
- Przedstawione dane jednoznacznie wskazują, że istnieje ogromne niebezpieczeństwo popełnienia błędów w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej budynku i prawidłowego stosowania izolacji akustycznych. Dotyczy to zarówno etapu projektowania budynku jak i wykonawstwa. Mając to na uwadze w wielu państwach UE wprowadzono przepisy obligujące sprawdzenie projektu budynku pod kątem przyjęcia właściwych rozwiązań zapewniających spełnienie wymagań akustycznych, jak również kontroli właściwości akustycznych budynku po jego wykonaniu.

Próby wprowadzenia w Polsce analogicznych przepisów napotykają na ogromne opory. Rzetelne opracowanie projektu budynku pod kątem akustycznym, a następnie sprawdzenie jakości akustycznej gotowego budynku jest niekiedy wymagane przez inwestora. Z praktyki wiadomo, że dotyczy jedynie obiektów „prestizowych” (i to nie wszystkich) lub obiektów, których właściwości akustyczne mają wartość na rynku, natomiast w większości przypadków nie obejmuje budownictwa mieszkaniowego.

Literatura

- 1 Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo Budowlane (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414).
- 2 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami; Dz.U. 2002 nr 75 poz 690).
- 3 Ludność. Stan i struktura demograficzno-społeczna. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013, www.stat.gov.pl;
- 4 Zamieszkałe Budynki. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013, www.stat.gov.pl;
- 5 m.trojmiasto.pl
- 6 DEGA-Empfehlung 103 Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., 2009
- 7 B. Szudrowicz Wymagania akustyczne w stosunku do budynków mieszkalnych – stopień realizacji oczekiwań społecznych. Materiały Budowlane nr 4/2004.
- 8 B. Szudrowicz, E.Nowicka Błędy w projektowaniu i wykonawstwie izolacji akustycznych. Izolacje 3/2013
- 9 B. Rasmussen Concept for evaluation of sound insulation of dwellings – from chaos to consensus. ForumAcusticum 2005

The specificity of the acoustic design of residential and public buildings

Elżbieta Nowicka

Zakład Akustyki, Instytut Techniki Budowlanej, e-mail: e.nowicka@itb.pl

Abstract: Protection against noise is the part of the 6 basic functional requirements to be met by buildings. Taking care of acoustic quality of buildings, expressed by the

compliance of building regulations in this regard, should be responsibility, literally specified of all participants in the construction process and construction supervisors. People's requirements of the acoustic comfort in the place of residence are very diverse. They depend on many factors, among which there are both cultural considerations as well as the level of satisfaction in a given country housing needs and economic opportunities of the state and society. Acoustic quality of the building is dependent on the correct terms of acoustic design solutions for architectural and material and structural design, quality construction products used to erect the building and proper execution. The paper presents aspects related to acoustic design of residential and public buildings.

Keywords: acoustical designing, sound insulation, acoustical assessment of buildings

Kierunki działań zmierzających do obniżania kosztów w cyklu życia budynków miejskich

Edyta Plebankiewicz

*Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie, Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Krakowska, e-mail: eplebank@izwbit.pk.edu.pl*

Streszczenie: W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z kosztami budynków miejskich. Scharakteryzowano koszty ponoszone w cyklu życia budynku, zwracając uwagę na etap jego eksploatacji. Największy wpływ na kształtowanie kosztów obiektu istnieje na etapie jego planowania i projektowania. Na przykładach przedstawiono zależność pomiędzy formą architektoniczną budynku a kosztami jego realizacji. Wykazano, że niewielkie zwiększenie nakładów inwestycyjnych może spowodować znaczne obniżenie zużycia energii na etapie eksploatacji budynku. Zaprezentowano metodologię liczenia kosztów w cyklu życia a także dokonano analizy kosztów z punktu widzenia różnych podmiotów.

Słowa kluczowe: cykl życia budynku, nakłady inwestycyjne, kształt budynku, energooszczędność

1. Wprowadzenie

Rosnące koszty energii, zwiększona świadomość ekologiczna, powodują dążenie do ograniczania kosztów związanych z budynkami. Zazwyczaj w pierwszym etapie planowania obiektu budowlanego analizowane są nakłady inwestycyjne ponoszone na jego realizację. Należy jednak pamiętać, że to tylko część kosztów. Powszechnie podejmowane są próby szacowania kosztów w całym cyklu życia budynku. Rozważając więc ograniczenie nakładów finansowych należy uwzględnić możliwość ich obniżenia we wszystkich etapach począwszy od projektowania do eksploatacji i likwidacji budynku.

W artykule podjęto próbę analizy możliwości ograniczania kosztów obiektów budowlanych, w tym przede wszystkim budynków miejskich.

2. Cykl życia budynku

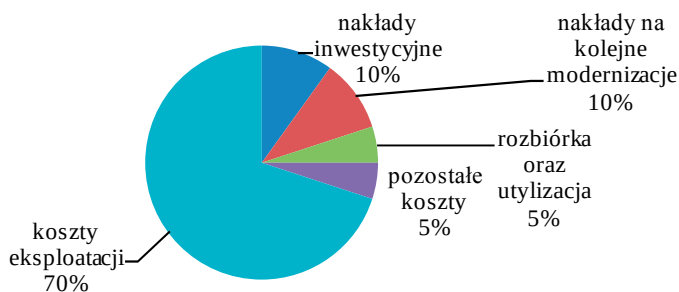
Analizując koszty związane z budynkiem należy uwzględnić wszystkie koszty ponoszone w całym cyklu "życia". Cykl życia budynku obejmuje kilka zasadniczych faz rozwojowych, do których należą:

- planowanie realizacji budynku (wybór funkcji obiektu, analizy lokalizacyjne, kalkulacje ekonomiczne, ustalenie standardu jakości),
- programowanie obejmujące szczegółowe określenie programu funkcjonalno-przestrzennego stanowiącego wytyczne projektowe,
- projektowanie (projekty architektoniczny i branżowe - koncepcje wstępne i projekt techniczny),
- realizację projektu czyli wybudowanie i zasiedlenie budynku,
- użytkowanie obiektu,

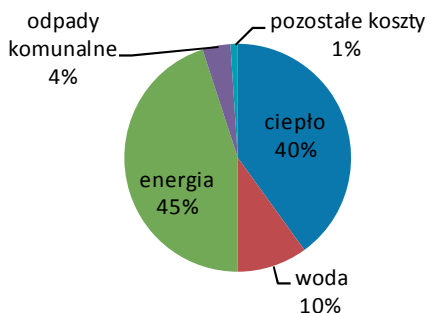
- dostosowywanie do zmieniających się potrzeb (modernizacje, adaptacje, rozbudowy, dobudowy, remonty),
- sprzedaż lub likwidację budynku, czyli jego wyburzenie i utylizację.

Wydłużony i zróżnicowany cykl życia budynku uwzględnia dodatkowo recykling i ponowne wykorzystanie materiałów.

Rys. 1 przedstawia udział kosztów w cyklu przeciętnego budynku. Rys. 2 przedstawia z kolei koszty eksploatacji budynku.



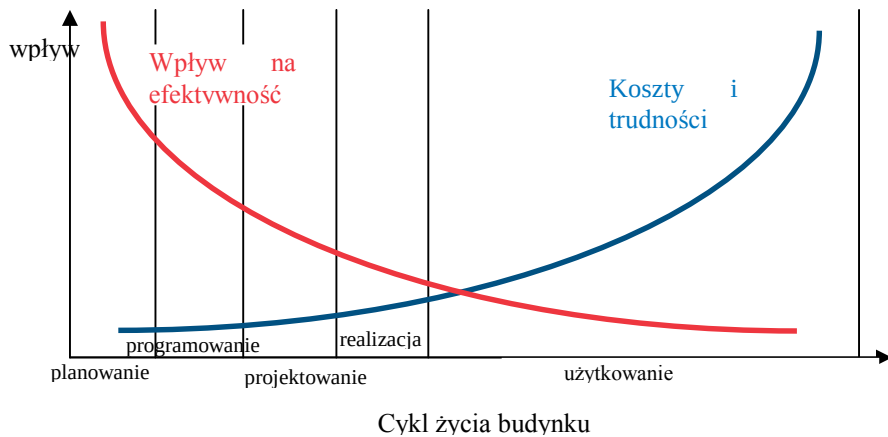
Rys. 1. Wykres udziału procentowego kosztów cyklu życia budynku [1]



Rys. 2. Wykres udziału procentowego kosztów utrzymania budynku [1]

Biorąc pod uwagę cały cykl życia budynku, koszty eksploatacyjne są zazwyczaj zdecydowanie wyższe niż budowy i modernizacji. Tak więc myśląc o ograniczeniu nakładów finansowych należy w pierwszej kolejności zadbać o możliwości obniżenia kosztów eksploatacji. Wśród kosztów eksploatacji z kolei największy udział stanowią koszty energii oraz ogrzewania budynku. Główne działania powinny się więc skupić na dążeniu do osiągnięcia niskiego zapotrzebowania na energię w budynkach.

Literatura przedmiotu i dane z realizacji przedsięwzięć budowlanych wskazują, że największy wpływ na ograniczenie kosztów na etapie eksploatacji występują w początkowych fazach przedsięwzięcia budowlanego, przede wszystkim na etapie planowania (rys. 3). W kolejnych etapach wpływ na koszty znacznie maleje, za to rosną problemy i koszty związane z wprowadzaniem zmian i ulepszeń. Wszelkie zmiany czy ulepszenia projektu budynku w momencie gdy przygotowane są już dokumenty umów, mogą okazać się bardzo kosztowne, powodować trudności w realizacji projektu i mieć jedynie niewielki wpływ na poprawę efektywności energetycznej.



Rys. 3. Wpływ na koszty w cyklu życia budynku

Zgodnie z danymi w [2] w projektach budowlanych, w których zastosowano właściwe zasady projektowania i planowania, koszt inwestycyjny może być wyższy o 5% lecz koszty eksploatacyjne obniżone zostaną o 40-70 %. Autorzy [3] twierdzą z kolei, że przez wybór odpowiedniego kształtu i orientacji budynku, można zredukować jego wpływ na środowisko o 40 %.

Podstawowe elementy właściwego planowania i projektowania to:

- planowanie urbanistyczne (plan zwarty lub otwarty, regularny lub nie, zastosowanie zasady strefowania),
- kształt budynku,
- projekt elewacji (udział powierzchni oszklonej, rozmieszczenie okien),
- zastosowane materiały budowlane (parametry materiałów, takie jak izolacyjność termiczna, akumulacyjność ciepła),
- instalacje (ogrzewania, wentylacja, klimatyzacja, ciepła woda użytkowa, oświetlenie).

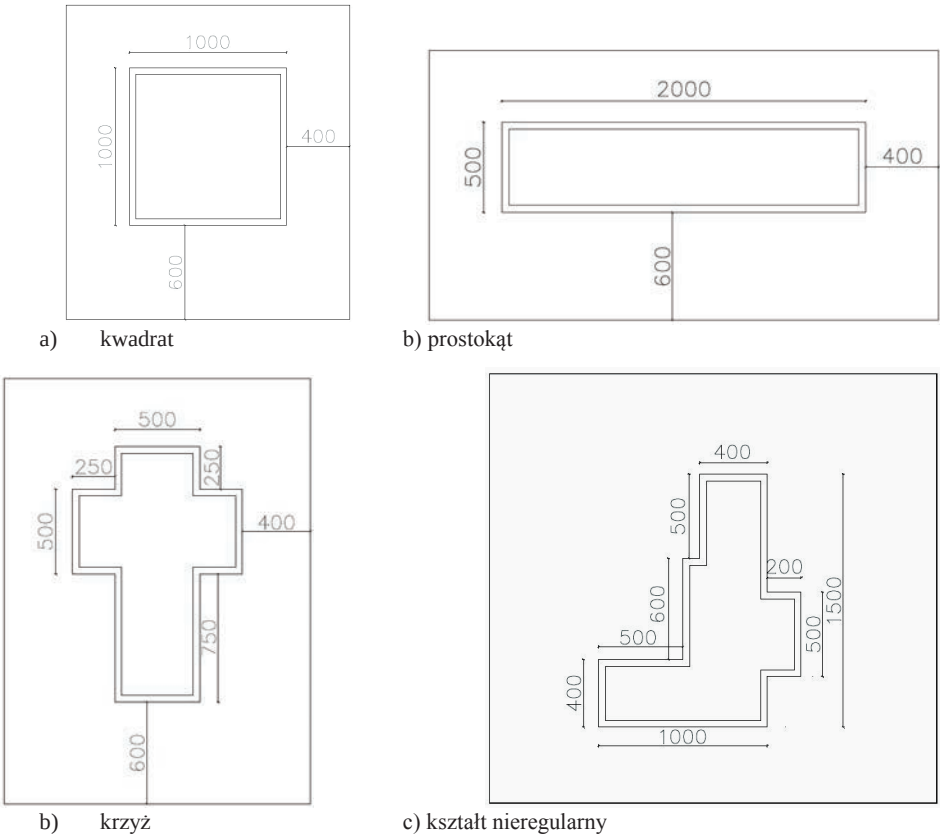
3. Kształt a koszty budynku

Jednym z najczęściej rozpatrywanych elementów architektonicznych mających wpływ na koszty jest kształt budynku.

Na rys. 4 przedstawiono rzuty czterech przykładowych budynków [4, 5]. Wszystkie budynki mają tę samą powierzchnię wynoszącą 100 m², różnią się jedynie stopniem skomplikowania kształtu – od najprostszego kwadratu (rys. 4a) do nieregularnego (rys. 4d). Przyjęto, że budynki są jednokondygnacyjne o wysokości ścian 4 m. Dla wszystkich budynków zaznaczono minimalną powierzchnię działki pod zabudowę, przyjmując odległości budynku od granic działki 4 m a od strony dojazdowej 6 m.

W tabeli 1 zestawiono podstawowe parametry budynków przedstawionych na rys. 1. Prosty przykład pokazuje, że kształt budynku w dużym stopniu wpływa między innymi na ilość (i zarazem koszt) podstawowych elementów konstrukcyjnych budynku, takich jak ściany, fundamenty. Bardziej skomplikowany kształt to także potrzebna większa minimalna powierzchnia działki pod zabudowę. W tabeli 3 zestawiono koszty całkowite, a także jednostkowe (w odniesieniu do m² powierzchni podłogi) wybranych elementów budynku. Dla uproszczenia w obliczeniach przyjęto następujące ceny jednostkowe:

Fundamenty: 350 zł/m
Ściany: 400 zł/m²
Koszt działki pod zabudowę: 800 zł/m²



Rys. 4. Przyjęte kształty budynków i odpowiadające im wielkości działek

Tabela 1. Parametry budynków

	kwadrat	prostokąt	krzyż	nieregularny
Pow. podłogi [m ²]	100 m ²			
Długość ścian zewnętrznych [m]	40	50	50	54
Pow. ścian zewnętrznych [m]	160	200	200	216
Min. powierzchnia działki [m ²]	360	420	450	500

Tabela 2. Koszt wykonania elementów budynku oraz koszt działki pod zabudowę

	kwadrat		prostokąt		krzyż		nieregularny	
	Koszt całkowity [zł]	Koszt jedn. [zł/m ² pow.]	Koszt całkowity [zł]	Koszt jedn. [zł/m ² pow.]	Koszt całkowity [zł]	Koszt jedn. [zł/m ² pow.]	Koszt całkowity [zł]	Koszt jedn. [zł/m ² pow.]
Fund.	14 000	140	17 500	175	17 500	175	18 900	189
Ściany	64 000	640	80 000	800	80 000	800	86 400	864
Działka	288 000	288	336 000	336	360 000	360	400 000	400

Z tabeli 2 wynika, że przy założeniu tych samych parametrów budynku a tylko zwiększeniu stopnia skomplikowania kształtu, koszty fundamentów i ścian rosną o około 35 % a koszty powierzchni działki pod zabudowę o niecałe 40%.

Wpływ kształtu i stopnia jego skomplikowania na koszty są analizowane w wielu opracowaniach. Za jeden z podstawowych wyznaczników skomplikowania kształtu budynku uznaje się wskaźnik P_s/P_p , gdzie P_s oznacza powierzchnię ścian, a P_p powierzchnię podłogi projektowanego obiektu. Poza tym podstawowym wyznacznikiem, opracowanych zostało wiele współczynników określających wpływ kształtu obiektu budowlanego na koszty jego budowy. Współczynniki te uwzględniają przede wszystkim podstawowe parametry budynku, jakimi są obwód i powierzchnia rzutu. Aby określić stopień skomplikowania, współczynniki te odwołują się do kształtu uznanego za najkorzystniejszy, są to najczęściej kwadrat lub koło. Dla kształtu bazowego dany współczynnik jest najwyższy lub najniższy, a o skomplikowaniu kształtu świadczy odpowiednio zmniejszająca lub zwiększająca się jego wartość.

Wśród podstawowych współczynników można wymienić:

- Współczynnik W/F :

$$\frac{W}{F} = \frac{L - L_s}{L_s} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: L - obwód budynku liczony po obrysie zewnętrznym murów, L_s - obwód kwadratu o tej samej powierzchni, co porównywalny budynek.

- Współczynnik zwartości planu POP:

$$POP = \frac{2\sqrt{\pi} \cdot F}{L} \quad (2)$$

gdzie: F - powierzchnia rzutu budynku.

- Współczynnik efektywności kształtu Cooke'a JC:

$$JC = \frac{L}{4\sqrt{F}} - 1 \quad (3)$$

- Współczynnik LBI:

$$LBI = \frac{L + \sqrt{L^2 - 16F}}{L - \sqrt{L^2 - 16F}} \quad (4)$$

- Współczynnik zwartości bryły VOLM

$$VOLM = \frac{2\pi \left[\left(\frac{3K}{2\pi} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^2}{F} \quad (5)$$

gdzie: K - kubatura budynku.

- Współczynnik rozplanowania budynku „m”

$$m = \frac{L}{\sqrt{F}} \quad (6)$$

Współczynnik „m” może przyjmować następujące wartości:

- $m = 3,54$ - dla koła,

- $m = (3,54 ; 4)$ - obiekty o kształcie elipsy,
- $m = 4$ - dla kwadratu,
- $m > 4$ - pozostałe kształty prostokątne i inne.

Z uwagi na technologię i koszty realizacji przyjmuje się, iż najbardziej ekonomiczne rozwiązania przyjmują wskaźnik zbliżony do wartości 4 (lecz nie mniejszy).

W tabeli 3 zestawiono podstawowe współczynniki określające efektywność kształtu budynków przedstawionych na rys. 1.

Tabela 3. Współczynniki określające efektywność kształtu budynków [4, 5]

	kwadrat	prostokąt	krzyż	nieregularny
P_s/P_p	1,6	2	2	2,16
W/F	0	0,25	0,25	0,35
POP	0,89	0,71	0,71	0,66
JC	0	0,25	0,25	0,35
LBI	1	4	4	5,1
$VOLM$	9,59	9,59	9,59	9,59
m	4	5	5	5,4

Wyniki przedstawione w tabeli 3 wskazują na pewne niedoskonałości omówionych metod i ograniczony zakres stosowania współczynników mierzących efektywność kształtu. Większość współczynników bierze pod uwagę obwód i powierzchnię rzutu. Stąd wartości współczynników uzyskane dla budynku o kształcie prostokąta i krzyża są takie same. Nie są tu uwzględnione takie parametry, mające wpływ na koszty, jak ilość naroży budynku, powierzchnia działki niezbędnej pod zabudowę, czy możliwości rozplanowania pomieszczeń a za co za tym idzie wykorzystania powierzchni użytkowej. W przypadku współczynnika VOLM dla wszystkich kształtów uzyskano ten sam wynik. Wynika to z faktu, że współczynnik ten uwzględnia kubaturę i powierzchnię rzutu, natomiast nie bierze pod uwagę kształtu budynku. Mimo pewnych niedoskonałości, można jednak wymienione współczynniki wykorzystać do wstępnego określenia skomplikowania kształtu budynku i zarazem kształtowania się kosztu jego realizacji.

Należy tu zaznaczyć, że kształt budynku ma wpływ także na koszty eksploatacji – większa powierzchnia ścian to nie tylko zwiększony koszt ich realizacji ale także większa powierzchnia utraty ciepła co z kolei ma wpływ na nakłady finansowe związane z ogrzewaniem.

4. Koszt budynku a rozwiązania energooszczędne

Do wymogów współczesności, o których należy pamiętać także w przypadku planowania realizacji budynków miejskich, jest efektywniejsze gospodarowanie zasobami środowiska, w tym paliwami pierwotnymi a także zachowanie optymalnego komfortu cieplnego i jakości powietrza w budynkach. Zużycie energii przez budynki stanowi 30 – 50% zużycia energii danego kraju [6]. Z danych wynika, że budownictwo ma największe zużycie ale i największy potencjał redukcyjny energii. Sprostanie wymaganiom stawianym współczesnym budynkom można osiągnąć dzięki podejściu systemowemu (zintegrowanemu) w projektowaniu, realizacji i eksploatacji. Wymagania jakie stawia się budynkom, to przede wszystkim:

- energochłonność i ekologiczność materiałów konstrukcyjnych i wykończeniowych,
- energochłonność wznoszenia budynku,
- ochrona termiczna obiektu w zimie i w lecie,
- szczelność powietrzna budynku,
- zdolność konstrukcji do akumulacji energii, zdolność konstrukcji struktury do wentylacji i chłodzenia naturalnego.

W powszechnym przekonaniu projekt i realizacja budynku energooszczędnego wymaga większych nakładów początkowych niż projekt budynku konwencjonalnego ze względu na konieczność zastosowania innowacyjnych rozwiązań architektonicznych, technologicznych i materiałowych. Przekonanie to jak wskazują liczne doświadczenia i literatura przedmiotu, zazwyczaj nie ma już uzasadnienia, ponieważ współcześni projektanci i architekci dysponują dużym zasobem wcześniej wypracowanych doświadczeń, praktyk i rozwiązań, które koszty realizacji budynków zielonych (energooszczędnych) czynią porównywalnymi z budynkami tradycyjnymi. W tabeli 4 przedstawiono koszty budowy a także użytkowania przykładowego budynku biurowego.

Tabela 4. Koszty w cyklu użytkowania dla budynku biurowego [6]

$E_{K(H+W+C)}$	Koszt budowy	Koszt budowy łączny	Roczny koszt eksploatacji (w roku „0”)		Emisja CO ₂	Zdyskontowany koszt w cyklu użytkowania
kWh/(m ² rok)	zł/m ²	zł	zł/rok	zł/m ²	t/rok	zł
128,3	3 610,7	17 331 321,9	134 976,0	28,12	291,2	22 594 404,2
93,2	3 681,1	17 669 481,9	100 382,0	20,91	199,7	21 583 649,8
63,6	3 845,8	18 459 901,9	52 724,0	10,98	77,2	20 515 754,4
15,2	3 911,2	18 773 861,9	48 565,0	10,12	67,8	20 667 543,7
9,8	4 000,5	19 202 304,9	20 609,7	4,29	44,2	20 005 933,3

Z danych w tabeli 4 wynika, że znaczne ograniczenie zużycia energii w budynku biurowym można uzyskać przy niewielkim zwiększeniu kosztów budowy. Niewielki wzrost nakładów inwestycyjnych powoduje duże oszczędności na etapie eksploatacji budynku. Nie bez znaczenia dla środowiska jest także znaczne ograniczenie emisji CO₂.

W tabeli 5 zestawiono wyniki badań dotyczących kosztów budowy budynków ekologicznych. Wynika z nich, że rezultaty większości badań przeprowadzonych w ostatnich latach w Wielkiej Brytanii i Stanach Zjednoczonych, wskazują, iż budynki ekologiczne generują koszty budowy porównywalne lub nieznacznie wyższe w stosunku do budynków tradycyjnych.

Tabela 5. Nakłady inwestycyjne na budynki zrównoważone [7]

Badanie		Rok	Zasięg przestrzenny	Wyniki
Kats		2003	Wielka Brytania	Wyższe koszty budowy budynków ekologicznych w stosunku do obiektów porównywalnych (2 % dla standardu LEED Silver oraz 6% dla LEED Platinum)
Steven Associates	Winter	2004	Stany Zjednoczone	Wyższe koszty budowy budynków ekologicznych (0,4-8,1% dla budynków nowych i 1,4-7,8% dla budynków poddawanych renowacji) w zależności od standardu
Mathiesessen, Morris		2004, 2007	Stany Zjednoczone	Brak istotnej różnicy
Rawlinson		2007	Wielka Brytania	Wyższe koszty budowy budynków ekologicznych w porównaniu z tradycyjnymi (6 % dla standardu BREEAM Excelent)
Langdon		2007	Stany Zjednoczone	Wyższe koszty budowy (mniej niż 1%) w budynkach mieszkaniowych wielorodzinnych; niższe koszty (o 6%) wewnątrz o standardzie LEED w porównaniu z tradycyjnymi

5. Idea LCC

Złożoność czynników mających wpływ na koszty budynków była przesłanką do powstania w połowie lat 60-tych ubiegłego wieku idei kosztów cyklu życia (LCC). Wyznaczając koszty budynku uwzględnia się wszystkie koszty w całym cyklu życia budynku, obejmujące etapy wymienione w części 2 artykułu. W analizach LCC oprócz kosztów konwencjonalnych (*conventional LCC*), związanych z realizacją czy eksploatacją budynku, uwzględnia się także koszty środowiskowe (*environmental LCC*), a więc wpływ na środowisko naturalne (np. emisja CO₂) oraz koszty społeczne (*societal LCC*) [8].

Najlepsze rozwiązanie zostaje osiągnięte, gdy całkowite koszty cyklu życia są zminimalizowane. To podejście jest alternatywą dla powszechnie stosowanego w praktyce, gdzie koszty nabycia są traktowane jako główne, a często jedyne kryterium wyboru rozwiązania. Kryterium najniższej ceny realizacji jest łatwe w użyciu, ale często powoduje podjęcie decyzji o negatywnych konsekwencjach finansowych.

Obecnie od wdrażanych inwestycji – podobnie jak i dla produktów – można wymagać aby były efektywne nie tylko ekonomicznie, ale i środowiskowo. Spełnienie takich, niejednokrotnie sprzecznych, wymagań powoduje konieczność sięgnięcia po rozwiązania, które gwarantują efektywne zarządzanie kosztami w powiązaniu ze zmniejszeniem oddziaływania na środowisko. Rozwiązaniem takim może być analiza efektywności inwestycji przygotowana na podstawie zdyskontowanych przepływów pieniężnych z uwzględnieniem kwestii środowiskowych – LCNPV wartość zaktualizowana (bieżąca) netto w cyklu życia (Life Cycle Net Present Value). Metoda ta nie tylko umożliwia ocenę efektywności inwestycji w oparciu o koszty cyklu życia, ale też pozwala porównać alternatywy inwestycyjne i wybór takiej, która najlepiej spełnia wymagania danego przedsięwzięcia, zarówno pod względem ekologicznym jak i ekonomicznym. Najczęściej prezentowane wyniki w tej metodzie to zestawienie kosztów inwestycyjnych i operacyjnych oraz przychodów operacyjnych realizowanych w czasie trwania przedsięwzięcia, a także zdyskontowanych przepływów pieniężnych oraz skumulowanych zdyskontowanych przepływów pieniężnych przy wybranej stopie dyskontowej.

Przy tych założeniach wartość LCNPV oblicza się w sposób następujący:

$$LCNPV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (7)$$

gdzie: CF – przepływ pieniężny w roku i , n – ilość lat (uwzględniający cykl życia), i – kolejny rok, r – stopa dyskontowa.

Zastosowana stopa dyskontowa jest powiązana z rynkową stopą procentową wolną od ryzyka oraz z ryzykiem inwestycyjnym. Należy tu zaznaczyć, że ostateczny rezultat określenia LCC zależy w dużym stopniu od dostępności i wiarygodności wejściowych danych środowiskowych. W tabeli 6 zestawione przykładowe dane wejściowe potrzebne do wykonania LCC dla budynków.

