

# Stosowanie metod nieniszczących do oceny stanu technicznego budynków wielkopłytowych

Application of non-destructive testing methods for the assessment of the technical conditions of the buildings made of big-size precast slabs

## Streszczenie

W referacie przedstawiono:

- wpływ jakości i trwałości materiałów na awarie i katastrofy budowlane,
- charakterystykę budownictwa wielkopłyтового,
- wady występujące w budownictwie wielkopłytowym,
- stosowane dotychczas metody nieniszczące do oceny stanu technicznego budynków wielkopłytowych,
- tendencje rozwoju metod nieniszczących.

**Słowa kluczowe:** badania nieniszczące, stan budynków wielkopłytowych

## Abstract

This paper presents:

- influence of the quality and durability of the materials to the construction damages and catastrophes,
- facts regarding the construction using big-size precast slabs,
- damages occurring in buildings made of big-size precast slabs,
- actual non-destructive testing methods applied for the assessment of the technical conditions of the buildings made of big-size precast slabs,
- prospects regarding development of the non-destructive testing methods.

**Keywords:** NDT, big-size precast slabs building

## Wstęp

Problem bezpieczeństwa użytkowania budowli wznoszonych w technologii prefabrykowanej z żelbetowych elementów wielkowymiarowych stanowi w chwili obecnej temat dyskusji wielu środowisk [1+8].

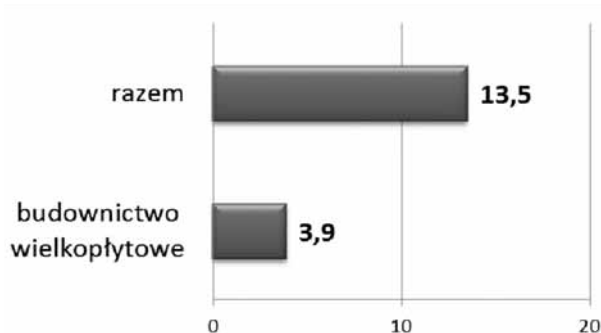
Zainteresowanie problematyką „wielkiej płyty” jest uzasadnione z uwagi na znaczny, ok. 30% udział tego typu budownictwa w zasobach mieszkaniowych Polski

(rys. 1) oraz aktualne wymagania normowe, według których wszystkie budynki mieszkalne powinny spełniać kryterium projektowego okresu użytkowania 50 lat.

Wieloletnie obserwacje i działania diagnostyczne prowadzone przez środowiska inżynierskie pozwoliły na dostrzeżenie szeregu nieprawidłowości [8] powstałych w różnych fazach procesów inwestycyjnych związanych z tym budownictwem wielkowymiarowym, obniżających poziom bezpieczeństwa tych budynków.

**Prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz** – Instytut Techniki Budowlanej, Politechnika Warszawska.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: l.runkiewicz@itb.pl



**Rys. 1.** Udział budynków wielkopłytowych [mln mieszkań] w Polsce w roku 2011 [8]

**Fig. 1.** Amount of the buildings made of big PC elements in Poland in 2011 [8] [millions]

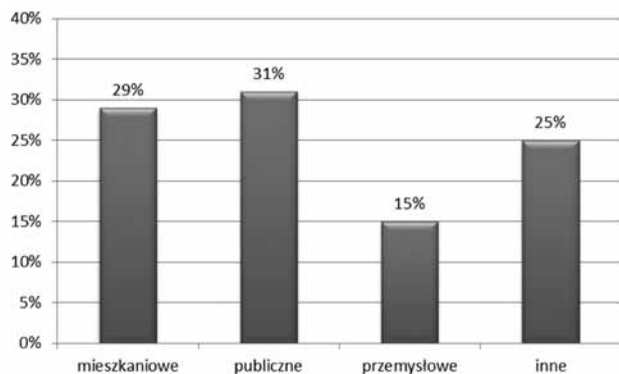
## Wpływ jakości i trwałości materiałów na awarie i katastrofy budowlane

Zmiany jakości i trwałości materiałów oraz niezawodności konstrukcji budowlanych w tym wielkopłytowych w decydujący sposób wpływają na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof.

Jak wykazały wieloletnie analizy zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych w Polsce, materiały budowlane stanowiły bardzo ważny czynnik w powstawaniu zagrożeń, awarii i katastrof. Zła jakość materiałów była przyczyną zagrożeń, awarii i katastrof w różnych typach konstrukcji budowlanych oraz różnych obiektach lub budowach inżynierskich.

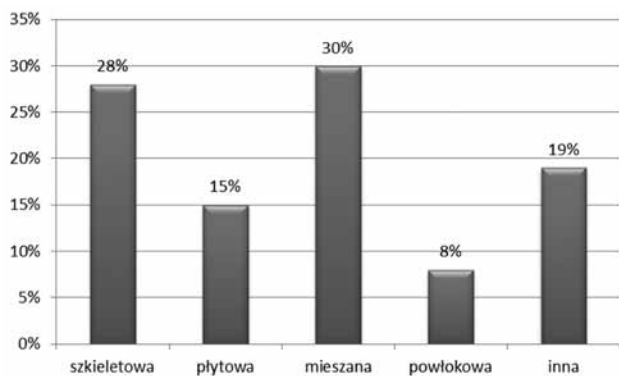
Rodzaje konstrukcji budowlanych w jakich wystąpiły zagrożenia, awarie i katastrofy w ostatnich 50 latach w Polsce podano na rysunku 2. Suma procentów w poszczególnych kolumnach może być mniejsza ze względu na nie ujęcie wszystkich rodzajów przypadków, lub może być większa od 100 ze względu na rozległy charakter awarii lub katastrof obejmujący kilka typów technologii lub elementów. Typy konstrukcji budowlanych w jakich wystąpiły zagrożenia, awarie i katastrofy w ostatnich 50 latach w Polsce podano na rysunku 3. Rodzaje materiałów konstrukcyjnych, z powodu których wystąpiły zagrożenia, awarie i katastrofy podano na rysunku 4. Rodzaje elementów, z powodu których wystąpiły zagrożenia, awarie i katastrofy konstrukcji budowlanych podano na rysunku 5.