Jako przykład wyznaczenia kosztów w cyklu życia budynku przedstawiono porównanie dla obiektu biurowego. Rozważane są dwa projekty - tradycyjny i energooszczędny z wykorzystaniem ekologicznych materiałów. W tabeli 7 przedstawiono dane przyjęte do wyznaczenia kosztów w cyklu życia a także różnice w nakładach inwestycyjnych i ponoszonych kosztach użytkowania. W tabeli 8 zaprezentowano uzyskane wyniki przy założeniu 15 lat eksploatacji, natomiast w tabeli 9 przy założeniu 30 i 60 lat eksploatacji.

Tabela 6. Dane wejściowe potrzebne do wykonania LCC dla budynków [8]

Nakłady inwestycyjne	Koszty operacyjne	Dane specyficzne
Koszt budynków	Administracja	Typ budynku
Koszt miejsca	Energia	Typ projektu
Oplaty projektowe	Woda	Rodzaj materiałów
Wartość resztowa	Ścieki	Lokalizacja
Koszt rozbiórki	Materiały	Czas życia
inne	Czyszczenie/sprzątanie	inne
	Utrzymanie/konserwacja	
	Ubezpieczenie	
	Stopy procentowe	
	Podatki	
	inne	

Tabela 7 Dane do wyznaczenia LCC

Nakłady	Budynek 1 (tradycyjny)	Budynek 2 (energooszczędny)	Różnica
Nakłady inwestycyjne, w tym:	1 420 000	1 750 000	- 330 000
Koszt budynku	1 200 000	1 500 000	- 300 000
Koszt miejsca	100 000	100 000	0
Oplaty projektowe	120 000	150 000	- 30 000
Koszt rozbiórki	200 000	120 000	80 000
Roczne koszty operacyjne, w tym:	257 000	146 000	111 000
administracja	10 000	10 000	0
energia	120 000	50 000	70 000
woda	50 000	35 000	15 000
ścieki	50 000	35 000	15 000
czyszczenie/sprzątanie	12 000	8 000	4 000
utrzymanie/konserwacja	15 000	8 000	7 000
Nakłady na remonty:			
remonty częściowe	50 000 co 5 lat	40 000 co 10 lat	
remont generalny	200 000 co 30 lat	-	

Tabela 8 LCNPV przy założeniu 15 - letniego cyklu życia

Czas życia	15 lat	15 lat	15 lat	15 lat
Stopa dyskontowa	10 %	8 %	10 %	8 %
LCNPV	3 472 964	3 740 023	2 904 636	3 056 041

Tabela 9 LCNPV przy założeniu 30 i 60 - letniego cyklu życia

Czas życia	30 lat	60 lat	30 lat	60 lat
Stopa dyskontowa	10 %	10 %	10 %	10 %
LCNPV	3 928 519	4 063 682	3 154 574	3 230 483

Z wyników przeprowadzonej analizy można wyciągnąć wnioski, iż choć budynek tradycyjny jest taniej wybudować (nakłady inwestycyjne 1 420 000 zł), to roczne koszty jego eksploatacji są wyższe (257 000 zł) niż w przypadku budynku ekologicznego (nakłady inwestycyjne 1 750 000 zł, eksploatacja 146 000 zł). W analizach należy dodatkowo uwzględnić koszty ponoszone w dłuższych przedziałach czasowych związane z koniecznością utrzymania budynku w należyтым stanie technicznym – remonty częściowe i remont generalny budynku. Ich częstotliwość i koszt uzależniony jest głównie od trwałości zastosowanych materiałów budowlanych.

Jeśli przy wyborze projektu kierowano by się wyłącznie kosztem budowy, wybrany zostałby budynek tradycyjny. Natomiast po uwzględnieniu dodatkowo kosztów eksploatacji

i rozbiórki budynków, okazuje się, że budynek ekologiczny jest w efekcie końcowym tańszy od tradycyjnego. LCNPV dla budynków przy uwzględnieniu stopy dyskontowej 10 % wyniosły odpowiednio – dla projektu 1 niemal 3,5 mln zł, dla budynku z projektu 2-2,9 mln zł. Różnica wynosi więc około 600 tys. na korzyść budynku ekologicznego. W przypadku stopy dyskontowej 8% różnica ta jest nieco większa.

Analizy wykonane dla czasu życia budynku 30 i 60 lat, wskazują, że różnice w wartościach LCNPV dla dłuższych cykli życia są niewielkie. Przyjmuje się, że ze względu na wartość pieniądza w czasie wszelkie zdyskontowane wpływy i wydatki związane z inwestycją powyżej 20 lat są tak małe, że nie wpływają znacząco na opłacalność inwestycji. Ta własność metod dyskontowych (do których należy LCNPV) jest często uznawana za jej wadę. Niemniej wynika ona z faktu, że im dalej w przyszłość przesunięte są wydatki i wpływy tym większą niepewnością są one obciążone. Im dłuższy jest analizowany okres czasu tym większa niepewność uzyskania przewidywanych przychodów, co powoduje zwiększenie ryzyka.

Dodatkowy problem w wyznaczaniu LCNPV stanowi uwzględnienie kosztów remontów. Zazwyczaj przyjmuje się, że są one stałe w całym cyklu życia. Autorzy [9] przeanalizowali koszty przebudowy, napraw i modernizacji 1 255 budynków poczty w Japonii. Wyniki badań wskazały, że największe koszty remontów są ponoszone między 35 a 45 rokiem funkcjonowania budynku. Koszty zdecydowanie zaczynają wzrastać powyżej 40 roku istnienia budynku.

Metody wyznaczania kosztów cyklu życia są obarczone wieloma niedoskonałościami (niepewność związana z danymi wejściowymi, wady metod dyskontowych), jednak dają pełniejszy pogląd na koszty z jakimi musimy się liczyć wybierając rozwiązania planowanego budynku. Pomagają one podjąć decyzję odnośnie opłacalności zwiększenia nakładów inwestycyjnych.

6. Koszty z punktu widzenia uczestników procesu inwestycyjnego

Analizując koszty większości budynków miejskich należy pamiętać, że są one inaczej postrzegane przez różne podmioty. Problem zostanie przeanalizowany na przykładzie budynków biurowych. Generalnie można przyjąć perspektywę trzech grup podmiotów działających na rynku nieruchomości komercyjnych: najemców (użytkowników), właścicieli (inwestorów) oraz developerów. Każda z tych grup ocenia jakość oraz ekonomiczną efektywność budynku biurowego przez pryzmat określonych parametrów ekonomicznych oraz technicznych (tabela 10).

Tabela 10 Czynniki ekonomicznej opłacalności inwestycji na rynku nieruchomości komercyjnych [7]

Czynniki	Deweloper	Właściciel/inwestor	Najemca/użytkownik
Opłata czynszowa		x	x
Opłata eksploatacyjna		x	x
Koszt mediów		x	x
Jakość (np. udogodnienia)			x
Pustostany		x	
Wartość	x	x	
Ryzyko	x	x	
Nakłady inwestycyjne	x		

Dysponując określonym budżetem, użytkownicy/najemcy będą poszukiwać powierzchni biurowej o najwyższej jakości (Q), przy zakładanym poziomie kosztów najmu (ER) [7], a więc:

$$\rightarrow \max Q; ER = \text{const.} \quad (8)$$

Na efektywny koszt najmu, w często spotykanej na rynku biurowym formule tzw. czynszu potrójnego netto (NNN), składają się trzy składniki [7]:

- czynsz umowny (R) – cena, za jaką właściciel budynku zgadza się udostępnić powierzchnię biurową;
- opłata eksploatacyjna (O) – związana z kosztami funkcjonowania całej nieruchomości (ubezpieczenie, podatek od nieruchomości, koszty zarządzania, utrzymanie części wspólnej, wywóz śmieci), naliczana zwykle proporcjonalnie od najmowanej powierzchni;
- opłata za media (M) – uzależniona od indywidualnego zużycia energii elektrycznej, wody, klimatyzacji, ogrzewania itd.

Z perspektywy obciążeń czynszowych, zakładając wybór pomiędzy powierzchniami biurowymi o tej samej jakości (Q), racjonalny najemca będzie poszukiwał powierzchni o najmniejszym efektywnym czynszu (ER):

$$\rightarrow \min ER; Q = \text{const.} \quad (9)$$

czyli

$$\rightarrow \min (R+O+M); Q = \text{const.} \quad (10)$$

Pozostając na poziomie samej nieruchomości oraz przyjmując założenie o populacji racjonalnych użytkowników, będą oni skłonni ponosić wyższe koszty najmu jedynie wtedy, gdy będą one związane z wyższą w ich ocenie jakością obiektu biurowego. Ponadto każdy użytkownik będzie wybierał w obrębie zbioru opcji zawężonego przez ograniczenia budżetowe.

W przypadku właściciela (inwestora) chodzi o maksymalizację wartości rynkowej nieruchomości (MV), która zależy:

- wprost proporcjonalnie od wysokości dochodu operacyjnego netto (net operating income- NOI),
- odwrotnie proporcjonalnie do wysokości rynkowej stopy kapitalizacji.

Racjonalnemu właścicielowi będzie zależeć na maksymalizacji wartości rynkowej nieruchomości:

$$\rightarrow \max MV = \frac{NOI}{i} \Rightarrow \max \left(\frac{R - V - K}{i} \right) \Rightarrow \max \left(\frac{(1-v) \cdot R - v \cdot (O + M)}{i} \right) \quad (11)$$

gdzie: MV – wartość rynkowa nieruchomości; NOI - dochód operacyjny netto (net operating income); i - wysokości rynkowej stopy kapitalizacyjnej; R – wysokość czynszu netto; V – zaległości czynszowe; K – koszty eksploatacyjne; v – odsetek niewynajętej powierzchni biurowej w budynku; O – opłata eksploatacyjna; M- opłaty za media.

7. Zakończenie

W artykule podjęto próbę analizy złożoności zagadnień związanych z kosztami budynków miejskich. O ich ograniczenie trzeba zadbać już na etapie planowania i projektowania budynku. W artykule przedstawiono w jaki sposób przyjęcie kształtu budynku wpływa na ponoszone koszty. Największy udział w kosztach w cyklu życia budynku stanowią te ponoszone na etapie eksploatacji. W artykule przedstawiono ideę LCC i możliwości wyznaczenia kosztów łącznych związanych z budynkiem. Znaczna część budynków miejskich, to budynki komercyjne, a tutaj należy pamiętać, o dodatkowym problemie, odmiennego postrzegania kosztów przez różne podmioty działające na rynku.

Przedstawione w artykule analizy mogą pomóc we właściwym podejmowaniu decyzji związanych z wyborem rozwiązań budynków miejskich z punktu widzenia ich efektywności kosztowej.

Literatura

- 1 Borkowski P. i inni: Podstawy integracji systemów zarządzania zasobami w obrębie obiektu. Pracownia integracji systemów automatyki budynkowej. Wyd. WNT, 2009.
- 2 Zintegrowane projektowanie energetyczne budynków - przewodnik, wyd. zbiorowe, wrzesień 2009 Publikacja internetowa: www.EcoArchWiki.net lub www.intendesign.com
- 3 Basbagill J., Flager F., Lepech M., Fischer M. Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. *Building and environment* 60 (2013) 81-92.
- 4 Zima K., Plebankiewicz E. Wpływ kształtu budynku na koszty jego realizacji. *Świat Nieruchomości* 2 (2012) 10- 15.
- 5 Belniak S., Leśniak A., Plebankiewicz E., Zima K. The influence of the building shape on the costs of its construction. *Journal of Financial Management of Property and Construction* 18 (1) (2013) 90 –102.
- 6 Koc D. Niskoenergetyczne budownictwo jako element gospodarki niskoemisyjnej w gminach, VI konferencja z cyklu "Inteligentna energia w Polsce" 2013.
- 7 Belniak S., Gluszek M., Zięba M. Budownictwo ekologiczne – aspekty ekonomiczne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- 8 Wyd. zbiorowe. Zielone zamówienia publiczne, Urząd zamówień publicznych, Warszawa 2009; 2012
- 9 Minami K., Whole life appraisal of the repair and improvement work costs of Post Office buildings in Japan. *Construction Management and Economics*. 22 (2004) 311-318.

The direction of activities aiming at decreasing the cost of city buildings' life cycle

Edyta Plebankiewicz

*Institute of Building and Transport Management, Cracow University of Technology,
e-mail: eplebank@izwbit.pk.edu.pl*

Abstract: The article presents a selection of issues connected with the costs of city buildings. It characterises the costs that arise in a life cycle of a building and it concentrates especially on the building maintenance phase. The greatest influence on the shape of the building costs exists on the planning and designing stage. The article includes examples revealing the relationship between the architectural form and the construction costs of a building. It appears that a small increase in the investment expenditures may lead to a significant decrease in energy consumption at the building maintenance stage. A methodology of calculating the costs involved in the life cycle is presented and an analysis of the costs from the point of view of various parties.

Keywords: life cycle of a building, investment expenditures, building shape, energy efficiency

Humanizacja zespołów mieszkaniowych w osiedlach wielkopłytowych

Zbigniew Bać

Politechnika Wrocławska, Wydział Architektury i Urbanistyki, Zakład Projektowania Architektury Mieszkaniowej, e-mail: zbigniew.bac@pwr.edu.pl

Streszczenie: Humanizacja środowiska mieszkaniowego jest działaniem mającym na celu poprawę jakości życia człowieka w jego miejsca zamieszkania poprzez dostosowanie do jego szeroko rozumianych potrzeb w wymiarze społecznym i indywidualnym. Środowiskiem szczególnie wymagającym humanizacji są osiedla wielkopłytowe. Opracowanie przedstawia idee, strategię i warianty przekształceń prowadzących do powstania habitatu.

Słowa kluczowe: humanizacja, środowisko mieszkaniowe, osiedla wielkopłytowe, projektowanie zorientowane na użytkownika

Człowiek odznacza się wieloma unikalnymi zdolnościami, ale w centrum ich wszystkich, u źródła, z którego wyrosła wiedza, leży zdolność do wyciągania wniosków z tego, co widzimy, oraz z tego, co niedostępne, zdolność wędrowania myślą w czasie i przestrzeni oraz rozpoznawania samego siebie w przeszłości i drodze ku teraźniejszości.

JACOB BRONOWSKI

1. Wprowadzenie

Zainteresowanie humanizacją środowisk mieszkalnych, zwłaszcza popularnie zwanych blokowiskami, można zaobserwować się od kilkunastu lat. Zjawisko to szczególnie narasta w krajach, w których liczba osiedli zrealizowanych w jednolitych technologiach wielkiej płyty jest znaczna, a zwłaszcza tam, gdzie nasilają się patologie społeczne, a obraz miasta jest zniekształcony i nieczytelny.

W wielu krajach na świecie problem ten jest rozwiązywany różnymi metodami, od bardzo radykalnych sposobów, tj. wyburzania bloków po zabiegi czysto kosmetyczne. Literatura przedmiotu w tym zakresie jest dość bogata, natomiast skala tego zjawiska jest współcześnie bardzo zróżnicowana. Realizacja przekształceń jest uwarunkowana różnymi czynnikami m.in. stanem zasobów finansowych czy świadomością mieszkańców.

Dlatego też główne założenia ideowe będą polegały na określeniu kierunków poszukiwań na podstawie wybranych przykładów w celu sformułowania różnych postulatów i tendencji na ten temat. Możliwości zbliżenia środowiska do człowieka oraz określone środki, za pomocą których można by przybliżyć człowieka do już istniejącego, często nieprzyjemnego środowiska mieszkalnego, jest przedmiotem niniejszych rozważań.

Świadomość istnienia tych problemów, ich złożoność i skala, występująca nie tylko w kraju, ale również na świecie, utwierdza nas w przekonaniu, że nakreślone zadania będą wstępną próbą sformułowania pytań i odpowiedzi na temat humanizacji istniejącej struktury blokowisk w wymiarze potrzeb społecznych i indywidualnych człowieka, przy włączeniu do współpracy mieszkańców blokowisk, decydentów, polityków, władz samorządowych i lokalnych.

Zróznicowane symptomy powyższych zjawisk można zauważyć w społeczeństwach niemalże całego świata, a często stają się przyczyną konfliktów. Dlatego też zwrócenie uwagi na zagadnienia kształtowania środowiska, w którym żyjemy, na jakość życia mieszkańców stanowi jeden z podstawowych aspektów poszukiwań i studiów projektantów.



Rys. 1. Uliczka mieszkaniowa – Habitat Ypenburg k. Hagi proj. Bureau SLA (2003)

Środowisko miejskie, zwłaszcza mieszkaniowe, charakteryzuje się tym, że ma cały zespół cech niezgodnych z naturą człowieka, dlatego też jednym z najważniejszych procesów kreacyjnych struktury miejskiej jest humanizacja, która polega przede wszystkim na działaniach w mieście zwróconych na człowieka i wartości kulturowe, w odróżnieniu od zabiegów takich jak odbudowa, renowacja, skierowanych na obiekty. Humanizacja przestrzeni mieszkalnej jest działaniem wywołującym wszelką aktywność ludzką, a obok racjonalnych idei i opracowań powinniśmy zabiegać o różnorodne wizje dla triady, jaką tworzą człowiek, przestrzeń, w której żyje i kultura w której się realizuje.

Warto też wspomnieć o aktualnych zagadnieniach dotyczących przekształceń strukturalnych miast ery informacyjnej, szczególnie na tle dynamicznie rozwijającej się technologii przepływu informacji. Współcześnie podkreśla się istotne działania polegające na stosowaniu zintegrowanych metod i badań, które zachodzą w relacjach pomiędzy technologią, a społeczeństwem. Badania te pozwalają na analizę struktur miejskich i mieszkaniowych w jej przestrzeniach fizycznych i wirtualnych, stanowiąc podstawę racjonalnych uogólnień.

Jedną z istotnych cech studiów i przekształceń jest indywidualna interpretacja zjawiska jakim jest humanizacja blokowisk oraz wskazanie różnorodnych kierunków poszukiwań i sposobów realizacji.

Do pełniejszego zrozumienia tego zjawiska, a jednocześnie, aby ustrzec się przed zbyt jednostronną oceną i pobieżnie sformułowanymi wnioskami można zacytować fragment z „Zarysu historii filozofii” Jana Legowicza: „Jednym z istotnych zjawisk towarzyszących w perspektywie historycznej rozwojowi myśli filozoficznej jest, między innymi, proces wyzwalań się rozumu i myśli ludzkiej z wpływów i więzów nakładanych umysłowi przez czynniki pozarozumowe, np. na uracjonalnionych współczesnych fikcjach, konwencjach społeczno- ideowych i przestrzennych”.

2. Ogólne założenia humanizacji środowiska mieszkaniowego

Humanizacja środowiska mieszkaniowego jest wielokierunkowym działaniem prowadzącym ku przekształceniu przestrzeni życia człowieka w taki sposób, aby spełniała ona szeroko rozumiane potrzeby mieszkańców. Jak wskazują badania, oddziaływanie środowiska przestrzennego odgrywa istotną rolę w kształtowaniu postaw społecznych, zawiązywa-

niu więzi międzyludzkich i jest ważnym czynnikiem wpływającym na ogólną jakość życia. Dlatego też humanizacja powinna stanowić nadrzędny cel wszelkiej aktywności związanej z organizacją przestrzeni.

Należy stwierdzić, że współczesna cywilizacja często zawodzi w tym względzie, a jej produktem są niejednokrotnie przestrzenie w dużym stopniu zdehumanizowane. Ramy niniejszego opracowania pozwalają jedynie na zasygnalizowanie złożonych przyczyn tego zjawiska.

Podstawowym czynnikiem dehumanizacji jest niewłaściwa hierarchia wartości określających decyzje projektowe, w której człowiek i jego zróżnicowane potrzeby nie stanowią głównego celu organizacji przestrzeni.

W architektoniczno-urbanistycznej utopii miasta funkcjonalnego, będącej pośrednio przyczyną powstania blokowisk, człowiek został zastąpiony teoretycznym konstruktem, co przyniosło rezultaty w postaci monotonii przestrzennej i funkcjonalnej, unifikacji oraz braku ludzkiej skali zespołów mieszkaniowych.

Współcześnie problem przestrzeni zbudowanej sprowadzany nierzadko jest do kategorii czysto inwestycyjnych. Traktowanie wskaźników ekonomicznych jako jedynych wyznaczników projektowania prowadzi do dehumanizacji środowiska mieszkaniowego. W miejsce człowieka stawia się także oryginalność formalną, estetykę, infrastrukturę techniczną i inne zastępcze wartości.



Rys. 2. Habitat w zabudowie wielorodzinnej - ciągi komunikacyjne jako przestrzenie prospołeczne Homes for Change – Manchester (2000) proj. Mills Beaumont Leavey Channon

Czynniki dehumanizujące powiązane są również ze zjawiskami rozpoznawalnymi w skali dużych obszarów zurbanizowanych, których podłożem są procesy społecznoekonomiczne i brak skutecznych narzędzi planistycznych. Do takich należą gwałtowny i niekontrolowany rozrost połowicznie zurbanizowanych obszarów podmiejskich (tzw. rozlew miasta - *urban sprawl*) oraz depopulacja i degradacja centrów miejskich („kurczące się miasta” - *shrinking cities*). Zjawiska te skutkują obniżeniem standardu przestrzeni zbudowanej i pozbawieniem jej istotnych elementów jak usługi i przestrzeń publiczna a także zanikiem więzi społecznych.

Humanizacja środowiska mieszkaniowego powinna koncentrować się na kreowaniu rozwiązań przestrzennych adekwatnych do zindywidualizowanych potrzeb z naciskiem na stwarzanie warunków do zaistnienia społecznej interakcji. Organizacja środowiska zbudowanego powinna podkreślać społeczny wymiar architektury i urbanistyki, budować wspólnotę w oparciu o przestrzenie publiczne i półpubliczne w skali miasta i zespołu mieszkaniowego.

3. Habitat - konceptualizacja środowiska mieszkaniowego

Celem humanizacji jest stworzenie habitatu – modelowego środowiska mieszkaniowego człowieka. Pojęcie to, zastosowane w analogii do nauk przyrodniczych, oznacza środowisko, w którym osobniki danego gatunku znajdują najdogodniejsze warunki do życia. Formuła habitatu nie określa formy przestrzennej ani innych fizycznych wyróżników zespołu, a jedynie podstawowe założenia stawiające w centrum rozwój człowieka w wymiarze indywidualnym i społecznym.



Rys. 3. Zróżnicowane habitaty w zespole Ballerup k. Kopenhagi (Bo i By)

Charakterystyka habitatu :

1. Warunkiem sine qua non zaistnienia habitatu jest więź sąsiedzka. Dlatego, w oparciu o badania socjologiczne określa się graniczne wielkości grupy sąsiedzkiej (od 3 do 150 rodzin, nie więcej niż 550 mieszkańców). „W habitacie dzieci znają się doskonale, a rodzice mówią sobie po imieniu.”
2. Habitat tworzy określoną społeczność w konkretnym środowisku przestrzennym. Rozwiązania przestrzenne powinny być indywidualne, dopasowane do specyficznych potrzeb, upodobań i profilu danej grupy mieszkańców. Zindywidualizowana architektura i układ założenia sprzyjają budowaniu identyfikacji zespołu i wytworzeniu genius loci.
3. Przestrzeń w habitacie posiada funkcję integrującą społeczność lokalną, wyodrębnione są przestrzenie i urządzenia o charakterze wspólnotowym, użytkowane i utrzymywane przez wszystkich mieszkańców.

4. Habitat stanowi wielofunkcyjne środowisko życia człowieka, dlatego stosownie do charakterystyki i potrzeb lokalnej społeczności, funkcji mieszkalnej może towarzyszyć funkcja pracy.

4. Humanizacja blokowisk. Strategia, założenia ideowe.

Przedstawione różnorodne poszukiwania ideowe humanizacji osiedli są próbą wskazania kierunków poprawy środowiska mieszkaniowego z jednoczesnym zwróceniem uwagi na sposoby klasyfikacji jego użytkowania w przyszłości.

W badaniach nad humanizacją zespołów wielkopłytowych sformułowano 4 grupy problemów:

- strategia, filozofia, założenia ideowe humanizacji blokowisk,
- humanizacja blokowisk - przekształcenia urbanistyczne i społeczne w skali zespołu mieszkaniowego,
- humanizacja blokowisk - przekształcenia architektoniczne w skali bloku i mieszkania,
- humanizacja blokowisk - nowa jakość, detal, technologia realizacji wniosków.

Ze względu na założenia celowe wydaje się zwrócić uwagę na zestaw problemów, które można podzielić na dwie kategorie:

- problemy ogólne znane - postrzegane - łatwe do sformułowania,
- problemy ukryte - ujawnione po wnikliwej analizie — z reguły trudne i złożone.

Pomiędzy blokowiskami nie można stawiać znaku równości, wobec czego forma i stopień przekształceń powinny być różne dla różnych skupisk ludności przy uwzględnieniu różnorodnych cech samej zabudowy, takich jak: stopień koncentracji, powiązanie z tkanką miejską, wysokość zabudowy, stan techniczny itp. Należy pamiętać, że blokowiska to wady i zalety, a przekształcenia to świadoma próba znalezienia przewagi zalet nad wadami.

Strategia ogólna: podział blokowisk ze względu na powiązanie z miastem - strefowanie:

- A. Bliskie
- B. Dalsze
- C. Wyłączone enklawy - stacje przesiadkowe - miejsce pobytu czasowego przed wyborem następnego (może to być związane z poszukiwaniem pracy lub chęcią poprawy standardu życiowego).

Humanizacja to przystosowanie blokowisk do naturalnych potrzeb człowieka. Eliminacja blokowisk nie będzie humanizacją, lecz jedynie próbą powrotu do stanu poprzedniego i jako rozwiązanie skrajne dotyczyć może blokowisk o cechach predysponujących je do takich działań. Wobec tego humanizacja blokowisk oznacza przekształcenia istniejących zespołów.

Przekształcenie może objąć swym zasięgiem całe osiedle lub jedynie niektóre z jego części składowych. Może być całkowite, inicjowane z zewnątrz, przy współdziałaniu mieszkańców, lub częściowe, wynikające z inicjatywy samych mieszkańców, przy aprobachie decydentów. Przekształcenie blokowiska może objąć:

- przekształcenia przestrzenne,
 - rozwiązanie problemu samochodu w blokowisku
 - humanizacja jednostek fragmentaryczna,
 - totalna eliminacja,
 - humanizacja blokowiska do poziomu horyzontu człowieka.
- przekształcenie społeczne:
 - uaktywnienie społeczności przez wprowadzenie lidera stymulującego kierunki zmian,
 - wyodrębnienie podgrup - habitatów.

- przekształcenia organizacyjne:
 - wykorzystanie różnych kondygnacji na funkcje niemieszkalne, uaktywniające strefowanie pionowe funkcji.
- wymuszenie mobilności przez:
 - zróżnicowane wartości mieszkań, a co za tym idzie — zmiana dotychczasowych struktur własności,
 - jednocześnie określenie właściciela terenu, bloku, mieszkania.

Może nim być miasto, spółdzielnia (autentyczna) lub prywatny właściciel.

5. Typy przekształceń, strategia dynamizacji, stabilizacji i ograniczonej interwencji zespołów mieszkaniowych

Na podstawie analizy miast i powiązań funkcjonalno-przestrzennych blokowisk z centrum wyodrębniono trzy typy przekształceń.

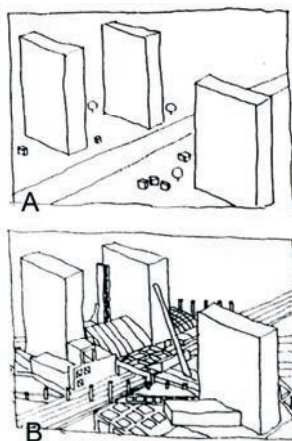
A. Dynamizacja blokowisk

Nadarzające się do dynamizacji blokowiska powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- usytuowanie na sprawnej i szybkiej komunikacji miejskiej
- bliskość centrum.