Znaczący udział w pokazanych na rysunkach 2÷5 zagrożeniach, awariach i katastrofach miały obiekty budowlane wielkopłytowe.



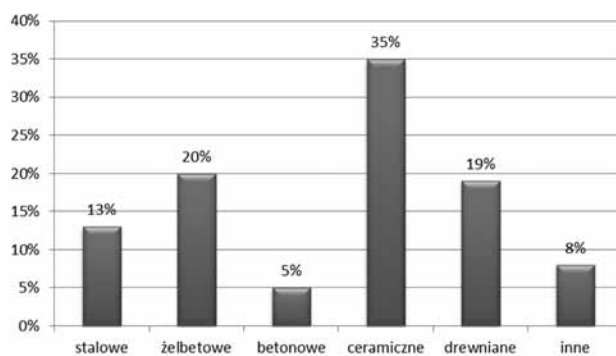
**Rys. 2.** Udział procentowy awarii i katastrof w latach 1962-2012 według podziału na rodzaje budownictwa

**Fig. 2.** Damages and catastrophes in years 1962-2012 according to building types



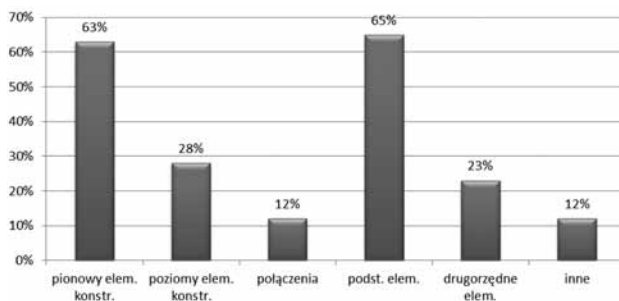
**Rys. 3.** Udział procentowy awarii i katastrof w latach 1962-2012 według podziału na typy konstrukcji budowlanych

**Fig. 3.** Damages and catastrophes in years 1962-2012 according to structure types



**Rys. 4.** Udział procentowy awarii i katastrof w latach 1962-2012 według podziału ze względu na materiały

**Fig. 4.** Damages and catastrophes in years 1962-2012 according to applied materials



**Rys. 5.** Udział procentowy awarii i katastrof w latach 1962-2012 według podziału na rodzaje uszkodzonych elementów ze względu na ich funkcje w konstrukcji

**Fig. 5.** Damages and catastrophes in years 1962-2012 according to type of damaged elements and their structural function

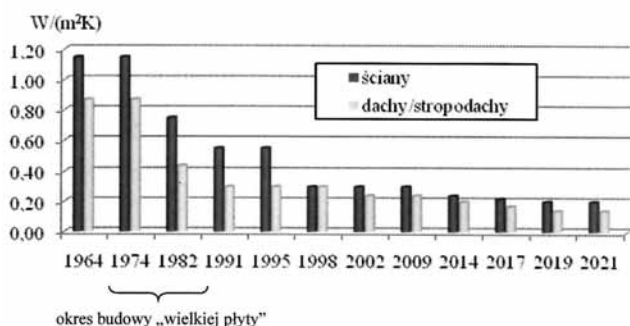
## Specyfika budownictwa wielkopłytyowego

Charakterystyczną cechą konstrukcji budynków wielkopłytyowych jest obecność w tarczach stropowych i ściennych złączy monolitycznych między prefabrykowanymi elementami, wskazujących miejsca potencjalnego zarysowania.

Wieńce i zbrojenie podporowe łączą prefabrykowane płyty w tarcze stropowe i ścienne zapewniając tym samym spójność przestrzenną budynków. Elementy te spełniają również istotną rolę w powstawaniu wtórnego ustroju nośnego nad ewentualnie uszkodzoną częścią budynku oraz w wyrównywaniu odkształceń w styku ścian różnie obciążonych, a także w przejmowaniu sił rozciągających, wywołanych w ścianie przez nierównomierne osiadanie budynku.

Wiele problemów związanych z bezpieczeństwem użytkownika budynków wzniesionych w technologii wielkopłytywnej związanych jest też z trójwarstwowymi prefabrykatami ścian zewnętrznych. Problemy te, często o charakterze losowym, wynikają zarówno z technologii produkcji (jakości zastosowanych materiałów, niedotrzymywania reżimów produkcyjnych), transportu (uszkodzenia krawędzi, zarysowania, spękania warstwy fakturowej), nieprawidłowego montażu (wychylenie i przemieszczenia prefabrykatów), czasem także niewłaściwej eksploatacji (brak konserwacji i naprawy uszkodzeń umożliwiających penetrację wilgoci, obniżenie właściwości izolacyjnych wynikających z zawilgocenia, odspajanie się warstwy fakturowej). Uszkodzenia płyt, szczególnie ich warstw fakturowych, powinny być inwentaryzowane i analizowane przy realizacji obowiązkowych przeglądów okresowych wymaganych przez ustawę Prawo budowlane i/lub przed podjęciem decyzji o dociepleniu budynku.

Współczesne wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej budynków i ich przegród są znacznie ostrzejsze niż w okresie wznoszenia budynków wielkopłytyowych. Historię zmian dopuszczalnych wartości współczynników przenikania ciepła pokazano na rys. 6.



**Rys. 6.** Wymagane i planowane wartości współczynnika przenikania ciepła ścian i dachów/stropodachów w kolejnych wydaniach norm i przepisów krajowych

**Fig. 6.** Required and planned values of heat transfer coefficient for roofs and walls introduced in consecutive editions of norms and local regulations

Wymagania obowiązujące od 1 stycznia 2014 r., a odnoszące się bezpośrednio do przebudowy (zmiany parametrów użytkowych lub technicznych) przegród budynków będą w 2017 i 2021 r. jeszcze bardziej zaostrzone. Docelowe dopuszczalne wartości współczynników (w 2021 r.) będą około sześciokrotnie niższe niż te, które obowiązywały w latach wznoszenia pierwszych budynków wielkopłytyowych. Zapowiedź zwiększenia wymagań w tym zakresie spowodowała, że część zarządców i właścicieli nieruchomości przeprowadza obecnie ponowne (wielokrotne) docieplenia budynków już poddanych termomodernizacji szczególnie, gdy polegała ona na zastosowaniu cienkich, kilkucentymetrowych warstw izolacji cieplnej.

Ochrona budynków wielkopłytyowych (oraz innych) przed hałasem i drganiami polega na rozwiązaniach zabezpieczających przed:

- przenikaniem do budynku hałasów zewnętrznych (np. komunikacyjnych),
- występowaniem w budynku hałasów pochodzących od źródeł wewnętrznych stanowiących techniczne wyposażenie budynku,
- rozprzestrzenianiem się w budynku hałasów bytowych związanych z użytkowaniem budynku zgodnie z jego przeznaczeniem (dotyczy to wzajemnego odizolowania pod względem akustycznym jednostek funkcjonalnych, jakimi w budynku mieszkalnym są poszczególne mieszkania oraz pomieszczenia komunikacji ogólnej np. klatki schodowe, korytarze ogólne, a także określone pomieszczenia w obrębie jednego mieszkania),
- drganiami pochodzącymi od źródeł zewnętrznych (np. od tras komunikacyjnych), jak i wewnętrznych (np. od wyposażenia technicznego budynku), stwarzających dyskomfort dla użytkowników budynku.

Powyższy zakres ochrony akustycznej uwzględniony jest w przepisach budowlanych przez określenie wymagań odnośnie parametrów akustycznych budynku. Wymagania te są niezależne od konstrukcji budynku, wynikają bowiem z potrzeb użytkowników budynku. Stopień uzyskanej ochrony akustycznej zależy natomiast od układów funkcjonalnych budynku, zastosowanych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych i instalacyjnych, od usytuowania budynku w stosunku do źródeł hałasów zewnętrznych, a także w znacznym stopniu, od jakości zastosowanych wyrobów budowlanych i instalacyjnych oraz jakości wykonawstwa całego obiektu. Nie bez znaczenia jest także właściwa konserwacja obiektu w trakcie jego użytkowania.

Istotnym problemem akustycznym w budynkach wielkopłytyowych są pionory instalacji występujące wewnątrz mieszkań. Dotyczy to zarówno pionów centralnego ogrzewania jak i kanałów do prowadzenia pionów instalacji wodociągowej i kanalizacyjnej w obrębie kuchni i pomieszczeń sanitarnych jak i pionów instalacji elektrycznych prowadzonych w specjalnych elementach prefabrykowanych (blokach otworowych, korytkach) zlokalizowanych

w przedpokoju. Rozwiązania te powodują znaczne obniżenie izolacyjności akustycznej między mieszkaniami usytuowanymi w jednym pionie, nawet o ponad 10 dB. Całkowite usunięcie tego rodzaju mankamentów budynków wielkopłytowych jest trudne, ale możliwe przez zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń akustycznych.

Z uwagi na okres realizacji budynków wielkopłytowych i ówczesne możliwości rynku materiałów i wyrobów budowlanych istotnym elementem współczesnych działań diagnostycznych stały się również zagadnienia zdrowotno-higieniczne (w tym ochrona środowiska).

## Diagnostyka budownictwa wielkopłytowego

Konieczność działań diagnostycznych budynków wielkopłytowych wynika z przepisów o utrzymaniu obiektów budowlanych i ich okresowych kontrolach zawartych w [7], zmian wymagań normowych oraz pojawiających się incydentalnie wątpliwości użytkowników budynków w zakresie stanu technicznego zamieszkałych budynków.

### Elementy stroju konstrukcyjnego

Obecnie każdy budynek musi spełniać wymaganie podstawowe „bezpieczeństwo konstrukcji” uszczegółowione w rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Według tego wymagania, w prawidłowo zaprojektowanym, wykonanym i użytkowanym budynku, obciążenia na niego działające nie mogą doprowadzić do:

- zniszczenia całości lub części budynku,
- przemieszczeń i odkształceń o niedopuszczalnej wielkości,
- uszkodzenia części budynku, połączeń lub zainstalowanego wyposażenia w wyniku znacznych przemieszczeń elementów konstrukcji,
- zniszczenia na skutek wypadku w stopniu nieproporcjonalnym do jego przyczyny.

Warunek bezpieczeństwa uznaje się za spełniony jeżeli ustrój nośny budynku spełnia wymagania norm polskich dotyczących projektowania i obliczania konstrukcji.