Jednostki te są przeznaczone dla ludzi przedsiębiorczych i aktywnych, wymagających bliskości centrum, miejsc atrakcyjnego wypoczynku, kosztem obniżonego standardu mieszkań. Działania dynamizujące to:

- wielopoziomowa struktura parkingów, usług i rekreacji, powiązana bezpośrednio z szybką komunikacją miejską z zagęszczoną tkanką miejską, biura, usługi, miejsca pracy, urządzenia aktywnej rozrywki, korty tenisowe, baseny, zagęszczenie struktury mieszkań: hotele, domy studenckie, małe mieszkania

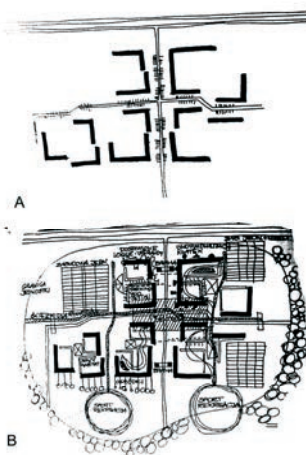


Rys. 4 Przekształcenia dynamizujące blokowiska – A: stan istniejący, B: stan projektowany

B. Stabilizacja blokowisk

Blokowiska nadające się do stabilizacji:

- osiedla usytuowane z dala od miasta,
- gorzej skomunikowane z centrum miasta,
- nie zajmujące cennych terenów miejskich.



Rys. 5. Przekształcenia stabilizujące – A: stan istniejący, B-stan projektowany

Blokowiska te są przeznaczone dla rodzin, które znajdują w nich korzystne warunki do życia. Działania stabilizujące:

- wyodrębnienie z dużych blokowisk miejskich zespołów - o określonej liczebności mieszkańców - HABITATÓW,
- wprowadzenie zabudowy jednorodzinnej w zespołach mieszkaniowych w celu poprawienia skali zabudowy, poprawa komunikacji pieszej, rowerowej i samochodowej (parkingi podziemne, ścieżki rowerowe),
- określenie miejsc rekreacji i sportu,
- tworzenie centrum ogniskowej o (ryнку), mającego na celu identyfikację mieszkańców ze swoim miejscem zamieszkania na poziomie osiedli.



Rys. 6. Przekształcenia stabilizujące – widok przestrzeni społecznej

Celowi temu może służyć parcelacja terenów ogólnych na prywatne ogródki, wzbogacenie zieleni, tworzenie placów zabaw, określenie terytorium zespołu mieszkaniowego - rozgęszczenie przez zmianę struktury mieszkań oraz przeznaczenie najniższych kondygnacji na funkcje niemieszkalne (kluby, miejsca spotkań, miejsca pracy nieuciążliwej - rzemiosło, usługi).

C. Ograniczona interwencja - stacja przesiadkowa

Są to zespoły mieszkaniowe nie posiadające cech dwóch typów poprzednich i zajmujące jednocześnie cenne tereny miejskie, które w przyszłości powinny być wykorzystane na inne cele. Są one przeznaczonej dla ludności napływowej, która znajduje w niej czasowe miejsce zamieszkania.

Zespoły te skazane są na śmierć techniczną, a ograniczona interwencja powinna uwzględniać zasady minimalnych nakładów i polegać jedynie na uzupełnieniach zieleni i małej architektury.

6. Wnioski

Zamierzeniem autora były wypowiedzi uogólniające bez próby tworzenia gotowych zbiorów użytecznych do rozwiązywania problemów, jakie tworzy triada: człowiek, przestrzeń i kultura, gdyż jest to zagadnienie otwarte, uzależnione od indywidualnych i złożonych warunków przestrzenno-funkcjonalnych i organizacyjnych.

Podsumowując, wnioski i refleksje, wynikające z różnych poglądów i idei na sposób zamieszkiwania w zespołach i osiedlach oraz ich działania integrujące, powodują konieczność ich przeformułowania i przewartościowania, w poszukiwaniu nowych relacji człowieka ze środowiskiem mieszkaniowym i kulturowym.

Literatura:

- 1 Bać Z.: Humanizacja zespołów mieszkaniowych. Habitat 93, Wrocław] 994, Wyd. PWr (praca zbiorowa).
- 2 Bać Z.: Habitat - Filozofia kształtowania przestrzeni. Poznań 1996, Wyd. Nauk.
- 3 Bać Z.: Humanizacja środowiska miejskiego a kultura. PAN Oddz. Wrocław, 50 lat Arch. i Urb. w PAN, Wrocław 2002.
- 4 Bać Z.: Habitat III fali — Expo 2010 - Wrocław 2003. Oficyna Wydawnicza Pwr, Wrocław 2003.
- 5 Bańka A.: Behawioralne podstawy projektowania architektonicznego. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1984.
- 6 Bell P.A., Greene C., Fisher J.D., Baum A.: Psychologia środowiska. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2004.
- 7 Borowik I.: Blokowska - Miejski HABITAT w oglądzie socjologicznym. Wydział Nauk Społecznych, Wrocław 2003.
- 8 Bronowski J.: Potęgą wyobraźni, Warszawa 1988.
- 9 Gądek Z.: Architektura miejsca. Oficyna Wydawnicza AGES, Kraków 1996.
- 10 Jones T. i inni: Good Neighbors: Affordable Family Housing, Melbourne 1997.
- 11 Król-Bać E.: Fizjofizyczne przestanki projektowania. Oficyna Wydawnicza Wrocław 1993.
- 12 Misiak W.: Jakość życia w osiedlach miejskich. Wrocław 1993.
- 13 Radziewanowski Z.: O niektórych problemach regionalizmu i ekologii w architekturze i urbanistyce. Wydawnictwo PK, Kraków 2005.
- 14 Toffler A.: Trzecia fala. Warszawa, PIW 1997.
- 15 Zimbardo P.: Psychologia i życie. Wydawnictwo Naukowe PAN, Warszawa 2002.

Humanization of housing settlements in slabs housing

Zbigniew Bać

Wrocław University of Technology, Faculty of Architecture, Department of Housing Architecture e-mail: zbigniew.bac@pwr.edu.pl

Abstract: The humanisation of housing environment is aimed at improvement of human life quality in his or her place of dwelling by adjusting it to individual and social needs. The environment which strongly requires humanisation are "large concrete slabs" estates .

The main goal of this paper is to report on ideas, strategies and transformation variants leading to creation of habitat.

Keywords: architecture humanization, housing environment, slabs housing, user-centered design

Współczesne osiedla miejskie powstające we współpracy z deweloperami i ich cechy wynikające ze współczesnej obyczajowości, stosunków własnościowych i przepisów prawa – m.in wygradzanie przestrzeni. Refleksja teoretyczna i praktyczna

Ewa Kuryłowicz¹, Maria Saloni-Sadowska²

¹ Wydział Architektury, Politechnika Warszawska, Kuryłowicz & Associates sp z o.o.,
e-mail: ewa.kurylowicz@apaka.com.pl

² Kuryłowicz&Associates Sp. z o.o., Warszawa, e-mail: maria.saloni@apaka.com.pl

Streszczenie: Architektura mieszkaniowa jest architekturą bardzo wrażliwą i wymagającą, jednocześnie pozornie mało efektowną. 25 lat, które minęły od transformacji ustrojowej w Polsce pozwala na spojrzenie z dystansu na zjawiska, które mają wpływ na kształtowanie współczesnych form mieszkalnictwa w miastach. W niniejszym tekście spróbujemy zrobić to na przykładzie Warszawy i projektowanych przez pracownię Kuryłowicz & Associates sp z o.o. zespołów mieszkaniowych, na tle ogólnej refleksji dotyczącej uwarunkowań ich powstawania. Osiedla, które będą omówione, m.in. Eko Park (2002-2014), Marina Mokotów (2003-2006), Nowe Powiśle (2006-2010), pojawiły się na fali najwyższego rozwoju budownictwa mieszkaniowego w stolicy. W przypadku tych realizacji byliśmy autorami zarówno planów zagospodarowania osiedla jak i projektantami poszczególnych, choć nie zawsze wszystkich, budynków mieszkalnych. Na przestrzeni piętnastu lat mogliśmy więc obserwować ewolucję założeń projektu urbanistycznego, powstawanie projektów budynków, etapową realizację, a w końcu funkcjonowanie zakończonych już osiedli, w kontekście społecznym, ekonomicznym i prawnym. Nasze doświadczenia dowodzą, iż dobrze sformułowane warunki planistyczne oraz prawidłowo wyznaczona intensywność projektowanej zabudowy są kluczowe dla tworzenia ładu przestrzennego zespołów zabudowy mieszkaniowej w układzie miasta. Klarowność i jednoznaczność tych zapisów sprzyja też dobremu porozumieniu pomiędzy architektem a Inwestorem. W sytuacji braku innego monitoringu społecznych efektów powstającej zabudowy mieszkaniowej - systemowość jej uwarunkowań mierzona jakością projektu sporządzonego przez dobrze wykształconego architekta, połączona z wrażliwością społeczną i dewelopera i racjonalnie działających władz samorządowych, mają znaczenie kluczowe.

Słowa kluczowe: miasto, osiedle mieszkaniowe, transformacja ustrojowa, architektura, jakość, wartości społeczne

1. Wprowadzenie

Zawód architekta jest zawodem zaufania publicznego i polem bardzo wielu konfliktów wynikających z faktu, iż wykonujemy usługi na podstawie konkretnych zleceń, nie tracąc jednak nigdy z pola widzenia dobra ogólnego. Współpracując z konkretnym klientem czasem musimy powstrzymywać go, celem wspólnego przestrzegania przepisów legislacyjnych. Skuteczność naszych przewidywań uwidocznionych w projekcie zależy czasem od

tego, na ile umiemy się klientowi przeciwstawić. Jednocześnie wysoki stopień tego nieporozumienia jest zawsze naszą klęską, ponieważ najwyraźniej nie umiemy do swoich racji odpowiednio go przekonać. Architektura mieszkaniowa jest architekturą bardzo wrażliwą i wymagającą, jednocześnie pozornie mało efektowną. Nie ma tu miejsca na kuszące przestrzenie komunikacyjne budujące często charakterystykę wielu obiektów użyteczności publicznej – rozrzeźbione schody czy dekoracyjne windy; nie ma możliwości do sięgnięcia po środki oparte na artykulacji dużych przestrzeni dających możliwość różnicowania skal, monumentalność czy symbolikę rozwiązań. To jest architektura, która musi być szczerą, bez pretensji, której logika opiera się na związkach z przestrzenią, jakie ludzie mają intuicyjnie, a jednocześnie musi uciekać od banału. Potrzeba schronienia i bezpieczeństwa plasuje się wysoko w piramidzie Masłowa. Architektura mieszkaniowa na te potrzeby odpowiada bodaj najszybciej ze wszystkich typów budynków jakie stworzyliśmy na Ziemi.

25 lat, które minęły od transformacji ustrojowej w Polsce pozwala na spojrzenie z dystansu na zjawiska, które mają wpływ na kształtowanie współczesnych form mieszkalnictwa w miastach. W niniejszym tekście spróbujemy zrobić to na przykładzie Warszawy. Stolica zbiera jak w soczewce problemy występujące również w innych miastach, choć z inną intensywnością. Miasta polskie przed 1989 rokiem odpowiadały modelowi miasta socjalistycznego [1], dla którego charakterystyczne były: dominacja zatrudnienia w przemyśle i ruralizacja związana z napływem ludności wiejskiej. Osiedla mieszkaniowe, monotonne i jednakowe w swojej architekturze, zamieszkiwało stosunkowo homogeniczne społeczeństwo; przy braku swobody osiedlania (kontrola meldunkowa) dawało to niejednokrotnie jednozawodową strukturę społeczną bądź przypadkowo wymieszaną – indywidualne preferencje lokalizacyjne i jakościowe nie odgrywały roli przy wyborze miejsca zamieszkania, którego praktycznie rzecz biorąc - nie było. Przestrzenie miast były zagospodarowywane w sposób ekstensywny - renta gruntowa była bowiem ignorowana podobnie jak wszelkiego rodzaju problemy środowiskowe. Nadmierne zideologizowanie estetyki architektury w okresie socrealizmu spowodowało jej lekceważenie w kolejnych latach PRL – architektura prefabrykowanych osiedli nie budziła protestów - była nijaka, ale przynajmniej nie była nachalnie i męcząco symboliczna jak sztandarowe osiedla lat 50-tych.

Po zmianach roku 1989 obszary metropolitalne, w tym Warszawa, zostały dotknięte dużym deficytem mieszkaniowym związanym też z pojawieniem się drugiej fali powojennego wyżu demograficznego. Jak pisze M. Smętkowski [2] duży popyt spowodował nie tylko wzrost podaży lecz także zróżnicowanie standardu lokali – segmentację rynku. Trzy podstawowe kategorie, które się pojawiły to apartamenty, mieszkania o podwyższonym standardzie oraz mieszkania popularne. W latach 2006-07 nastąpił szybki wzrost pozwoleń na budowę. W roku 2010 na terenie Warszawy i okolic trwała budowa ok. 240 nowych projektów, dających w efekcie ok 45 tys. nowych mieszkań, co miało stanowić ok. 6% lokali istniejących w tym czasie w granicach miasta [3]. Osiedla, które będą omówione w niniejszym tekście m.in. EKO Park(2002-2014), Marina Mokotów (2003-06), pojawiły się na fali najwyższego rozwoju budownictwa mieszkaniowego w stolicy.

Lata 2010-2013 stanowiły zauważalny regres wywołany ogólnoswiatowym kryzysem bankowym, obecnie sytuacja nieco się poprawia. Mieszkania w ofercie popularnej przeważają, związane są z systemami finansowego wspierania młodych (MdM). W ramach tendencji uzyskiwania zwartości miasta uzupełnia się zabudowę śródmiejską o mieszkania z segmentu najczęściej apartamentowego, co sprzyja być może procesowi gentryfikacji, ale też powoduje pożądane zróżnicowanie społeczne, odwracające gettoizację różnych fragmentów Miasta. Wydaje się, że nadmiar gospodarki planowanej centralnie do r. 1989 spowodował, po jego przełomie, kolejne ekstremum, tym razem w strukturze realizowanych

mieszkań. O ile po okresie socrealizmu nastąpiła indyferentność estetyczna w obszarze rozwiązań architektonicznych dla budownictwa mieszkaniowego – pogodzone się z losem, iż jakoś w tej mierze należy złożyć na ołtarzu ilości i zaspokojenia potrzeb w sytuacji drastycznych niedoborów mieszkaniowych, o tyle obecnie kształtowanie struktury powstających osiedli z mieszkaniem projektowanymi pod kątem granicznej zdolności kredytowej inwestujących nabywców, spowodować może powstawanie zabudowy substandardowej w kategoriach społecznych, choć o bardziej efektownych zewnętrznych rozwiązaniach architektonicznych. Obecny sposób gospodarowania przestrzenią władz miasta nie sprzyja monitorowaniu jakości zespołów mieszkaniowych. Ich rozwiązania są pochodną umiejętności i świadomości i inwestorów i projektantów – a z tym bywa różnie, bowiem różne są tak priorytety jak i możliwości.

2. Wstęp

Pracownia Kuryłowicz&Associates sp. z o.o projektuje zabudowę mieszkaniową od 1998 roku, a więc w czasie najbardziej dynamicznych przemian. W tym okresie zaprojektowaliśmy kilkadziesiąt domów i osiedli, z których większość została zrealizowana. W naszym dorobku znajdują się wieloetapowe osiedla zlokalizowane na działkach o wielkości dochodzącej do kilkudziesięciu hektarów. W przypadku tych największych realizacji byliśmy autorami zarówno planów zagospodarowania osiedla jak i projektantami poszczególnych, choć nie zawsze wszystkich, budynków mieszkalnych. Na przestrzeni piętnastu lat mogliśmy więc obserwować ewolucję założeń projektu urbanistycznego, powstawanie projektów budynków, etapową realizację, a w końcu funkcjonowanie zakończonych już osiedli. W niniejszym opracowaniu przedstawiamy przykłady 4 zrealizowanych i zamieszkałych od kilku lat osiedli mieszkaniowych.

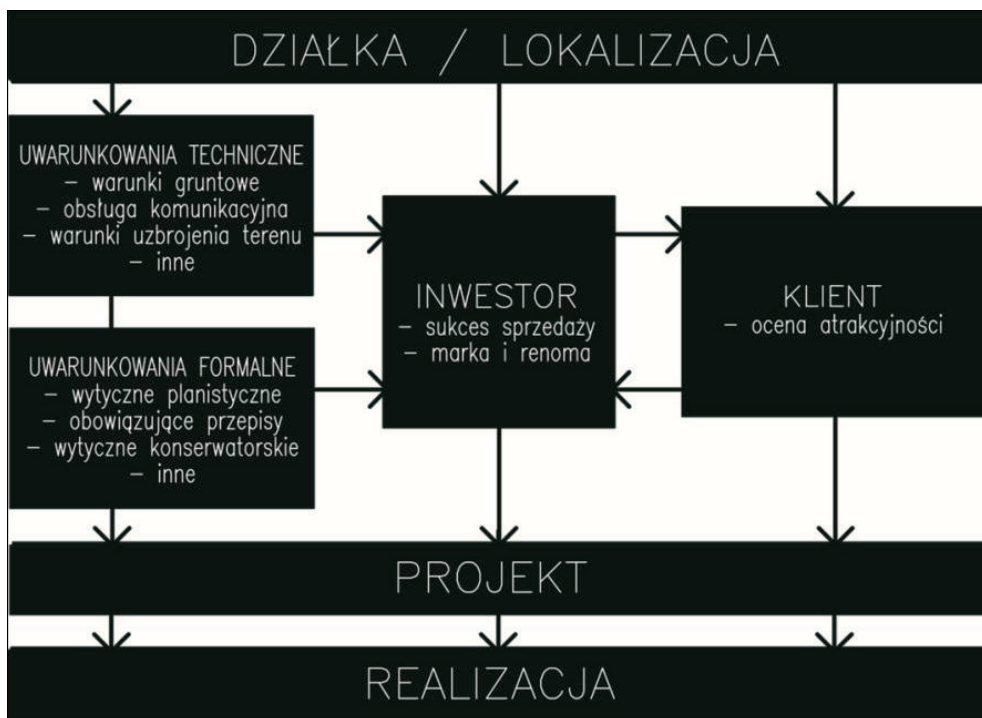
Tabela 1. Osiedla Mieszkaniowe zrealizowane na podstawie projektów Kuryłowicz&Associates – dane podstawowe

Lp.	Nazwa Osiedla	Wielkość terenu	Pow. całkowita nadziemna (m ²)	Data realizacji
1	EKO PARK	18,5 ha	270 047	1999-2013
2	MARINA MOKOTÓW	21,5 ha	189 860	2003-2006
3	OSTOJA WILANÓW	17,4 ha	237 300	2008-do dziś
4	NOWE POWIŚLE	1,45 ha	41 050	2007 -2009

3. Czynniki kształtujące osiedla mieszkaniowe

Przystępując do analizy projektu i realizacji osiedla mieszkaniowego należy zdawać sobie sprawę, że jego ostateczny kształt jest zależny od bardzo wielu czynników. Duże osiedle mieszkaniowe należy rozpatrywać w kategoriach przestrzeni miejskiej wraz z całą złożonością zagadnień, które wpływają na jego tworzenie i funkcjonowanie. Dotyczy to skali i intensywności zabudowy, układu terenów otwartych, powiązań z otaczającą zabudową i układem drogowym oraz różnorodnych zagadnień społecznych. Wizja architekta – urbanisty jest tylko jednym z takich czynników.

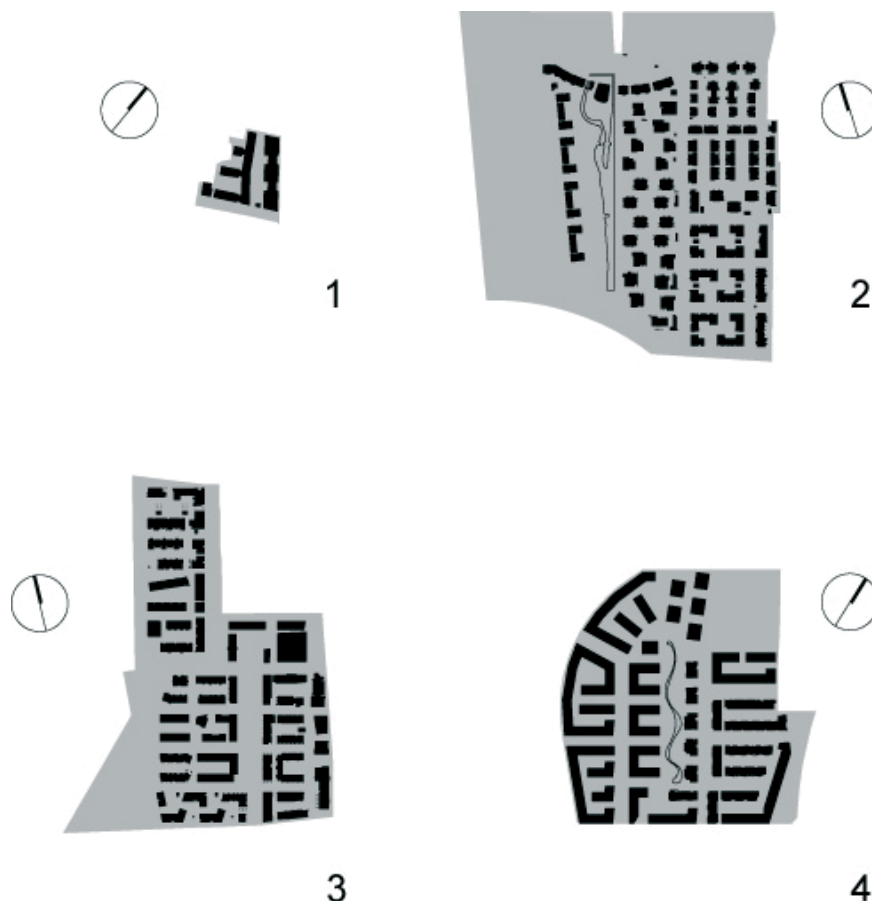
Schemat zależności pomiędzy czynnikami wpływającymi na kształtowanie zespołu zabudowy mieszkaniowej obrazuje poniższy schemat.



Rys. 1. Czynniki wpływające na kształt osiedla mieszkaniowego

W centralnym punkcie tego schematu znajduje się inwestor. W warunkach inwestowania w Warszawie to jego wola i zdolność do sfinansowania przedsięwzięcia rozpoczynają wszelkie działania prowadzące do powstania osiedla. W przypadku prywatnych deweloperów oczekiwania te są kształtowane głównie przez uwarunkowania ekonomiczne. Jednak istotny jest również dla nich prestiż i budowanie wizerunku marki. Deweloper odpowiada na potrzeby rynku, a równocześnie sposób postrzegania dewelopera przez klientów kształtuje jego oczekiwania. Analiza celów dewelopera oraz oczekiwań klientów prowadzi do wyboru działki – lokalizacji, w której osiedle ma powstać. Lokalizacja zaś niesie za sobą uwarunkowania techniczne, planistyczne i rynkowe, wpływające na rodzaj, kształt i standard zabudowy. Wszystkie te racjonalne uwarunkowania są na pewno pierwszoplanowe, nie należy jednak zapominać o pewnym pierwiastku niejasnych i nie zawsze artykułowanych i uświadamianych motywów, które są charakterystyczne dla wszystkich ludzkich działań. Czynniki takie jak: kaprys, wrażliwość społeczna czy duma mogą również wpływać na decyzje i deweloperów i urzędników. Owa wrażliwość społeczna - podatność na argumentację projektanta jest tu niezwykle istotnym czynnikiem w sytuacji braku rozwiązań systemowych, o czym pisałyśmy wyżej.

Przystępując do projektowania osiedla mieszkaniowego architekt analizuje więc zarówno oczekiwania jak i uwarunkowania. Stara się zrealizować przestrzeń mieszkaniową odpowiadającą oczekiwaniom i wytycznym, a jednocześnie stworzyć przyjazne środowisko mieszkaniowe posiadające wysokie walory użytkowe i estetyczne. Mieszkańcy zaś przejmując przestrzeń już zrealizowanego osiedla użytkują i przekształcają ją we własny sposób. Przestrzeń osiedla, ukształtowana przez opisane czynniki podlega więc ciągłym modyfikacjom.



Rys. 2. Schematy omawianych osiedli – porównanie skali zabudowy: 1 – Nowe Powiśle, 2- Marina Mokotów, 3 – Eko Park, 4-Ostoja Wilanów

3.1. Typ dewelopera

Przy projektowaniu osiedli mieszkaniowych spotkaliśmy się z różnymi a typami deweloperów. Pierwszym Inwestorem z którym podjęliśmy współpracę przy projektowaniu wieloetapowego osiedla mieszkaniowego była spółka Eko Park. Prace nad osiedlem rozpoczęliśmy w roku 1998. Spotkaliśmy wtedy założycieli firmy – grupę prywatnych inwestorów, którzy kupili w centrum Warszawy piękną, zieloną działkę o powierzchni ponad 18 ha. Ich ideą było stworzenie w Warszawie osiedla wyjątkowego. Ta wyjątkowość miała polegać nie na widocznym luksusie, ale na zaoferowaniu klientom wysokiej jakości przestrzeni mieszkaniowej poprzez stworzenie osiedla przyjaznego, zapewniającego mieszkańcom codzienny kontakt z zielenią. Wzorem dla Inwestora były nowoczesne realizacje mieszkaniowe niemieckie i francuskie – „zatopione w zieleni” wspólnoty sąsiedzkie o niewielkiej skali. Ten sposób myślenia był w tym czasie zupełnie nowy dla polskich deweloperów. Z wielką radością podjęliśmy się współpracy przy tworzeniu osiedla. Ta współpraca opierała się na długich, bezpośrednich rozmowach, wspólnym analizowaniu przykładów i poszukiwaniu rozwiązań. Taką współpracę przy realizacji kolejnych kwartałów kontynuowaliśmy przez kolejnych piętnaście lat.

W przeciwieństwie do Eko Parku projektowanie osiedla Marina Mokotów, osiedla o powierzchni 21 ha, trwało tylko 3 lata. Inny też był typ Inwestora, dla którego projekt został przygotowany. Jeden z największych polskich deweloperów firma Dom Development w swych działaniach opierała się na precyzyjnej analizie rynku, świetnej strategii marketingowej i doskonałej organizacji wieloosobowego zespołu osób odpowiedzialnych za sprawne przygotowanie i realizację projektu. I choć w tej współpracy brakowało, być może, miejsca na partnerską dyskusję, to musimy przyznać, że decyzje podejmowane przez tego Inwestora były, na różnych płaszczyznach, bardzo trafne. Świadczy o tym nie tylko ogromny sukces rynkowy osiedla, ale również unikalny charakter jego architektury, który udało się nam osiągnąć.

Ciekawym doświadczeniem była dla nas współpraca z deweloperami zagranicznymi, którą rozpoczęliśmy w drugiej połowie lat 2000. Dla irlandzkiej firmy Menolly zaprojektowaliśmy osiedle Nowe Powiśle, a dla hiszpańskiej Fadessy - Ostoję Wilanów. Działalność deweloperów zagranicznych w Polsce była związana bezpośrednio z aktualnymi, dla tego czasu, warunkami ekonomicznymi i okazała się bardzo podatna na zjawiska rynkowe w skali ogólnoświatowej. Większość z nich nie funkcjonuje już na naszym rynku lub została przekształcona w firmy polskie, które kontynuują rozpoczęte inwestycje. Dla nas jednak kontakt z deweloperami zagranicznymi był ciekawym doświadczeniem, wartościowym ze względu na wymianę doświadczeń i odmienność spojrzenia inwestorów zagranicznych na rozwój zabudowy mieszkaniowej w Polsce.