Kolejnym elementem oceny technicznej budynku jest stwierdzenie, że nie zostały przekroczone stany graniczne przydatności do użytkowania. Oznacza to, że w konstrukcji budynku nie występują:

- lokalne uszkodzenia, w tym rysy, które mogą ujemnie wpływać na przydatność użytkową, trwałość oraz wygląd konstrukcji i jej części,
  - odkształcenia i przemieszczenia ujemnie wpływające na wygląd konstrukcji i jej przydatność użytkową.
- Dokonując oceny technicznej konstrukcji budynku

wielkopłytowego z reguły spotyka się występujące w nim zarysowania o zróżnicowanym charakterze:

- rysy powierzchniowe: w złączach między prefabrykatami ściennymi i/lub stropowymi, o szerokości rozwarcia poniżej 1,0 mm (ich obecność nie ma związku z bezpieczeństwem konstrukcji),
- rysy lokalne: w złączach prefabrykatów ściennych, a także w samych prefabrykatach, przechodzące przez całą szerokość złącza, ale ograniczone zasięgiem do jednej kondygnacji, szerokość rozwarcia do 3,0 mm (ocena skutków zjawiska powinna być dokonana przez rzeczoznawcę budowlanego),
- rysy strukturalne: w złączach lub prefabrykatach ściennych, sięgające przez całą grubość ściany, przechodzące z kondygnacji na kondygnacje i łączące się z rysami poziomymi w ścianie pod stropem o szerokości rozwarcia większej od 3,0 mm (występowanie takich rys w budynku wymaga podjęcia środków zaradczych zapewniających bezpieczeństwo konstrukcji).

Przy ocenie diagnostycznej budynków wielkopłytowych lub ich przeglądach technicznych stosuje się, oprócz oceny wizualnej, wiele różnych metod badawczych z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury. Preferowane są, z uwagi na dokonywanie ocen w użytkowanych budynkach, metody nieniszczące (sklerometryczne, akustyczne, elektromagnetyczne, elektryczne i radiologiczne i in.), które zwykle dają jedynie przybliżony, ale wystarczający obraz występujących uszkodzeń i destrukcji materiałowej. Stosowane są też nowe specjalne metody nieniszczące do oceny zbrojenia zarówno w elementach jak i węzłach (wieńcach) oraz zewnętrznych płytach warstwowych.

Przy ocenie stanu technicznego konstrukcji budynków jednym z elementów oceny jest sprawdzenie zabezpieczenia konstrukcji przed skutkami obciążeń wyjątkowych (np. uderzenia ciężkiego przedmiotu w budynek lub wybuch w jego pomieszczeniach). Wiąże się to z tym, że konstrukcje wielkopłytowe z uwagi na ich mniejszy stopień zmonolityzowania, ograniczoną zdolność do redystrybucji sił wewnętrznych oraz występowanie elementów wolnopodpartych, mogą mieć większą podatność na katastrofę postępującą w wyniku wybuchu.

Podobnie, w przypadku budynków zlokalizowanych na terenach szkód górniczych – obszary Górnoląskie-go Zagłębia Węglowego (GZW) i Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), gdzie w ostatnich latach dochodziło do występowania deformacji podłoża czy wstrząsów sejsmicznych o wartościach dalece przekraczających założenia projektowe budynków wielkopłytowych, aspekt zwiększonych oddziaływań powinien być uwzględniony w ocenach diagnostycznych.

### Izolacyjność cieplna

Z uwagi na sposób zapewnienia izolacyjności cieplnej, ściany zewnętrzne w budynkach wielkopłytowych

można podzielić na:

- jednowarstwowe, wykonane np. z elementów keramzytobetonowych (system szczeciński),
- trójwarstwowe, z wewnętrzną warstwą izolacji cieplnej z wełny mineralnej lub styropianu (np. systemy W-70, Wk-70, OWT-67, OWT-75).

Według założeń projektowych (funkcjonujących w okresie wznoszenia „wielkiej płyty”) ściany jednowarstwowe miały charakteryzować się współczynnikiem przenikania ciepła około 1,2, a trójwarstwowe około 0,7 W/(m<sup>2</sup>·K). Badania izolacyjności cieplnej ścian budynków wielkopłytowych wykazały, że rzeczywiste wartości są niższe od 0,3±0,5 (w przegrodach jednowarstwowych) do 0,2 W/(m<sup>2</sup>·K) (w przegrodach trójwarstwowych). Głównymi przyczynami pogorszenia ich izolacyjności cieplnej było stosowanie betonów o zwiększonej gęstości oraz różne niedokładności wykonania lub uszkodzenia warstwy izolacji cieplnej.

Podane wartości nie uwzględniają wpływu mostków cieplnych w połączeniach i węzłach konstrukcyjnych w obudowie. Miejscami o najniższej izolacyjności były połączenia ścian szczytowych i podłużnych ze stropem nad piwnicą, złącza pionowe ścian ze ścianami logii i płytami balkonowymi, złącza pionowe ścian szczytowych z podłużnymi, gdzie nie stosowano izolacji cieplnej lub montowano wkładki styropianowe o grubości zaledwie 2 cm. Dodatek do współczynnika przenikania ciepła ścian wynikający z uwzględnienia wpływu mostków cieplnych w różnych systemach wielkopłytowych wynosi ok. 0,2±0,3 W/(m<sup>2</sup>·K).

Szczegółowe rozpoznanie właściwości cieplnych poszczególnych części obudowy przeprowadza się na podstawie wyników badań metodą termowizyjną, a badania oporu cieplnego przegrody metodą wykorzystującą mierniki gęstości strumienia ciepła.

Niska izolacyjność cieplna połączeń i węzłów konstrukcyjnych powoduje nie tylko występowanie zwiększonych strat ciepła, ale również niskich wartości temperatury wewnętrznej powierzchni obudowy. Dotychczasowe badania prowadzone w ITB wykazały, że w budynkach wielkopłytowych zjawisko to występuje głównie w wyżej wymienionych połączeniach narożnych przegród oraz przy ramach okien i drzwi balkonowych.

Szczegółne zagadnienia związane ze stosowaniem dociepleń dotyczą stanu wilgotnościowego przegród. Rozpoznanie stanu przegród w tym zakresie ma szczególne znaczenie w przypadku warstwowych ścian budynków wielkopłytowych, w których istotne jest określenie warunków cieplno-wilgotnościowych w jakich znajdują się międzywarstwowe łączniki metalowe.

Do ścian jednorodnych stosowane są różnego rodzaju wilgotnościomierze lub badania laboratoryjne na odwiertach pobranych z elementów.

### **Właściwości akustyczne**

Diagnostyka akustyczna budynku mieszkalnego

polega na ocenie właściwości akustycznych budynku w odniesieniu do parametrów objętych wymaganiami akustycznymi. Są nimi:

- izolacyjność akustyczna ścian międzymieszkaniowych i ścian działowych (szczególnie ścian między pokojami i pomieszczeniami sanitarnymi), ścian zewnętrznych (wraz z oknami), stropów oraz drzwi wejściowych do mieszkań,
- poziomy hałasów w mieszkaniach pochodzących od wyposażenia technicznego budynków oraz przenikających z pomieszczeń usługowych,
- izolacyjność akustyczna mieszkań w stosunku do pomieszczeń technicznych i usługowych zlokalizowanych w budynku (wymagania znacząco wyższe niż w przypadku przegród międzymieszkaniowych).

Ustalenie, w ramach diagnostyki akustycznej budynku, powodów ewentualnej niedostatecznej izolacyjności akustycznej wymaga przeprowadzenia analizy dokumentacji technicznej budynku pod kątem wystąpienia potencjalnych przyczyn niewłaściwej ochrony przeciwhałasowej mieszkań oraz wykonania odpowiednich pomiarów akustycznych w budynku. Pomocne mogą być również informacje uzyskane od zarządcy, lub właściciela budynku na temat skarg na uciążliwe warunki akustyczne występujące w budynku.

Do grupy występujących w niektórych budynkach problemów akustycznych należy zaliczyć także brak właściwego odizolowania pod względem akustycznym pomieszczeń technicznych w stosunku do przyległych mieszkań (np. brak dylatacji między mieszkaniem a stacją transformatorową przeznaczoną dla transformatorów suchych).

W ramach diagnostyki akustycznej budynków wielkopłytowych nie ma potrzeby pomiarowego określenia wszystkich parametrów akustycznych podlegających wymaganiom. W badaniach w danym budynku mogą być pominięte te parametry akustyczne, które w całości lub częściowo zależą od elementów lub instalacji podlegających wymianie w ramach prac modernizacyjnych niezależnie od względów akustycznych. Nie ma potrzeby określania izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych w sytuacji, gdy wymianie podlegać będą okna. Analogicznie, ta sama zasada dotyczy pomiarów hałasów instalacyjnych przenikających do mieszkań w sytuacji, gdy modernizacji podlegać będą techniczne wyposażenia budynków.

Ważną częścią badań diagnostycznych jest natomiast określenie izolacyjności akustycznej ścian międzymieszkaniowych. Pomiarów tłumienia dźwięków uderzeniowych przez stropy z pływakami podłogami, mają na celu sprawdzenie parametrów akustycznych wynikających zarówno z rodzaju i jakości zastosowanej w podłodze warstwy izolacji akustycznej jak i jakości wykonawstwa (czy nie występują mostki akustyczne, czy została zastosowana obwodowa izolacja przyścienna). Poza sprawdzeniem izolacji przyściennej inne mankamenty nie mogą być wykryte

na podstawie oględzin, czy odkrywek. W przypadku, jeżeli na stropach wykonane były warstwy jastrychu cementowego i wykładziny podłogowe z warstwami izolacyjnymi (takie rozwiązania były dość powszechnie stosowane) pomiary izolacyjności od dźwięków uderzeniowych należy przeprowadzić dla stropów bez uwzględnienia nawierzchni podłogowych. Wyniki tych badań są niezbędne do prawidłowego doboru w danym przypadku rodzaju izolacyjnych konstrukcji podłogowych.

Bardzo poważnym problemem w budynkach wielkopłytowych jest przenoszenie hałasu między mieszkaniami przez pionowe instalacje wodociągowej i kanalizacyjnej występujące w obrębie kuchni i pomieszczeń sanitarnych jak i przez pionowe instalacje elektrycznych prowadzone w specjalnych elementach prefabrykowanych (blokach otworowych, korytkach) zlokalizowanych w przedpokojach.

Przy diagnostyce akustycznej konkretnych budynków mieszkalnych o konstrukcji wielkopłytowej należy poświęcić szczególną uwagę mieszkaniom, które przylegają do źródeł hałasów instalacyjnych (np. sztywów dźwigowych, stacji transformatorowych, pompowni, hydroforni).

### Zagadnienia higieniczno-zdrowotne

Znaczny rozwój uprzemysłowionego budownictwa mieszkaniowego, w tym z wielkiej płyty, w latach siedemdziesiątych spowodował, że w miejsce tradycyjnych materiałów (drewno, ceramika) zaczęto powszechnie stosować różne nowe wyroby budowlane (np. tworzywa sztuczne, kleje, farby, wyroby azbestowe) o nieznanym wpływie na zdrowie człowieka. Wprawdzie w okresie tym istniały wymagania normowe o potrzebie badania zarówno nowych wyrobów, jak również „budynków przeznaczonych na pobyt ludzi lub zwierząt, jeśli materiał zawiera składniki, mogące budzić zastrzeżenia co do zdrowotności”, ale przepisy te w praktyce nie były niestety przestrzegane.

Wynikiem tego było znaczne zanieczyszczenie powietrza wewnątrz pomieszczeń, stwierdzone

w badaniach prowadzonych przez ITB, spowodowane wbudowaniem materiałów, głównie wykończeniowych, emitujących szkodliwe substancje chemiczne. Należały do nich w szczególności: fenol i formaldehyd – przede wszystkim z płyt gipsowo-kartonowych, parkietów i wyrobów izolacyjnych, rozpuszczalniki organiczne – węglowodory i ich pochodne chlorowane, alkohole, estry obecne w farbách, lakierach, kitach, impregnatkach, pastach, nieprzereagowane monomery zawarte w tworzywach sztucznych (chlorek winylu, styren, akrylonitryl) i inne. W budownictwie wielkopłytowym stosowano także powszechnie „nowy, trwały, niepalny i tani materiał – azbest”. Przykłady zastosowania wyrobów zawierających azbest podano w tablicy I.