3.2. Lokalizacja

Można powiedzieć, że tereny planowanych osiedli były piękne – tu mieliśmy szczęście. Duże obszary mieszkaniowe w obrębie samej Warszawy, siłą rzeczy powstają na terenach, które podlegają przekształceniu z obszarów o innych funkcjach. Dwa z naszych osiedli: Eko Park i Marina Mokotów powstały na terenach dawnych gospodarstw ogrodniczych, położonych w centralnych lokalizacjach, co było charakterystyczną cechą ekstensywnego, woluntarystycznego wykorzystania przestrzeni miasta w okresie PRL. Do lat osiemdziesiątych były one użytkowane przez Miejskie Przedsiębiorstwo Robót Ogrodniczych i stanowiły zaplecze hodowlane na potrzeby zieleni miejskiej. W chwili rozpoczęcia naszych projektów działki te były nieużytkowane już od kilkunastu lat. Były porośnięte dziczącą zielenią, na swój sposób urokliwe, ale też niebezpieczne, wskutek braku zagospodarowania i dozoru. Dodatkowym atutem tych lokalizacji było sąsiedztwo terenów parkowych. Niestety ze względu na dawny sposób użytkowania, działki te nie miały wykształconych naturalnych powiązań z infrastrukturą miasta. Występowały za to czynniki, które dodatkowo te powiązania utrudniały, lub wręcz uniemożliwiały. Tak jak w przypadku Mariny: zabytkowy wał dziewiętnastowiecznego fortu i chroniona aleja lipowa oddzielające działkę od głównych ulic dojazdowych. W tej sytuacji poszukiwanie powiązania z miastem stało się najtrudniejszym zadaniem projektowym przy tego typu lokalizacji. Dodatkowym problemem, związanym z lokalizacją, był naturalny konflikt społeczny pomiędzy mieszkańcami nowych osiedli a sąsiadami. Już realizacja obu osiedli wzbudziła duże emocje. Okoliczni mieszkańcy byli bowiem przyzwyczajeni, że dziczące działki były traktowane jako przedłużenie otaczających terenów spacerowych. W różnym nasileniu powstałe w ten sposób konflikty trwają niestety do dziś.

Całkowicie odmienna jest lokalizacja osiedla mieszkaniowego Ostoja Wilanów. Jest ono częścią Miasteczka Wilanów - nowej dzielnicy mieszkaniowej, budowanej od 2001 roku, na południowych obrzeżach Warszawy, w sąsiedztwie zabytkowego Pałacu i Parku Wilanowskiego. Dzielnica jest realizowana na obszarze 169 ha na podstawie planu miej-

scowego, opracowanego na bazie szczegółowej koncepcji urbanistycznej, co w Warszawie jest wyjątkowe. Tereny inwestycyjne powstały poprzez przekształcenie terenów rolniczych należących kiedyś do Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Nowa dzielnica mieszkaniowa jest naturalnym przedłużeniem istniejącej zabudowy mieszkaniowej tej części miasta. Działka, na której zaprojektowaliśmy osiedle Ostoja wyróżniała się od pozostałych terenów Miasteczka relatywnie dużą ilością istniejącej zieleni, jaka stała się osią kompozycyjną naszego projektu. Realizacja osiedla w ramach nowej dzielnicy rodzi problemy i konflikty w szerokiej skali miasta. Wynikają one przede wszystkim z nierównomiernego rozwoju poszczególnych funkcji w obrębie Miasteczka. Zabudowa mieszkaniowa powstaje relatywnie szybko, inwestowanie w infrastrukturę i funkcje towarzyszące przebiega zbyt wolno. Plan zagospodarowania przewiduje na terenie osiedla lokalizację funkcji usługowych w pełni zaspokajających potrzeby mieszkańców. W dotychczasowych realizacjach rzeczywistość różni się jednak z zamierzeniami. Inwestorzy nie są zainteresowani budową obiektów usługowych, a zwłaszcza oświatowych. W tym wypadku problemy dzielnicy muszą być rozwiązywane w skali miejskiej poprzez wytworzenie i stymulowanie mechanizmów rozwoju funkcji usługowych.

W przypadku z kolei osiedla Nowe Powiśle mieliśmy szansę zaprojektować o zespół mieszkaniowy, uzupełniający zabudowę śródmiejską na niezwykle ciekawej działce położonej w centrum miasta, obok zespołu przemysłowego Elektrociepłowni Powiśle. Osiedle powstało zatem na terenie poprzemysłowym. Lokalizacja jest bardzo prestiżowa: w sąsiedztwie Biblioteki Uniwersyteckiej, Centrum Nauki Kopernik, bardzo blisko Wisły i Starego Miasta. Działka jest dobrze skomunikowana poprzez okalające istniejące ulice, a zabudowa osiedla stanowi uzupełnienie i kontynuację powstającej i istniejącej w okolicy zabudowy o podobnym charakterze. Naszym zadaniem projektowym było więc przede wszystkim zintegrowanie nowej zabudowy z bardzo wartościowym i różnorodnym otoczeniem.

We wszystkich opisanych realizacjach punktem wyjścia do powstania naszych projektów było dążenie do pełnego wykorzystania, bardzo uważnie zbadanych, walorów powierzonych nam terenów. W wypadku Mariny, Eko Parku i Ostoji były to przede wszystkim cechy przyrodnicze oraz sąsiedztwo terenów zielonych. W wypadku Nowego Powiśla sąsiedztwo prestiżowych budynków oraz unikalne widoki na rzekę od strony wschodniej, jak też na historyczną zabudowę od strony zachodniej. Niestety jako projektanci, nie jesteśmy w stanie całkowicie uniknąć naturalnych konfliktów przestrzennych i społecznych, które z lokalizacjami się wiążą. Wykorzystując zalety lokalizacji, staramy się więc minimalizować związane z nią konflikty w sposób odpowiadający skali naszych projektów.

3.3. Warunki planistyczne i przepisy prawa

Podstawową wytyczną realizacji inwestycji są przygotowane przez władze miejskie warunki planistyczne w postaci planów miejscowych lub decyzji o warunkach zabudowy. To te dokumenty określają wielkość i skalę zabudowy oraz możliwe powiązania z infrastrukturą miejską. Dokładność i precyzyność zapisów bywa jednak bardzo różna. Marina Mokotów i Eko Park powstały na podstawie dość ogólnych decyzji o warunkach zabudowy, które swym zakresem obejmowały całe ok. 20. hektarowe tereny. W takim przypadku to my właśnie tworzyliśmy plany zagospodarowania, wyznaczające siatki ulic i wielkość poszczególnych kwartałów. Kierowaliśmy się zasadą stworzenia przyjaznych jednostek sąsiedzkich o wielkości ok. 100 mieszkań; określiliśmy wysokość poszczególnych jednostek oraz ich powiązania z ciągami komunikacji i terenami otwartymi. Ostoja Wilanów jest częścią terenu objętego planem miejscowym zagospodarowania przestrzenne-

go. Wytyczne tego planu są bardzo precyzyjne w odniesieniu do skali zabudowy, natomiast w odniesieniu do rozplanowania układu wewnątrz poszczególnych fragmentów Miasteczka pozostawiły projektantom dużą dowolność. Także w tym przypadku rozpoczęliśmy nasz projekt od stworzenia zbiorczego planu zagospodarowania, wyznaczenia ulic wewnętrznych i kwartałów zabudowy. Co ciekawe niektóre rygorystyczne zapisy planistyczne wymuszają na projektantach rozwiązania, które w efekcie były bardzo korzystne dla przestrzeni zaprojektowanych osiedli. W wypadku Mariny Mokotów i Ostoi Wilanów ograniczenia związane z odbiorem wód opadowych oraz wysoki wskaźnik wymaganej powierzchni biologicznie czynnej, wymusiły na nas zaplanowanie retencyjnych zbiorników wodnych. Wraz z otaczającymi terenami zielonymi stały się one osiami kompozycyjnymi dla obu osiedli.

Uważamy, że dobrze sformułowane warunki planistyczne oraz prawidłowo wyznaczona intensywność projektowanej zabudowy są kluczowe dla tworzenia ładu przestrzennego zespołów zabudowy mieszkaniowej w układzie miasta. Klarowność i jednoznaczność tych zapisów sprzyja też dobremu porozumieniu pomiędzy architektem a Inwestorem. Na podstawie jasnych zapisów planistycznych deweloper, już na wstępnym etapie projektu, może precyzyjnie wyznaczyć wielkość osiedla, ocenić opłacalność przedsięwzięcia i określić wynikający ze skali i lokalizacji standard.

Omawiając uwarunkowania prawne wpływające na kształt osiedli należy wspomnieć o zapisach Rozporządzenia o Warunkach Technicznych w zakresie wymaganego nasłonecznienia i oświetlenia pomieszczeń mieszkalnych. Jednak naszym zdaniem sytuację, w której spełnienie tego przepisu staje się głównym czynnikiem kształtującym układ zabudowy należy uznać za nieprawidłowość. Niestety nieprawidłowość ta w naszej rzeczywistości występuje dość często. W wypadku osiedla rozplanowanego na większym obszarze, to warunki i ograniczenia planistyczne, odnoszące się do warunków przestrzennych miasta, powinny być decydujące dla określenia prawidłowej wysokości i intensywności nowej zabudowy. Z naszego doświadczenia wynika, że w wypadku gdy parametry te zostały dobrze zaprogramowane na poziomie warunków planistycznych, analiza linijki słońca jest jedynie narzędziem pomocniczym i sprawdzającym.

3.4. Powiązania z miastem - trudne połączenie, trudne współzycie

Integracja nowego osiedla z miastem jest często bardzo trudna, zarówno na poziomie społecznym jak i przestrzennym. Problemów i konfliktów powodujących taką sytuację jest wiele. Mogą to być istniejące bariery przestrzenne, trudności związane z zapewnieniem odpowiednich połączeń komunikacyjnych oraz oczywiste różnice społeczne pomiędzy mieszkańcami nowych i starych osiedli. Problemy te, które można ocenić już na etapie tworzenia projektu, uwidaczniają się podczas realizacji i ewoluują w trakcie funkcjonowania osiedla. Ciekawe jest tu porównanie dwóch osiedli o podobnej skali i charakterze: Eko Parku i Mariny Mokotów. W wypadku Eko Parku, budowanego na przestrzeni kilkunastu lat, konflikty te przebiegają dość łagodnie i z czasem są naturalnie niwelowane. Mimo centralnej lokalizacji osiedle funkcjonuje nieco na uboczu układu miejskiego. Wynika to głównie ze słabego połączenia komunikacyjnego z głównymi ulicami. Osiedle jest jednak otwarte i w pełni dostępne. Istniejące punkty usługowe oraz ciągi piesze generują niewielki ruch pieszego. Ruch samochodowy ogranicza się głównie do mieszkańców osiedla i ich gości oraz pracowników biurowca, który stanowi element osiedla. W naszej ocenie realne konflikty są tu dużo mniejsze, niż te których obawiano się przed przystąpieniem do realizacji osiedla. Na pewno sprzyja temu rozważna polityka realizacji rozłożonej na wiele lat oraz przyjazna skala założenia.

Krańcowym przykładem jest tu niestety Marina Mokotów – osiedle, które wbrew naszym założeniom, stało się sztandarowym przykładem wyalienowanego ze struktury miasta osiedla grodzonogo. W naszym projekcie nie przewidywaliśmy ogrodzenia osiedla. Biorąc pod uwagę realia rynkowe i odczucia społeczne zdawaliśmy sobie sprawę, że poszczególne jednostki będą prawdopodobnie ogrodzone. Liczyliśmy jednak na to, że tereny zielone pozostaną ogólnodostępne, a ulice zostaną włączone do systemu miejskiego. W ten sposób myśleliśmy o Marinie jako o części miasta, nie o zamkniętym, elitarnym osiedlu. Rzeczywistość niestety zweryfikowała nasze założenia. Miasto nie było zainteresowane przejęciem osiedlowych ulic i parku, a deweloper, opierając się na badaniach rynku, wykorzystał ogrodzenie – symbol iluzorycznego bezpieczeństwa, jako główny atut marketingowy. Funkcjonująca od prawie 10 lat Marina wzbudza emocje do dziś. Osiedle nadal jest ogrodzone, dostępne dla okolicznych mieszkańców tylko w sposób ograniczony. W tym wypadku proces integracji, który naszym zdaniem, jest nieuchronny potrwa prawdopodobnie kilkadziesiąt lat.

3.5. Wymagania deweloperów – wymagania klientów

Działalność deweloperska podlega mechanizmom rynkowym na zasadach analogicznych jak inne dziedziny gospodarki. Tak więc wymagania deweloperów są kształtowane zarówno przez analizę ekonomiczną przedsięwzięcia jak i analizę oczekiwań klientów – przyszłych mieszkańców osiedli. Te oczekiwania w stosunku do zabudowy mieszkaniowej są oparte na podstawowym dążeniu człowieka do zamieszkania w przyjaznym i bezpiecznym środowisku mieszkaniowym oraz dość złożonych odczuciach i sentymentach mieszkańców poszczególnych miast. Analizując warszawskie przestrzenie mieszkaniowe, które w odczuciu społecznym postrzegane są jako najatrakcyjniejsze, takie jak Saską Kępą czy Górny Mokotów, można zaobserwować, że charakteryzują się one regularną siatką ulic, podziałem zabudowy na niewielkie jednostki- tzw. kolonie oraz dużą ilością zieleni w bezpośrednim otoczeniu domów mieszkalnych. Jako podstawowe zalety środowiska mieszkaniowego mieszkańcy polskich miast wymieniają niezmiennie: zielone otoczenie, bezpieczeństwo, spokój, skalę architektury, dostępność usług oraz dogodny transport [4]. Większość z nich podkreślała, że ceni sobie tradycyjne wartości przestrzenne w środowisku mieszkaniowym. Mieszkańcy Warszawy mają szczególny stosunek do zabudowy historycznej, a zwłaszcza międzywojennej architektury modernistycznej i dworkowej. Ma na to wpływ nie tylko realna ocena atrakcyjności tych miejsc, ale także subiektywny żal za utraconym miastem i sentymentalne wspomnienie jego świetności. W projektach omawianych tu osiedli mieszkaniowych, które ze względu na swą lokalizację i skalę należą do wyższego segmentu rynku deweloperskiego, staraliśmy się uwzględnić te oczekiwania, interpretując je jednak w sposób współczesny. Programując wielkość jednostek mieszkaniowych Mariny i Eko Parku opieraliśmy się więc na wielkości tradycyjnych kwartałów zabudowy przedwojennej. Dążyliśmy do pełnego wykorzystania walorów naturalnych działek poprzez rozwój struktury terenów otwartych i zapewnienie wszystkim mieszkańcom osiedla codziennego kontaktu z naturalną zielenią. W sposób oczywisty poszukiwaliśmy nawiązań do architektury warszawskiego modernizmu. W wypadku osiedla Nowe Powiśle naturalnym zaś było wykorzystanie walorów widokowych miejsca. Budynki zostały więc zaprojektowane tak by jak najwięcej mieszkań posiadało widoki zarówno w kierunku rzeki jak i otaczającej atrakcyjnej zabudowy. Apartamenty umieszczone na ostatnich kondygnacjach od strony Wisły mają jedno z najpiękniejszych widoków w Warszawie.

Cechy osiedli związane bezpośrednio z ich atrakcyjnością, w odczuciu mieszkańców, są zwykle osiową linią strategii marketingowej deweloperów. I tak Marina Mokotów i Eko

Park reklamowane były jako osiedla parkowe, a Nowe Powiśle jako prestiżowe osiedle, położone nad Wisłą w sąsiedztwie zabudowy historycznej i oferujące wspaniałe widoki. Dążenie do realizacji oczekiwań rynku nie zawsze jednak przynosi pozytywne efekty przestrzenne. Postawiona bardzo wysoko w skali oceny atrakcyjności idea bezpieczeństwa jest niestety często postrzegana zbyt dosłownie i prowadzi do budowy wysokich, zdwojonych ogrodzeń tak jak to się stało w przypadku Mariny.

3.6. Jak funkcjonują nasze osiedla?

Jako mieszkańcy Warszawy sami stajemy się użytkownikami naszych osiedli. Jesteśmy ich mieszkańcami, gośćmi, klientami lokali usługowych. Mamy więc okazję obserwować ich rozwój i funkcjonowanie. Każde z opisanych osiedli funkcjonuje w sposób prawidłowy. Tereny zielone i parki zyskują na urodzie z każdym rokiem, mieszkańcy zagospodarowują balkony i ogródki, a w lokalach usługowych pojawiają się najemcy. Niestety spacerując uliczkami Eko Parku napotykamy niewielu mieszkańców, a lokale usługowe w dużej części stoją puste. Zdajemy sobie sprawę, że proces integracji osiedla z miastem przebiega dość wolno, podlega on bowiem złożonym mechanizmom ekonomiczno-społecznym. Najtrudniej jest nam ustosunkować się do funkcjonowania Mariny Mokotów. Z jednej strony cieszy nas zadowolenie jej mieszkańców, którzy realnie korzystają z zaprojektowanej zieleni, z drugiej strony trudno jest nam zaakceptować sposób funkcjonowania osiedla, na które trzeba wjeżdżać lub wchodzić pokonując bramę, szlaban i nieprzyjazną osobę strażnika. Te spolaryzowane odczucia będą nam pewnie towarzyszyć przez kolejne lata, mamy jednak nadzieję, że poprzez politykę miasta i naturalne procesy społeczne, sytuacja ta ulegnie zmianie.

4. Zakończenie

Projektowanie nowych zespołów zabudowy mieszkaniowej o skali przedstawionych osiedli niesie ze sobą różnorodne wyzwania. W wyniku ich powstawania zmieniają się warunki przestrzenne, kształtują się nowe zjawiska społeczne i przyrodnicze. W efekcie tworzy się tkanka miejska, której właściwy charakter i kształt będzie można ocenić dopiero na przestrzeni kilkudziesięciu lat. W naszych działaniach projektowych staraliśmy się znaleźć takie rozwiązania, które pozwolą na wytworzenie trwałych wartości w różnorodnych aspektach funkcjonowania przestrzeni miejskiej. Dążyliśmy do stworzenia ładu przestrzennego we wszystkich jego formach: urbanistyczno-architektonicznej, funkcjonalnej, estetycznej, psychospołecznej i ekologicznej [5]. Przede wszystkim jednak dążyliśmy do zapewnienia mieszkańcom wysokiej jakości życia codziennego w środowisku mieszkaniowym. Dążenie takie pozostaje niezmiennie dla mieszkańców miast i jego twórców na przestrzeni lat.

Literatura

- 1 Maciej Smętkowski w „Miasto deweloperów” w : „Warszawa- czyje jest miasto” p.red. B.Jałowickiego ,E.Sekuły, A.Tucholskiej , M.Smętkowski , Scholar 2009
- 2 Ibid (str. 70)
- 3 Ibid (str. 68)
- 4 B.Jałowicki, M.S.Szczepański „Miasto i przestrzeń w perspektywie socjologicznej”, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa 2002, (str. 334-335)
- 5 Ibid (str. 363-367)



Zdjęcie 1 Marina Mokotów – widok od strony parku i zbiornika wodnego

Contemporary residential areas built in cooperation with developers. Their features resulting from social habits, ownership conditions and legal requirements - the problem of gated communities. Theoretical and practical reflection

Ewa Kuryłowicz¹, Maria Saloni-Sadowska²

¹ *Faculty of Architecture, Warsaw University of Technology, Kuryłowicz & Associates Co Ltd., Warsaw, e-mail: ewa.kurylowicz@apaka.com.pl*

² *Kuryłowicz & Associates Co Ltd., Warsaw, e-mail: maria.saloni@apaka.com.pl*

Abstract: The residential architecture is a highly sensitive and demanding architecture, while seemingly not very impressive. 25 years that have passed since the political transformation in Poland allow us to look from a distance on phenomena that have influence on shaping contemporary forms of housing in cities. In this paper we will try to analyze this issue on the example of Warsaw and housing complexes designed by the studio Kuryłowicz & Associates sp. z o.o., against the background of a general reflection on the conditions of their creation. Settlements which will be discussed, including EKO Park

(2002-2014), Marina Mokotów (2003-2006), Nowe Powiśle (2006-2010), appeared on the wave of the highest development of housing in the capital. In these realizations we were the authors of development plans of settlements as well as the designers of some individual but not always all residential buildings. Thus, over the fifteen years we could observe the evolution of urban design guidelines, the elaboration of building projects, the phased implementation, and finally, functioning of the completed settlements in the social, economic and legal context. Our experience shows that well-defined conditions of planning and correctly determined intensity of the proposed building are crucial for the creation of spatial order of residential units in the cityscape. The clarity and explicitness of these records also promote a good communication between the architect and the Investor. In the absence of any other monitoring of the social effects of emerging residential structures – a systemness of its determinants measured by the quality of a design drawn up by a well-educated architect, combined with a social and developer's sensitivity, and rationally acting local authorities – are of a crucial importance.

Keywords: city, residential settlement, political transformation, architecture, quality, social values commas

Rewitalizacja obszarów przemysłowych

Grażyna Schneider-Skalska

*Katedra Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego, Instytut Projektowania Urbanistycznego,
Wydział Architektury, Politechnika Krakowska, e-mail: gschneid@pk.edu.pl*

Streszczenie: Rewitalizacja obszarów przemysłowych ma kapitalne znaczenie dla współczesnych miast, dla ich prawidłowego gospodarowania przestrzenią miejską, podnoszenia wartości estetycznych, ożywiania życia społecznego. Proces rewitalizacji terenów przemysłowych wpisuje się w ogólne zasady zrównoważonego rozwoju i jest przykładem realizacji zasad projektowania zrównoważonego. Rewitalizacja obejmuje problemy w szerokim zakresie i różnych skalach od planowania regionalnego, poprzez projektowanie urbanistyczne aż po działania w skali pojedynczego budynku. Jest oczywistym, że problemem miasta są przede wszystkim obszary przemysłowe, stanowiące ważną część terytorium współczesnych miast, odzyskaną w procesie zmian ekonomicznych i cywilizacyjnych. Znane z praktyki wielu krajów europejskich duże programy rewitalizacji tych obszarów wpływają w istotny sposób na kierunki rozwoju miast. Rewitalizacja w skali architektonicznej wydaje się zagadnieniem logistycznie prostszym, chociaż rzadko występuje samodzielnie. Jest to zazwyczaj obiekt budowlany, lub element infrastruktury technicznej, wchodzący w skład większego obszaru. Będąc składnikiem większej części jest podporządkowany nadrzędnym decyzjom, jednak kluczową cechą obiektu przewidzianego do rewitalizacji jest jego stan techniczny. Najbardziej znany przykład kompleksowej rewitalizacji dużego obszaru przemysłowego to projekt Emscher Park – IBA w Zagłębiu Ruhry. Szereg realizacji w mniejszej skali dotyczy obszarów i obiektów przekształcanych w tereny rekreacji, obiekty kultury, handlu czy mieszkaniowe i od kilkudziesięciu lat pojawiają się one również w Polsce.

Słowa kluczowe: rewitalizacja, projektowanie zrównoważone, obiekty przemysłowe

1. Wprowadzenie

Rewitalizacja, renowacja, rekonstrukcja, renaturalizacja, rekompozycja – przedrostek „re” robi niezwykłą karierę, co może sugerować, iż powroty do przeszłości, a także nowa interpretacja przeszłości stają się wyzwaniem naszych czasów. Niewątpliwie najszerzy zakres problemowy objęty jest pojęciem *rewitalizacja*. Zdaniem socjologa miasta, Andrzeja Majera jest ona procesem „sekwencyjnych działań, których celem jest przywrócenie życia zdegradowanym obszarom” [1]. Proces ten kojarzony jest przede wszystkim z działaniami podejmowanymi na terenach przemysłowych, chociaż pojawia się również w innych kontekstach.

W dokumencie sporządzonym w 2003 roku, nazwanym Programem Rządowym dla terenów przemysłowych, mówiło się o stworzeniu warunków i wykreowaniu mechanizmów sprzyjających zagospodarowaniu terenów przemysłowych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju [2]. Realizacja Programu była elementem Polityki Ekologicznej Państwa, która do 2010 r. zakładała maksymalne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych i zamkniętych już składowisk odpadów przemysłowych i komunalnych oraz

realizację programu pełnej inwentaryzacji, rozpoznania i rekultywacji tzw. starych składowisk. Jak się wydaje proces ten daleki jest od zakończenia.

W przytaczanym dokumencie przyjęto między innymi kilka definicji dotyczących terenów poprzemysłowych takich jak:

tereny poprzemysłowe - zdegradowane, nie użytkowane lub nie w pełni wykorzystane tereny przeznaczone pierwotnie pod działalność gospodarczą, która została zakończona;

teren - nieruchomość, zespół lub część nieruchomości, na którą składają się powierzchnia ziemi oraz naturalne i sztuczne pokrycie powierzchni ziemi, w tym roślinność, przyroda nieożywiona, obiekty budowlane, infrastruktura techniczna;

teren zdegradowany - zanieczyszczony lub taki, którego naturalne ukształtowanie zostało zmienione w sposób niekorzystny.

Terenem zanieczyszczonym nazwano ten, w którym występują przekroczenia dopuszczalnych wartości stężeń substancji chemicznych, **obiektem pilotażowym** - wyznaczony w celu przeprowadzenia na nim prac rewitalizacyjnych, a **cel rekultywacji** skonstruowano jako nadanie lub przywrócenie terenom zdegradowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych.

Zdefiniowano również pojęcie podstawowe - **rewitalizację** – jako procesy rekultywacji i ponownego zagospodarowania terenu (w tym oczyszczenie, przebudowę i modernizację istniejącego pokrycia terenu), które przywrócą stan umożliwiający pełnienie przez ten teren funkcji użytkowych.

Ta ostatnia definicja w sposób beznamiętny określa proces, który ma kapitalne znaczenie dla współczesnych miast, dla ich prawidłowego gospodarowania przestrzenią miejską, podnoszenia wartości estetycznych, ożywiania życia społecznego. **Rewitalizacja rozpatrywana z tego punktu widzenia to ożywienie - przywrócenie do życia obszaru zdegradowanego, poprzez wprowadzenie nowych funkcji, nowych użytkowników, interesujących rozwiązań przestrzennych, podniesienie walorów estetycznych, tworzenie miejsc aktywności społecznej, najczęściej przy wykorzystaniu istniejącej kubatury i podkreśleniu tradycji miejsca.** Jeszcze szerzej rewitalizację określa definicja zawarta w *Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego 2010–2020*, która mówi iż jest to „skoordynowany, kompleksowy, wieloletni proces, prowadzony na problemowym obszarze miasta, będący elementem polityki rozwoju, mający na celu przeciwdziałanie degradacji przestrzeni zurbanizowanej i zjawiskom kryzysowym oraz pobudzanie rozwoju i zmian jakościowych, poprzez wzrost aktywności społecznej i gospodarczej, poprawę środowiska zamieszkania oraz ochronę dziedzictwa narodowego, przy zachowaniu zasad zrównoważonego rozwoju” [3].

2. Historia relacji

Mówiąc o procesie rewitalizacji terenów i obiektów poprzemysłowych nie można nie zrobić małego odniesienia do historii urbanistyki i w tym kontekście do relacji pomiędzy architekturą a naturą, człowiekiem a cywilizacją. Miasta jako zorganizowane struktury urbanistyczne, od zarania swego powstania uzależnione były od dwóch czynników: od sąsiedztwa wody i terenów dostarczających żywności oraz od możliwości obrony przed wrogiem zewnętrznym. Stąd preferowane były lokalizacje nad rzekami, jeziorami, z koniecznymi ogranicznikami wielkości i formy miasta, jakimi były wały, mury, fortyfikacje obronne. „Miasto ograniczone” - starożytne, średniowieczne, renesansowe, z czasem zaczęło się rozrastać, a sprzyjały temu nowe rozwiązania techniczne, szczególnie dotyczące sposobu prowadzenia wojny, transportu i wzrost atrakcyjności życia w mieście, powodujący przemieszczanie się ludności do miast. Niewątpliwie jednak to rewolucja przemysłowa XIX

wieku stała się kamieniem milowym w rozwoju miast, przynosząc zarówno liczne pozytywne jak i negatywne procesy i zjawiska. Nowe możliwości produkcji na skalę masową i budowy dużych zakładów przemysłowych spowodowały, że lokalizowane one były tam, gdzie była siła robocza i gdzie był zbyt, czyli przy istniejących miastach. Warunkiem dodatkowym było sąsiedztwo rzeki, dostarczyciela wody do procesów energetycznych i innych technologicznych, charakterystycznych dla wodochłonnego przemysłu. Nowo powstające fabryki zajmowały więc tereny wprawdzie wtedy leżące na obrzeżach miast, jednak najczęściej bogate przyrodniczo, o dużych walorach krajobrazowych i rekreacyjnych. Przemiany, jakie nastąpiły w tym okresie to przede wszystkim rozrost miast, chaotyczna, ciasna zabudowa nowych dzielnic mieszkaniowych powstających dla ludności napływającej do fabryk, z czasem coraz bardziej uciążliwe, zauważalne i niebezpieczne zanieczyszczenie gleby, wody i powietrza.