Wzmożone zainteresowanie problematyką zdrowia i higieny życia zaistniało w wyniku nowych przepisów zaostrzających wymagania zarówno w odniesieniu do budynków, jak i wyrobów budowlanych. Wprowadzenie, w 1998 r. z mocy Ustawy o zakazie stosowania azbestu, przepisów określających zasady bezpiecznego użytkowania oraz warunki usuwania wyrobów zawierających azbest ograniczyło także oddziaływanie kancerogennych pyłów azbestu na ludzi.

Dokonując obecnie oceny właściwości higieniczno-zdrowotnych budynków wielkopłytowych należy zwrócić uwagę na dwa podstawowe zagadnienia: jakość powietrza wewnętrznego oraz obecność w nich wyrobów zawierających azbest.

Oceny zanieczyszczenia chemicznego powietrza dokonuje się w oparciu o wyniki badań stężenia substancji chemicznych w powietrzu pomieszczeń i odniesienie ich do wartości dopuszczalnych określonych w przepisach. W przypadku stwierdzenia przekroczeń, ustala się źródło emisji. Dokonuje się tego w oparciu o znormalizowane badania emisji lotnych związków organicznych z zastosowanych wyrobów wykończeniowych. Dzisiaj, po wielu latach od wzniesienia budynków wielkopłytowych, kiedy większość niebezpiecznych lotnych związków wyemitowała z pomieszczeń, problemy tego typu pojawiają się zazwyczaj w czasie przeprowadzanych remontów, podczas których odstawiane są zabudowane dotychczas wyroby budowlane (izolacje

**Tablica I.** Przykłady występowania wyrobów zawierających azbest  
**Table I.** The examples of the occurrence of asbestos-containing products

System	Rodzaj wyrobu z azbestem	Zastosowanie
W -70	Płyta prasowana płaska okładzinowa Płyty elewacyjne typu Acekol i Kolorys	Elementy loggii Elewacje przy ocieplaniu ścian wełną mineralną lub styropianem
Wk-70	Płyta prasowana płaska okładzinowa Płyty elewacyjne typu Acekol i Kolorys	Elementy loggii. Ściana osłonowa typu PREGOR-LSOD Elewacje przy ocieplaniu ścian wełną mineralną lub styropianem
OWT	Płyta warstwowa PW 3/A z okładziną z płyt a-c prasowanych płaskich okładzinowych	Pilarki międzyokienne ścian pasmowych
Szczecin	Płyta prasowana płaska okładzinowa	Elementy loggii
WUF-T	Rury azbestowo-cementowe	Piony kanalizacyjne
WWP	Płyta prasowana płaska okładzinowa grubości 8 mm	Ściana osłonowa podparapetowa

smołowe, izolacje akustyczne nasączone Xylamitem) oraz w czasie wymiany przez lokatorów mieszkań – nowi są znacznie bardziej wyczuleni na chemiczne zapachy.

Jakość powietrza wewnętrznego zależy również od obecności w nim zanieczyszczeń biologicznych. W przypadku budownictwa wielkopłytkowego są to głównie grzyby pleśniowe, rozwijające się w wyniku zawilgocenia spowodowanego głównie niedostateczną izolacyjnością przegród.

Obecność w budynkach wyrobów zawierających azbest oraz ich stan techniczny ustala się w oparciu o analizę dokumentacji budynków, inwentaryzację oraz przeprowadzaną zgodnie z przepisami kontrolę ich stanu.

## Ogólna charakterystyka metod badawczych

Przy ocenie niezawodności żelbetonowych konstrukcji wielkopłytkowych w Polsce stosowane są m.in. metody nieniszczące służące do oceny cech materiałów oraz jakości konstrukcji. Badania diagnostyczne oraz monitoringi konstrukcji budowlanych za pomocą metod nieniszczących na całym świecie są rozwijane, doskonałe oraz przystosowywane do odpowiednich warunków [1÷20].

### Badania betonu w elementach i konstrukcjach

Diagnostyczne badania „in situ” betonu w wyrobach, elementach i konstrukcjach mają najczęściej na celu ocenę:

- wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie,
- jednorodności, raków i kawern w betonie,
- połączeń betonu z betonem oraz stali w węzłach,
- sztywności i grubości elementów.

W większości do tych celów stosowane są metody nieniszczące, takie jak:

- sklerometryczne bazujące na pomiarze twardości przypowierzchniowej warstwy materiału,
- akustyczne, w których mierzy się między innymi prędkość oraz inne charakterystyki rozchodzenia się fal podłużnych lub poprzecznych w materiale,
- radiologiczne wykorzystujące między innymi osłabienie promieniowania (wiązki) X i gamma przechodzącego przez materiał, a także ich rozproszenie i tłumienie fal,
- seminieniszczące materiałów w konstrukcji.

Metody te są metodami pośrednimi, opartymi na zależnościach empirycznych pomiędzy mierzonymi wielkościami fizycznymi, a poszukiwanymi cechami materiałów. Metody te wymagają zatem wstępnego skalowania aparatury pomiarowej i urządzeń badawczych.

Do normowej oceny wytrzymałości betonu w elementach i konstrukcjach wielkopłytkowych stosuje

się najczęściej nieniszczące metody ultradźwiękowe i sklerometryczne.

Wytrzymałość i jednorodność betonu w konstrukcjach wielkopłytkowych określa się za pomocą metod nieniszczących i statystycznej analizy wyników pomiarów, w oparciu o zależności empiryczne ważne dla danego rodzaju betonu w badanej konstrukcji.

Ocenę wytrzymałości gwarantowanych betonu  $f_c^G$  ( $R_b^G$ ) i klasy betonu przeprowadza się w zależności od liczby pomiarów (lub odwiertów). Przy statystycznej ocenie gwarantowane wytrzymałości określa się z zależności empirycznych ważnych dla określonych technologii betonu.

Dla zapewnienia oceny wytrzymałości betonu z wymaganą technicznie dokładnością (błąd oceny nie większy niż 20%) ścisłość związku empirycznego powinna wykazywać taką ścisłość, dla której współczynnik korelacji przy analizie korelacyjnej jest większy od 0,75 lub względne kwadratowe odchylenie przy doborze krzywej hipotetycznej jest mniejsze od 12% [12÷16].

W badaniach diagnostycznych w Polsce stosuje się często przybliżony sposób wyznaczania związków empirycznych.

Powszechnie jest uznanym, że zależności empiryczne pomiędzy wytrzymałością betonu, a wielkościami mierzonymi metodami nieniszczącymi są zależne od wielu czynników charakteryzujących badany beton w konstrukcji [1÷6].

Do oceny jakości betonu stosowane powinny być też różnorodne metody chemiczne, elektryczne oraz elektromagnetyczne.

Ostatnio wprowadzone PN-EN [14, 17÷19] dotyczące oceny wytrzymałości betonu w konstrukcji wprowadzają pewne modyfikacje dotychczasowych polskich zasad. Wobec bogatego wieloletniego pozytywnego doświadczenia stosowania dotychczasowych polskich norm i instrukcji ITB [15, 16, 20÷22] są opracowywane spójne nowe zasady uwzględniające i honorowane dotychczasowe wymagania zgodne z PN-EN i PN-B [1÷22].

### Badania zbrojenia w konstrukcjach

Do oceny zbrojenia w konstrukcjach żelbetonowych wielkopłytkowych stosowane są m.in. badania nieniszczące i niszczące. Badania te polegają na określaniu jakości poszczególnych prętów stalowych w betonie, ich odległości od powierzchni elementu oraz średnicy i rozstępu między nimi.

Do tych celów doskonałe są metody nieniszczące radiologiczne, elektryczne, prądów wirowych, chemiczne oraz magnetyczne, a także badania niszczące na wyciętych próbkach. Dotychczas wśród metod radiologicznych największą przydatność wykazały metody radiograficzne [4].

Badania radiograficzne pozwalają na ocenę zbrojenia w skomplikowanych układach konstrukcyjnych. Wymagają one natomiast stosowania dość skomplikowanej aparatury oraz specjalnego systemu

zabezpieczeń przed promieniowaniem jonizującym.

W prostych przypadkach elementów płytowych i ściennych możliwe jest stosowanie także metod elektromagnetycznych itp.

Badania radiograficzne zbrojenia konstrukcyjnego w elementach żelbetowych można realizować stosując aparaturę ze źródłami promieniowania gamma lub X. Dotychczas najbardziej optymalnymi źródłami promieniowania do radiografii żelbetu są izotopy Co-60 o dużej aktywności, aparaty rentgenowskie o napięciu powyżej 200 kV oraz betatrony i mikrotrony o energii promieniowania od 6 do 30 MeV[3].

Przy badaniu konstrukcji budowlanych powinny być stosowane źródła przenośne. Do takich należą defektoskopy gammagraficzne, aparaty rentgenowskie oraz betatrony o energii 6 MeV itp. Przy interpretacji wyników wykorzystuje się zjawiska absorpcji (osłabienia) i rozproszenia promieniowania jonizującego przechodzącego przez badane elementy żelbetowe.

Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że przy odpowiednim doborze parametrów badań wykrywalność pustek i prętów stalowych w samym betonie jest dla celów konstrukcyjnych wystarczająca.

W ten sposób określone parametry badania pozwalają na ocenę prętów zbrojenia konstrukcyjnego z dokładnością od 2 do 5%.

Metody elektromagnetyczne oparte są na wykorzystywaniu zjawisk zachodzących w strumieniu magnetycznym wytworzonym w specjalnej sondzie pod wpływem zbliżenia jej do ferromagnetyku (np. pręta stalowego). Przyrządy pomiarowe służące do oceny położenia i wielkości zbrojenia produkowane są w wielu krajach.

Do określenia średnic prętów i ich odległości od powierzchni elementu (wielkość otuliny) sporządza się specjalne nomogramy i specjalistyczne minikomputery.

Stosowanie metod elektromagnetycznych ograniczone jest głównie z powodu gęstego rozstawienia prętów zbrojenia w elementach. Bowiern prawidłową kontrolę magnetyczną uniemożliwiają pręty sąsiednie. W tym zakresie powinny być rozwijane i doskonalone nowe metody i techniki badawcze z wykorzystaniem technik cyfrowych.

## Perspektywy stosowania metod nieniszczących

Nowe kierunki stosowania metod nieniszczących do badań materiałów i oceny ich trwałości w konstrukcjach żelbetowych wielkopłytych powinny obejmować ba-

daniami laboratoryjne oraz badania „in situ” na obiektach eksploatowanych.

Do najważniejszych problemów badawczych jakości i trwałości konstrukcji żelbetowych wielkopłytych z wykorzystaniem metod nieniszczących należą oceny:

- zmiany cech wytrzymałościowych i jednorodności materiałów w konstrukcjach,
- zmiany grubości elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych,
- zmiany cech reologicznych materiałów w konstrukcjach,
- zmiany struktury, porowatości i nieciągłości materiałów w konstrukcjach,
- zmiany wilgotności i jej rozkładów w elementach,
- korozji materiałów w elementach,
- jakości materiałów i ich trwałości,
- gęstości materiałów i ich zmian w czasie,
- wtrąceń obcych, defektów i raków w materiałach i połączeniach,
- jakości właściwości akustycznych przegród, węzłów i instalacji,
- jakości substancji szkodliwych dla zdrowia i środowiska,
- jakości i ilości materiałów izolacyjnych w ścianach i w złączach,
- jakości i ilości zbrojenia w elementach płytowych i ściennych.