Uciążliwości jakie przyniósł ze sobą wielki przemysł zostały zauważone i stały się przedmiotem badań i działań w XX wieku, kiedy stan miast, szczególnie tych z mocno rozwiniętym przemysłem, stał się zatrważający, a warunki życia w mieście zaczęły zagrażać zdrowiu i życiu ludzkiemu. Jednocześnie ciągle napływ ludności do miasta, które jak powiedział Lewis Mumford jest miejscem zwielokrotnionych szans, stwarzającym najwięcej nieprzewidzianych możliwości, spowodował, że tereny przemysłowe niegdyś położone na obrzeżach miast, coraz częściej były otaczane nowymi dzielnicami i znalazły się w strefach nieomal śródmiejskich. Zjawisko *urban sprawl*, charakterystyczne dla drugiej połowy XX wieku stało się faktem [Schneider-Skalska, 4].

Najpierw Karta Ateńska w 1933 roku, a kolejno wszystkie dokumenty związane z globalnym spojrzeniem na środowisko, począwszy od raportu U Thanta w 1969 roku, dotyczyły w mniejszym lub większym stopniu jakości życia, powietrza, gleby, wody i przestrzeni. Niewątpliwie zagrożenia ze strony przemysłu były na tym tle szczególnie widoczne. Naciski rządów, gremiów światowych, lokalnych społeczności na poprawę jakości środowiska, ale przede wszystkim bezprecedensowy rozwój cywilizacyjny w XX wieku spowodowały zmiany ilościowe i jakościowe w technice i technologii produkcji przemysłowej. Pojawiło się określenie *czysty przemysł*, nie wymagający dotychczasowych, ogromnych stref ochronnych. Przemysł ciężki, dotychczasowa dźwignia ekonomii tracił znaczenie. Sposób składowania i dostarczania produktów spowodował zmniejszenie terenów skladowych, tereny przemysłowe zaczęły się kurczyć. Pojawiły się więc nowe, odzyskane tereny i obiekty, najczęściej duże, dobrze skomunikowane ale zdegradowane i będące swego rodzaju białymi plamami na mapach miast. W ciągłym procesie przekształcania się miast te obszary stały się lokalizacją atrakcyjną i pożądaną przez inwestorów.

Nurt rewitalizacji terenów poprzemysłowych rozwijający się już od połowy XX wieku ma więc genezę w przemianach cywilizacyjnych jakie przyniósł wiek XX. Rozwijając ten temat można wymienić szereg szczegółowych przyczyn uwalniania terenów poprzemysłowych i wzrostu ich atrakcyjności:

- **przechodzenie państw** wysoko rozwiniętych z okresu przemysłowego do ery poprzemysłowej, którą cechuje rozwój nauki i przemysłu nieuciążliwego,
- **przechodzenie ludzi** do sfery usług, rozwój rekreacji i wypoczynku, model zrównoważonego rozwoju miast,
- **spadek zapotrzebowania na węgiel**, upadek całych regionów węglowo-stalowych spowodowany przechodzeniem przemysłu energetycznego na wykorzystanie oleju, ropy, energii atomowej,
- **wzrost bezrobocia** w strefach objętych zamykaniem zakładów, konieczność znajdowania nowych miejsc pracy,

- **brak innych, wolnych terenów** w obszarach wysoko zurbanizowanych, wysoka cena ziemi i związana z tym tradycja odzyskiwania terenu w takich krajach jak Holandia czy Japonia,
- **zazwyczaj atrakcyjna lokalizacja** obszarów przemysłowych.

Charakterystyczne dla XXI wieku działania zmierzające do skoordynowania procesów globalnych na rzecz poprawy jakości środowiska zaowocowały przyjęciem przez większość krajów świata zasad zrównoważonego rozwoju jako obowiązujących zarówno w skali globalnej, regionalnej, krajowej czy lokalnej.

Proces rewitalizacji terenów przemysłowych wpisuje się w ogólne zasady zrównoważonego rozwoju i jest przykładem realizacji zasad projektowania zrównoważonego, wśród których zasada 3R - reduce, reuse, recycle, w połączeniu z zasadą szacunku dla miejsca wzmacniały proces rewitalizacji zawartością ideową. Również pozostałe trzy zasady zalecające energooszczędność, wykorzystanie alternatywnych źródeł energii i szacunek dla użytkownika, rozumiany jako dostępność usług, wysoka jakość życia i zdrowe środowisko, są ściśle związane z procesem rewitalizacji [5].

3. Rewitalizacja w różnych skalach

Rewitalizacja terenów przemysłowych obejmuje problemy w szerokim zakresie i różnych skalach od planowania regionalnego, poprzez projektowanie urbanistyczne aż po działania w skali pojedynczego budynku. Jest oczywiste, że problemem miasta są przede wszystkim obszary przemysłowe, stanowiące, co zostało już napisane, ważną część terytorium współczesnych miast, odzyskaną w procesie zmian ekonomicznych i cywilizacyjnych. Znane z praktyki wielu krajów europejskich duże programy rewitalizacji tych obszarów wpływają w istotny sposób na kierunki rozwoju miast [6]. Niewłaściwe decyzje polityczne podejmowane w tym zakresie, utrata własności terenów przez miasto, przejmowanie ich przez deweloperów, powodują utratę szansy na włączenie atrakcyjnych, wciąż dobrze dostępnych i często jedynych wolnych w dobrej lokalizacji terenów do skomponowanej i funkcjonalnie logicznej struktury miasta. Skutki są widoczne, co pokazuje przykład rewitalizacji terenu po zakładach Solvay w Krakowie [7]. Początek procesu odpowiadał doświadczeniom zagranicznym. Przygotowano plan regulacyjny, a następnie kilka lat trwały poszukiwania inwestorów, którzy chcieliby wyłożyć pieniądze na rozbiórkę i uporządkowanie terenu. Efekt końcowy to morze parkingów, otaczające duże powierzchniowo hale handlowe. Brak miejskiej struktury, brak jakiegokolwiek otwartej przestrzeni publicznej. Nie poprawiły sytuacji kolejne obiekty – zespół kin czy Media-Markt. Powstała substandardowa przestrzeń i estetycznie część miasta, która mogła wzbogacić je o nowe wartości. Wydawałoby się, że osiągnięto cel inwestując w niego ponownie. Nadając mu nową formułę i wyraz przestrzenny. Niestety wymieniono jedną złą rzecz na drugą, lepszą tylko w pewnym, funkcjonalnym zakresie.

Nie jest wykluczone, że z czasem obszar ten, kiedyś zaliczany do *brownfields* zostaną zaliczone do terenów nazwanych *grayfields*. To stare, ekonomicznie nierentowne tereny, również przemysłowe, ale też centra handlowe i inne, które tracą swą ekonomiczną wartość, zlokalizowane często w atrakcyjnych miejscach rozrastających się miast. Są łatwiejsze do wykorzystania, ponieważ nie są skażone. W uregulowaniach amerykańskich jest to obszar, w którym infrastruktura ma min 25 lat i spełniony jest jeden z następujących warunków: min. 30 % obiektów nie jest wynajętych przez ostatnie 12 miesięcy; wartość obszaru spadła o min. 25%; obszar jest używany jako parking; nie następuje proces podnoszenia jakości obszaru.

“Grayfields into Goldfields,” to hasło najlepiej obrazuje kierunek proponowanych zmian. Badania zrobione w 2001 roku przez firmę Pricewaterhouse Coopers i Congress na rzecz Nowego Urbanizmu wykazały, że ok. 7% malli, czyli pozamiejskich, dużych centrów handlowych w Stanach Zjednoczonych, należy już do grupy Grayfields a kolejne 12 % zmierza w tym kierunku. Jeszcze nie tak dawno polskie miasta były wolne od problemu podmiejskich amerykańskich malli. Jednak ekspansja „galerii” i dużych centrów handlowych spowodowała, że proces widoczny już w miastach amerykańskich dotknie również polskie [7].

Rewitalizacja w skali architektonicznej wydaje się zagadnieniem logistycznie prostszym, chociaż rzadko występuje samodzielnie. Poddawany jest jej obiekt budowlany, lub element infrastruktury technicznej, wchodzący w skład większego obszaru. Będąc składnikiem większej części jest podporządkowany nadrzędnym decyzjom, jednak kluczową cechą obiektu przewidzianego do rewitalizacji jest jego stan techniczny. Przypadek zakładów Solvay w Krakowie pokazał, że zniszczenia tkanki budowlanej, cegły zniszczonej w trakcie produkcji sody, uniemożliwiły wykorzystanie budynków, a konieczność dokonania ich rozbioru utrudniła proces rewitalizacji.

Kiedy jednak stwierdzamy zadowalający stan zachowania, dający pewność bezpieczeństwa a oszacowanie kosztów adaptacji wskazuje na opłacalność rewitalizacji obiektu, kolejność działań powinna obejmować [8]

- inwentaryzację obiektu,
- identyfikację materiałów stanowiących strukturę budowlano-konstrukcyjną,
- rozpoznanie układu nośnego,
- analizę obliczeniową nośności i użytkowości,
- rozpoznanie zawartości substancji stanowiących zagrożenia korozyjne,
- rozpoznanie zawartości substancji stanowiących zagrożenia zdrowotne,
- przegląd możliwych programów użytkowych,
- adaptację do jednego z możliwych programów użytkowych.

4. Przykłady

Klasycznym, najbardziej znanym i kompleksowym przedsięwzięciem rewitalizacyjnym w Europie są przekształcenia obszaru w Zagłębiu Ruhry, dokonane pod hasłem Emscherpark- IBA w Niemczech. Główny region przemysłowy w Niemczech - Zagłębie Ruhry zamieszkuje ponad 5 mln mieszkańców. W samym rejonie Emscher ok. 2 mln. Łącznie obszar zajmuje powierzchnię 800 km² i znajduje się na nim 17 miast. Główne działania w Regionie Emscher musiały być skierowane na urbanistyczną i ekologiczną rehabilitację, która miała stworzyć podstawę dla nowego ekonomicznego rozwoju. Przedsięwzięcia planowane w ramach jednego programu IBA przewidziano na okres 10 lat. W ponad 80 projektach w 5 głównych grupach uczestniczyły: lokalne władze, prywatne firmy, indywidualni mieszkańcy oraz Rząd Nadrenii-Westfalii.

5 głównych wymienionych grup projektów to:

- ekologiczna restrukturyzacja systemu rzeki Emscher długości 350 km,
- modernizacja osiedli robotniczych i budowa nowych zespołów mieszkaniowych,
- rozwój nieużytków pod hasłem "pracować w parku",
- zachowanie i zamiana funkcji na terenach poprzemysłowych,
- ochrona i przywrócenie terenów otwartych w regionalnym projekcie "Krajobrazowy Park Emscher".

Realizacja poszczególnych zadań zaprogramowana została w trzech przedziałach czasowych:

- 10-20 lat, jak np. restrukturyzacja systemu rzeki Emscher, czy stworzenie parku krajobrazowego Emscher na obszarze ok. 300 km²,
- 5-7 lat, jak np. rewitalizacja zdegradowanych terenów przemysłowych o pow. do 100 ha i realizacja dużych zespołów mieszkaniowych,
- 1-2 lata jak innowacyjne budownictwo mieszkaniowe (zespoły ok. 30 domków).

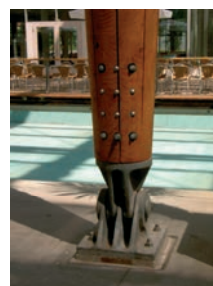
Najbardziej charakterystycznym, znanym, zrewitalizowanym obiektem tego obszaru są zabudowania dawnej kopalni Zollverein [5]. Obszar jako całość wpisany został na listę Światowego Dziedzictwa w 2001 roku, przede wszystkim dzięki wykonaniu Masterplanu przez biuro Rem Koolhaas & OMA, który to projekt pokazał potencjał obszaru w zakresie promocji dziedzictwa, integracji społecznej, wspierania edukacji i kultury i według koncepcji Rema Koolhaasa ma stać się centrum designu, reklamy, architektury itp. Istotny jest fakt, iż odwoływano się do wysokiego poziomu technicznego w rewitalizowanym obszarze, ponieważ kopalnia Zollverein uchodziła w swoim czasie za najnowocześniejszą w regionie. Wprowadzenie w ten obszar funkcji edukacyjnej i kulturalnej pokazało zmianę priorytetów zgodną z obserwowanymi tendencjami zarysowującymi się już od drugiej połowy XX wieku.

Interesującym przykładem zachowania i kultywowania tradycji przemysłowej jest spektakularna realizacja w Herne, budynek Academie Mont-Cenis. Jest elementem rewitalizacji w ramach projektu Emscher Park i można ją nazwać rewitalizacją idei. Jest to nowy obiekt, zlokalizowany na terenie dawnej kopalni Mont Cenis [5]. Francuska nazwa obiektu, a wcześniej kopalni, ma ciekawy rodowód. Taką nazwę miał 3-kilometrowy tunel pod Mont Cenis w Alpach francuskich, który uważany był za niezwykle osiągnięcie techniki i dlatego francuski inwestor w 1872 roku nadał tę nazwę zespołowi kopalń w Zagłębiu Ruhry, które również na owe czasy były przykładem nowoczesnego podejścia do procesu wydobywania węgla kamiennego. Po zamknięciu kopalni w 1978 roku, jej obszar stał się częścią projektu IBA Emscher Park dla Zagłębia Ruhry i doliny Renu, a konkurs architektoniczny na pierwszy nowy obiekt rozpięły wspólnie IBA Emscher Park i zarząd miasta Herne. Akadademie Mont Cenis otwarto w 1999 roku.

Wybrany obiekt jest oryginalnym rozwiązaniem, w którym stworzono nietypowe warunki klimatyczne, tworząc „sztuczne środowisko.” Jest fascynującym przykładem prostej, szklanej formy, czymś w rodzaju kapsuły z wewnętrznym mikroklimatem. Ze względu na lokalizację, ale też formę i przekaz intelektualny, obiekt stał się znakiem w przestrzeni ok. 16-hektarowego parku dzielnicowego, który jest częścią „Emscher Landscape Park”. Jest jednocześnie wyjątkowym osiągnięciem współczesnej techniki i przykładem realizacji zasad projektowania zrównoważonego, szczególnie, ale nie tylko, pod względem wykorzystania alternatywnych źródeł energii. Na elewacji najlepiej nasłonecznionej i na płaskim dachu „szklanej skorupy” umieszczono ogniwa fotowoltaiczne o łącznej powierzchni 10 000m², przy ogólnej szklanej powierzchni ścian i dachu wynoszącej 20 640 m². Półprzezroczyste ogniwa z jednej strony przetwarzają energię słoneczną w energię elektryczną, z drugiej zapobiegają nadmiernemu nagrzaniu wnętrza. Odpowiedni balans nagrzania, ogrzewania, naturalnej wentylacji i obecność lustra wody pozwalają na utrzymywanie przez cały rok w miarę stałej temperatury, w porze letniej ok. 32°C i w zimie ok. 28°C. Produkcję energii i ciepła zintegrowano, wykorzystując dodatkowo metan z kopalni, a nadmiar energii i ciepła jest przesyłany do budynków mieszkalnych.



Rys. 1, 2, 3. W obszarze byłej kopalni Zollverein zrewitalizowano obiekty poprzemysłowe, które gromadzą artystów, tworząc centrum kultury i sztuki. (fot. aut.)



Rys. 4, 5, 6. Wprowadzono również nowy, spektakularny obiekt Akademię-Mont-Cenis, który ideowo nawiązuje do tradycji poprzemysłowej obszaru. (fot. aut.)

Fascynuje szkieletowa konstrukcja na module 12m x 12m, który tworzy 56 gigantycznych kolumn świerkowych. Rozmiary - 176m x 72m i 15m wysokości. Zgodnie z zasadami projektowania zrównoważonego przyjęty układ pozwala na swobodne kształtowanie wnętrza, które wypełniają budynki takie jak dzielnicowa biblioteka i ratusz dzielnicowy, centrum społeczne, sala widowiskowa i sale konferencyjne, kasyno i hotele, wokół których urządzono przestrzeń publiczną z kanałem wodnym, roślinnością, miejscami do siedzenia. Jest to wprost powtórzenie zasady hali przemysłowej, w której ustawione są i pracują ogromne urządzenia techniczne. Obiekt ikona, jest jednocześnie obiektem integrującym lokalną społeczność oraz edukacyjnym, pokazującym naocznie zalety rozwiązań zrównoważonych w atrakcyjnej formie. Obiekty komercyjne zarabiają na funkcje niedochodowe, a niezbędne dla rozwijania społeczeństwa demokratycznego, świadomego i wyedukowanego. Waleń obiektu dopełnia obecność zieleni i wody we wnętrzu i bezpośrednim sąsiedztwie oraz powszechna dostępność.

Kontynuacja tradycji przemysłowej w rewitalizowanym obszarze Zagłębia Ruhry występuje również w mniej spektakularnych formach. Wybudowany w Essen, w pobliżu zachowanych obiektów kopalni Zollverein nowy obiekt Zollverein School of Management&Design, ma formę sześcianu o wymiarach 35m x 35m, nawiązujących do modułu z kopalni Zollverein.

Na obszarze objętym projektem Emscher Park można znaleźć przykłady charakterystyczne dla różnego typu działań rewitalizacyjnych, jak wykorzystanie ścian betonowych na ściany wspinaczkowe, interesujące konstrukcje tworzące symbole obszaru i akcenty plastyczne, a także dużą ilość zrewitalizowanych zespołów mieszkaniowych.

Niewątpliwie przykład Zagłębia Ruhry pokazuje wielowątkowość procesu rewitalizacji obszarów poprzemysłowych. Kompleksowość, konsekwencja i dobre rozwiązania finanso-

we powodują, że obszar ten, tak jak kiedyś przodował w rozwiązaniach technicznych związanych z przemysłem ciężkim teraz przoduje w technologii i rozwiązaniach zrównoważonych. Jest znów w czołówce cywilizacji opartej na wiedzy.

Polska ma swoje osiągnięcia w tym zakresie. Można wymienić zespół Manufaktura w Łodzi, Stary Browar w Poznaniu, Galerię Kazimierz w Krakowie, centrum handlowe w Konstancinie-Jeziorniej. Prawdą jest, że w obiektach tych dominuje funkcja dochodowa, handlowa, chociaż pojawiają się funkcje i obiekty kultury, rozrywki czy szeroko pojętej oświaty. Stary Browar w Poznaniu za sprawą właścicielki prowadzi szeroką działalność wystawienniczą, promującą sztukę, w obrębie łódzkiej Manufaktury działa Muzeum Sztuki Współczesnej, a w Konstancinie, w czasie Warsztatów Urbanistycznych Charrette planowano rewitalizację kolejnych obiektów z przeznaczeniem na Muzeum Papiernictwa i Książki, sale konferencyjne i inne.



Rys. 7, 8, 9. W Starym Browarze w Poznaniu wykorzystano duże fragmenty istniejącej substancji poprzemysłowej tworząc niepowtarzalne wnętrza i zostawiając charakterystyczne znaki w przestrzeni miasta (Fot. aut.)

Jedną z funkcji, która pojawiła się w obiektach poprzemysłowych jako nowa, wydawałoby się trudno adaptowalna do parametrów budynków poprzemysłowych, stała się funkcja mieszkaniowa. Atrakcyjność lokalizacji i nietypowe wymiary powierzchni i wysokości okazały się magnesem dla osób o niestandardowych oczekiwaniach, często artystów, którzy mogli w tych obiektach łączyć mieszkanie z pracownią i galerią. O ile w miastach Zachodu modę na lofty rozpoczęli młodzi, często niezamożni ludzie, o tyle w Polsce stały się one przede wszystkim przedsięwzięciami deweloperskimi, obliczonymi na zdecydowanie bogatszego nabywcę. Nie zmienia to faktu, że również w Polsce przekształcenia obiektów poprzemysłowych na mieszkania stały się faktem. Interesująco przedstawia się zestawienie znanych inwestycji opracowane przez A. Turek [9], która wymienia między innymi takie realizacje jak: 155 mieszkań w Białymstoku (Fabryka Tytoniu Fajwela Janowskiego) zrealizowane w latach 2008-2010; 30 loftów w Gliwicach (Spochlerz), o pow. od 79 do 320 m² (lata 2008-2009); 57 mieszkań w Krakowie (Młyn Ziarno) o pow. od 46 do 215 m², (lata 2008-2009); 400 loftów w Łodzi, o pow. od 40 do 408 m² (2007-2010); we Wrocławiu, w Destylarni Braci Wolff, 52 lofty, o pow. od 30 do 200 m² (2008-2012). Przytoczone dane pokazują, iż proces ten trwa od początku XXI wieku, a adaptacje obiektów poprzemysłowych na cele mieszkalne dają możliwość uzyskania nietypowych mieszkań o bardzo zróżnicowanej powierzchni.

W cytowanym zestawieniu pojawia się też krakowski przypadek Drukarni Narodowej. Obiekt powstał w latach 1911–1912, według projektu Tadeusza Hoffmana i jest wpisany do rejestru zabytków. Zamiana funkcji na funkcję mieszkaniową nie umniejszała historycznej i estetycznej wartości obiektu, a mieszkańcy otrzymali urządzenia techniczne niezbędne we

współczesnym budynku mieszkalnym, takie jak wygodne windy i podziemny parking. Inwestycja została nagrodzona w konkursie „Kraków Mój Dom 2010” w kategorii - rewaloryzacja.

Interesująco przedstawia się wykorzystanie obiektów poprzemysłowych dla funkcji mieszkaniowej w Kopenhadze. Niełatwe zadanie wykonali projektanci adaptujący do tych potrzeb halę, w której produkowano torpedy dla potrzeb wojska, stąd nazwa budynku – Torpedohallen. Podobnie budynki Silo mają nazwę od swej pierwotnej funkcji, silosów portowych. W obu przypadkach konstrukcja narzuciła rozwiązania funkcjonalne i spowodowała, że otrzymano oryginalne, niepowtarzalne obiekty, które dzięki swej przemysłowej przeszłości nie powtarzają typowych form zabudowy mieszkaniowej.



Rys. 10, 11. Obiekt Torpedohallen pozwolił na urządzenie atrakcyjnej przestrzeni wewnętrznej, służącej rekreacji mieszkańców. (Fot. aut.)



Rys. 12, 13. Charakterystyczna obła forma silosów tworzy wyrazisty znak w przestrzeni nadbrzeżnej Kopenhagi. (Fot. aut.)

5. Podsumowanie

Ponowne zagospodarowanie terenów poprzemysłowych, *brownfields* i *greyfields* poprzez nadanie im nowych funkcji gospodarczych, rekreacyjnych lub przyrodniczych jest zadaniem dla wszystkich szczebli administracji rządowej oraz samorządowej. Powinno też stanowić realną alternatywę dla przeznaczania pod działalność gospodarczą nowych terenów czyli *greenfields*. Rewitalizacja tych terenów niewątpliwie jest przedsięwzięciem skomplikowanym, wymagającym uregulowań i działań na wszystkich etapach, począwszy od decyzji o rewitalizacji, określenia obszaru, rozwiązania problemów własnościowych, bardzo trudnych problemów związanych z rekultywacją, wreszcie decyzji dotyczących

programu, funkcji, finansowania i koordynacji na poziomie społecznym. Przykład Emscher Parku pokazuje, że nawet tak duże przestrzennie, problemowo, organizacyjnie i finansowo przedsięwzięcie jest możliwe przy wykorzystaniu odpowiednich mechanizmów prawnych, potencjału społecznego i potencjału finansowego inwestorów prywatnych i państwowych. Jak pisze Jerzy Ziora z Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach, jednym z kluczowych problemów ujawnionych w dyskusjach z ekspertami z regionów zachodnich, jest sprawa wykreowania publicznego operatora regionalnego, zdolnego do zarządzania problematyką terenów trudnych (nie będących przedmiotem zainteresowania ze strony rynku) [10]. We Francji rola takiego operatora sprowadza się do doprowadzenia terenu do stanu umożliwiającego jego zagospodarowanie w systemie komercyjnym. Problem winien być rozwiązany na szczeblu regionalnym i lokalnym, ale wymaga także interwencji i pomocy szczebla krajowego. Szczególnie zachęcające są przykłady, które świadczą o tym, że doceniając szansę jaką dają tereny poprzemysłowe można zrewitalizować je jako nową przestrzeń do rekreacji, nauki i kultury, zachowując ducha miejsca i wykorzystując elementy, symbolikę i pamięć społeczną o miejscu. Niedostępnym w tym względzie rozwiązań dostarczają realizacje parków na terenach poprzemysłowych w Paryżu, Londynie, Madrycie.

Istotnym działaniem, które musi poprzedzać wszelkie decyzje jest rozpoznanie zasobów dziedzictwa poprzemysłowego, co niewątpliwie jest od jakiegoś czasu czynione. Szereg miast opracowuje banki informacji dotyczące tych terenów, w których to bankach można znaleźć karty informacyjne o interesujących obszarach i obiektach. Pojawiło się też kolejne działanie będące następstwem zrealizowanych rewitalizacji, mianowicie ocena.



Rys. 14, 15, 16. Struktury (oranżeria, Muzeum Nauki i Techniki, kino sferyczne) użytkowania nawiązujące do przemysłowej przeszłości terenu parku de la Vilette w Paryżu, służące rekreacji i edukacji (fot. aut.)

Ocenę tych obiektów i obszarów, które zostały przeznaczone na cele społecznie użyteczne, w tym kultury, przeprowadzono dla Mazowsza [11]. Sporządzono raport, w którym znalazły się odpowiedzi na następujące pytania:

- Jaką pierwotnie, a jaką obecnie funkcję pełni obiekt?
- Jaką rolę w rewitalizacji pełniły: urząd konserwatora zabytków, dawni właściciele (spadkobiercy), społeczność lokalna, samorząd, inwestor?
- Jak na proces rewitalizacji reagowała społeczność lokalna?
- Kto wyszedł z inicjatywą wykorzystania obiektu w nowej formule?
- Czy wykorzystano społeczną pamięć miejsca w procesie rewitalizacji?

Pojawia się szereg inicjatyw społecznych, takich jak projekt "Dziedzictwo postindustrialne i jego kulturotwórcza rola", których celem jest popularyzacja idei wprowadzenia działań artystycznych i kulturalnych w obiektach postindustrialnych oraz zwrócenie uwagi kadr kultury, organizacji pozarządowych, ale też sektora prywatnego na możliwości wykorzystania zasobów poprzemysłowych do celów kulturalnych. Celem dodatkowym

projektu jest podjęcie próby wypracowania optymalnych rozwiązań w zarządzaniu zasobami przemysłowymi pod kątem ich adaptacji na cele kulturalne [12].

Podnoszą one wiedzę mieszkańców ale też decydentów na temat znaczenia obiektów przemysłowych i ich roli w utrzymaniu cech lokalnych, podkreśleniu wyróżników miejsca i miasta w czasach wszechobecnej, w wielu dziedzinach korzystnej globalizacji, która jednak potrzebuje dla równowagi wzmocnienia czynników identyfikacji i oryginalności.

Literatura

- 1 Majer A., Socjologia miasta, Warszawa 2010, (rozdz. 1)
- 2 PROGRAM RZĄDOWY DLA TERENÓW POPRZEMYSŁOWYCH, przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 27 kwietnia 2004 r., Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2004, (rozdz. 1)
- 3 Jadach-Sepiolo A., Rewitalizacja miast w dokumentach strategicznych w Polsce. Odniesienie do projektu Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego 2010–2020: Regiony, miasta, obszary wiejskie. [w:] O budowie metod rewitalizacji w Polsce - aspekty wybrane. Red. Naukowa - Krzysztof Skalski, Wyd. Instytut Spraw Publicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Kraków 2010, <http://www-isp.miks.uj.edu.pl/pliki/e-monografie/monografia-2.pdf> (rozdz. 1)
- 4 Schneider-Skalska G., Kształtowanie zdrowego środowiska mieszkaniowego. Wybrane zagadnienia. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004 (rozdz. 2)
- 5 Schneider-Skalska G., Zrównoważone środowisko mieszkaniowe. Społeczne – oszczędne – piękne. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011 (rozdz. 2 i 4)
- 6 Skalski K., O budowie metod rewitalizacji w Polsce - aspekty wybrane. Redakcja naukowa - Krzysztof Skalski, Wyd. Instytut Spraw Publicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Kraków 2010, <http://www-isp.miks.uj.edu.pl/pliki/e-monografie/monografia-2.pdf> (rozdz. 3)
- 7 Schneider-Skalska G., Oszczędność zużycia terenu a jakość życia. Czasopismo Techniczne 6-A/2/210 Seria Architektura, zeszyt 14 rok 107, s.21-26 (rozdz. 3)
- 8 Karczmarczyk S., Rawicki Zygmunt., Zabytki post-przemysłowe. Współczesne uwarunkowania ich ochrony. Wyd. Czasopismo Techniczne, 2-B/2009, Zeszyt 9, Rok 106 s. 176 (rozdz. 3)
- 9 Turek A., Rewitalizacja obszarów przemysłowych na cele mieszkaniowe, referat przygotowany na II KONGRES REWITALIZACJI MIAST, 12-14 WRZEŚNIA 2012, KRAKÓW, http://irm.krakow.pl/uploadUser/file/II_2_Sesja%20plenarna_Rewitalizacja%20zdegradowanych%20terenow%20poprzemysl/14_A_Turek_Rewitalizacja%20ob_poprzem.pdf (13.01.2014) (rozdz. 4)
- 10 Ziara J., Rewitalizacja terenów przemysłowych, Wydział Polityki Gospodarczej, Urzędu Marszałkowskiego, Katowice, e-czytelnia abrys.pl <http://e-czytelnia.abrys.pl/?mod=tekst&id=5864> (13.01.2014), (rozdz. 4)
- 11 Raport o społecznym i kulturowym wymiarze rewitalizacji zabytkowych obiektów postindustrialnych na Mazowszu, Warszawa, 2012, http://www.obserwatorium.org.pl/docs/raport_rewitalizacja_obiektow_postindustrialnych.pdf (13.01.2014)
- 12 Krasucki M., Ługowski P., Projekt „Dziedzictwo postindustrialne i jego kulturotwórcza rola”, <http://rewitalizowane.fundacja-hereditas.pl/>, 17.02.2014 (rozdz. 5)

Revitalization of postindustrial grounds

Grażyna Schneider-Skalska

*Chair of Housing Environment, Institute of Urban Design, Department of Architecture, Cracow
University of Technology, e-mail: gschneid@pk.edu.pl*

Abstract: Revitalization of postindustrial grounds is of paramount importance for contemporary cities, for their proper urban space management, for an increase in aesthetical values and for social revival. The revitalization process matches the general principles of sustainable development being an example of the realization of the rules of sustainable design. Revitalization includes problems with wide scopes and various scales – from regional planning, through urban design, to measures related to a single building. Obviously, a serious problem is caused by extensive postindustrial grounds which make an important part of the territory of contemporary cities regained in the process of economic and civilization changes. Revitalization in the architectural scale seems to be a logistically simpler issue even though it rarely appears on its own. Being a component of a larger part, it is subordinated to overriding decisions. The best-known example of comprehensive revitalization of a big postindustrial area is the design of Emscher Park – IBA in the Ruhr. A number of realizations in a smaller scale concern areas and objects transformed into recreational grounds as well as culture, trade or residential objects. For several decades, they have come into existence in Poland, too.

Keywords: revitalization, sustainable design, postindustrial objects

Ruch miejski a warunki środowiskowe

Marian Tracz¹, Krzysztof Stypuła²

¹ Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Krakowska, e-mail: mtracz@pk.edu.pl

² Katedra Mechaniki Budowli, Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Krakowska, e-mail: kstypula@pk.edu.pl

Streszczenie: Celem referatu jest przedstawienie najważniejszych wpływów ruchu drogowego na środowisko miejskie oraz możliwości prawnych i sposobów ograniczania negatywnych wpływów. W skrócie został opisany problem zanieczyszczeń powietrza. W drugiej części przedstawiono problemy uciążliwości hałasu, czynniki wpływające na jego poziom i uciążliwość oraz metody ograniczania generowanego przez ruch rozchodzenia się hałasu i ochrony klimatu akustycznego w otoczeniu.

Trzecia część referatu przedstawia podstawy oceny wpływu drgań od ruchu miejskiego na konstrukcję budynków i na przebywających w nich ludzi oraz sposoby ochrony przed tymi wpływami ze szczególnym uwzględnieniem budowni zabytkowych.

Słowa kluczowe: ruch drogowy, struktura ruchu, hałas, drgania, zabudowa

1. Wprowadzenie

Wzrost natężeń ruchu miejskiego, wraz z negatywnymi oddziaływaniami tego ruchu na otoczenie ulic, od końca XIX wieku towarzyszy rozwojowi miast. Najbardziej uciążliwe z oddziaływań ruchu w miastach to: hałas, zanieczyszczenie powietrza, drgania, zagrożenie wypadkowe, rozdzielanie wspólnot, a także oddziaływania na dobra kultury objęte ochroną (głównie zabytki). Hałas i zanieczyszczenia powietrza mają znaczący wpływ na zdrowie, warunki życia i pracy mieszkańców. Wielkości tych oddziaływań zależą od podstawowych charakterystyk ruchu tj. natężenia (P/h), w tym natężenia ruchu ciężkiego (SC/h i A/h) i prędkości (km/h).

Ograniczania negatywnych oddziaływań ruchu na środowisko wymagają obecnie: Prawo ochrony środowiska [1] i rozporządzenia Ministra Środowiska [2], a umożliwia także pro-środowiskowa polityka komunikacyjna uchwalana przez wiele miast. Polityka taka określa m.in. priorytety w ruchu dla komunikacji zbiorowej i budowy infrastruktury dla niechronionych użytkowników ulic, zasady parkowania i opłat za nie, a także zasady rozwoju urbanistycznego miasta.

Prawo ochrony środowiska przewiduje wykonywanie ocen oddziaływania na środowisko (OOS) przy budowie ważniejszych arterii i urządzeń infrastruktury drogowej miast [1,2,3], a w jego wyniku wykonywanie urządzeń i stosowanie środków zabezpieczających środowisko miejskie, zwłaszcza w odniesieniu do klimatu akustycznego, zanieczyszczeń powietrza, a także drgań. Prowadzony jest także monitoring zanieczyszczeń powietrza (nie tylko od ruchu) oraz stanu klimatu akustycznego w formie wykonywanych cyklicznie map hałasu i ich analiz. Monitoring i doraźne pomiary są podstawą tworzenia programów ochrony środowiska, w tym poprawy klimatu akustycznego i stanu czystości powietrza zanieczyszczanego także przez ogrzewanie.

Zanieczyszczenia powietrza przez ruch obejmują oprócz CO₂ oraz tlenków azotu i siarki groźne niskie emisje tj. CO, C₂H₄ i C oraz pyły będące efektem zatrzymań pojazdów. Pewne efekty osiąga się przez kierowanie ruchu na ulice o dobrej przewietrzalności oraz sterowanie poprawiające płynność ruchu (koordynacja sygnalizacji), a w przypadku arterii klas S i GP skupienie zanieczyszczeń w korytarzach tych arterii, w czym także pomagają ekrany.

W referacie przedstawiono głównie dwa problemy związane z budowlanymi elementami ulic i ich otoczenia, tj. hałas drogowy i drgania - generowane przez ruch.

2. Hałas drogowy

Uciążliwość hałasu drogowego wynika z lokalizacji ważnych pod względem ruchowym ulic (klas S, GP, G i Z) w pobliżu wrażliwej na hałas zabudowy, głównie mieszkaniowej, uczelni i szkół, szpitali, lub lokalizacji wrażliwej zabudowy w sąsiedztwie ruchliwych ulic miejskich wykorzystywanych także przez ruch ciężki [4,5]. Obydwa te przypadki są wynikiem braku lub niewłaściwego planowania przestrzennego i braku potrzebnych uregulowań prawnych, a także niewiedzy prywatnych inwestorów oraz projektantów zabudowy. Niekorzystna sytuacja w śródmieściach miast wynika też z wprowadzania ruchu w ulice zbudowane przed okresem burzliwej motoryzacji.

Poprawa klimatu akustycznego w otoczeniu wrażliwej zabudowy określonej w rozporządzeniu [2] może obejmować trzy kierunki działań dotyczące: powstawaniu hałasu drogowego u źródła, rozchodzenia się hałasu oraz zabezpieczeń wrażliwych budynków i terenów wokół nich a także terenów o charakterze rekreacyjnym.

Do określenia poziomów hałasu stosuje się tzw. równoważny poziom dźwięku A (PN-ISO1996-1) opisany wzorem:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1 L_A(t)} dt \right], [\text{dB}] \quad (1)$$

gdzie: $L_{Aeq,T}$ jest równoważnym poziomem dźwięku A [dB], wyznaczonym dla przedziału czasu T, a $L_A(t)$ jest chwilowym poziomem dźwięku A [dB].

Hałas wytwarzany przez ruch uliczny obejmuje kilka składowych z których istotną rolę odgrywa hałas powstający na styku opon z nawierzchnią oraz emitowany przez silniki pojazdów, a także opór powietrza. Przy prędkościach powyżej 50 km/h dominuje hałas powstający na styku kół z nawierzchnią.

Wpływ parametrów opisujących ruch tj. natężenia ruchu ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich oraz prędkości jest ujęty w modelach metod obliczeniowych, w tym m.in. w modelu francuskiego programu SOUNDPLAN zalecanym do sporządzania map hałasu drogowego przez Komisję Europejską i stosowanym przez autorów.

Do analiz hałasu w otoczeniu ulic w obszarach miejskich stosuje się opisane poniżej wskaźniki. Do określania udziału odcinków ulic, których otoczenie jest zagrożone hałasem w sieci wszystkich ulic w danym mieście stosuje się wskaźnik W:

$$W = \frac{l_x}{l_0} [\%] \quad (2)$$

gdzie:

l_x - długość ulic (dróg), przy których wykonano badania hałasu stwierdzając przekroczenie hałasu,

l_0 - ogólna długość ulic danego obszaru w mieście.

Drugim stosowanym wskaźnikiem jest liczba ludności obszaru miasta, zagrożonej hałasem drogowym:

$$LMZH_k = \frac{\sum_{i=1}^n [(l_{xi} \cdot d_{xi}) p_{xi} GZ_{xi}]}{L_{m(0)}} [\%] \quad (3)$$

gdzie:

l_{xi} - długość odcinków ulic o poziomie hałasu większym od dopuszczalnego,

d_{xi} - przeciętna szerokość terenu wzdłuż ulic objętych oddziaływaniem hałasu o poziomie większym od dopuszczalnego,

p_{xi} - procent ludności zamieszkałej w pomieszczeniach od strony hałaśliwej ulicy,

GZ_{xi} - gęstość zaludnienia danego obszaru miasta,

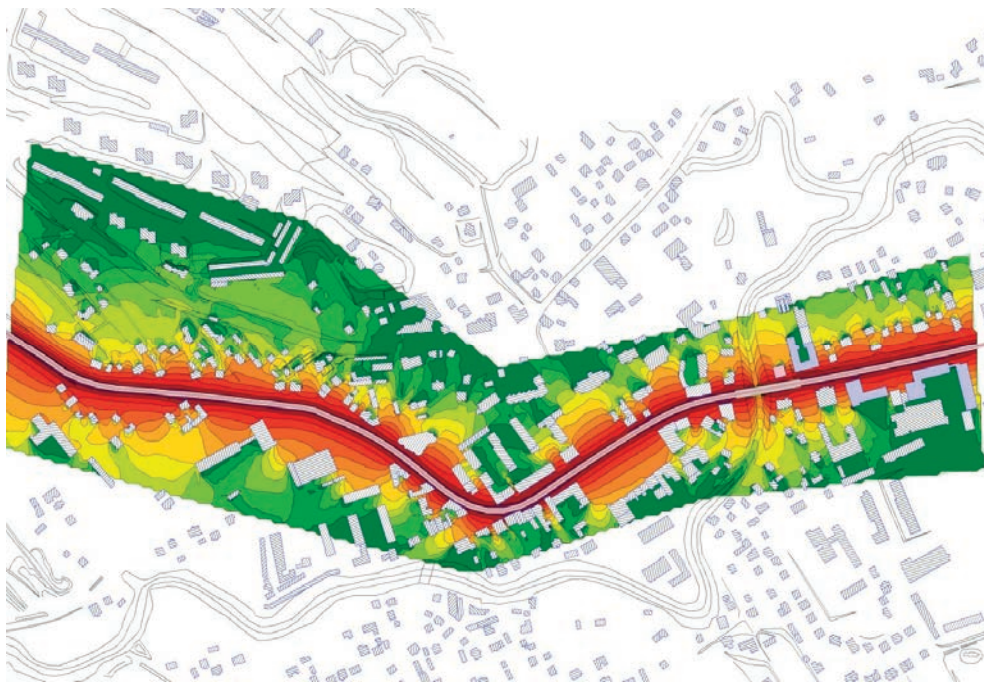
$L_{m(0)}$ - liczba ludności obszaru.

Według rozporządzenia [2] dopuszczalne poziomy hałasu w otoczeniu ulic terenach zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej, zamieszkania zbiorowego i mieszkaniowo-usługowej wynoszą dla pory dnia 65 dB, a pory nocy 56 dB, zaś strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. Mieszkańców odpowiednio 68 i 60 dB.

Do określania długookresowego średniego poziomu hałasu, który służy prowadzenia polityki w zakresie ochrony akustycznej w Dyrektywie 2002/49/EU [3] wskazano dwa wskaźniki: L_{DWN} oraz L_N . W Polsce są one wykorzystywane przy wykonywaniu map akustycznych wzdłuż dróg krajowych, linii kolejowych oraz dla otoczenia ulic w miastach. Wskaźnik L_{DWN} jest długookresowym średnim poziomem dźwięku A wyrażonym w decybelach (dB), wyznaczanym w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia (przedział czasu od godz. 6⁰⁰ - 18⁰⁰, pory wieczoru godz. 18⁰⁰ - 22⁰⁰ oraz pory nocy godz. 22⁰⁰ - 6⁰⁰).

Podstawowe cele wykonywania map akustycznych (rys.1) wg Dyrektywy KE z 2002 roku to:

- określenie stopnia narażenia na hałas w środowisku przy zastosowaniu takich samych metod oceny we wszystkich krajach członkowskich UE,
- zapewnienie społeczeństwu dostępu do informacji związanej z hałasem w środowisku i jego skutkami,
- formułowanie planu działań (naprawczych i zapobiegających) zmierzających do zapobiegania powstawaniu hałasu w środowisku i obniżania jego poziomu.



Rys. 1. Mapa hałasu w otoczeniu ulicy

2.1. Redukcja hałasu generowanego przez ruch uliczny

Działania dla redukcji hałasu generowanego przez ruch uliczny mogą obejmować:

- a. Zmniejszenie natężenia ruchu ciężkiego (pojazdy ciężarowe i autobusy) lub jego eliminację. Ten składnik potoków ruchu generuje znaczny hałas w okresie całej doby, także w okresie nocnym (22^{00} - 6^{00}). Ten okres jest ważny z uwagi na wypoczynek nocny mieszkańców obowiązują w nim dopuszczalne poziomy hałas niższe o ok. 10 dB niż w okresie dziennym. Obecnie osobno analizuje się także hałas w okresie popołudniowym 18.00-22.00 który jest objęty większą ochroną z uwagi na wzmożony ruch powodowany przez powroty z pracy i zakupy – zwłaszcza w dużych miastach. W tym czasie znaczna część mieszkańców przebywa już w domach.
- b. Redukcję prędkości (do 5 dB), którą podobnie jak (a) może być realizowana środkami organizacji ruchu, ale nie dotyczy to stosowania środków uspokojenia ruchu, które mogą zwiększyć hałas (np. progi),
- c. Zmiany rozkładu ruchu w sieci, przez zmiany organizacji ruchu,
- d. zastosowanie cichych nawierzchni dające możliwości obniżenia hałasu (ok. 4dB), szczególnie tam, gdzie brak miejsca na ekrany akustyczne i nie można stosować zakazów ruchu.

Rozchodzeniu się hałasu w otoczeniu można przeciwdziałać dwoma sposobami, to jest odsuwając wrażliwą zabudowę od ulicy na niezbędną odległość, bądź stosując ekranowanie: sztucznymi ekranami, bądź ekranowania zielenią (tuje), ogrodzeniami różnego typu (betonowymi, kamiennymi, drewnianymi) lub zabudową niewrażliwą na hałas (garaże, usługi, magazyny, obiekty handlowe, itp.) [6]. Stosowane w niektórych przypadkach lokalizowanie ekranu przy ulicy zamiast ogrodzenia jest bardzo kontrowersyjne.

Bardzo pomocne przy ustalaniu wzajemnej lokalizacji zabudowy i ulicy są **mapy hałasu** zawierające m.in. izofonę dopuszczalnego poziomu hałasu, czyli linię określającą zakres odległości uciążliwego hałasu. Nabywcy i właściciele działek mogą dzięki nim poznać warunki przyszłego zamieszkania i usytuować optymalnie dom na działce.

Trzecia grupa środków obejmuje zabezpieczenie samych budynków, a w tym zastosowanie szczelnej stolarki okiennej, konstrukcja ścian i lokalizacja wrażliwych pomieszczeń nie od strony ulicy, odpowiednia konstrukcja osłon balkonów. W tym przypadku ważne są także względy estetyczne. Bardzo pomocna przy analizie estetyki środków ekranowania, zwłaszcza sztucznych ekranów akustycznych jest technika fotomontażu.

Wybór sposobu zabezpieczenia zabudowy mieszkaniowej w otoczeniu drogi zależy od kilku wielu czynników z których najważniejsze to:

- wielkość niezbędnej redukcji hałasu,
- odległość zabudowy od jezdni ulicy i jej wysokość,
- konieczność zapewnienia dostępności do zabudowy, czyli wjazdów [6,7].

Należy podkreślić, że w obecnej praktyce budowlanej troska o ochronę klimatu akustycznego w otoczeniu dróg spadła całkowicie na zarządców dróg, a budynki są lokalizowane bardzo blisko jezdni ulic bez troski o możliwości ich ochrony akustycznej (Fot.1 2)..

Budowa ekranów akustycznych jest we warunkach miejskich znacznie utrudniona, a nierzadko niemożliwa, a także nieefektywna. Jest to powodowane lokalizacją budynków blisko jezdni ulicy, co uniemożliwia ochronę wyższych pięter przed hałasem, koniecznością zapewnienia dostępności do zabudowy, czyli pozostawiania przerw w ekranach, a także zapewnienia powierzchni na chodnik, a nawet ścieżkę rowerową. W analizach ruchowych i środowiskowych do planów zagospodarowania należy pamiętać o ochronie zabudowy przed hałasem i zapewnieniu odpowiedniej powierzchni dla lokalizacji środków ochrony. Ekran w miastach stwarzają duże problemy estetyczne (Fot.2), utrzymaniowe, a także pod względem bezpieczeństwa ruchu ograniczając widoczność na skrzyżowaniach i wjazdach.



Fot. 1. Nowe budynki zbudowane po 2005 roku przy ruchliwej ulicy, obwodnicy osiedla ($Q=500$ P/h)



Fot. 2. Niezbyt skuteczne ekranowanie zabudowy usytuowanej zbyt blisko jezdni ($Q > 800$ P/h)

3. Drgania i ich wpływ na zabytki

Jednym z oddziaływań ruchu miejskiego na środowisko są drgania generowane tym ruchem. Wywierają one wpływ na konstrukcję budynków i na ludzi w nich przebywających. W centrach miast, z uwagi na historyczną zabudowę, szczególnego znaczenia nabiera ograniczenie wpływu drgań komunikacyjnych na obiekty zabytkowe (Fot.3).



Fot. 3. Ul. Dominikańska w Krakowie – tramwaje przejeżdżają w odległości ok. 3 m od zabytkowego kościoła oraz ok. 4 m od średniowiecznych kamienic (fot. Piotr Stecz)

Źródłami drgań w ruchu miejskim są:

- ruch pojazdów samochodowych, szczególnie autobusów i samochodów ciężarowych (wpływ drgań od przejazdów samochodów osobowych i dostawczych jest zwykle niewielki),
- przejazdy pojazdów szynowych na powierzchni (tramwajów) lub w tunelach (metro, premetro, szybki tramwaj).

Drgania z tych źródeł przenoszą się przez grunt na sąsiednie budynki. Zasady diagnostyki (metody badań i kryteria oceny) wpływu tych drgań na konstrukcję budynków i na ludzi w budynkach podane są w dwóch polskich normach, opracowanych w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej:

- PN-85/B-02170 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki” [8],
- PN-88/B-02171 „Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach” [9].

Według tych norm oceniane są drgania pomierzone w danym budynku lub będące wynikiem obliczeń symulacyjnych, do których dane wejściowe powinny być wzięte bezpośrednio z pomiaru drgań w danym budynku lub z bazy danych pomiarowych.

Należy zaznaczyć, że zgodnie z art. 147a Ustawy „Prawo ochrony środowiska” powinno się wymagać, aby pomiary drgań przed- i po-realizacyjne były wykonywane przez laboratoria akredytowane w zakresie wykonywania ocen wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach.

3.1. Ocena wpływu drgań na konstrukcję budynków

Norma PN-85/B-02170 [8] przewiduje dwie metody oceny wpływu drgań na konstrukcję budynków: ocenę pełną (którą można stosować do wszystkich budynków) oraz ocenę przybliżoną, odnoszącą się do wybranych typów budynków.

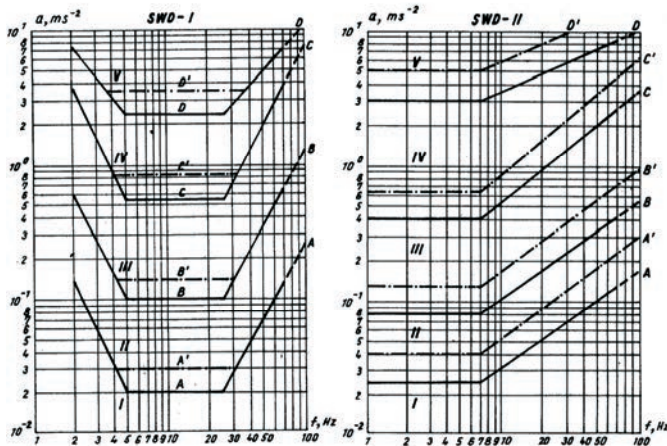
Ocena pełna polega na sporządzeniu modelu budynku do obliczeń dynamicznych (modele z masami dyskretnymi, modele MES), obliczeniu sił dynamicznych obciążających konstrukcję budynku i sprawdzeniu nośności elementów konstrukcji budynku zgodnie z normami budowlanymi z zakresu projektowania konstrukcji. Stąd w wykonaniu takiej oceny powinien bezwzględnie uczestniczyć inżynier budowlany, ze względu na konieczność znajomości norm i przepisów budowlanych oraz zasad statyki i dynamiki budowli.

Przybliżony sposób oceny ogranicza się do oceny wpływu poziomych składowych drgań na budynek (pomierzonych w sztywnym węźle konstrukcji, od strony źródła drgań, w poziomie fundamentu lub w poziomie terenu) za pomocą tzw. skal wpływów dynamicznych SWD-I i SWD-II. Skale SWD można stosować do budynków wykonanych z elementów murowych (przeznaczonych do ręcznego układania jak cegła, pustaki itp.) oraz w przypadku budynków z wielkich bloków.

Skala SWD-I odnosi się do budynków o kształcie zwartym o małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego (nie przekraczających 15 m), jedno- lub dwukondygnacyjnych i o wysokości nie przekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego.

Skala SWD-II odnosi się do budynków nie wyższych niż pięć kondygnacji (nadziemnych), których wysokość jest mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości budynku w rzucie poziomym oraz do budynków niskich (do dwóch kondygnacji), lecz nie spełniających warunków podanych dla skali SWD-I.

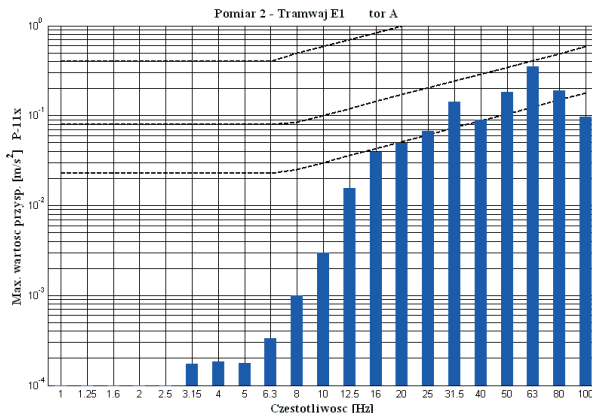
W normie obie skale podano w układzie przemieszczenie-częstotliwość lub przyspieszenie-częstotliwość (rys. 2).



Rys. 2. Skale SWD-I i SWD-II w układzie przyspieszenie (a) – częstotliwość (f) [1]

Na skalach SWD oznaczono następujące strefy szkodliwości: I – drgania nieodczuwalne przez budynek; II – drgania odczuwalne przez budynek, ale nieszkodliwe dla jego konstrukcji; następuje tylko przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach i tynkach; III – drgania szkodliwe dla budynku, powodują lokalne zarysowania i spękania, przez co osłabiają konstrukcję budynku i zmniejszają jego nośność oraz odporność na dalsze wpływy dynamiczne; może nastąpić odpadanie wypraw i tynków; IV – drgania o dużej szkodliwości dla budynku, stanowiące zagrożenie bezpieczeństwa ludzi; powstają liczne spękania, lokalne zniszczenia murów i innych pojedynczych elementów budynku; istnieje możliwość spadania przedmiotów zawieszonych, odpadania płyt wypraw sufitów, wysuwania się belek stropowych z łożysk itp.; V – drgania powodujące awarię budynku przez walenie się murów, spadanie stropów itp., z uwagi na zagrożenie życia ludzkiego budynek nie może być użytkowany.

Szczytowe wartości przemieszczenia d lub przyspieszenia a oraz odpowiadające im częstotliwości f należy wyznaczyć z pomiaru, analizując je w poszczególnych tercjach (1/3 oktawowych) pasmach częstotliwości. Na rys. 3 przedstawiono wyniki analizy wpływu drgań (pomierzonych przyspieszeń drgań) od przejazdu tramwaju typu E1 na jedną ze średniowiecznych kamienic z Fot.3.



Rys. 3. Analiza i ocena według skali SWD-II wpływu na konstrukcję zabytkowego budynku drgań wywołanych przejazdem tramwaju typu E1 [10]

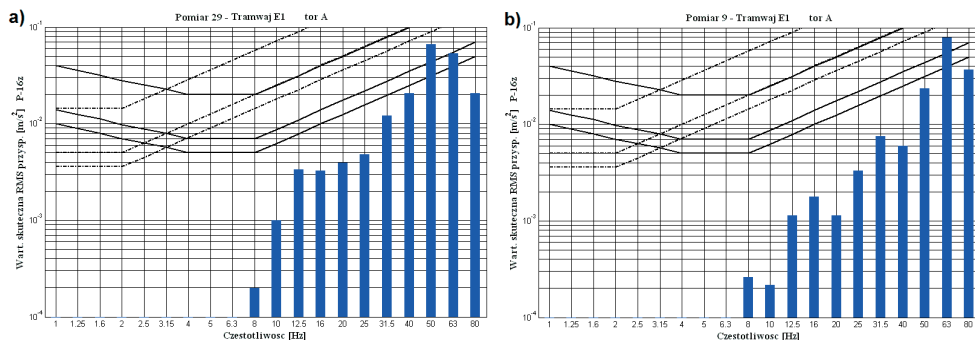
Należy podkreślić, że skale SWD stosowane są chętnie, ale nie zawsze właściwie [11]. I tak nie należy ich stosować do budynków murowych wyższych niż 5 kondygnacji nadziemnych, do budynków o konstrukcji szkieletowej, żelbetowej monolitycznej i płytowo-słupowej a także o konstrukcji stalowej itp. W odniesieniu do obiektów zabytkowych skale SWD można stosować do zabytkowych murowanych kamienic, ale już nie do murowanych obiektów sakralnych ani do budowli o charakterze monumentalnym np. w postaci murów obronnych, baszt itp. Co więcej w odniesieniu do tych budynków zabytkowych, które mogą podlegać ocenie za pomocą skal SWD należy zwrócić szczególną uwagę na interpretację wyników oceny. Dla przykładu, jeżeli jak to widać na rys. 3 drgania dochodzą do górnego pułapu II strefy szkodliwości skali SWD-II, to oznacza to, że drgania te mogą powodować powstawanie uszkodzeń niekonstrukcyjnych, takich jak: rysy i spękania wypraw malarskich i tynków, rozluźnienie mocowań futryn okiennych i drzwiowych, rysy na ścianach działowych itp. O ile taki poziom drgań można czasami tolerować w zwykłym budynku, przy założeniu, że nie dojdzie do odpadania tynków i że co jakiś czas uszkodzenia te będą naprawiane podczas zabiegów renowacyjnych (naprawa tynków, malowanie itp.), o tyle w przypadku obiektu zabytkowego ten poziom drgań nie może być do zaakceptowania z uwagi na możliwość uszkodzenia zabytkowych elementów wystroju architektonicznego na elewacji (gzymsy, pilastry, wykusze, attyki itd.) oraz we wnętrzach (stiuki, malowidła ścienne - freski, graffiti itd.).

3.2. Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach

Ocena wpływu drgań na ludzi wykonywana jest w Polsce na podstawie normy PN-88/B-02171 [9]. Norma ta określa dopuszczalne wartości skuteczne (RMS – root mean square) przyspieszeń lub prędkości drgań mechanicznych w celu zapewnienia wymaganego komfortu przebywania ludzi w pomieszczeniach. Podstawą oceny są wyniki analizy częstotliwościowej drgań zarejestrowanych na posadzce w miejscu odbioru ich przez człowieka. Oceny tej dokonuje się odrębnie dla kierunków poziomych x i y (kierunki prostopadłe do osi kręgosłupa człowieka) i pionowego z , rozumianego jako kierunek wzdłuż osi kręgosłupa. Ocena przeprowadzana na podstawie wartości skutecznej (RMS) przyspieszenia lub prędkości drgań w pasmach 1/3 oktaowych (tercjowych) polega na porównaniu zmierzonych wartości skutecznych (RMS) przyspieszenia drgań lub prędkości drgań w pasmach 1/3 oktaowych dla analizowanego kierunku drgań z odpowiednimi wartościami dopuszczalnymi (granice komfortu).

Na rys. 4 przedstawiono wyniki oceny wpływu drgań na ludzi od przejazdu tramwaju typu E1 na jedną ze średniowiecznych kamienic z Fot.3, w porównaniu z granicami niezbędnego komfortu wibracyjnego zaznaczonymi w następującej kolejności:

- najniższa linia ciągła – próg odczuwalności przez człowieka drgań w kierunku z ,
- środkowa linia ciągła – granica komfortu w pomieszczeniu mieszkalnym w porze nocnej (w godzinach od 22 do 6) przy drganiach odbieranych przez człowieka w kierunku z ,
- najwyższa linia ciągła – granica komfortu w pomieszczeniach biurowych i mieszkalnych w porze dnia (w godzinach od 6 do 22) przy drganiach w kierunku z ,
- najniższej położona linia przerywana - próg odczuwalności przez człowieka drgań w kierunkach x i y ,
- środkowa linia przerywana – granica komfortu w pomieszczeniu mieszkalnym w porze nocnej przy drganiach w kierunkach x i y ,
- najwyższa linia przerywana – granica komfortu w pomieszczeniach biurowych i mieszkalnych w porze dnia przy drganiach w kierunkach x i y .



Rys. 4. Analiza wpływu na ludzi w budynku drgań wywołanych przejazdem tramwaju typu E1: przed modernizacją torowiska (a) i po jego modernizacji z zastosowaniem mat wibroizolacyjnych w konstrukcji toru (b) [12]

3.3. Środki ochrony przed drganiami transportowymi

Najlepszym sposobem ochrony przed drganiami jest ograniczenie ich emisji (generowania) w samym źródle drgań.

I tak w przypadku drgań generowanych przez pojazdy samochodowe należy przede wszystkim dbać o stan nawierzchni. Jak wynika z badań doświadczalnych w przypadku nawierzchni asfaltowej nierówności jezdni sięgające do 2,5 cm głębokości mogą powodować 3 do 4 razy wyższy poziom drgań w stosunku do nawierzchni nieuszkodzonej. Podobny efekt wzrostu poziomu drgań (a także hałasu) ma miejsce w przypadku, modnej obecnie w historycznych centrach miast, zamiany nawierzchni asfaltowej na nawierzchnię brukowaną. Dlatego należy zachować ostrożność w stosowaniu tego rozwiązania zarówno z uwagi na mieszkańców sąsiednich budynków jak i z uwagi na wpływ drgań na obiekty zabytkowe. Ponadto należy likwidować na jezdni nierówności wynikające ze złego osadzenia studzienek ściekowych i kratek kanalizacyjnych.

W przypadku pojazdów szynowych poziom generowanych drgań jest uzależniony od typu pojazdu np. od typu tramwaju: inną dynamiczność (spektrum drgań) mają tramwaje typu 105N czy 120N a inną NGT6 czy Bombardier. Ogromną rolę odgrywa stan kół wagonów oraz stan torów. Wzrastające w czasie eksploatacji taboru deformacje kół (owalizacja, spłaszczenia itd.) oraz szyn (falistość, złuszczenia, ugięcia itp.) mogą powodować nawet kilkunastokrotny wzrost poziomu drgań generowanych przez pojazdy szynowe. W metrze warszawskim zużyte zestawy kołowe wagonów są eliminowane w wyniku wskazań opracowanego w Politechnice Krakowskiej systemu monitoringu wpływu drgań na ludzi w budynkach sąsiadujących z I linią metra. Oprócz dbałości o stan kół i szyn głównym sposobem ograniczenia emisji drgań jest tu stosowanie wibroizolacji w konstrukcji nawierzchni szynowej. Do takich rozwiązań zaliczyć można stosowanie m.in.:

- wibroizolacji w miejscu mocowania szyny np. szyna w otulinie tzw. system ERS (embedded rail system, obniża zarówno poziom drgań jak i hałasu emitowanego na szycie szyny), bloki w otulinie tzw. system EBS (embedded block system) itp.,
- mat wibroizolacyjnych (maty podtorowe, podtłuczniowe itp.).

Zastosowanie takich rozwiązań powinno być poprzedzone wykonaniem obliczeń symulacyjnych celem takiego doboru parametrów wibroizolacji aby osiągnąć zakładany efekt. Najczęściej zakłada się obniżenie poziomu drgań poniżej progu ich odczuwalności przez ludzi w budynkach. Skutki braku wykonania obliczeń skuteczności mat wibroizolacyjnych widoczne są na rys.4. Zastosowanie mat w ramach modernizacji toru nie przyniosło

ograniczenia drgań generowanych przez tramwaje typu E1 (a ograniczyło znacząco poziom drgań generowanych przez tramwaje typu NGT6).

Niewielkie obniżenie poziomu drgań generowanych przez pojazdy (samochodowe lub szynowych) można uzyskać poprzez ograniczenie prędkości ich poruszania się.

W przypadku konieczności ochrony pojedynczych budynków można zastosować przegrodę wibroizolacyjną w gruncie, przy czym powinna być ona starannie zaprojektowana (usytuowanie, wymiary, materiał wypełniający itp.) tzn. należy sprawdzić jej skuteczność przeprowadzając obliczenia symulacyjne. Złe dobrana przegroda może być całkowicie nieskuteczna.

4. Podsumowanie

Ruch miejski i obecność w dużych miastach setek tysięcy parkujących pojazdów wynikające z obecnego stylu życia, przy obecnych wskaźnikach motoryzacji w Polsce sięgających 500 s.o./1000 mieszkańców, powodują obok korzyści z elastycznego przemieszczania się wiele uciążliwości i zagrożeń dla mieszkańców. To nie tylko hałas, zanieczyszczenia powietrza, drgania i inne uciążliwości, ale także utrata zieleni przeznaczonej na parkowanie pojazdów w otoczeniu domów. Trzy z tych uciążliwości przedstawiono w referacie.

Przy obecnej motoryzacji dla poprawy warunków środowiskowych niezbędne są racjonalne działania dla ograniczania ruchliwości przy użyciu samochodów, promowanie komunikacji zbiorowej oraz ruchu pieszego i rowerowego, zwłaszcza w obszarach śródmiejskich i w pobliżu zabudowy. Takie założenie musi leżeć u podstaw racjonalnej polityki komunikacyjnej i być realizowane. Wśród istotnych elementów polityki komunikacyjnej powinny się także znajdować wymagania dotyczące deweloperów, którzy powinni zapewniać ustaloną wskaźnikami liczbę miejsc dla samochodów podziemnych w parkingach podziemnych pod wznoszonymi budynkami.

Uzupełniające działania dla poprawy warunków środowiskowych obejmują stosowanie nowoczesnych systemów i środków organizacji ruchu, informacji i systemów fiskalnych. Istotne jest prowadzenie monitoringu zanieczyszczeń powietrza.

Przy rozbudowie miejskich sieci ulicznych należy tworzyć hierarchiczne układy drogowe przy których zabudowa mieszkaniowa jest lokalizowana przy lokalnych i dojazdowych ulicach o ruchu uspokojonym. Opisane w podsumowaniu metody można z powodzeniem stosować w procesach deglomeracji miast.

Literatura

- 1 Prawo ochrony środowiska, Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. (tekst jednolity ze zmianami Dz.U. 2008 nr 25 poz. 150).
- 2 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1109).
- 3 Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz. U. L 189 z dnia 18.07.2002 r.).
- 4 Tracz M., Woźniak K.: Lokalizacja zabudowy mieszkaniowej wzdłuż dróg o funkcjach ruchowych Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona środowiska i estetyka a rozwój infrastruktury drogowej”, Kazimierz Dolny, 2009
- 5 Radosz S., Tracz M., Woźniak K.: Forming acoustic climate on screened property by throat, European Acoustics Association, EURONOISE Prague 2012

- 6 Tracz M., Radosz S.: Zagrożenia hałasem budynków w otoczeniu dróg – problem akustyczny, dostępności i estetyki, PAN, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej, Problemy naukowo – badawcze budownictwa, Wyd. Polit. Białostockiej, Białystok 2007.
- 7 Woźniak K.: Wpływ dostępności do dróg na efektywność ochrony akustycznej otoczenia. Praca doktorska. Politechnika Krakowska, 2011
- 8 PN-85/B-02170. Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- 9 PN-88/B-02171 „Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
- 10 Kawecki J., Stecz P., Stypuła K.: O konieczności wykonywania obliczeń symulacyjnych wibroizolacji w torze tramwajowym. (On the necessity of use of simulation calculations of the vibration isolation in the tram track). Czasopismo Techniczne 2011, z. 19. Budownictwo z. 3-B, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011, s. 163-173.
- 11 Kawecki J., Stypuła K. Błędy w prognozowaniu i diagnostyce wpływów dynamicznych na budynki. Czasopismo Techniczne, z. 1- M/2008, zeszyt 1/2008 (rok 105), Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008, s. 127-136.
- 12 Kawecki J., Stypuła K.: Zapewnienie komfortu wibracyjnego ludziom w budynkach narażonych na oddziaływania komunikacyjne. Wyd. Politechniki Krakowskiej K, Kraków 2013

Impacts of city traffic on urban environment

Marian Tracz¹, Krzysztof Stypuła²

¹ *Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska,
e-mail: mtracz@pk.edu.pl*

² *Katedra Mechaniki Budowli, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska,
e-mail: kstypula@pk.edu.pl*

Abstract: The aim of the paper is the presentation of the most important impacts of city traffic on the urban environment and the ways to mitigate these impacts by using legal, technical and construction methods. Then the issue of air pollution is presented in brief. The second part of the paper presents the impacts of noise and factors affecting its level and annoyance. Methods of decreasing generation of traffic noise, its impacts and various measures of streets surrounding protection against traffic noise are presented.

The third part discusses the basis for assessing the impact of vibrations generated by city traffic on structures of buildings and people staying in them as well as the ways to protect buildings against these impacts with particular emphasis on historic buildings.

Keywords: Road traffic, land development, noise, vibrations, air pollution

Wielka płyta – problem techniczny czy społeczny?

Michał Wójtowicz

Instytut Techniki Budowlanej, e-mail: m.wojtowicz@itb.pl

Streszczenie: Przedstawiono problemy związane z konstrukcją i eksploatacją użytkowanych budynków mieszkalnych wykonanych w technologiach uprzemysłowionych (wielkopłytowych i wielkoblokowych). Podjęto próbę oceny bezpieczeństwa budynków i ich trwałości, w nawiązaniu do badań użytkowanych budynków. Określono niezbędny zakres prac modernizacyjnych wymaganych do wykonania w celu utrzymania budynków w dobrym stanie przez następne dziesięciolecie.

Słowa kluczowe: budynki mieszkalne, technologia wielkopłytkowa i wielkoblokowa, trwałość budynków, modernizacja

1. Co zalicza się do budynków wielkopłytkowych

Pod pojęciem budownictwa wielkopłytkowego – w pojęciu przeciętnego mieszkańca miast – rozumie się budynki wielorodzinne wykonywane w okresie od lat sześćdziesiątych do dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Charakteryzowało je wykonywanie większości lub wszystkich elementów konstrukcyjnych i osłonowych w wytwórniach prefabrykatów tzw. „fabrykach domów”.

Oszacowanie liczby mieszkań wykonanych w tym okresie (3-4 miliony ?) dotyczy wszystkich systemów budownictwa z prefabrykatów. Budownictwo uprzemysłowione realizowane w tych latach obejmowało ok. 96 % budownictwa wielorodzinnego w kraju [1]. Stosowano ponad 20 różnych systemów budownictwa. Dominujący udział miały systemy wielkopłytkowe: Wk-70, W-70, OWT, „szczeciński”. Dużym, równie znaczącym segmentem budownictwa, był system „wielki blok”, nazywany również „cegłą żerańską”. Do 1979 roku w technologii „wielkiego bloku” zrealizowano obiekty o powierzchni użytkowej równej sumie powierzchni zrealizowanych wg systemów W-70 i Wk-70. System „wielki blok” miał udział w realizacji ok. 30 % powierzchni budynków wykonanych metodami uprzemysłowionymi. Wynikało to m.in. z faktu, że pierwsze wytwórnie prefabrykatów w technologii „wielkiego bloku” uruchomiono w 1958 roku, a pierwsze wytwórnie prefabrykatów powszechnie stosowanych systemów wielkopłytkowych działały od 1968 roku. Niewielki udział w realizacji budownictwa miały systemy bazujące na konstrukcjach szkieletowych m.in. tzw. „Rama H”, SBO.

Podstawę budownictwa wielkopłytkowego stanowiły następujące systemy: OWT-67 (od 1968 roku), W-70 (od 1969 r.), WWP (od 1970 r.), „Szczecin” (od 1971 r.), WUF (od 1972 r.), Wk-70 (od 1974 roku) i OWT-75 (od 1976 r.). Ponadto w różnych rejonach kraju funkcjonowały wytwórnie tzw. systemów regionalnych takich jak: J, WUF, Domino, Dąbrowa, Winogrady i inne. Ogółem w 1979 roku istniało w Polsce 155 wytwórni prefabrykatów dla budownictwa wielkopłytkowego i 190 wytwórni realizujących budynki w technologii „wielkiego bloku”. Do 1979 roku zrealizowano ok. 9,5 mln m² powierzchni użytkowej w technologii wielkopłytkowej i 4,6 mln m² w technologii „wielkiego bloku”. Podjęto również prace nad wdrożeniem uprzemysłowionych metod produkcji o wykonywaniu domów jednorodzinnych.

2. Jakość środowiska mieszkaniowego

Zasady realizacji budynków (kształt, powierzchnia mieszkań, charakterystyki funkcjonalno-użytkowe) wynikały z decyzji politycznych, a nie z potrzeb mieszkańców czy wymagań urbanistycznych. Dodatkowym czynnikiem decydującym o jakości użytkowania był niedostatek i niska jakość materiałów wykończeniowych i instalacyjnych. Powszechne było ograniczenie możliwości projektowania wynikające między innymi z [1]:

- obowiązku stosowania na terenie całego kraju, przez wiele lat, tych samych systemów i tych samych typowych budynków i segmentów zaprojektowanych centralnie, w tzw. systemach zamkniętych,
- wprowadzenia niezmiennych przez długie okresy katalogów ofertowych dla tzw. systemów otwartych,
- ograniczenia asortymentu elementów produkowanych przez fabryki domów.

Monopolistyczna pozycja technologii wielkopłytowych wpływała na eliminowanie technologii wielkoblokowej oraz zahamowanie postępu we wdrażaniu innych (nowoczesnych) rozwiązań technologicznych. Ograniczenie możliwości projektowania doprowadziło do uniformizacji rozwiązań poprzez zalecanie, a nawet nakazywanie, stosowania projektów typowych, określonej wysokości budynków, ujednolicenie poszczególnych elementów (np. stolarki). Efektem takiej działalności było zbudowanie w Polsce wielu budynków o takim samym wyglądzie, dalekim od oczekiwania architektów oraz mieszkańców. Przykładowo w małych miastach o niskiej zabudowie wzniesiono kilka budynków wyróżniających się wysokością (np. 13 kondygnacji) i długością (np. budynki o 6-12 klatkach schodowych). Budynki różnych osiedli były bliźniaczo podobne, autor wielokrotnie podróżując pociągiem, nie potrafił odróżnić w jakim mieście się znajduje.

Pomimo to osiedla budownictwa wielkopłytowego mają swoje zalety, wynikające z ówczesnego podejścia do pozyskania terenów pod budownictwo (np. łatwość wywłaszczania na cele mieszkaniowe):

- dość znaczne odległości między budynkami,
- duża, w stosunku do powierzchni zabudowy, powierzchnia terenów zielonych,
- stosunkowo bliska odległość do centrów miast,
- usługi (szkoły, przedszkola, przychodnie lekarskie).

Innymi istotnymi czynnikami wpływającymi na jakość zamieszkania są kubatura i powierzchnia. Na szczęście od końca lata 60-tych odstąpiono od pomysłów wspólnych kuchni (pomysłu tego nie zrealizowano). Jednak w wielu mieszkaniach, szczególnie o małych powierzchniach użytkowych, projektowano tzw. „ślepe kuchnie”, czyli kuchnie wewnątrz mieszkania, bez bezpośredniego dostępu do okien. Wysokość mieszkań ma również istotne znaczenie dla jakości życia. W przeważającej liczbie mieszkań wysokość netto wynosi 250 cm, jednak spotyka się mieszkania niższe (od 240 cm w systemach wielkiego bloku) i nieco wyższe (258 cm w systemie W-70 i Wk-70).

Powierzchnia mieszkań była określona centralnie (np. tego problemu dotyczyło V Plenarne Posiedzenie KC PZPR). W 1971 roku Minister Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych oraz Minister Gospodarki pozwolili dla systemu W-70 na przekroczenie górnej granicy obowiązującego od 1959 roku normatywu mieszkaniowego (od 3,5 do 6 m²). Wielkość mieszkania zależała od liczby osób przewidywanych do zamieszkania, a wielkość mieszkań określono symbolami M, np. mieszkanie dla 1 osoby oznaczono M1, dla dwóch M2 itd. aż do M7. Dodatkowo oznaczono również liczbę pokoi np. oznaczenie 3PK oznaczało 3 pokoje + kuchnia (widna). Przykładowe powierzchnie mieszkań z końca lat 70-tych dla wybranych systemów zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. Powierzchnie użytkowe mieszkań (dane z 1974 roku) [2]

System budownictwa	Powierzchnia użytkowa mieszkań (m ²)						
	M1	M2 (1PK)	M3 (2PK)	M4 (3PK)	M5 (4PK)	M6 (4PK)	M7 (5PK)
W-70		32	42-44	53	56-59	64	68-71
S	17-20	24-30	33-38	42-48	51-65	51-65	67-71
WUF		32	38-45	52	59	65	72
OWT-67	24	32-36	38-48	48-60	58-72	62-84	72
WWP		27-38	38-48	48-57	54-68	64-78	

W późniejszym okresie budowano mieszkania nieco większe. Na przełomie lat 70-ch i 80-ch standardem były mieszkania o powierzchniach M3 do 55m², M4 do 65 m². Z powyższego zestawienia wynika, że mieszkania budowano stosunkowo małe (uwzględniając liczbę mieszkańców). Należy zauważyć, że obecnie, w 2-giej dekadzie XXI wieku budowane mieszkania mają również małe powierzchnie, ale zazwyczaj są przeznaczone dla mniejszej liczby osób.

Kolejnym czynnikiem decydującym o jakości środowiska mieszkaniowego są materiały i jakość wykończenia. Typowe przekazywane do użytkowania mieszkania, miały bardzo niską jakość wykończenia. Świadczyły o tym następujące rozwiązania:

- tynki – wykonywane zazwyczaj jako cementowo-wapienne lub tzw. tynki pocienione, których jakość była poniżej kategorii III,
- podłogi – stosowano tzw. podłogi pływające, których warstwę izolacji akustycznej stanowiły zazwyczaj dwie warstwy miękkiej płyty pilśniowej impregnowanej Xylamitem – materiałem o dużej szkodliwości dla zdrowia,
- nawierzchnie podłóg – płytki PCV lub wykładzina rolowa z PCW, często z warstwą izolacji akustycznej (Lenteks, Winigam),
- podłogi w łazienkach wykonywano zazwyczaj z lastrico,
- okładziny ścienne w łazienkach i kuchniach stanowiły lamperie tzn. malowanie ścian farbą tzw. olejną, a w wyjątkowych przypadkach dodawano jedną warstwę płytek ceramicznych nad wanną i umywalką,
- instalacje wod.-kan. wykonywano z rur kształtek stalowych, zdarzały się kształtki nieocynkowane,
- instalacje elektryczne wykonywano jako 2-przewodowe, najczęściej z aluminium,
- instalacje c.o. wykonywano ze spawanych rur stalowych, z grzejnikami żeliwnymi (rzadko stalowymi), bez możliwości regulacji temperatury i opomiarowania zużycia ciepła,
- parapety z lastrico lub PCV,
- okna drewniane, dwuszybowe z rozkręcanymi ościeżnicami,
- różne systemy wentylacji (grawitacyjne, wyciągowe) o różnej sprawności.

Lokatorzy oraz zarządcy przez wiele lat wykonywali remonty i adaptacje mieszkań, przez co komfort mieszkań ulegał podwyższeniu. Wykonywano następujące prace:

- docieplanie budynków,
- wymiana okien,
- wymiana parapetów,
- wymiana podłóg (zazwyczaj na drewniane),
- wymiana instalacji wodnej, c.w. (wraz z opomiarowaniem zużycia), gazowej, rur i grzejników c.o. (z opomiarowaniem tzw. podzielnikami ciepła),
- gruntowne wymiany podłóg, okładzin, wanien, umywalk w kuchniach, łazienkach i toaletach,

- wymiana drzwi (zewnętrznych i wewnętrznych) i ościeżnic.

Obecnie zdecydowana większość mieszkań spełnia wymagania użytkowników. Problemem społecznym pozostaje stan wind i klatek schodowych w budynkach wysokich.

3. Problemy techniczne

3.1. Konstrukcja budynków

Bazą konstrukcji budynków są ściany i stropy. Budynki konstruowano w systemach: podłużnych, poprzecznych i mieszanych. Podstawą zapewnienia bezpieczeństwa było usztywnienie w postaci sztywnych tarczy stropowych, realizowanych poprzez stosowanie wieńców żelbetowych umieszczonych na górnych powierzchniach prefabrykatów [3]. Złącza pionowe realizowano w kilku wariantach (połączenia spawane, dyblowe, mieszane). Sposób łączenia zależał głównie od systemu konstrukcyjnego. Wdrożono też wiele wniosków racjonalizatorskich w wytwórniach prefabrykatów (fabrykach domów) i na budowie. Systemy były również modyfikowane przez projektantów w zależności od np. wymagań fabryk czy dostępności materiałów. Obecnie trudno jest przewidzieć, jaki wariant zastosowano w określonym budynku.

Powszechnie stosowane systemy miały następujące układy konstrukcyjne:

- Układ poprzeczny – charakteryzował się tym, że ściany nośne usytuowano w kierunku poprzecznym do osi podłużnej budynku. Ścianami konstrukcyjnymi były również ściany usztywniające usytuowane zazwyczaj wzdłuż lub równoległe do osi podłużnej budynku. Stropy układane na ścianach poprzecznych miały zbrojenie główne równoległe do osi budynku. W układzie poprzecznym zaprojektowano budynki systemów W-70, Wk-70, szczecińskim (część realizacji), WWP oraz budynki wieloblokowe.
- Układ podłużny charakteryzował się innym układem ścian nośnych, były one usytuowane równoległe do osi podłużnej budynku, a stropy układano w kierunku poprzecznym do osi. W tym układzie zaprojektowano budynki systemów: szczecińskiego (część realizacji), WUF (dla budynków do 5 kondygnacji).
- Układ mieszany, w którym ściany nośne usytuowano równoległe jak i prostopadłe do osi podłużnej budynku. W układzie tym wykonano budynki systemu WUF (budynki powyżej 5 kondygnacji) oraz OWT-67 i OWT-75. W systemach OWT podstawowymi ścianami nośnymi były ściany podłużne i poprzeczne oraz ściany zewnętrzne pasmowe. Ściany zewnętrzne pasmowe opierały się na ścianach poprzecznych (w specjalnie uformowanych gniazdach), a stropy usytuowane w kierunku poprzecznym do osi budynku opierały się na ścianach podłużnych wewnętrznych oraz ścianach zewnętrznych pasmowych. Układ stanowił przestrzenną skrzynię wielokomorową.

Konstrukcje szkieletowe (rama H, SBO) były projektowane zarówno w układach podłużnych jak i poprzecznych.

Ważnymi elementami budynków, znaczącymi w ocenie jakości środowiska mieszkania były ściany zewnętrzne (zarówno nośne jak i osłonowe). Wyróżnić tu można podstawowe typy ścian:

Ściany trójwarstwowe.

Ścienne płyty warstwowe składają się z trzech wzajemnie połączonych warstw:

- warstwy zewnętrznej wykonanej z betonu zbrojonego,
- warstwy ocieplającej z wełny mineralnej lub styropianu,
- warstwy nośnej z betonu zbrojonego.

Warstwa ocieplająca znajduje się po zewnętrznej stronie warstwy nośnej. Wełna mineralna i styropian są materiałami porowatymi, wymagają osłonięcia przed uszkodzeniami mechanicznymi i oddziaływaniem czynników atmosferycznych. W prefabrykowanych elementach ocieplenie osłania zewnętrzna płyta betonowa.

Warstwy płyt połączone są metalowymi łącznikami, które mają umożliwić w miarę swobodne odkształcanie pod wpływem temperatury i przenosić obciążenie na płytę wewnętrzną. Jako łączniki stosuje się wieszaki i szpilki.

Wieszaki metalowe o kształcie pętli zbliżonej do trójkąta, z prętów stalowych o średnicy 8 mm (dopuszczalne 6 i 9 mm), przechodzą przez wszystkie trzy warstwy płyty, przy czym współpracują ze zbrojeniem płyt poprzez zakotwienie prętami poprzecznymi. Połączenie zapewnione jest przez odpowiednie ukształtowanie wieszaków.

Szpilki wykonane z drutu stalowego o średnicy 3 do 4,5 mm. mają kształt wydłużonego „U”. Szpilki w liczbie kilkunastu do kilkudziesięciu sztuk, usytuowane obwodowo w płycie i wokół otworów, spełniają funkcję stabilizującą warstwę zewnętrzną płyty, oraz przenoszą obciążenia od ssania wiatru.

Ściany jednowarstwowe były charakterystyczne przede wszystkim dla budynków realizowanych w systemie szczecińskim. Ściany zaprojektowano jako samonośne lub zewnętrzne nośne z keramzytobetonu, o grubościach 36 lub 40 centymetrów.

Ściany murowane z bloczków gazobetonowych (o grubości 24 cm, murowanych na zaprawie cementowo-wapiennej) wykonywano w budynkach realizowanych w technologii wielkiego bloku oraz w konstrukcjach szkieletowych (rama H, SBO).

Ściany podwieszane z dyli gazobetonowych (o grubości 24 lub 30 cm) realizowano w różnych systemach, najczęściej w W-70 i Wk-70. Wykonywano płyty ze zbrojonych dyli układanych poziomo lub pionowo (filarki międzyokienne) połączonych między sobą zaprawą. Dyle scalono stalowymi nagwintowanymi prętami sytuowanymi w otworach nawiercanych w dylach. Ściany zawieszano na 2-ch lub 3-ch wspornikach stalowych montowanych na poziomie wieńcy.

Poważnymi mankamentami była niska izolacyjność termiczna ścian i przenikanie wody przez złącza. Ściany projektowano uwzględniając ówczesne normy izolacyjności termicznej przyjmując współczynnik przenikania ciepła $k = 1 \div 1,07 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}^\circ\text{C}$ ($1,16 \div 1,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). Są to wartości pięć razy wyższe od obecnie obowiązujących.

3.2. Jakość wykonania

3.2.1. Jakość prefabrykatów

Prefabrykaty betonowe i żelbetowe wykonywano w wytwórniach stałych lub poligonowych. Podstawowymi elementami wpływającymi na jakość prefabrykatów były trudności zaopatrzeniowe (brak materiałów) jak i ich jakość. W raporcie [1] przedstawiono następujące uwagi krytyczne:

- zastosowanie w produkcji elementów niskiej jakości kruszyw i cementów,
- stosowanie technologii produkcji elementów o skróconym cyklu dojrzewania,
- odstępstwa od projektowanych reżimów technologicznych, szczególnie na budowach, w tym stosowanie cementów nieodpowiednich do obróbki termicznej,
- kruszywa naturalne charakteryzujące się zbyt wysokim punktem piaskowym (do 70%) i nadmiernym zanieczyszczeniami iłami i pyłami,
- keramzyt charakteryzujący się zbyt dużą gęstością nasypową i brakiem drobnych frakcji, co uniemożliwiało uzyskanie keramzytobetonu o wymaganej gęstości objętościowej,

- wełna mineralna charakteryzuje się nadmierną ściśliwością i nieodpowiednią gęstością objętościową: co najmniej 50% dostarczanych płyt posiada nadmierną nasiąkliwość,
- wymiary płyt odbiegają od wymagań normowych,
- stal zbrojeniowa – w wielu przypadkach nie spełniająca wymagań w zakresie cech wytrzymałościowych (zaniżona wytrzymałość na rozciąganie i granica plastyczności, pękanie prętów przy próbie zginania, niekiedy – wstępne pęknięcia i rozwarstwienia prętów),
- stal nierdzewna – częsty brak stali nierdzewnych o właściwościach technicznych odpowiednich do produkcji wieszaków i szpilek łączących płyty betonowe w elementach trójwarstwowych,
- materiały uszczelniające złącza (folie samoprzylepne, kity trwale plastyczne) na ogół nieodpowiedniej jakości i nietrwałe, uniemożliwiające prawidłowe uszczelnienie złączy pionowych i poziomych.

Dodatkowymi czynnikami wpływającymi na jakość prefabrykatów były [4]:

- niewłaściwe usytuowanie i kotwienie wieszaków,
- zbyt mała grubość (w stosunku do projektowanej) izolacji termicznej,
- brak szpilek,
- zbyt mała grubość otuliny siatek stalowych zbrojenia ścian.

Wszystkie wskazane wyżej nieprawidłowości świadczyć mogą o złym stanie elementów. Tymczasem wyniki wieloletnich badań ITB ścian zewnętrznych [4] kilkudziesięciu budynków (wykonano kilkaset odkrywek) wskazują te nieprawidłowości, jednak stopień uszkodzeń wynikających z oddziaływań środowiskowych był nieznaczny.

Jako najbardziej znaczące wady, stwierdzone w eksploatowanych budynkach, wymienić można:

- niewłaściwą jakość stali wieszaków,
- zbyt małe otulenie siatek zbrojeniowych i wieszaków,
- zbyt małą grubość warstw wełny mineralnej (wynikająca z jej niskiej jakości),
- zawyżoną, w stosunku do projektowanej, grubość warstw fakturowych.

Prefabrykaty ścian wewnętrznych i stropów zazwyczaj były lepszej jakości, poza stwierdzonymi pęknięciami ścian betonowych powstałymi w okresie rozformowania, transportu lub niewłaściwego montażu.

3.2.2. Jakość montażu

Montaż elementów wykonywano na budowie, często przy niedostatecznym nadzorze kierownika budowy i inspektora nadzoru. O trwałości połączeń (a więc i całego budynku) decydowały: dokładność montażu oraz dokładność i jakość wykonania połączeń.

W Polsce stosowano montaż swobodny (systemy OWT, SZ) i montaż wymuszony (W-70, Wk-70, WWP). Montaż wymuszony gwarantował lepszą tolerancję wykonania, jakkolwiek zdarzały się przypadki odcinania lub odginania śrub rektyfikacyjnych, jako „przeszkadzających” w montażu.

Jednak najbardziej znaczącym czynnikiem jest jakość złączy (poziomych i pionowych) prefabrykatów oraz sposób łączenia (spawania) ich między sobą za pomocą różnych akcesoriów metalowych. Należy uwzględnić, że roboty wykonywano w różnych porach roku jak i w różnych porach doby (często montaż odbywał się całodobowo), przy różnych umiejętnościach wykonawców i braku właściwego nadzoru. Złącza, po ustawieniu prefabrykatów, ich ewentualnym połączeniu, ułożeniu zbrojenia (np. wieńców stropowych), należało wypełnić betonem. Według projektów powinien to być beton droбноziarnisty

Rw=170 lub Rw=200, o konsystencji półcieklej, z zagęszczeniem masy wibratorem pogrąŜalnym. Budynki montowano równieŜ w okresach niskich temperatur. Jest więc moŜliwe, Ŝe stosowano dodatki przyspieszające wiązanie – czyli najbardziej wówczas popularny chlorek wapnia [5]. Chlorki obniŜają własności ochronne betonu względem stali zbrojeniowej, powodując jej korozję wŝerową.

W raporcie [1] wskazywano na następujące uchylenia i braki:

- małą liczbę wibratorów wŝłębnych (stosowanych do zagęszczania betonu złączy),
- brak wyposaŜenia w sprzęt geodezyjny do montaŜu,
- przyspieszanie montaŜu w stosunku do normatywów technologicznych,
- niewłaściwe systemowe rozwiązania projektowe – np. kształt złączy ścian.

Badania złączy poziomych i pionowych wykonane przez ITB na budynku wykonanym w technologii Wk – 70 po ok. 40-tu latach eksploatacji wykazały następujący stan [6]:

- beton złączy był róŜnej jakości, na ogół dość dobrze zagęszczony, wykonany z kruszywa o róŜnej granulacji (w części próbek stwierdzono kruszywo o średnicy do 30 mm, a w części do 3 lub 5 milimetrów),
- w betonie stwierdzono śladowe ilości chlorków (charakterystyczne dla cementu i wody zarobowej), nie stwierdzono więc dodatku chlorków w celu przyspieszenia wiązania,
- odsłonięte pręty zbrojenia złączy (przede wszystkim wieńcy) nie miały jakichkolwiek śladów korozji, które mogły powstać w czasie eksploatacji), a zbrojenie było w stanie pasywnym,
- beton charakteryzował się wysoką alkalicznością, a karbonatyzacja była niewielka.

3.3. NaraŜenia środowiskowe [5]

Postęp destrukcji elementów konstrukcyjnych budynków mieszkalnych zależy w znacznym stopniu od warunków eksploatacji. Zasadniczy wpływ na trwałość obiektów mają oddziaływania atmosferyczne w tym: opady, temperatura i jej wahania, zamarzanie i odmrażanie, oddziaływanie skroplonej pary, gazów i pyłów agresywnych. Najbardziej naraŜone na wpływ tych czynników są elementy zewnętrzne budynków tj. ściany elewacyjne, balkony, loggie, pokrycia dachowe oraz systemy odwodnień dachów i ścian. Czynniki atmosferyczne mogą przenikać równieŜ w g łb, np. przez źle uformowane po czenia konstrukcji nośnej i oslonowej. Mimo, Ŝe środowiska w większości miast mają stosunkowo niski stopień agresywności, ich d ugotrwa  działanie moŷe powodować znaczne uszkodzenia. Niszczenie elementów następuje w wyniku  cznego działania czynników chemicznych i fizycznych, a szybkość degradacji zależy od rodzaju zastosowanych materiałów, ich jakości, staranności wykonania i moŷliwości zawilgacania. Dla istniejącego budynku, z określonym poziomem wad, szybkość degradacji jest zaleŷna od ograniczenia dostępu wody do elementów konstrukcji, dlatego waŷna jest sprawno  systemu odwodnienia, dobra izolacja płyt balkonów i loggii, szczelno  styków między płytami.

Fundamenty i ściany piwnic są nara ne na działanie wód gruntowych i gruntów. Powinny więc być skutecznie izolowane od wpływu środowiska gruntowego, gdyŷ nawet wody o niskiej agresywności powodują destrukcję betonu. Izolacje przeciwwilgociowe ścian piwnicznych są często w złym stanie. Znane są przypadki, gdy brak właściwej izolacji i działanie wód gruntowych spowodowały nawet zniszczenia naziemnych części budynków. Naprawa izolacji w obiektach eksploatowanych jest często trudna do wykonania. Waŷnym elementem destrukcji ścian powyŷej poziomu terenu jest oddziaływanie chlorków pochodzących od űrodków odladzających (w częściach budynku w których chodniki są usytuowane przy ścianie lub w bezpośredniej jej bliskości).

Wewnątrz budynków temperatura i wilgotność są na ogół na stałym poziomie i nie obserwuje się rozwoju korozji w tych warunkach. Problemy występują w przypadkach, gdy ściany zewnętrzne w pewnych strefach przemarzają lub są zawilgocone, wówczas wewnątrz budynku mogą wystąpić niekorzystne zjawiska. Znaczną część budynków wzniesionych w konstrukcjach wielkopłytkowych docieplono, co spowodowało poprawę warunków cieplno-wilgotnościowych w pomieszczeniach oraz wyeliminowano zawilgocenie wodami opadowymi ścian od zewnątrz.

Konstrukcje budynków wykonano jako betonowe (w tym z keramzytobetonu) oraz żelbetowe. Stąd warunki środowiskowe eksploatacji i klasy ekspozycji określa się wg PN-EN 206-1.

- Stropy XC i ściany wewnętrzne XC – korozja spowodowana karbonatyzacją w środowisku suchym (XC1) lub umiarkowanie wilgotnym (XC3).
- Ściany nośne piwnic XC – korozja spowodowana karbonatyzacją i XF – agresywne oddziaływanie zamrażania/odmrażania (przy cokołach – w obecności środków odladzających).
- Ściany zewnętrzne keramzytobetonowe: XC (od wewnątrz) i XF – oddziaływanie zamrażania i odmrażania na zewnątrz – bez środków odladzających.
- Ściany z dyli gazobetonowych – nie można określić wg PN-EN 206-1 – należy uwzględnić następujące czynniki:
 - korozję zbrojenia w gazobetonie (skuteczność zabezpieczeń),
 - korozję cięgien (jaki był sposób ich zabezpieczenia),
 - stan wsporników mocujących,
 - zamrażanie i odmrażanie.
- Ściany trójwarstwowe. Problem oceny narażeń jest skomplikowany z uwagi na różnorodność rozwiązań materiałowych. Warstwy betonu ścian osłonowych są narażone na oddziaływanie środowiska XF (zamrażania/odmrażanie bez środków odladzających, a warstwy wewnętrzne (konstrukcyjne) – środowisko XC. Natomiast elementy mocujące: wieszaki, szpilki są eksploatowane w środowisku wełny mineralnej lub styropianu – nie stanowiących ochrony przed korozją. Oddziaływanie sprzyjające korozji należy rozpatrywać indywidualnie (w zależności od gatunku stali, jej formowania itp.)
- Balkony i loggie – środowisko analogiczne jak dla ścian zewnętrznych, z wyjątkiem możliwości występowania dużego zawilgocenia w rejonie okapów.
- Złącza elementów konstrukcyjnych – XC1 i XC3 – analogicznie jak stropów i ścian wewnętrznych.

3.4. Prognozowana trwałości budynków

Ocena trwałości budynków, ze względu na konieczność uwzględnienia wielu czynników, często wzajemnie zależnych, stanowi złożone i trudne zagadnienie. Dotychczasowe doświadczenia z katastrof (wybuchów gazu i destrukcji części ścian) wskazują, że konstrukcję budynków zaprojektowano prawidłowo.

Podstawową regułą przy projektowaniu budynków wielkopłytkowych było nadawanie im sztywności przestrzennej za pomocą sztywnych ścian poprzecznych i podłużnych, przechodzących przez całą wysokość budynku. Ściany takie stanowiły pionowe przepony, których zadaniem było przejmowanie za pośrednictwem stropów i przekazywanie na grunt sił poziomych pochodzących od działania wiatru oraz wynikających z nie pionowego ustawienia elementów ściennych, obciążonych pionowo. Stropy traktowane były w oblicze-

niach jako sztywne przepony poziome (przy przejmowaniu sił poziomych działają jak belki - ściany zginane w swojej płaszczyźnie), co było równoznaczne z założeniem niezmienności konturu przekroju poziomego konstrukcji budynku przy jej odkształceniach. Ściany poprzeczne i podłużne, główne elementy ustroju przestrzennego budynku, traktowano jako wsporniki utwierdzone w monolitycznej, podziemnej części budynku lub rzadziej – w gruncie. Dodatkowo ściany zewnętrzne dzięki znacznej sztywności na odkształcenia w swojej płaszczyźnie przeciwdziałają skręcaniu ustroju przestrzennego budynku przy zginaniu i dlatego przyjmowano, że pod wpływem parcia wiatru przekroje ustroju przesuwały się równolegle [7].

Problemem mogą być szczegóły niewłaściwego wykonania prefabrykatów i ich wbudowania opisane powyżej i w publikacjach [8, 9, 10].

Wieloletnie badania autora poparte analizą dostępnej literatury wskazują, że trwałość budynków określoną jako zdolność budynku do spełniania wymaganych funkcji przez określony czas w warunkach oddziaływania czynników środowiskowych można ocenić na co najmniej 100 lat, z zastrzeżeniami. Zastrzeżenia dotyczą głównie oceny stanu i monitoringu tych elementów, których trwałość może być mniejsza (skutki błędów produkcji prefabrykatów, montażu, stosowania niewłaściwych materiałów, zaniedbanie konserwacyjne i naprawcze).

Osiągnięcie takiej trwałości wymaga podjęcia następujących działań:

- oceny i kontroli złączy konstrukcji (dotychczas nie jest to realizowane przez zarządców i właścicieli),
- oceny mocowania balkonów,
- oceny stanu ścian zewnętrznych z uwzględnieniem ewentualnej wymiany warstw lub wzmocnienia łączników (wieszaków),
- wykonywania bieżących napraw i konserwacji wynikających z programu utrzymania.

4. Rewitalizacja czy modernizacja

Wielu autorów publikacji technicznych z dziedziny architektury, urbanistyki oraz i budownictwa podejmuje problem rewitalizacji budynków lub rewitalizacji osiedli. Rewitalizacja jest to zespół działań urbanistycznych, planistycznych, których celem jest przekształcenie miejskiej dzielnicy (lub innego wyodrębnionego obszaru miasta) będącej w stanie kryzysu. Programy rewitalizacyjne nakierowane są na ożywienie zdegradowanych obszarów miast. W Polsce pojęcie rewitalizacji bywa nadużywane jako nazwa wszelkich remontów, adaptacji, modernizacji, rewaloryzacji, konserwacji, restauracji (źródło Wikipedia). Czy w przypadku osiedli w których występują budynki wielkopłytowe można mówić o rewitalizacji. Zdaniem autora – nie. Osiedla są na ogół zadbane, budynki w większości mają nową elewację (efekt akcji termomodernizacji), w większości budynków wymieniono okna, instalacje c.w.u., wody, gazu, c.o. Wymienia się również windy, zamyka zsypy, dostosowuje wejścia do użytkowania przez niepełnosprawnych.

Natomiast niezbędnym przedsięwzięciem jest modernizacja przestrzeni mieszkalnej tzn. przekształcenia funkcjonalno-przestrzenne mieszkań oraz przestrzeni wspólnej (wewnątrz i na zewnątrz budynku).

Wadami mieszkań które określają ich użytkownicy są [11]:

- za małą powierzchnia,
- brak ciszy i spokoju,
- brak możliwości separacji,
- brak dodatkowych pomieszczeń,

- brak odpowiedniego przedpokoju,
- zły rozkład pomieszczeń i nieodpowiednie ich wymiary,
- źle zaprojektowany pokój dzienny i pokoje sypialniane,
- zbyt małe kuchnie,
- brak pokoju do pracy.

Czy coś odróżnia budynki wielkopłytowe od obecnie budowanych według innych technologii? Niewiele. Takie problemy jak brak odpowiedniego przedpokoju, nieodpowiednie wymiary powierzchni (np. za wąskie) czy zbyt małe kuchnie są charakterystyczne dla budownictwa wielkopłytowego, jakkolwiek w nowych mieszkaniach występują podobne mankamenty. Kwestia powierzchni, liczby pokoi itp. jest obecnie problemem ekonomicznym tzn. możliwości finansowych do zakupu/zamiany mieszkania. Raporty z ostatnich lat wskazują, że największym popytem w nowych budynkach cieszą się mieszkania małe i średnie, a więc problemy tzw. „ciasnoty” były i będą. W budynkach wielkopłytowych możliwa jest zmiana funkcji poszczególnych lokali poprzez usuwanie lub przesunięcia ścian działowych. Możliwe jest również powiększenie mieszkań przez łączenie 2-ch sąsiednich mieszkań. Metody wykonywania otworów, przejść itp. są opisane w pracy [12].

Kto zatem powinien być zainteresowany modernizacją - odpowiedź prosta - mieszkańcy. Ważnym jest wiek mieszkańców i ich możliwości finansowe. Według danych dr Ostąńskiej [13] z 2009 roku największą grupę w badanym osiedlu stanowią mieszkańcy w wieku 50-75 lat (40%) zwiększyła się ona o 7% w stosunku do roku 2004. Niewiele mniej wynosi grupa 25-50 lat (37%), uległa ona jednak zmniejszeniu o 13% w porównaniu z rokiem 2004. Z analizy statystycznej wynika, że grupę pracujących stanowi 30% mieszkańców i to w obu badaniach przeprowadzanych w odstępie pięciu lat. Natomiast udział niepracujących osób wśród ankietowanych mieszkańców wynosi prawie 70 %. Wynika stąd, że modernizacją będą raczej zainteresowani spadkobiercy obecnych mieszkańców lub osoby nabywające mieszkania na rynku wtórnym. Największe zainteresowanie mieszkańców budzi dobudowa lub modernizacja wind, wymiana instalacji, montaż klimatyzacji, wymiana balkonów wspornikowych. Prace tego typu mogą być finansowane z funduszu remontowego, bez bezpośredniego sięgania do kieszeni mieszkańców. Według badań [13] lokatorzy nie są skłonni do dodatkowej (niż z funduszu remontowego) partycypacji w kosztach.

Istotnym problemem społecznym jest również struktura własnościowa. Często w jednym budynku mieszkają spółdzielcy (z lokalami tzw. lokatorskimi lub własnościowymi), mieszkańcy którzy nabyli mieszkanie i mają założoną księgę wieczystą (nie są członkami spółdzielni), lokatorzy mieszkań zakładowych, socjalnych itp. Zdarza się, że jednym budynkiem zarządza i spółdzielnia i wspólnota mieszkaniowa. Jest zatem ważne społecznie – kto i na jakich zasadach współuczestniczy w kosztach modernizacji części wspólnych z uwzględnieniem problemu, że część mieszkańców nie płaci za użytkowanie.

Kolejny problem – nadzwyczaj istotny – co mają robić lokatorzy (właściciele mieszkań), jeżeli budynek z powodów technicznych będzie musiał być wyłączony z eksploatacji. Powstaną wówczas napięcia społeczne, które każdy rząd będzie musiał brać pod uwagę. Inne jest podejście do własności osób, które mają własne domy (zawali się to radź sobie sam), a inne w domach wielorodzinnych (oczekiwanie pomocy państwa).

Stąd prosty wniosek – w interesie zarówno mieszkańców jak i państwa jest, aby budynki można było eksploatować jak najdłużej. Jest to więc zadanie techniczne – uporanie się z problemami opisanymi w p. 3. Uwzględniając możliwości finansowe mieszkańców i ewentualnej pomocy państwa, możliwe i zasadne jest w najbliższym czasie prowadzenie następujących przedsięwzięć:

- usunięcia wyrobów azbestowo-cementowych z elewacji i zsypów,
- wzmocnienia łączników warstw ścian trójwarstwowych, w miejscach gdzie jest to niezbędne,
- wykonania dodatkowych warstw ociepleń i innych przedsięwzięć dla polepszenia bilansu energetycznego budynków,
- stałej modernizacji instalacji wewnętrznych,
- monitoringu stanu złączy w budynkach – w przypadku stwierdzonych uszkodzeń wykonywania bieżących napraw,
- napraw lub wymiany balkonów i loggi,
- prowadzenia napraw w przypadkach pojawienia się uszkodzeń.

Podsumowując należy stwierdzić, że nie ma odwrotu od użytkowania mieszkania w budynkach wielkopłytowych. Nie jest łatwym zdecydowanie, że rozbierane będą budynki. A co w zamian? Ważnym zagadnieniem jest niedopuszczanie do powstania dzielnic slumsów (zaniedbanych), jak to ma miejsce w niektórych krajach Europy zachodniej.

5. Podsumowanie

Realizowane w Polsce budynki wykonywane w technologiach uprzemysłowionych były projektowane prawidłowo (z uwagi na bezpieczeństwo konstrukcji), bez określania czasu eksploatacji. Nie były projektowane jako budynki tymczasowe lub o określonym okresie użytkowania (np. 60 lat). W trakcie wykonywania elementów w zakładach prefabrykacji oraz montażu na budowie popełniono szereg błędów, jednak ich wpływ na bezpieczeństwo konstrukcji nie wydaje się być znaczący. Właściwy nadzór nad budynkami, monitoring stanu złączy, prowadzenie niezbędnych napraw i wzmocnień pozwalają na ocenę, że trwałość konstrukcji budynków można określić na co najmniej 100 lat.

Ważnym aspektem jest również czynnik społeczny. Szacuje się, że ok. 25 % ludności Polski zamieszkuje budynki wykonane w technologiach uprzemysłowionych. Zadaniem właścicieli, zarządców a także służb państwa jest opracowanie programów utrzymania budynków w dobrym stanie technicznym jak i wdrażanie w praktyce takich programów. Pytanie, co jest ważniejsze przy dostępnych środkach: utrzymanie na obecnym poziomie czy dodatkowe przedsięwzięcia (zmiana elewacji, dobudowa budynków itp.), jest pytaniem otwartym.

Ze względu na korzystne położenie wielu osiedli budynków wielkopłytowych w dużych aglomeracjach, zainteresowanie modernizacją, nawet stosunkowo małych mieszkań jak i mieszkań sąsiadujących, może wzrosnąć. Dostępność nowych materiałów i wyrobów umożliwia szybkie remonty. Starania właścicieli (spółdzielnie, wspólnoty) sprzyjają dostosowaniu lokali i przestrzeni wspólnych do współczesnych oczekiwań mieszkańców.

Budynki wielkopłytowe i wielkoblokowe mimo swej „brzydoty” mają pewien walor, są budynkami zwartymi o niewielkiej powierzchni zewnętrznej w stosunku do kubatury. Stąd „nadają się” do wdrażania przedsięwzięć dla oszczędności energii na cele grzewcze. Możliwe jest instalowanie urządzeń do rekuperacji ciepła na wylotach kominów wentylacyjnych, montowanie na elewacji ogniw wykorzystujących energię słoneczną itp.

Podsumowując, można stwierdzić, że wielka płyta to problem zarówno techniczny jak i społeczny. Musimy przyjąć do wiadomości, że niezbyt urodziwe budynki naszych osiedli powstałych w 2-giej połowie ubiegłego stulecia były, są i będą elementem krajobrazu naszych miast, być może nawet w XXII wieku.

Literatura

- 1 Przegląd systemów wielkopłytowych – raport dla Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych, Warszawa, kwiecień 1981 (maszynopis)
- 2 Systemy budownictwa mieszkaniowego i ogólnego W-70, Szczecin, SBO, SBM-75, WUF-T, OWT-67, WWP, Arkady, Warszawa 1974
- 3 Dzierżewicz Z. Starosolski W.: Systemy budownictwa wielkopłyтового w Polsce w latach 1970-1985, : Wolters Kluwer Polska, 2010, wyd. 1.
- 4 Ścisławski Z., Woyzbun I., Wójtowicz M.: Bezpieczeństwo i trwałość zewnętrznych ścian warstwowych. Konferencja Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych, Konferencja ITB, Mrągowo 1999
- 5 Wójtowicz M.: Trwałość budynków wielkopłytowych w świetle badań. XIII Konferencja naukowo-techniczna. Warsztat pracy rzeczoznawcy budowlanego, Cedzyna 2014,
- 6 Wójtowicz M., Możaryn T.: Stan techniczny złączy prefabrykatów budynku wielkopłyтового po 40 latach eksploatacji. Konferencja „Awary budowlane” 2013
- 7 Wierzbicki S.M., Sieczkowski J.: Konstrukcje budynków wielkopłytowych z punktu widzenia zabezpieczenia przed awarią oraz możliwości ich modernizacji, XXV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awary Budowlane” Szczecin-Międzyzdroje 2011
- 8 Sobczak-Piąstka J., Podhorecki A.: Diagnostyka techniczna budynku wielkopłyтового, Izolacje nr 11/12/2013
- 9 Ligęza W., Dębowski J., Nowak-Dziesko K., Rojewska-Warchał M.: Zagadnienia remontowe i modernizacyjne w budynkach z „wielkiej płyty”, XXIX Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2014
- 10 Dębowski J.: Cała prawda o budynkach wielkopłytowych. Przegląd Budowlany nr 9/2012
- 11 Gronostajska B., Orłowski A.: Rewitalizacja przestrzeni mieszkaniowej w zabudowie z wielkiej płyty, Przegląd budowlany nr 4/2011
- 12 Cholewicki A., Chyży T., Jarosław S.: Nowe otwory w ścianach konstrukcyjnych budynków wielkopłytowych, ITB, Warszawa 2003
- 13 Ostańska A.: Zmiany w preferencjach mieszkańców osiedla z budynkami prefabrykowanymi po pięciu latach od chwili pierwszej ankiety społecznej, Przegląd budowlany nr 12/2010

Buildings made of large panel elements – technical or social problem?

Michał Wójtowicz

ITB, e-mail: m.wojtowicz@itb.pl

Abstract: The problems related to the construction and usage of residential buildings made in industrialized technologies (large panel and large block technologies) were presented. An attempt was made to assess the safety of buildings and their durability, in reference to the tests of buildings in use. The necessary range of modernization works was determined to maintain the good condition of buildings for the next decades.

Keywords: residential buildings, large panel and large block technology, durability of buildings, modernization