Do badań i kontroli wymienionych cech konstrukcji budowlanych wpływających na jakość, niezawodność i trwałość konstrukcji, udoskonalane i rozwijane są następujące specjalistyczne metody:

- ultrasonograficzne i sklerometryczne do ocen cech wytrzymałościowych i strukturalnych,
- ultrasonograficzne i emisji akustycznej do ocen jednorodności i struktury,
- elektryczne i elektrochemiczne do ocen wilgotności i korozji,
- interferometrii do ocen struktury betonu, stali, drewna, ceramiki itp.,
- holograficzne i magnetyczne do ocen struktury i wtrąceń materiałów konstrukcyjnych,
- radiologiczne do ocen wilgotności i ciężaru materiałów w konstrukcjach,
- radarowe i termograficzne do ocen struktury,
- radiograficzne z wykorzystaniem betatronów i mikrotronów, tomografii komputerowej, radiometryczne (gamma), oporu elektromagnetycznego, elektroakustyczne, spektroskopii, przepuszczalności gazu, transmisji ciepła, optyczne, prądów wirowych itp. do ocen innych wybranych ważnych cech materiałów i ich zmiany w czasie.



## Wnioski

Do oceny jakości, trwałości, niezawodności i stanów granicznych konstrukcji żelbetonowych wielkopłytowych stosowane powinny być głównie nieniszczące metody ultradźwiękowe i sklerometryczne w powiązaniu z badaniami próbek (odwiertów), a także inne specjalistyczne metody naukowo uzasadnione i przystosowane do praktyki budowlanej.

Przy ocenie wytrzymałości betonów badania wykazały, że istnieją duże rozbieżności pomiędzy zależnościami empirycznymi dla betonów zwykłych (B10 - B37), a zależnościami dla nowoczesnych betonów wysokiej jakości (B45 - B120).

Przykładowo, współczynniki korekcyjne do zależności hipotetycznych podanych w instrukcjach ITB [12, 13] dla betonów wysokiej jakości wynoszą

zgodnie z PN-EN:

- dla metod ultradźwiękowych od 1,6 do 2,7
- dla metod sklerometrycznych od 1,1 do 1,4.

W celu podwyższenia dokładności oceny stanów granicznych konstrukcji budowlanych i ich trwałości należy dokładnie określać właściwe zależności empiryczne (skalowanie) dla metod w istniejących warunkach.

Wdrażane w nowych warunkach w Polsce procesy oceny trwałości konstrukcji żelbetonowych wielkopłytowych zgodnie z wymaganiami Unii Europejskiej wymagają szerokiego rozwoju i stosowania metod nieniszczących. Powinny to być metody przystosowywane do wymagań i warunków budownictwa żelbetowego wielkopłyтового, a szczególnie do badań „in situ” w czasie monitoringu stanu technicznego obiektów eksploatowanych.

## Literatura

- [1] L. Brunarski: Określanie klasy betonu na podstawie diagnostycznych badań konstrukcji. Materiały XIII Ogólnopolskiej konferencji Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 26-28 lutego 1998 r., tom I, s. 7-20.
- [2] L. Brunarski: Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcji, Prace ITB-kwartalnik; 1998, nr 2-3, s. 27-45.
- [3] L. Runkiewicz: Diagnostyka i wzmocnienie konstrukcji żelbetonowych, Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1999.
- [4] L. Runkiewicz.: Wpływ statystycznej analizy wyników badań nieniszczących na ocenę betonu w konstrukcji. Prace ITB, nr 1/81.
- [5] L. Runkiewicz.: Badania konstrukcji” in situ” w rzeczoznawstwie budowlanym. Materiały Konferencyjne „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego”. Wyd. Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 1996.
- [6] L. Runkiewicz.: Wpływ wybranych czynników na wyniki badań sklerometrycznych betonu. Wyd. ITB, Warszawa, 1994.
- [7] L. Runkiewicz: Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcji metodami nieniszczącymi zgodnie z nowymi normami PN-EN. Mat. 41 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących. Toruń 2012.
- [8] L. Runkiewicz i inni: Diagnostyka i modernizacja budynków wielkopłytowych. Mat. XIII Konferencji Naukowo-Technicznej. Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego. Cedzyna Kielce, 2014.
- [9] PN-EN 206-1:2003 Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [10] PN-B-03264:2002: Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne projektowanie.
- [11] PN-EN 1992-1-1:2008: Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [12] Ł. Drobiec, R. Jasiński, A. Piekarczyk: Diagnostyka konstrukcji żelbetonowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali. „Wydawnictwo Naukowe PWN”. Warszawa 2010.
- [13] PN-EN 13670-1 Wykonywanie konstrukcji betonowych.
- [14] PN-EN13791:2008 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych.
- [15] PN-B-06261:1974 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda ultradźwiękowa badania wytrzymałości betonu na ściskanie.
- [16] PN-B-06262:1974 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N.
- [17] PN-EN 12504:2002; PN-EN 12504-2:2002/Apl:2004 Badania betonu w konstrukcjach.
- [18] Instrukcja ITB nr 361/99 Zasady oceny bezpieczeństwa konstrukcji żelbetonowych. ITB, Warszawa 1999 r.
- [19] Instrukcja ITB 209/1977 Instrukcja stosowania metody ultradźwiękowej do nieniszczącej kontroli jakości betonu.
- [20] Instrukcja ITB 210/1977 Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu.