

# MATERIAŁY BUDOWLANE

MIESIĘCZNIK  
TECHNICZNO-EKONOMICZNY

technologie • rynek • wykonawstwo

3 / 2009

cena 18,50 zł  
(w tym VAT 0%)



ISSN 0137-2971



## SEMINARIUM „OCHRONA BUDOWLI PRZED DRGANIAMI”

WROCŁAW 20 MARCA 2009

Wszystkie materiały dostępne na stronach 93-136

JORDAHL & PFEIFER



CALENBERG  
INGENIEURE

**weber**

**DEITERMANN**



Podczas renowacji Ratusza we Wrocławiu zastosowano systemy hydroizolacji marki Deitermann

## Niezawodne hydroizolacje



Saint-Gobain Construction Products Polska sp. z o.o. • Weber Deitermann – Biuro we Wrocławiu • ul. Mydlana 7 • 51-502 Wrocław • tel. 071 372 85 75 • fax 071 372 82 30  
infolinia: 0801 162 948 • [www.deitermann.pl](http://www.deitermann.pl) • [www.netweber.pl](http://www.netweber.pl) • e-mail: [info@deitermann.pl](mailto:info@deitermann.pl)



# MATERIAŁY BUDOWLANE

ISSN 0137-2971

Nakład do 14 500 egz.

Cena 18,50 zł

(w tym VAT 0%)

## Adres redakcji

00-950 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14 A

skr. poczt. 1004

tel./fax (022) 827-52-55, 826-20-27

e-mail: materbud@sigma-not.pl

www.materiałybudowlane.info.pl

Ogłoszenia przyjmuje redakcja

tel./fax (022) 826-20-27, 827-52-55

oraz Dział Reklamy i Marketingu

ul. Mazowiecka 12, 00-950 Warszawa, skr. 1004

tel./fax (022) 827-43-66, 826-80-16

Redaguje zespół:

### Redaktor Naczelny

mgr inż. Krystyna Wiśniewska

### Z-ca Redaktora Naczelnego

mgr Danuta Kostrzewska-Matynia

### Sekretarz redakcji

mgr inż. Ewelina Kowalko

### Kierownicy Działów:

prof. dr hab. inż. Lech Czarniecki

mgr inż. Lech Misiewicz

### Rada Programowa

mgr Zbigniew Bachman, mgr inż. Andrzej Dobrucki (przewodniczący Rady), mgr Robert Dziwiński, prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczyński, dr inż. Mariusz Jackiewicz, mgr inż. Marek Kaproń, inż. Józef Kostrzewski, mgr Piotr Kurach, prof. dr hab. inż. Adam Zbigniew Pawłowski, prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski, mgr Wojciech Rzepka, mgr inż. Jerzy Ślusarski, doc. dr inż. Genowefa Zapotoczna-Sytek, mgr Józef Zubelewicz

**Redakcja nie zwraca materiałów niezamówionych, a także zastrzega sobie prawo redagowania i skracania tekstów oraz dokonywania streszczeń.**

**Redakcja nie odpowiada za treść reklam i artykułów sponsorowanych.**

Wszystkie zamieszczone materiały są objęte prawem autorskim, a ich przedruk w jakiegokolwiek formie i jakimkolwiek języku jest zabroniony.

Skład i łamanie: FOTOSKŁAD

Pracownia Poligraficzna www.ksiega.com.pl

Przygotowanie w technologii CTP,

druk i oprawa LOTOS Poligrafia Sp. z o.o.

www.drukarnia-lotos.pl



SIGMA-NOT Sp. z o.o.  
Wydawnictwo Czasopism  
i Książek Technicznych

00-950 Warszawa, ul. Ratuszowa 11

skr. poczt. 1004, tel.: (022) 818-09-18

Internet: http://www.sigma-not.pl

Przenumerata: e-mail: kolportaz@sigma-not.pl

# W NUMERZE

## TEMAT WYDANIA – Hydroizolacje i osuszanie obiektów

<b>B. Francke</b> – Dokumenty interpretacyjne do norm europejskich dotyczących wyrobów hydroizolacyjnych	2
<b>J. Adamowski</b> – Hydroizolacje i osuszanie przyziemia budynków	3
<b>M. Jaworska-Michałowska</b> – Wybrane metody zabezpieczenia obiektów istniejących przed destrukcyjnym działaniem wody	6
<b>A. Dobrowolski</b> – Drenaż kontra wilgoć w ścianach	9
<b>J. Michalak</b> – Nowe wymagania normalizacyjne dla wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w systemach okładzin ceramicznych	10
<b>M. Rokiel</b> – Niezawodne hydroizolacje Weber Deitermann	12
<b>J. Hoła, Z. Matkowski</b> – Przyczyny i skutki nadmiernego zawilgocenia murów ceglanych na przykładzie obiektów zabytkowych	14
<b>G. Gładkiewicz</b> – Systemowe zabezpieczenie fundamentów	18
<b>R. Wójcik</b> – Ochrona przegród przed zawilgoceniem kondensacyjnym	19
<b>A. Kaliszuk-Wietecha, E. Wyszyńska</b> – Stosowanie metody TERMOINIEKCI do osuszania murów bastionu Zamku Ostrogskich w Warszawie	22
<b>DRYZONE</b> – emulsja hydrofobowa do zabezpieczenia murów przed kapilarnym podciąganiem wilgoci	25
Hydroizolacje kompleksowo	26
<b>A. Janiak</b> – System Preprufe – nowoczesna hydroizolacja typu ciężkiego	27
Systemy hydroizolacji ALPOL	28
<b>T. Witczak</b> – Hydroizolacje firmy SOPRO	30
<b>P. Muszyński</b> – Systemy dachów zielonych – izolacja w zgodzie z naturą	32
Sprawdzone systemy hydroizolacyjne Remmers	33
Rola elementów uzupełniających systemów hydroizolacyjnych na przykładzie izolacji Voltex	34
Nowości w ofercie Izolacji-Matizol S.A.	35
Elektroniczne systemy osuszania murów	36

## TEMAT WYDANIA – Domieszki i dodatki do betonów

<b>P. Łukowski</b> – Kierunki rozwoju domieszek do betonu	38
<b>E. Horszczaruk</b> – Domieszki i dodatki do betonów podwodnych	42
Innowacyjne rozwiązania CHRYSO®	44
Domieszki chemiczne firmy LUBANTA S.A.	45
<b>Z. Giergiczyński</b> – Dodatki mineralne – niezastąpione składniki współczesnego cementu i betonu	46
<b>E. Gantner, A. Swat</b> – Weryfikacja wyznaczania klasy wytrzymałości betonu wysokiej wytrzymałości	51
<b>T. Pużak, M. Sokolowski</b> – Nowy cement w ofercie Górażdże Cement S.A.	54
– cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/B-M (S-V) 32,5R	54

## ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ W BUDOWNICTWIE

<b>J. A. Pogorzelski</b> – Koncepcja ocieplenia od wewnątrz ściany zewnętrznej w budynku zabytkowym	56
---	----

## PRAKTYKA BUDOWLANA

Pod bezpiecznym skrzydłem	58
<b>J. Płoński</b> – Wady ukryte okien z PVC	60

## MURY

Możliwość wykorzystania różnych rodzajów surowców odpadowych do produkcji elementów murowych	63
Robimy hałas o ciche domy	64

## PODRĘCZNIK FIZYKI BUDOWLI

<b>M. Mirowska, P. Tomczyk</b> – Izolacyjność akustyczna stropów oraz stosowanych na nich ustrojów izolacyjnych	65
---	----

## INFORMATOR GŁÓWNEGO URZĘDU NADZORU BUDOWLANEGO

<b>J. Grabowski</b> – Wojewódzki Inspektorat Nadzoru Budowlanego w Warszawie	72
Ruch budowlany w Polsce w 2008 r.	74

## RYNEK BUDOWLANY

<b>J. Ziach</b> – Zmotoryzowane „mrowki” kupują w Polsce materiały budowlane	76
<b>M. Kowalska</b> – Produkcja materiałów budowlanych w styczniu 2009 roku	77
<b>J. Kobylarz</b> – Sprzedaż produkcji budowlano-montażowej w styczniu 2009 roku	79
<b>M. Kowalska</b> – Efekty budownictwa mieszkaniowego w 2008 roku	81

## VADEMECUM UNIJNE

<b>J. Skwierczyński, M. Żak-Skwierczyńska</b> – Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko	85
--	----

## PRAWO W BUDOWNICTWIE

88

## SEMINARIUM „Ochrona budowli przed drganiami” – referaty

93

dr inż. Barbara Francke\*

# Dokumenty interpretacyjne do norm europejskich dotyczących wyrobów hydroizolacyjnych

W ostatnich latach Komitet Techniczny CEN/TC 254 opracował dużą grupę norm europejskich dotyczących wyrobów hydroizolacyjnych. Niektóre z nich zostały już zatwierdzone i wprowadzone do zbioru Polskich Norm. Większość z tych dokumentów jest sformułowana w sposób niejednoznaczny, co wywołuje wiele pytań odnośnie do zakresu stosowania norm, jak również zasad oceny wyrobów wg tych dokumentów. W cytowanych normach europejskich nie ma przede wszystkim poziomu wymagań zapewniającego skuteczność funkcjonowania ocenianego wyrobu w przypadku konkretnego zastosowania, co rodzi problemy podczas użytkowania obiektu. Podobne wnioski wyciągnięto w innych krajach europejskich, w których powstają już instytucje konsultacyjne zajmujące się interpretacją europejskich dokumentów technicznych. Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu polskiego środowiska budowlanego, w Instytucie Techniki Budowlanej (ITB) rozpoczęto opracowanie dokumentów interpretacyjnych do ukazujących się norm zharmonizowanych. Opracowania te wydawane będą sukcesywnie w ramach wydawnictw ITB.

Ich celem jest interpretacja sformułowań zawartych w normach zharmonizowanych dotyczących zakresu stosowania przedmiotowych dokumentów, tzn. zarówno pod kątem doboru metod badawczych zalecanych do oceny wyrobu do konkretnego przeznaczenia, jak też wyboru systemu oceny zgodności. W dokumentach interpretacyjnych zaproponowano również wartości cyfrowe wymagań poszczególnych właściwości wyrobów hydroizolacyjnych, pozwalające ocenić przydatność użytkową wyrobu do konkretnego przeznaczenia.

Dodatkowym problemem dla użytkowników omawianych norm jest sposób grupowania wyrobów hydroizolacyjnych w ramach poszczególnych, omawianych dokumentów normalizacyjnych, tzn. zgodnie z ich przeznaczeniem. W efekcie często te same wyroby, o tych samych właściwościach technicznych, jeśli przewiduje się ich stosowanie w wielu różnych miejscach budynku lub budowli, znajdują się w różnych normach. **W tym przypadku dokumenty interpretacyjne również pomogą w podjęciu decyzji, która norma będzie najwłaściwsza do oceny wyrobu do konkretnego wariantu stosowania. Omawiane dokumenty nie są obligatoryjne. Mają być pomocne dla projektantów, wykonawców robót dekarskich oraz inspektorów nadzoru w procesie projektowania, wykonywania i odbioru robót hydroizolacyjnych.**

Przedmiotem dwóch pierwszych dokumentów interpretacyjnych są normy:

- PN-EN 130707:2006/A1:2007 *Elastyczne wyroby wodochronne – Wyroby asfaltowe na osnowie do pokryć dachowych – Definicje i właściwości;*
- PN-EN 13956:2006 *Elastyczne wyroby wodochronne – Wyroby z tworzyw sztucznych i kauczuku do pokryć dachowych – Definicje i właściwości;*

**W dokumencie interpretacyjnym dotyczącym PN-EN 130707:2006/A1:2007 podano:**

- zakres stosowania normy z uwzględnieniem wyrobów nią objętych;
- interpretację wymagań normy w zakresie właściwości technicznych wyrobu;
- interpretację wymagań normy dotyczących zasad znakowania wyrobu znakiem CE;
- zalecenia ITB w zakresie wymaganych wartości poszczególnych właściwości wyrobów objętych normą.

Dokument ten wyjaśnia nowe terminy pojawiające się w normie wyrobu, dotychczas niestosowane w polskiej terminologii technicznej. W normie po-

dano np. definicje i właściwości dotyczące elastycznych wyrobów asfaltowych na osnowie, przeznaczonych do wykonywania pokryć dachowych, m.in. nowy, w nazewnictwie krajowym, termin *elastyczne wyroby wodochronne*. Jest on bezpośrednim tłumaczeniem angielskiej wersji normy. Zgodnie z dotychczas obowiązującą krajową terminologią techniczną oznacza on po prostu *wyrób rolowy*, a w połączeniu z określeniem *wyrób asfaltowy na osnowie* powinien być rozumiany jako *papa*.

W dokumencie interpretacyjnym podjęto również próbę wyjaśnienia niedopowiedzeń znajdujących się w normie. Wprowadziła ona np. termin *system pokrycia dachowego*, nie podając jednocześnie wymagań dotyczących całego układu rozwiązania, charakteryzując jedynie poszczególne warstwy wchodzące w skład takiego systemu.

Jedynie wymagania ustalone przez normę PN-EN 13707:2006/A1:2007 to:

- wodoszczelność przy zadanej wartości ciśnienia wody, tzn. 10 kPa;
- wady widoczne;
- odchyłka od prostoliniowości pasma;
- przyczepność posypki.

Pozostałe właściwości świadczące o jakości wyrobu, spełniającego wymagania normy, zależą jedynie od deklaracji producenta i norma pozostawia dowolność w tym zakresie. Jest to podejście inne niż w dotychczasowych krajowych dokumentach normalizacyjnych, w których każda grupa wyrobów miała ustalone wartości wymagań i producent musiał je spełnić, by uzyskać pozytywną ocenę wyrobu do stosowania w budownictwie. W związku z tym w dokumencie interpretacyjnym podano wartości cyfrowe dla pozostałych właściwości poszczególnych wyrobów, które pozwalają projektantowi na podjęcie decyzji, w jaki sposób wyrób może być stosowany w konkretnych, przewidywanych warunkach pracy obiektu.

(dokończenie na str. 8)

\* Instytut Techniki Budowlanej

dr inż. Józef Adamowski\*

# Hydroizolacje i osuszanie przyziemia budynków

**H**ydroizolacje stosuje się praktycznie w każdym budynku, aby chronić jego przegrody budowlane przed zawilgoceciem i destrukcyjnymi skutkami wynikającymi z oddziaływania wody na materiały budowlane. Na polskim rynku jest bogaty asortyment wyrobów izolacyjnych do projektowania i wykonawstwa ścian, dachów płaskich, tarasów i balkonów. Już na etapie projektowania budynku bardzo ważny staje się dobór odpowiedniego układu warstw izolacyjnych. Niestety, jest to obecnie coraz trudniejsze, przede wszystkim ze względu na wspomnianą ogromną różnorodność wyrobów izolacyjnych, wprowadzanie w ostatnich latach dużej liczby nowych norm, przepisów techniczno-budowlanych, przy jednoczesnym braku dostępnej literatury technicznej (książek, poradników, katalogów, detali) przedstawiających różne rozwiązania systemowe. Z drugiej strony należy podkreślić, że w tej dziedzinie **nie ma rozwiązań uniwersalnych (powtarzalnych)**. Każdy przypadek musi być rozważany (projektowany) indywidualnie, a podjęcie decyzji powinno poprzedzać analiza techniczna i ekonomiczna poszczególnych wariantów z udziałem technologów, projektantów oraz wykonawców.

## Podział izolacji

Hydroizolacje muszą być stosowane w przyziemiach oraz fundamentach budynków i budowli, ponieważ są one narażone na bezpośrednie działanie wody opadowej lub wód gruntowych. Zgodnie z Instrukcją ITB nr 408/2005 roboty hydroizolacyjne podziemnych części budynków należy prowadzić zgodnie z projektem budowlanym. Jeśli w zamówieniu nie podaje się wymagań o charakterze specjalnym, przyjmuje się, że warunki wykonania robót powinny być zgodne z warunkami technicznymi określonymi w wymienionej Instrukcji.

W Polsce, wg Instrukcji ITB nr 408/2005, **izolacje podziemnych części budynków dzielą się na przeciwwilgociowe i wodochronne**.

**Izolację** uznajemy za **przeciwwilgociową**, gdy powłoka w trwającym 24 h badaniu wykazuje się odpornością na przesiąkanie 1000 mm słupa wody. Izolacje takie projektuje się i wykonuje, gdy budynek posadowiony jest powyżej zwierciadła wody gruntowej w gruntach przepuszczalnych. Zazwyczaj wykonuje się je z mas hydroizolacyjnych lub cienkich folii z tworzyw sztucznych.

**Izolację** możemy uznać za **wodochronną**, gdy wodoszczelność powłoki przekracza 0,15 MPa. Wykonuje się je wówczas, gdy budynek posadowiony jest powyżej zwierciadła wody gruntowej w gruntach nieprzepuszczalnych i uwarstwionych oraz gdy temperatura budynku i ściany fundamentowe lub ich fragmenty położone są poniżej zwierciadła wody gruntowej, bez względu na rodzaj otaczającego gruntu. Izolacje wodochronne wykonywane są z pap asfaltowych, folii z tworzyw sztucznych na bazie PVC, kauczuku, polietylenu grubości 0,3 mm, powłokowych mas hydroizolacyjnych na bazie cementu, laminatów z mas hydroizolacyjnych oraz preparatów na bazie cementu penetrującego w głąb podłoża.

Duży wpływ na szczelność powłoki ma jej nasiąkliwość. Nadmiar wody powinien być zatrzymywany przez powłokę w obrębie jej własnej struktury i nie powinien być przekazywany na podłoże, na które zostanie naniesiona. Maksymalna wartość nasiąkliwości powłoki nie może przekraczać 7% wagowo. W przypadku przekroczenia tej wartości konieczne będzie określenie, czy powłoka zachowuje wchłoniętą wilgoć w obrębie własnej struktury, czy też woda przecieka do podłoża. Należy dodać, że dotychczas hydroizolacje podziemnych części budynków dzielono w Polsce na lekkie, średnie i ciężkie.

## Wyroby hydroizolacyjne

Do wykonywania hydroizolacji stosuje się trzy podstawowe grupy wyrobów:

- materiały bitumiczne;
- materiały z tworzyw sztucznych;
- materiały mineralne.

W ostatnich latach w Polsce wprowadzono sukcesywnie nowe normy europejskie i międzynarodowe opracowane przez CEN i ISO. Jednocześnie, w naszym kraju obowiązuje okres przejściowy na wycofanie krajowych norm sprzecznych z normami europejskimi i międzynarodowymi. Obecnie stosowane są następujące normy dotyczące omawianych grup wyrobów do wykonywania hydroizolacji:

- papy asfaltowe, wg PN-EN 13707:2006;
- wyroby rolowe z tworzyw sztucznych, wg PN-EN 13956:2006, pr. EN 14909;
- blacha ołowiana, wg PN-EN 12588:2003;
- masy hydroizolacyjne wzmacniane wkładkami zbrojącymi (laminaty), wg aprobat technicznych.

Należy podkreślić, że po wejściu w życie norm europejskich zmieniła się również nomenklatura krajowa (nazewnictwo) wyrobów rolowych. Termin *wyrób rolowy* został zastąpiony terminem *elastyczny wyrób wodochronny*. Zgodnie z terminologią przyjętą w polskich tłumaczeniach norm europejskich, elastyczne wyroby wodochronne dzielą się na: asfaltowe na osnowie, dotychczas określane terminem *papy* oraz z tworzyw sztucznych i kauczuku, dotychczas określane terminem *folie z tworzyw sztucznych*. Należy podkreślić, że nowa terminologia nie przyjęła się w środowisku budowlanym, dlatego w dalszej części artykułu używane będą terminy stosowane zwyczajowo (dotychczas).

**Papy asfaltowe** można podzielić na grupy w zależności od przeznaczenia (wierzchniego krycia, podkładowe), składu masy powłokowej, rodzaju osnowy oraz sposobu mocowania do podłoża (zgrzewane, klejone, samoprzylepne, mocowane mechanicznie).

\* Politechnika Wroclawska

Należy podkreślić, że w normach europejskich dotyczących pap nie podano wymagań dotyczących wyrobu, a poszczególne właściwości oceniane są w stosunku do wartości określonej przez producenta (oznaczonego skrótem MLV) lub w stosunku do wartości deklarowanej przez producenta (skrót MDV). Przedmiotem wymagań jest jedynie wartość wodoszczelności, która oceniana jest w przypadku:

- pap przeznaczonych do stosowania w warstwach pokrycia dachowego na poziomie 10 kPa;
- pap służących do regulacji przenikania pary wodnej na poziomie 2 kPa.

Jest to podejście inne niż spotykane dotychczas w normach krajowych, gdyż dla każdej grupy wyrobów były wartości wymagań i producent musiał je spełniać, aby uzyskać pozytywną ocenę swojego wyrobu, co warunkowało jego stosowanie w budownictwie.

W normie PN-EN 13969:2006 wyróżniono dwa typy wyrobów:

- typ A – papy do izolacji przeciwwilgociowych;
- typ T – papy do izolacji wodochronnych.

Folie z tworzyw sztucznych i kauczuku mogą stanowić samodzielną izolację przeciwwilgociową, wodochronną, jak również służyć jako warstwy paroszczelne lub paroprzepuszczalne.

Można je podzielić na trzy grupy, różniące się sposobem i rodzajem wytworzenia:

- tworzywa sztuczne (PVC, PE, PIB);
- kauczuki (BR, CR, CSM, EPDM, IIR);
- kauczuki termoplastyczne (MPR, TPE, SEBS).

Samodzielną funkcję hydroizolacyjną pełnią folie grubości minimum 0,3 mm. Natomiast folie grubości powyżej 0,3 mm mogą być wykorzystane jako izolacje (warstwy) paroprzepuszczalne, paroszczelne, wiatrochronne, drenażowe itp.

Wymagania dotyczące wyrobów z tworzyw sztucznych i kauczuku regulujących przepuszczalność pary wodnej podane są w PN-EN 13984:2005 (U), w której wyróżniono trzy typy wyrobów regulujących przepływ pary wodnej:

- typ A – warstwy kontrolujące przepływ pary wodnej;
- typ B – warstwy kontrolujące przepływ pary wodnej, niewodoszczelne;
- typ V – warstwy kontrolujące przepływ pary wodnej – wentylacyjne lub wodoszczelne.

Natomiast w PN-EN 13967:2005 (U) zestawiono właściwości folii z tworzyw sztucznych i kauczuku. W normie tej wyróżniono trzy typy wyrobów:

- typ A – wyroby do izolacji przeciwwilgociowych;
- typ V – wyroby przeciwwilgociowe wentylujące lub drenażowe;
- typ T – wyroby do izolacji wodochronnych.

Masy hydroizolacyjne są produkowane:

- 1) do stosowania na zimno (rozpuszczalnikowe, emulsyjne i dyspersyjne);
- 2) do stosowania na gorąco (z wypełniaczami lub bez wypełniaczy).

**Masy hydroizolacyjne w postaci laminatów** mogą być wykonywane z mas asfaltowych i asfaltowo-polimerowych, mas polimerowych oraz mas polimero-mineralnych (w tym cementowych).

**Bitumiczne masy hydroizolacyjne** modyfikowane polimerami są stosowane od lat siedemdziesiątych XX wieku do wykonywania hydroizolacji elementów budowli stykających się z gruntem. Mogą to być produkty: jednokomponentowe lub dwukomponentowe. W Niemczech, gdzie ponad 80% fundamentów zabezpiecza się masami bitumicznymi, obowiązują wymagania zawarte w DIN 18195:2000. Grubowarstwowe hydroizolacje z bitumicznych powłok izolacyjnych (KMB) spełniają wymagania stawiane tzw. izolacji ciężkiej i mogą być wykonywane bezpośrednio na ścianie za pomocą pacy lub techniki natryskowej. Są one stosowane najczęściej do wykonywania pionowych hydroizolacji ścian. Minimalna grubość hydroizolacji z tego typu materiałów wynosi 3 mm, a maksymalna ok. 6 mm.

W ostatnim okresie na polskim rynku pojawiły się cementowe zaprawy o bardzo dobrym kruszywie, służące do wykonywania cienkowarstwowych hydroizolacji. Wyroby te nazwano **elastycznymi mikrozaprawami uszczelniającymi**. W Polsce wymagania techniczne dotyczące tych wyrobów określone są przez ITB w aprobatkach technicznych (na podstawie ZUAT-15/VI.05/2002). W Niemczech kilka organizacji technicznych, grupujących producentów elastycznych mikrozapraw uszczelniających, opracowało szczegółowe wskazówki wykonywania izolacji oraz wytyczne do projektowania.

Powłokowe izolacje przeciwwilgociowe i wodochronne powinny być wykonywane przez wyspecjalizowane bry-

gady zgodnie z instrukcją producenta. Szczególną odmianą tego typu izolacji są laminaty z mas asfaltowych, asfaltowo-polimerowych lub polimerowych grubości 2,0 mm lub większej z wkładką zbrojącą z tkanin lub włókien niepodlegających korozji biologicznej.

## Wyroby uszczelniające i towarzyszące

Do uszczelnienia przebieg (przebieg) konstrukcyjnych, szczelin dylatacyjnych stosowane są następujące grupy wyrobów:

- kity uszczelniające (kit asfaltowy wg PN-74/B-301:75, kity budowlane kauczukowe i asfaltowo-kauczukowe, wg PN-B-30152:1997);
- kity konstrukcyjne do uszczelniania szczelin dylatacyjnych, wg PN-EN i ISO 11600:2004;
- masy zalewowe wg PN-B-24005:1997.

Do wyrobów towarzyszących należą:

- folie z tworzyw sztucznych i papy asfaltowe na warstwy poślizgowe, drenażowe, separacyjne i paroizolacyjne;
- preparaty gruntujące;
- masy klejące.

Odrębną grupę wyrobów stanowią:

- **preparaty penetrujące w strukturę** (przekrój) betonu i tworzące izolację (uszczelnienie) metodą krystalizacji wglębnej;

- **membrany bentonitowe**, wykorzystujące zjawisko pęcznienia bentonitu sodowego pod wpływem wody.

Najnowszą odmianę membran bentonitowych stanowią membrany hybrydowe, w których okładzinę stanowi grubowarstwowa folia z polietylenu wysokiej gęstości (HDPE).

Klasyczne systemy hydroizolacyjne są niezbyt skuteczne, gdy mamy do czynienia ze stałym ciśnieniem hydrostatycznym oraz gdy nie ma pełnej ciągłości i przyczepności izolacji do podłoża. W ostatnim okresie opracowano zmodyfikowaną folię HDPE, która z jednej strony jest pokryta środkiem zapewniającym skuteczną adhezję do betonu przez strukturalne połączenie oraz hybrydowe membrany bentonitowe (zespolone z wodoszczelną folią PE).

## Podłoża pod izolacje przeciwwilgociowe i wodochronne

Podłoża pod izolacje przeciwwilgociowe i wodochronne części podziemnych budynków powinny być nieod-

kształcalne i przenosić wszystkie działające obciążenia.

Izolacje przeciwwilgociowe i wodochronne części podziemnych budynków mogą być wykonywane na podłożach: z cegły ceramicznej pełnej, klinierowej i betonowej. Nie zaleca się wykonywania murów części podziemnych budynków oraz cokołów do wysokości 0,5 m ponad poziom przylegającego terenu z cegieł dziurawek, krattówek i pustaków ceramicznych, z cegły wapienno-piaskowej, pustaków betonowych oraz bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego.

**W celu zapewnienia prawidłowej współpracy izolacji z podłożem należy stosować następujące klasy betonu (wg dotychczasowych oznaczeń):**

- przy izolacjach z materiałów bitumicznych – B7,5;
- przy izolacjach z folii z tworzyw sztucznych – B10;
- przy izolacjach z laminatów z tworzyw sztucznych – B20;
- przy izolacjach z powłok na bazie cementu oraz w przypadku preparatów penetrujących – B20.

Cegła ceramiczna powinna mieć średnią wytrzymałość nie niższą niż 15 MPa, zaś mur z cegły musi być wykonany na zaprawie cementowej. Zalecane jest przygotowanie powierzchni murowej pod konkretny rodzaj izolacji wodochronnej zgodnie ze wskazaniem producenta, np. naniesienie warstwy zaprawy cementowej, a następnie zagruntowanie powierzchni itp. Powierzchnia podłoża powinna być równa (bez wgłębień, wypukłości oraz pęknięć), czysta, odtłuszczona i odpylona, a naroża miejsc izolowanych wyokrąglone łukiem o promieniu nie mniejszym niż 3 mm lub sfazowane pod kątem 45° na szerokości i wysokości co najmniej 5 cm od krawędzi.

Wysuszone podłoże (do wilgotności nieprzekraczającej 5%), przewidziane do wykonania izolacji wodochronnej metodą klejenia, należy zagruntować roztworem do gruntowania właściwym dla rodzaju nakładanej warstwy hydroizolacyjnej, tzn.:

- asfaltowym wodnym lub rozpuszczalnikowym – pod izolację na bazie bitumów;
- deklarowanym przez producenta – w przypadku folii z tworzyw sztucznych;
- deklarowanym przez producenta lub zwilżone wodą – pod izolację na bazie cementu.

## Osuszanie zawilgoconych murów

Termin „osuszanie murów” (budynków) powinien być rozumiany jako **zespół technicznych i organizacyjnych działań, powodujących – po określonym czasie – trwałe zmniejszenie poziomu zawilgocenia murów, co umożliwia prowadzenie dalszych prac remontowo-budowlanych lub konserwatorskich, a po ich wykonaniu zapewniający właściwą eksploatację**. Najczęściej osuszanie murów wykonuje się do stanu wilgotności równowagowej (tj. ok. 3–6% wilgotności masowej). Osuszane mury muszą mieć sprawne izolacje przeciwwilgociowe. Wykonanie wtórnych przepon (izolacji) przeciwwilgociowych w istniejących budynkach jest jedną z metod zabezpieczenia przeciwwilgociowego przegród (murów) przyziemia, a nie metodą, która spowoduje ich osuszenie, gdyż wykonanie takich przepon, np. metodą iniekcji chemicznej, może, ale nie musi doprowadzić do znacznego obniżenia wilgotności murów. Po wykonaniu blokady poziomej mury o dużej grubości mogą w sposób naturalny wysychać przez wiele lat. Przyspieszenie procesu wysychania osiąga się po uprzednim wykonaniu przepon przeciwwilgociowych, przez:

- dostarczenie energii cieplnej do przegrody przez urządzenia mikrofalowe, nagrzewnice, termowentylatory;
- obniżenie ciśnienia cząsteczkowego pary wodnej w powietrzu przylegającym do powierzchni przegrody;
- obniżenie ciśnienia w powietrzu na zewnątrz lub wewnątrz muru.

Metody osuszania murów mogą wykorzystywać jedno lub kilka jednocześnie wymienionych zjawisk. W Polsce do osuszania murów stosuje się następujące urządzenia i metody: osuszacze kondensacyjne; osuszacze sorpcyjne; urządzenia mikrofalowe; pompy próżniowe; urządzenia wentylatorowo-termiczne; promienniki podczerwieni.

Ocenę skuteczności metod osuszania murów przedstawiono m.in. w „Materiałach Budowlanych” nr 4/1999. W ostatnich latach została opracowana przez dr. inż. R. Wójcika na Uniwersytecie Warszawsko-Mazurskim w Olsztynie oryginalna i skuteczna metoda odtwarzania izolacji poziomej przez nasączenie murów kompozytem wosków naftowych przez tzw. termopakery. W metodzie tej,

zwanej W-ART, następuje wypchnięcie wody ze struktury muru przez impregnat woskowy i utworzenie szczelnej przepony o właściwościach hydrofobowych. W Polsce do osuszania zawilgoconych murów stosowane są urządzenia wykorzystujące interferencje magnetyczne. W literaturze niemieckiej jest to metoda obwodów rezonansowych lub magnetokinetyczna. Informacje zamieszczone w specjalistycznych czasopismach „Bautenschutz und Bausanierung” oraz książce F. Frossela „Osuszanie murów i renowacja piwnic” (Wyd. Polcen 2007) na temat skuteczności tej metody są negatywne. Zdaniem F. Frossela nie są znane żadne renomowane obiekty, które zostałyby osuszone za pomocą metody magnetokinetycznej. Badania prowadzone w szkołach wyższych w Niemczech oraz w Polsce, m.in. w Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, Politechnikach Warszawskiej oraz Wrocławskiej, potwierdziły również brak skuteczności tej metody.

## Podsumowanie

Z przeprowadzonych przez mnie badań na kilkuset silnie zawilgoconych (zalanych) budynkach wynika, że:

- osuszanie budynków, w których nie ma skutecznych hydroizolacji, może być nieefektywne;
- wykonanie w zawilgoconych budynkach tylko hydroizolacji wtórnych (przepon) nie zapewnia samoistnego wysychnięcia grubszych (grubości > 50 cm) ścian, nawet w ciągu kilku lat;
- stosowanie metody samoistnego wysychania (po uprzednim wykonaniu wtórnych hydroizolacji, jeżeli ich dotychczas nie było), w przypadku zawilgoconych murów przynosi pozytywne efekty dopiero po 2–3 latach dla murów grubości > 50 cm;
- w celu przyspieszenia wysychania murów należy zastosować jedną z metod, której skuteczność potwierdzają badania autoryzowanych laboratoriów (instytucji naukowo-technicznych);
- najbardziej efektywną metodą osuszania budynków jest kombinacja (połączenie) techniki mikrofalowej z osuszaczami sorpcyjnymi. W tym przypadku osuszanie murów do stanu wilgotności równowagowej następuje, w zależności od grubości i rodzaju muru, od kilku dni do kilku tygodni.

dr inż. arch. Maria Jaworska-Michałowska\*

# Wybrane metody zabezpieczenia obiektów istniejących przed destrukcyjnym działaniem wody

**W**iększości budynków istniejących wybudowanych wiele lat temu nie zaprojektowano izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych w obecnym pojęciu. Część z nich ma takie zabezpieczenia, ale w tak zniszczonym stanie, że nie spełniają one swojej roli i nie zapobiegają penetracji wilgoci, zwłaszcza podciąganej w górę murów.

Wilgoć przenikająca do materiałów i konstrukcji wywołuje zmiany w następstwie szkodliwych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, a także pogarsza właściwości termoizolacyjne przegród zewnętrznych. Kamień jako często stosowany materiał konstrukcyjny o zwartej, drobnokrystalicznej budowie, chłonie wodę w niewielkich ilościach. W murach tych wodą nasącza się zaprawa. Znaczna jednakże część materiałów budowlanych (np. cegła ceramiczna, wapieno-piaskowa, gipsy, zaprawy) ma budowę porowatą, z którą są związane właściwości termoizolacyjne. Materiały te zmieniają właściwości pod wpływem wody, która może wypełnić całkowicie lub częściowo pory. Następuje wówczas wzrost przewodności cieplnej zawilgoconego materiału w stosunku do suchego, ponieważ woda o przewodności cieplnej ok.  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  „zastępuje” powietrze o przewodności ok.  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

## Osuszanie murów

W przypadku, gdy główną przyczyną zawilgocenia fundamentów i ścian jest wilgoć gruntowa, woda zaskórna lub gruntowa, której poziom zwierciadła znajduje się poniżej fundamentów, jako środki zabezpieczeniowe mogą być zastosowane: drenaż na

zewnątrz budynku, przepony izolacyjne, specjalne instalacje osuszające itd. Jeżeli obiekt jest narażony na działanie wody wywierającej parcie hydrostatyczne lub wód płynących z potoków i rzek, należy poza stosowaniem poziomej i pionowej izolacji przeciwwodnej obniżyć poziom wody gruntowej, wybudować specjalne bariery przeciwwodne itd.

Do metod mających na celu osuszenie murów należą: kondensacyjna, absorpcyjna, magnetokinetyczna, elektroosmozy i inne. Istnieją również metody osuszania murów, które są połączone z wytwarzaniem blokad hydrofobowych (metoda termoiniekcji, termofalowa i termoiniekcji mikrofalowej).

## Pozioma i pionowa izolacja zewnętrzna

Wykonanie **przepony poziomej metodą iniekcji** polega na wywierceniu w murze rzędu otworów i wprowadzeniu w nie specjalnego płynu tworzącego barierę dla wilgoci. Stosuje się następujące środki iniekcyjne: akrylany, silany, parafiny, silikaty, siloksany, żywice poliuretanowe, epoksydowe, i inne. Dobór właściwego preparatu iniekcyjnego zależy od stanu obiektu i rodzaju materiału budowlanego. Jego działanie może polegać na zamykaniu, zwężaniu lub hydrofobizacji kapilar. Po zakończeniu procesu otwory zasklepia się zaprawą zalecaną przez producenta systemu.

**Iniekcję bezciśnieniową** (gravitacyjną) stosuje się w przypadku takich środków jak: silikaty, silany, rozgrzane parafiny i mikroemulsje silikonowe (fotografia). Otwory średnicy 10 – 30 mm wierci się w odstępach 10 – 15 cm pod kątem  $30^\circ - 45^\circ$  do poziomu. Głębokość otworów powinna być o 5 cm mniejsza od grubości ściany. W przypadku ścian grubości 60 cm



Wykonanie przepony przeciwwilgociowej metodą iniekcji bezciśnieniowej z zastosowaniem zasobników dozujących

i więcej zaleca się wykonanie iniekcji z dwóch stron. Głębokość otworów powinna wynosić  $2/3$  muru. **Iniekcja pod ciśnieniem** jest zalecana przy silnym zawilgoceniu muru. Polega ona na wtłoczeniu substancji uszczelniającej przez układ nawierconych otworów. Przy iniekcji jednorzędowej za optymalny przyjmuje się rozstaw otworów 10 – 12,5 cm, a przy iniekcji dwurzędowej nie powinien on przekraczać 20 cm przy odstępach między rzędami 8 cm. Otwory średnicy od kilku do kilkunastu centymetrów wierci się pionowo lub poziomo. Pewną odmianą tej metody jest **iniekcja krystaliczna**, za pomocą której można wytworzyć poziomą i pionową blokadę hydrofobową. Przez wywiercone otwory wprowadza się środek absorbujący wodę i przerywający kapilary (wodny roztwór cementu portlandzkiego i aktywatorów mineralnych w postaci meta-krzemianu sodowego i/lub polikrzemianu sodowego z dodatkiem fosforanu sodowego). **Wytworzenie blokady poziomej** powstaje przez wywiercenie w jednej linii, równoległe do powierzchni podłogi, otworów w odstępach co 10 – 15 cm. **Izolację pionową** natomiast wykonuje się od środka budynku

\* Politechnika Krakowska



przez nawiercenie siatki otworów w odległości ok. 20 cm od siebie, bez konieczności odkopywania fundamentów. Warstwa izolacyjna pozioma i pionowa tworzy się przez krystalizację minerałów nierozpuszczalnych w wodzie w porach i kapilarach materiału. Zgodnie z tą technologią osuszony został m.in. obiekt Teatru Narodowego w Warszawie i budynek dowództwa marynarki wojennej w Gdyni.

Pozioma przepona w zawilgoconym i zasolonym murze zapobiega dalszemu zwiększaniu zasolenia, ale nie usuwa soli już istniejących. Ten problem rozwiązuje **tynek renowacyjny**. Jest to wyprawa, która nie blokuje wody, nie przepuszcza jej w ciekłej postaci i jest odporna na szkodliwe sole. Charakteryzuje się również niewielkim przewodnictwem kapilarnym, dobrą paroprzepuszczalnością i dużą sumaryczną objętością porów. Woda zawierająca sól z podłoża jest zasysana przez tynk na kilka milimetrów, a następnie odparowuje wewnątrz tynku. Powstająca para wodna z łatwością przemieszcza się na zewnątrz. W związku z tym, że woda przechodzi przez tynk jako para wodna, jego powierzchnia pozostaje sucha. Para wodna nie może transportować ze sobą soli, dlatego też zostają one w tynku i są magazynowane w porach.

W **systemach osuszania** występują następujące warstwy: obrzutka natryskowa, tynk podstawowy do wyrównania nierówności w podłożu lub jako dodatkowy element przechwytyjący sole, tynk renowacyjny, wierzchnia warstwa do uformowania powierzchni oraz farba. Jeżeli wykonuje się prace w systemie wielowarstwowym, poszczególne warstwy powinny mieć grubość ok. 1 cm. Powłoka malarska również powinna zostać dostosowana do systemu. Zaleca się stosowanie farb hydrofobowych na bazie mineralnej oraz na bazie żywic silikonowych.

Jedną z najstarszych mechanicznych metod wykonywania izolacji poziomych jest **metoda odcinkowego podcinania**, w celu stworzenia poziomej szczeliny, którą wypełnia się warstwą tradycyjnej izolacji przeciwwilgociowej. Dobre rezultaty wykazuje metoda wtłaczania blach chromowo-niklowych grubości 1,5 mm w spoinę muru na całej jej grubości. Zamki na łącze-

niu blach tworzą szczelną przeponę. W metodzie opracowanej przez krakowski Zakład Konsultacyjno-Badawczy „Geocomp”, mury przecina się widłową piłą tańcuchową lub linką stalowo-diaamentową. W przecięcia wykonywane odcinkami wprowadzane są płyty izolacyjne z PCW (na zakład) oraz kliny z tworzywa sztucznego. Po zaklinowaniu szczeliny można wykonać jej iniekcyjne wypełnienie pod ciśnieniem 2 – 3 bary.

W przypadku, gdy w budynkach podpiwniczonych woda przesiąka przez ściany zagłębione w gruncie, najlepszym rozwiązaniem jest również wykonanie izolacji pionowej od zewnątrz (o ile jest dostęp do ściany). Hydroizolację nakłada się w postaci powłok bezszwowych: malarskich, bitumicznych, żywicznych, mineralnych lub powłok scalonych w postaci np. membran i przepon bitumiczno-poliestrowych, polimerowych, specjalnych.

Tworzywa polimerowe stosowane są jako dodatki modyfikujące lepiszcza bitumiczne i stanowią podstawę powłok izolacyjnych, gdy wymagana jest duża odporność na czynniki chemiczne. Wykonywane są przede wszystkim z żywic epoksydowych z wypełniaczami w postaci kwasoodpornych mączek kwarcowych i węglowych i utwardzane na zimno przez dodatek odpowiedniego utwardzacza. W pewnych przypadkach wykonanie powłok bitumiczno-polimerowych jest niewskazane ze względu na wysoką paroszczelność materiału. Wówczas wysychaniu muru towarzyszy krystalizacja soli na wewnętrznej powierzchni.

**Folie i membrany z tworzyw sztucznych** produkowane są w postaci rulonów, arkuszy i płyt z tworzyw termoplastycznych często kształtowanych w postaci membran. Są odporniejsze chemicznie niż papy. Folie produkuje się z polichlorku winylu, polietyleny, elastomerów. Membrany z PCW wzmacniane tkaniną poliestrową mogą być stosowane jako warstwa wodochronna na powierzchniach poziomych i pionowych. Membrany EPDM (etylenowo-propylenowo-dienowe), produkowane z kauczuku syntetycznego, mogą być również stosowane jako izolacje przeciwwodne. Membrany profilowane EPDM lub z polietyleny HDPE o dużej gęstości mają wypukłości

w kształcie stożka, które tworzą szczelinę powietrzną między ścianą a membraną, umożliwiając „oddychanie” muru. Są one mocowane mechanicznie. Membrany wytłaczane (kubelkowe), mogą być wzmocnione siatką z włókna szklanego, polipropylenu lub poliestru. Są też membrany połączone z geowłókniną. Grubość membran wynosi zwykle 0,5 lub 0,6 mm (nawet 0,85 mm), a wysokość wytłoczenia – od 3 do 12 mm.

Specjalną odmianą membran wielowarstwowych są membrany z wkładką bentonitową.

Osobną grupę materiałów izolacyjnych stanowią **drobnoziarniste zaprawy mineralne** produkowane na bazie cementu z dodatkiem plastyfikatorów, poprawiających plastyczność, wodoszczelność i szybkość wiązania. Wykonane z nich izolacje są paroprzepuszczalne, w odróżnieniu od izolacji z papy, folii lub mas bitumicznych. Masy mineralne stosuje się do wykonywania pionowych izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych fundamentów oraz do izolowania ścian piwnicznych od wewnątrz.

## Hydroizolacja od wewnątrz

W przypadku, gdy nie można odkopać ścian od zewnątrz, stosuje się **izolacje wewnętrzne, wykonywane z cementowych szlamów uszczelniających, modyfikowanych tworzywami sztucznymi**, które twardnieją na wilgotnym podłożu. Powłoki takie są wodoszczelne nawet przy stałym naporze wody od strony zewnętrznej muru, a jednocześnie otwarte na dyfuzję pary wodnej. Powinny to być szlamy sztywne, które mają mniejszy opór dyfuzyjny od elastycznych (o dużej zawartości tworzyw sztucznych) i większą wytrzymałość na odrywanie przy naporze wody. Spoiwo szlamów powinno być odporne na sole zawarte w murze, dlatego też należy stosować cementy niereagujące na korozję siarczanową. Jeśli temperatura powierzchni ściany jest niższa od temperatury punktu rosy, wówczas na ścianach skrapla się woda. Aby zapobiec temu zjawisku, należy powierzchnię dodatkowo pokryć bardzo porowatym tynkiem renowacyjnym. W szczególnych okolicznościach, np. przy bardzo osłabionych murach, moż-

na od wewnątrz zastosować **technologię tzw. białej wanny**, która polega na ułożeniu wodoszczelnego betonu (na ścianie i podłodze). W takiej sytuacji, hydroizolacja ze szlamu uszczelniającego może stanowić uzupełnienie systemu.

### Metody zabezpieczeń przed wodą w połączeniu z ochroną ciepłą

Wśród materiałów ekologicznych, które znalazły zastosowanie w odnowie zabytków, można wymienić keramzyt, który z powodzeniem nadaje się do wykonywania izolacji pionowych ścian fundamentowych i piwnicznych, a także podłóg na gruncie. **Keramzytowa obsypka** ścian o szerokości 30 – 40 cm może pełnić zarówno funkcję izolacji cieplnej, jak i przeciwwilgociowej, odprowadzając wody opadowe do drenażu lub gruntu. Po wykonaniu wykopu, jego ściany i dno należy obłożyć geowłókniną separującą keramzyt

od gruntu, a następnie układać warstwę 30 – 40 cm, zagęszczając je ręcznie lub mechanicznie. Przy wysokim poziomie wód opadowych i obecności gruntu spoistego należy umieścić na poziomie fundamentów rurę drenarską. Od góry izolacja powinna zostać przykryta geowłókniną, warstwą podsypki grubości 15 cm oraz opaską chodnikową.

Coraz częściej do praktyki wchodzi **membrany wielowarstwowe**, które mają również zalety izolacji cieplnej i wodochronnej. Membrany izolacyjno-drenażowe wykonuje się np. z ekstrudowanej pianki polistyrenowej.

### Podsumowanie

W celu ochrony substancji w obiektach istniejących, konieczne jest zadbanie o odpowiednią hydroizolację. Najtrudniejsze do rozwiązania problemy dotyczą ścian piwnic, przyziemia i cokołu. W wielu przypadkach wystarczy zastosować powszechnie znane

materiały tzw. tradycyjne, natomiast najczęściej problemy, z jakimi można się spotkać, są tak złożone, że rozwiązania wymagają głębokiej analizy i zastosowania nowoczesnych materiałów oraz technologii. Muszą być one dostosowane do aktualnego stanu obiektu i niejednokrotnie do wymagań konserwatorskich. W sytuacji, gdy ściany piwnic są niedostępne z zewnątrz, mury można uszczelnić od strony wewnętrznej, o ile zastosowany w ścianach materiał budowlany jest odpowiednio mocny.

Osuszając przegrody i odcinając je od wpływu wody poprawia się jednocześnie ich właściwości termoizolacyjne. Coraz częściej w obiektach istniejących przeprowadza się prace związane z termomodernizacją. Wówczas wykonanie hydroizolacji, niejednokrotnie poprzedzone osuszeniem muru i odsoleniem detali, powinno towarzyszyć wszystkim możliwym pracom związanym z ochroną ciepłą obiektu.

## Dokumenty interpretacyjne do norm europejskich...

(dokończenie ze str. 2)

Podobne problemy dotyczą normy PN-EN 13956:2006 *Elastyczne wyroby wodochronne – Wyroby z tworzyw sztucznych i kauczuku do pokryć dachowych – Definicje i właściwości*. W tym przypadku, termin *wyrób rolowy* w połączeniu z określeniem *wyrób z tworzyw sztucznych i kauczuku* oznacza po prostu folię z tworzywa sztucznego lub kauczuku.

**W dokumencie interpretacyjnym dotyczącym normy PN-EN 13956:2006 podano lub przeanalizowano:**

- zakres stosowania normy z uwzględnieniem wyrobów nią objętych;
- interpretację wymagań normy dotyczących właściwości technicznych wyrobu;
- interpretację wymagań normy dotyczących zasad znakowania wyrobu znakiem CE;
- zalecenia ITB w zakresie wymaganych wartości właściwości wyrobów objętych normą.

W przypadku PN-EN 13956:2006 jedynymi wymaganiami wyrobów ustalone w normie to:

- właściwość wodoszczelności przy zadanej wartości ciśnienia wody, tzn. 10 kPa;
- wady widoczne;
- odchyłka od prostoliniowości i płaskości.

Pozostałe właściwości świadczące o jakości wyrobu, spełniającego wymagania normy, zależą jedynie od deklaracji producenta i norma również pozostawia dowolność w tym zakresie. W tym dokumencie interpretacyjnym do normy określono więc wartości cyfrowe pozostałych właściwości charakteryzujących wyroby. Dotyczą one najczęściej produkowanych reprezentantów tej grupy. Informacje te pozwalają projektantowi na podjęcie decyzji, jaki wyrób można bezpiecznie zastosować w konkretnych, przewidywanych warunkach pracy obiektu.

Z przedstawionej analizy widać, że oznakowanie wyrobu znakiem CE zgodnie z normami PN-EN 13707:2006/A1:2007 i PN-EN 13956:2006 potwierdza jedynie, że wyrób spełnia wartości deklarowane przez producenta, nawet jeżeli zostały one przyjęte na bardzo niskim poziomie, natomiast nie gwarantuje, że będzie on przydatny w konkretnych warunkach użytkowania w budynku lub budowli. Dokumenty interpretacyjne mają stanowić pomoc w rozwiązaniu tego problemu, porównując możliwości w zakresie przenoszenia obciążeń użytkowych w obrębie poszczególnych grup wyrobów w zależności od ich budowy wewnętrznej. Pokazują, że pozornie jednakowo wyglądające papy, w zależności od rodzaju osnowy i składu masy powłokowej, nadają się do innego zastosowania, co nie wynika bezpośrednio z zapisów podanych w normie. Podobna sytuacja dotyczy folii z tworzyw sztucznych i kauczuku.

*dr inż. Barbara Francke*

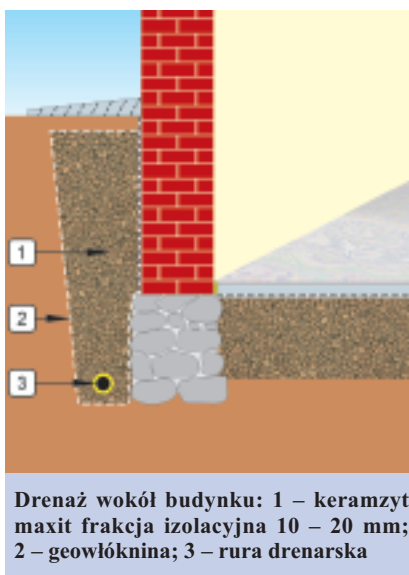


# Drenaż *kontra* wilgoć w ścianach

Jednym z najkosztowniejszych etapów remontu starego budynku wybudowanego na początku XX w. jest likwidacja wilgoci w piwnicach. W tym okresie ławy fundamentowe i ściany piwniczne najczęściej wykonywano z cegły lub kamienia. Pomieszczenia piwniczne takiego, dotychczas nieremontowanego, budynku są obecnie najczęściej wilgotne i zagrzybione. Suche były przez pierwszych kilkadziesiąt lat eksploatacji. Wilgoć pojawiła się trzydzieści, czterdzieści lat temu, a więc kiedy do budynku doprowadzono gaz, wymieniono rury wodno-kanalizacyjne, podłączono rury spustowe do kanalizacji deszczowej. Powstaje pytanie – skąd nagle wilgoć w piwnicy, skoro wody gruntowe generalnie obniżają się, a okoliczne studnie wysychają? Odpowiedź jest prosta. Dawniej nie stosowano skomplikowanych izolacji przeciwwilgociowych. Jediną izolacją był drenaż opaskowy, często połączony z drenażem podposadzkowym. Drenaż skutecznie zbierał wody opadowe i odprowadzał je do kanalizacji ogólnospławnej, szamb, rowów melioracyjnych itp., ale mógł przestać działać w wyniku uszkodzenia przez pracownika wykonującego wykop przy budynku i nierozważne usunięcie rurki. W takiej sytuacji drenaż zbierał wody opadowe jedynie na krótkim odcinku wokół pozostałych rur drenażowych, lecz nie mógł jej dalej odprowadzić. Nadmiar tych wód atakował więc i nadal atakuje ściany poniżej poziomu terenu.

Obecnie na rynku dostępnych jest kilka technologii zabezpieczania starych murów przed agresją wody, które w mniejszym lub większym stopniu usuwają skutki, nie eliminując przyczyn. **Może zatem warto przy okazji kosztownego remontu, na który składa się wykonanie nowej izolacji murów (poziomej i pionowej), pójść**

**krok dalej, i unormować wilgoć przy murach, korzystając z faktu, że i tak należy zrobić wykop przy ścianach w celu wykonania izolacji? Wystarczy wówczas ściany wykopu wyłożyć warstwą separacyjną z geowłókniny, stosując ją z takim zapasem, aby materiału wystarczyło na przykrycie wykopu od góry. Na dnie wykopu układa się warstwę keramzytu maxit 10 – 20 B grubości ok. 10 cm, a na niej rurę drenarską**



Drenaż wokół budynku: 1 – keramzyt maxit frakcja izolacyjna 10 – 20 mm; 2 – geowłóknina; 3 – rura drenarska

(rysunek) z zachowaniem odpowiednich spadów i końcowych odpływów. Następnie wykop należy wypełnić keramzytem, który powinien być zagęszczany warstwami grubości 30 ÷ 40 cm za pomocą ręcznego ubijaka z płytą ok. 40 x 40 cm. Kolejną czynnością to przykrycie wypełnienia

od góry, uzupełnienie gruntu, podsypki i nawierzchni. Tak wykonane wypełnienie wzdłuż ścian piwnic spełnia jednocześnie dwie funkcje:

- przejmuje nadmiar wód opadowych i kieruje je do drenażu z keramzytu mrozoodpornego maxit 10 ÷ 20 B o bardzo dobrym współczynniku filtracji > 3,33 cm/s;

- stanowi izolację cieplną.

Współczynnik  $\lambda$  keramzytu w gruncie wynosi 0,11 ÷ 0,16 W/mK w zależności od stopnia wilgotności. Na rysunku przedstawiono przykład wykonania drenażu keramzytowego, za pomocą którego można obniżyć wilgotność gruntu przy ścianach budynku. Samo wypełnienie nie może zastąpić izolacji pionowej i poziomej. Woda wchłaniana przez mur przez ostatnie dziesiątki lat wytworzyła w nim sieć kapilar, które należy zamknąć izolacją. Drenaż z keramzytu, izolując cieplnie, wspomaga izolację na wypadek uszkodzeń np. spowodowanych pękaniem murów. Przed wykonaniem izolacji z keramzytu należy koniecznie sprawdzić możliwość odprowadzenia wód z drenażu i skonsultować z geologiem problem obniżenia wilgotności podłoża gruntowego budynku i najbliższego otoczenia.

Keramzyt coraz częściej stosowany jest przy budowie dróg do wypełnienia przydrożnych rowów w postaci tzw. drenu francuskiego. Eliminacja przydrożnych rowów, przy jednoczesnym skutecznym odprowadzeniu wód opadowych, poprawia bezpieczeństwo ruchu drogowego.

Andrzej Dobrowolski  
Doradca techniczny

Saint-Gobain Construction Products Polska sp. z o.o.  
Weber – Zakład Produkcji Keramzytu  
tel. 058 535 25 95; infolinia 0801 162 948  
www.keramzyt.maxit.pl; kontakt@e-weber.com

dr inż. Jacek Michalak\*

# Nowe wymagania normalizacyjne dla wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w systemach okładzin ceramicznych

W sierpniu 2007 r. została opublikowana nowa norma europejska EN 14891 *Liquid applied water impermeable products for use beneath ceramic tiling bonded with adhesives – Requirements, test methods, evaluation of conformity, classification and designation*, opracowana przez Komitet Techniczny CEN/TC 67. Norma została wprowadzona jako PN-EN 14891:2008 26 lutego 2008 r. metodą uznaniową, a przygotowaniem normy zajęli się Komitet Techniczny KT nr 197 ds. *Płytek i sanitarnych wyrobów ceramicznych*.

PN-EN 14891:2008 zatytułowano: *Produkty ciekłe nieprzepuszczające wody stosowane pod zaprawy klejące do płytek ceramicznych – Wymagania, metody badania, ocena zgodności, klasyfikacja i oznaczenie*. Nie jest to niestety poprawne tłumaczenie tytułu normy w języku angielskim i nie odpowiada zawartości normy, która dotyczy trzech rodzajów wyrobów nieprzepuszczających wody, które w stanie ciekłym mogą być stosowane pod płytki ceramiczne związane klejem. Te trzy rodzaje wyrobów to: **modyfikowane polimerowo-cementowe zaprawy (oznaczone jako CM), produkty dyspersyjne (oznaczone jako DM) oraz produkty na bazie żywic reaktywnych (oznaczone jako RM)**. Oczywiście wyroby cementowe (CM) występują w postaci suchej zaprawy, zawierającej w składzie jako spoiwo cement oraz redyspergowalne żywice proszkowe, do której w celu otrzymania mieszanki gotowej do zastosowania należy dodać wodę i/lub ciekły dodatek.

W czerwcu 2008 r. w CEN/TC 67 została opublikowana poprawka PN 14891:2007/AC:2008. 30 paździer-

nika 2008 r. została ona wprowadzona do zbioru Polskich Norm. Skorygowała błędnie podaną w treści rozdziału A.7 wartość ciśnienia wody, jakiemu należy poddać badane próbki podczas oznaczania wodoszczelności.

Pod koniec 2008 r. dalsze prace nad normą EN 14891:2007+AC:2008 zostały przeniesione z KT nr 197 do KT nr 184, którego zakres tematyczny jest bliższy tej normie. Obecnie EN 14891 jest tłumaczona w Komitecie Technicznym nr 184 ds. Klejów. Opublikowanie polskiej wersji językowej, ze zmienionym tytułem normy, powinno nastąpić w drugiej połowie 2009 r. Norma EN 14891 podaje wymagania oraz metody badań grupy wyrobów obejmujących różne zaprawy hydroizolacyjne, zaprawy uszczelniające i folie ciekłe stosowanych jako jeden z elementów systemów do układania okładzin ceramicznych. Do tej pory z powodu braku wymagań, w zbiorze norm konieczne było uzyskanie aprobaty technicznej. Wymagania dla wyrobów nieprzepuszczających wody stosowa-

nych w stanie ciekłym pod płytki ceramiczne związane klejami opisane zostały w EN 14891 w podobny sposób, jak wymagania dla klejów do płytek ceramicznych w EN 12004 *Adhesives for tiles – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation*. W normie EN 14891 przyjęto wymagania tzw. charakterystyki podstawowej, które muszą być bezwzględnie spełnione przez wyroby, oraz tzw. charakterystyki opcjonalnej. Właściwości opcjonalne odnoszą się do specyficznych warunków, gdzie wymagany jest podwyższony poziom właściwości użytkowych.

W tabeli 1 zaprezentowano wymagania dla wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w stanie ciekłym pod płytki ceramiczne związane klejem, ustanowione przez EN 14891. Norma ta wprowadziła także klasyfikację i oznaczenia wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w stanie ciekłym pod płytki ceramiczne związane klejem. W tabeli 2 podano przykładowe oznaczenia oraz klasyfi-

**Tabela 1. Wymagania dla wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w stanie ciekłym pod płytki ceramiczne związane klejem wg EN 14891**

Właściwość	Wymaganie	Metoda badania wg EN 14891
<b>WŁAŚCIWOŚCI PODSTAWOWE</b>		
Przyczepność początkowa	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup>	A.6.2
Przyczepność po kontakcie z wodą	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup>	A.6.3 lub A.6.4
Przyczepność po starzeniu termicznym	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup>	A.6.5
Przyczepność po cyklach zamrażania-rozmrażania	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup>	A.6.6
Przyczepność po kontakcie z wodą wapienną	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup>	A.6.9
Wodoszczelność	brak przenikania	A.7
Zdolność do mostkowania pęknięć w warunkach znormalizowanych	≥ 0,75 mm	A.8.2
<b>WŁAŚCIWOŚCI OPCJONALNE</b>		
Przyczepność po kontakcie z wodą chlorowaną	≥ 0,5 N/mm <sup>2</sup>	A.6.7 lub A.6.8
Zdolność do mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze (-5 °C)	≥ 0,75 mm	A.8.3
Zdolność do mostkowania pęknięć w bardzo niskiej temperaturze (-20 °C)	≥ 0,75 mm	A.8.3

\* Atlas Sp. z o.o., zastępca przewodniczącego KT 184 ds. Klejów, ekspert CEN/TC 67 WG3

kację wyrobów. Możliwe są także inne kombinacje rodzajów i klas.

Wymagania dotyczące zakresu badań wykonywanych w ramach wstępnych badań typu oraz częstotliwość badań wykonywanych w ramach zakładowej kontroli produkcji wyrobów opisanych w EN 14891 podano w tabeli 3.

Opracowanie normy EN 14891 jest ważnym elementem porządkującym wymagania dotyczące materiałów stosowanych do układania okładzin ceramicznych. W 2002 r. została wdrożona do PN norma EN 12004 ustanawiająca wymagania dla klejów do płytek ceramicznych, która obecnie jest normą zharmonizowaną, co pozwala producentowi, po dokonaniu oceny wyrobu

**Tabela 3. Wstępne badania typu oraz częstotliwość badań wykonywanych w ramach zakładowej kontroli produkcji dla wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w stanie ciekłym pod płytki ceramiczne związane klejem wg EN 14891:2007**

Właściwość	Metoda badania wg EN 14891	Wstępne badanie typu	Częstotliwość kontroli produkcji
Przyczepność początkowa	A.6.2	t	A
Przyczepność po kontakcie z wodą	A.6.3	t	A
Przyczepność po starzeniu termicznym	A.6.4	t	A
Przyczepność po cyklach zamrażania-rozmrażania	A.6.5	t	A
Przyczepność po kontakcie z wodą wapienną	A.6.7	t	A
Wodoszczelność	A.7	t	A
Zdolność do mostkowania pęknięć	A.8.2	t	A
Przyczepność po kontakcie z wodą chlorowaną	A.6.6	(t)	(A)
Zdolność do mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze	A.8.3	(t)	(A)

t – tak; (t) – tak, jeżeli odnosi się do danego wyrobu; A – w odstępie 6-miesięcznym; (A) – w odstępie 6-miesięcznym, jeżeli odnosi się do danego wyrobu

**Tabela 2. Przykłady klasyfikacji i oznaczenia wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w stanie ciekłym pod płytki ceramiczne związane klejem wg EN 14891**

Symbol rodzaj	klasa	Opis
CM		wyrób cementowy nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym
DM		wyrób dyspersyjny nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym
RM		wyrób na bazie żywic reaktywnych nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym
CM	O	wyrób cementowy nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym o zdolności mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze
RM	O	wyrób na bazie żywic reaktywnych nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym o zdolności mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze
CM	P	wyrób cementowy nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym odporny na działanie wody chlorowanej
DM	P	wyrób dyspersyjny nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym odporny na działanie wody chlorowanej
RM	P	wyrób na bazie żywic reaktywnych nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym odporny na działanie wody chlorowanej
CM	OP	wyrób cementowy nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym o zdolności mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze, odporny na działanie wody chlorowanej
RM	OP	wyrób na bazie żywic reaktywnych nieprzepuszczający wody stosowany w stanie ciekłym o zdolności mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze, odporny na działanie wody chlorowanej

gdzie: „O” zdolność do mostkowania pęknięć w niskiej temperaturze; „P” odporność na działanie wody chlorowanej (tj. do zastosowania w basenach pływakich)

zgodnie z wymaganiami odpowiedniego systemu atestacji, oznakować go znakiem CE.

Wydaje się, że również w przypadku wyrobów opisanych w EN 14891 konieczność oznakowania CE może się wkrótce pojawić. Co prawda obecnie norma EN 14891 nie jest normą zharmonizowaną, ale w ubiegłym roku Komisja Europejska zwróciła się do CEN/TC 67 z pytaniem o możliwość objęcia wyrobów nieprzepuszczających wody stosowanych w postaci ciekłej pod płytki ceramiczne związane klejem istniejącym Mandatem M/102. CEN/TC 67 pozytywnie ustosunkował się do harmonizacji normy EN 14891 i zaproponował przyjęcie systemu oceny zgodności nr 3 oraz wprowadzenie wymagań podstawowych w zakresie: emisji substancji niebezpiecznych, przyczepności oznaczanej po przechowywaniu w różnych warunkach, wodoszczelności oraz zdolności do mostkowania pęknięć.

## Salon Wystawowy firmy Wienerberger

**Firma Wienerberger otworzyła w Toruniu pierwszy w Polsce firmowy Salon Wystawowy, stanowiący ekspozycję pełnej palety dostępnych w kraju cegieł elewacyjnych Terca i dachówek ceramicznych Koramic i Jungmeier.**

Salon firmy Wienerberger nie jest jednak wystawą pojedynczych modeli oferowanych produktów, lecz elegancką i w pełni profesjonalną galerią. Zainteresowani mogą zapoznać się z parametrami technicznymi dachówek i cegieł i walorami estetycznymi, jakie daje wykorzystywanie wyrobów ceramicznych. Na przemyślnie zaaranżowanej przestrzeni o powierzchni ponad 170 m<sup>2</sup> prezentowane są cegły klinkierowe i ręcznie formowane Terca w pełnej gamie barw oraz ponad 100 rodzajów dachówek Koramic i Jungmeier wraz z kompletnym systemem akcesoriów, znajdujących się na sta-

łe w asortymencie firmy. W celu ułatwienia wyboru dachówek na specjalnie przygotowanych wystawach ułożone zostały fragmenty połaci dachowych, zaś propozycje wykonania elewacji pokazane są w formie wycinków murów.

Oprócz części pokazowej w salonie znajdują się także starannie urządzone, zgodnie z panującą w nim stylistyką, część konferencyjna z zapleczem multimedialnym i część techniczna, gdzie klient korzystając z dostępnych wzorów i porady wysoko wykwalifikowanych doradców może indywidualnie dobrać do własnego projektu kolorystykę dachówek, cegieł i zapraw.

Salon Wystawowy stworzono w odpowiedzi na sygnały płynące z rynku i oczekiwania klientów. Tego typu przedsięwzięcie stanowi ogromne ułatwienie i pomoc w podjęciu decyzji zarówno dla klientów instytucjonalnych, prywatnych, jak i dla architektów.

# Niezawodne hydroizolacje Weber Deitermann

Poprawne zaprojektowanie i wykonanie budynku to bezwzględne wymagania bezproblemowej, długoletniej eksploatacji. Podstawą jest odpowiednie rozwiązanie konstrukcyjne części zagłębionej w gruncie. Doświadczenie pokazuje, że przyczyną wielu problemów powstających podczas eksploatacji obiektu jest wilgoć. Woda, wykorzystując wszelkie usterki i nieciągłości w warstwach hydroizolacyjnych, wnika do wnętrza konstrukcji. Trwałości fundamentów zagraża nie tylko wilgoć. Rozpuszczone w wodzie agresywne związki chemiczne, powstałe np. w wyniku naturalnego procesu gnicia roślin i liści, nawożenia pól, czy też procesów chemicznych, wnikają z wodą w fundamenty przez nieszczelne powłoki hydroizolacyjne, a następnie, na skutek kapilarnego podciągania wilgoci, są transportowane do wyższych części obiektu. Powstają widoczne zawilgocenia, wykwity solne, przebarwienia, łuszczą się powłoki malarskie lub odpada tynk, a jeżeli nie podejmie się odpowiednich czynności, prowadzi to do destrukcji muru.

## Przy wykonywaniu robót hydroizolacyjnych należy uwzględnić:

- **obciążenie wilgocią** – występuje, gdy możliwe jest wsiąknięcie wody opadowej wystarczająco głęboko w grunt poniżej poziomu posadowienia budynku. Jest to przypadek najkorzystniejszy. Wymaga najprostszego typu uszczelnienia (izolacji przeciwwilgociowej), które uniemożliwi kapilarne wnikanie wilgoci do ściany. Zalegający dookoła budynku grunt musi być niespoisty i dobrze przepuszczalny (np. piasek, żwir). Izolację przeciwwilgociową wykonuje się także, gdy nadmiar wody opadowej jest odprowadzany przez drenaż, jednak jego zdolność odprowadzania wody musi uniemożliwiać powstawanie spiętrzeń podczas intensywnych opadów atmosferycznych lub deszczowej pory roku;

- **obciążenie wodą** – występuje, gdy w poziomie posadowienia zalegają grunty spoiste (np. glina, margiel czy il), uniemożliwiające szybkie wsiąkanie wilgoci. Powoduje to długotrwałe oddziaływanie spiętrzającej się wody opadowej na ścianę fundamentową. Innym przypadkiem obciążenia wodą jest długookresowe oddziaływanie na fundamenty wody pod ciśnieniem, przy wysokim (powyżej poziomu posadowienia) poziomie wód gruntowych. Przy wykonywaniu tego typu izolacji stawia się bardzo wysokie wymagania wobec materiałów oraz sposobu wykonania robót, uszczelnienie to pracuje bowiem w najtrudniejszych warunkach;

- **konstrukcję budynku** – rodzaj fundamentu, wysokość kondygnacji piwnicznej, jeżeli jest itp.;

- **obecność agresywnych wód gruntowych.**

Po przeanalizowaniu wymienionych czynników oraz ocenie ukształtowania terenu wokół budynku należy wybrać odpowiednie rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe.

**Rozwiązania technologiczno-materiałowe marki Deitermann pozwalają na wykonanie izolacji w postaci szczelnej wanny, całkowicie oddzielającej budynek od wilgoci lub wody znajdującej się w gruncie. Podstawowymi składnikami systemów hydroizolacyjnych są dwa typy materiałów: mineralne mikrozaprawy uszczelniające (tzw. szlamy) oraz grubowars-**

**twowe, modyfikowane polimerami bitumiczne masy uszczelniające (zwane masami KMB).**

**Mikrozaprawy uszczelniające SUPERFLEX D1 i SUPERFLEX D2** to polimerowo-cementowe zaprawy, w których skład oprócz cementu wchodzi selekcyjonowane kruszywo mineralne o uziarnieniu dobranym wg specjalnie opracowanej krzywej przesiewu oraz specyficzne dodatki (modyfikowane żywice, związki hydrofobowe itp.). Skład ten gwarantuje skuteczne działanie uszczelniające nawet w przypadku niewielkiej grubości warstwy. Elastyczność zaprawy po związaniu zapewniają polimery, dodawane w postaci wodnej dyspersji (SUPERFLEX D2) lub znajdujące się w składzie suchej zaprawy w postaci redyspersyjnych związków. Dodatkową cechą cementowych mikrozapraw uszczelniających jest możliwość ich aplikowania na wilgotne podłoża.

**W systemach hydroizolacji przyziemia budynków i budowli szlamy SUPERFLEX D1 i SUPERFLEX D2** pozwalają na wykonanie:

- izolacji poziomych i pionowych (pierwotne i wtórne) elementów konstrukcji stykających się lub zagłębionych w gruncie;
- izolacji ław fundamentowych oraz izolacji podposadzkowych;
- izolacji cokołowych części budynków;



W Zamku Wodnym Moritzburg zastosowano rozwiązania technologiczno-materiałowe marki Deitermann

- izolacji budowli hydrotechnicznych
- hydroizolacji przy naporze wody powodującym odrywanie powłoki uszczelniającej od podłoża.

**Szlamy SUPERFLEX D1 i SUPERFLEX D2** mogą być stosowane również jako:

- izolacje basenów, zbiorników retencyjnych, zbiorników p.poż;
- izolacje balkonów, tarasów, pomieszczeń wilgotnych i mokrych (rysunek 1);
- czasowe uszczelnienia i hydroizolacje wykonywane podczas budowy;

izolacyjnej (i związanego z tym momentu zasypywania wykopów) od warunków atmosferycznych, co jest szczególnie istotne przy wykonywaniu wtórnych hydroizolacji pionowych przy odcinkowym odkopywaniu fundamentów.

### Zalety mas bitumicznych:

- bezspoinowość, a w efekcie łatwość obrobienia detali, przejść rurowych, dylatacji itp.;
- możliwość układania na nieotynkowanych powierzchniach;

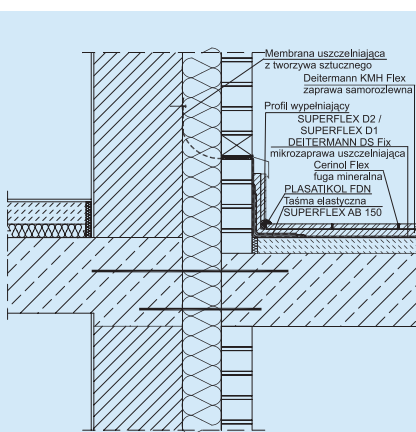


**W Bazylice w Licheniu wykonano hydroizolację międzywarstwową w technologii Deitermann**

- hydroizolacje dachów zielonych;
- pośrednie uszczelnienia pod jastrychami w konstrukcjach tarasów, balkonów, pomieszczeń wilgotnych i mokrych.

Masy bitumiczne są składnikiem systemowych rozwiązań konstrukcyjnych. Mogą być stosowane jako izolacja przeciwwilgociowa lub przeciwwodna, zarówno pierwotna, jak i wtórna. Parametry prawidłowo zastosowanych materiałów systemów hydroizolacji marki Deitermann umożliwiają przyjęcie oddziałujących na nie obciążeń (nie chodzi tylko o szczelność, ale i o zdolność mostkowania rys, mrozoodporność, przyczepność, odporność na agresywne media itp.). Równie ważne są właściwości pozostałych materiałów wchodzących w skład systemu. Pozwala to na wykonanie innych robót, niezbędnych z technologicznego punktu widzenia (np. w przypadku systemu hydroizolacji balkonów istotne są parametry elastycznej mikrozaprawy uszczelniającej, kleju do okładzin ceramicznych, zaprawy spoinującej i elastycznej masy do wypełniania dylatacji). Materiały stosowane w systemie cechują się tzw. przestrzenią dobrej współpracy, a więc są kompatybilne ze sobą oraz z podłożem, co przy prawidłowym ich zastosowaniu zapewnia długoletnie zabezpieczenie przed oddziaływaniem wody, wilgoci oraz czynników atmosferycznych.

*mgr inż. Maciej Rokiel*

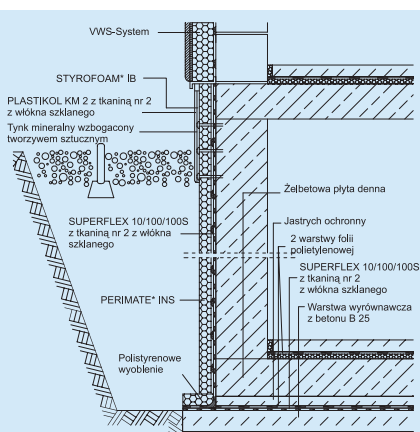


**Rys. 1. Przykład hydroizolacji balkonu**

- powłoki uszczelniająco-ochronne;
- uszczelnienia przecieków (w systemach z innymi materiałami).

Na tak szerokie zastosowanie pozwalają parametry mikrozaprawy **SUPERFLEX D2** cechuje się przyczepnością do podłoża betonowego powyżej 2,4 MPa, zdolnością do mostkowania rys powyżej 1,5 mm, odpornością na działanie ścieków bytowych, mrozoodpornością oraz szczelnością przy ciśnieniu powyżej 0,5 MPa.

Innymi właściwościami cechują się **grubowarstwowe bitumiczne modyfikowane polimerami masy uszczelniającej SUPERFLEX 10/100/100S, PLASTIKOL UDM 2**. Te dwuskładnikowe masy, wiążące na skutek reakcji chemicznej, są dużo mniej wrażliwe na wpływ warunków atmosferycznych. Pozwala to na znaczne uniezależnienie procesu wysychania powłoki hydro-



**Rys. 2. Przykład izolacji przeciwwodnej budynku podpiwniczonego**

- znaczna elastyczność po związaniu (zdolność mostkowania rys szerokości ok. 5 mm);
- znaczna elastyczność w ujemnej temperaturze (zdolność mostkowania rys szerokości 1,5 ÷ 2 mm);
- odporność na opady atmosferyczne (już po ok. 60 min od nałożenia);
- możliwość zasypywania wykopu po ok. 24 h od nałożenia masy;
- dobra przyczepność niepozwalająca na penetrację wilgoci pomiędzy masą uszczelniającą a podłożem;
- możliwość nakładania na lekko wilgotne podłoże.

**Bitumiczne masy uszczelniające SUPERFLEX 10/100/100 S i PLASTIKOL UDM 2 stosuje się jako:**

- hydroizolacje płyt dennych;
- hydroizolacje fundamentów (rysunek 2);

Saint-Gobain Construction Products Polska sp. z o.o.

Weber Deitermann – Biuro we Wrocławiu

tel. 071 372 85 75, infolinia: 0801 162 948

www.deitermann.pl, e-mail: info@deitermann.pl

**weber**

**DEITERMANN**

prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła\*  
dr inż. Zygmunt Matkowski\*

# Przyczyny i skutki nadmiernego zawilgocenia murów ceglanych na przykładzie obiektów zabytkowych

Większość murowanych z cegły ceramicznej budynków, wzniesionych do lat dwudziestych ubiegłego wieku, w wyniku braku odpowiednich izolacji przeciwwodnych i przeciwwilgociowych, wykazuje obecnie objawy nadmiernego zawilgocenia. Celem działań konserwatorskich, rewaloryzacyjnych i remontowych w tych obiektach jest utrzymanie budynku w odpowiednim stanie technicznym, a w przypadku obiektów mocno zniszczonych ich remont z uwzględnieniem walorów, jakie w przeszłości posiadały wraz z modernizacją przystosowującą do współczesnych wymagań.

Procesy korozyjne prowadzące do destrukcji elementów budowlanych rozpoczynają się i intensyfikują pod wpływem dużego zawilgocenia i zasolenia murów. Przed przystąpieniem do wykonania odpowiednich zabezpieczeń przeciwwilgociowych i przeciwwodnych w obiekcie należy wykonać specjalistyczne badania wilgotności oraz jej rozkładu, a także rodzaju i stężenia soli w murze. Wyniki tych badań są pomocne przy analizie przyczyn powstania uszkodzeń oraz powinny być podstawą do wyboru odpowiedniej metody zabezpieczenia przeciwwilgociowego oraz sposobu postępowania z nadmiernym zasoleniem. Natomiast po zaprojektowaniu i wykonaniu izolacji przeciwwilgociowych powinna być prowadzona ciągła kontrola wilgotności murów, w celu sprawdzenia skuteczności działania wykonanych zabezpieczeń oraz oceny szybkości wysychania murów.

## Przyczyny zawilgocenia murów

Główną przyczyną zawilgocenia ścian w obiektach jest brak izolacji przeciwwilgociowych. W przeszłości nie wykonywano w ogóle izolacji poziomych murów, a izolacje pionowe

tylko przez oblepienie zewnętrznych, pionowych powierzchni murów gliną. Typowe, w rozumieniu współczesnym, izolacje poziome murów zaczęto wykonywać na terenie Polski dopiero w latach dwudziestych XX w.

**W przypadku braku izolacji przeciwwilgociowych stopień zawilgocenia murów zależy od wielu czynników, m.in. od: ukształtowania terenu, usytuowania budynku, rodzaju i uwarstwienia gruntu w otoczeniu i pod obiektem, poziomu swobodnej wody gruntowej, poziomu posadowienia budynku, jak również od właściwości fizykochemicznych materiałów, z których wykonane są ściany. Podciąganie kapilarne wody w murach może sięgać kilku metrów ponad poziom terenu.**

W murach silnie zawilgoconych niebezpieczne może się okazać gwałtowne osuszenie, gdyż przy wysychaniu materiałów murowych następuje ich stopniowa dehydratacja, w wyniku tego zachodzi zjawisko skurczu poszczególnych składników muru, co z kolei wywołuje powstawanie naprężeń skurczowych i w rezultacie pęknięcie, rozwarstwianie, odpadanie i łuszczenie tynków, polichromii itp.

## Wpływ zawilgocenia na właściwości muru

**Wilgoć w obiektach budowlanych wpływa na:**

- właściwości fizyczne materiałów – zmniejszenie izolacyjności cieplnej i akustycznej;
- właściwości chemiczne materiałów – koncentracja soli, higroskopijność, gradienty chemiczne;
- właściwości mechaniczne materiałów – spadek wytrzymałości na ściskanie, spadek modułu sprężystości, nieznaczny wzrost wytrzymałości na rozciąganie, procesy skurczu i pęcznienia, przyspieszona korozja, obniżenie trwałości;

- warunki klimatyczne pomieszczeń – zmniejszenie komfortu cieplnego, pogorszenie warunków zdrowotnych, pogorszenie warunków składowania i magazynowania, nieprzyjemny zapach;

- warunki biologiczne (higieniczne) w pomieszczeniach – rozwój grzybów domowych i grzybów pleśniowych, rozwój mchów i porostów, pogorszenie warunków zdrowotnych;

- estetykę – uszkodzenia tynków i powłok malarskich, przebarwienia powłok malarskich, plamy wilgoci, wykwity soli.

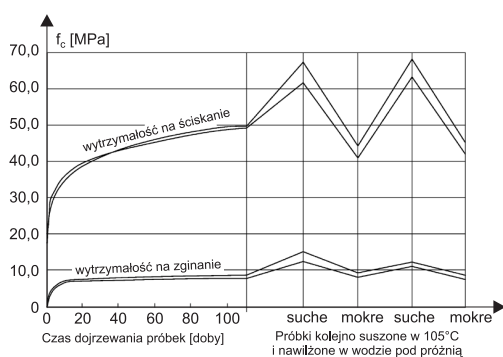
**Efektom nadmiernego zawilgocenia ścian, oprócz względów estetycznych, jest obniżenie wytrzymałości na ściskanie zarówno cegły, jak i zaprawy.** Szczególnie zaprawa wapienna, wykonana na spoiwie „powietrznym”, a nie hydraulicznym, pod wpływem dużego zawilgocenia traci swoje właściwości konstrukcyjne. Spadek wytrzymałości na ściskanie materiału spowodowany zawilgoceniem charakteryzuje współczynnik rozmiękania ( $r_m$ ), oznaczony jako stosunek wytrzymałości na ściskanie materiału w stanie nasycenia ( $f_{cn}$ ) do wytrzymałości w stanie suchym ( $f_{cs}$ ). Dla większości materiałów kapilarno-porowatych współczynnik ten wynosi 0,6 – 0,9. Na rysunku 1 przedstawiono wpływ zawilgocenia na wytrzymałość na ściskanie i zginanie zaprawy cementowej. Współczynnik rozmiękania wyznaczony z tego wykresu dla zaprawy cementowej wynosi ok. 0,64.

Na rysunku 2 pokazano przykładowe nomogramy do oceny wytrzymałości muru o różnej wilgotności ( $U_m$ ), przy różnych naprężeniach ściskających ( $\sigma$ ), za pomocą metod ultradźwiękowych.

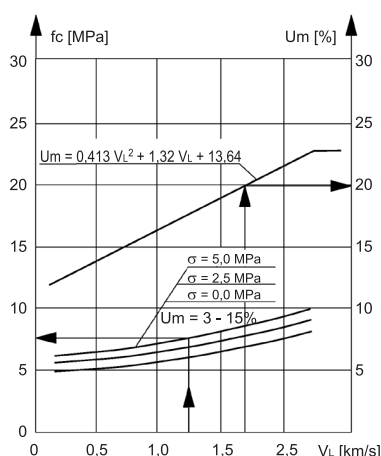
Zmiany zawilgocenia murów powodują też jego odkształcenia objętościowe. Wysychaniu materiałów wchodzących w skład muru towarzyszy skurcz, spowodowany najczęściej odparowaniem wody wbudowanej w ścianki po-

\* Politechnika Wroclawska





Rys. 1. Zależność wytrzymałości na ściskanie i zginanie zaprawy cementowej w stanie suchym i zawilgocionym [J. Płoński *Problemy wilgoci w przegrodach budowlanych*, Arkady, Warszawa 1968]



Rys. 2. Przykładowe nomogramy do oceny wytrzymałości muru o różnej wilgotności ( $U_m$ ) przy różnych naprężeniach ściskających ( $\sigma$ ) za pomocą metod ultradźwiękowych [L. Runkiewicz *Wzmacnianie, zabezpieczanie i monitorowanie istniejących obiektów w sąsiedztwie realizowanych plomb*, Materiały XXII Ogólnopolskiej Konferencji Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Bielsko-Biała, Szczyrk 2007]

rów i kapilar w postaci wody żelowej w układach koloidalnych. Skurcz powoduje powstanie naprężeń skutkujących pojawieniem się mikropęknięć, rys i szczelin. Obniża to w sposób istotny jakość materiału, gdyż następuje spadek wytrzymałości rzeczywistej w wyniku mikrokoncentracji naprężeń i zmniejszenia przekroju czynnego biorącego udział w przenoszeniu obciążeń. Dodatkowo powstałe mikropęknięcia i zarysowania ułatwiają wnikanie wilgoci w głębsze warstwy, co przyspiesza niszczące działanie mrozu. Powoduje to zmniejszenie trwałości muru.

Dodatkowe obniżenie trwałości murów występuje wówczas, gdy dużemu zawilgoceniu towarzyszy duże zasole-

nie. W obiektach murowanych poważny problem stanowią zazwyczaj sole, gromadzące się w murach w wyniku zachodzącego przez długi czas transportu kapilarnego wody wraz z zawartymi w niej roztworami solnymi. Szkodliwe oddziaływanie soli, głównie chlorków, azotanów i siarczanów, objawia się wykwitami, przebarwieniami oraz krystalizacją soli na powierzchni murów. Proces krystalizacji powoduje zwiększenie objętości soli i powstanie ciśnienia krystalizacyjnego (tabela). W murze powstają naprężenia rozciągające powodujące jego destrukcję wskutek wytworzenia ciśnienia krystalizacji, hydrostatycznego ciśnienia krystalizacji, ciśnienia hydratacji oraz ciśnienia osmotycznego.

Nadmierne zawilgocenie materiałów budowlanych ujemnie wpływa także na ich właściwości cieplne. Szczególnie istotne jest to w zewnętrznych przegrodach budowlanych. Wilgotność w istotny sposób wpływa na wielkość współczynnika przewodności cieplnej materiału. Współczynnik przewodności cieplnej suchego powietrza w porach rośnie ze wzrostem średnicy porów i wynosi przykładowo w temperaturze 0 °C – 0,025 W/mK przy średnicy 0,1 mm i 0,031 W/mK przy średnicy 2 mm. W przypadku zawilgocenia materiałów kapilarno-porowatych część przestrzeni porów zostaje wypełniona wodą, której współczynnik  $\lambda$  wynosi 0,58 W/mK, a zatem jest ok. dwudziestokrotnie wyższy od współczynnika przewodności cieplnej powietrza. Na rysunku 3 pokazano wpływ zawilgocenia na współczynnik przewodności cieplnej  $\lambda$  niektórych materiałów.

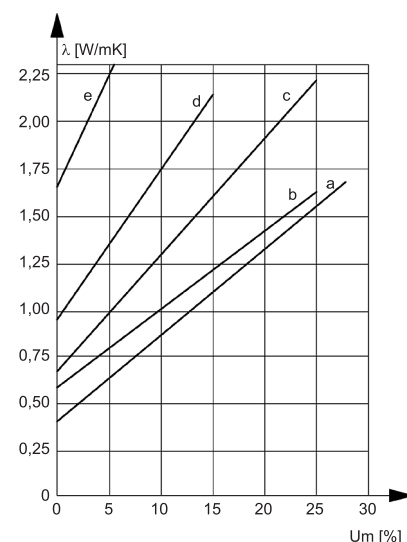
### Ocena skuteczności przeciwwilgociowych izolacji wtórnych

Ciśnienie krystalizacyjne [MPa] dla niektórych soli [F. Frossel *Osuszanie murów i renowacja piwnic*, Polcen, Warszawa 2007; M. Rokił *Poradnik. Hydroizolacje w budownictwie*, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa 2006; S. Skibiński *Sole rozpuszczalne w wodzie*, Renowacje 10/2000]

Sól	Objętość molowa [cm <sup>3</sup> /mol]	Ciśnienie krystalizacyjne [atm] dla			
		C/C <sub>s</sub> = 2		C/C <sub>s</sub> = 10	
Anhydryt: CaSO <sub>4</sub>	46,00	33,5	39,8	112,0	132,5
Gips: CaSO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O	54,00	28,2	33,5	93,8	111,0
Halit: NaCl	27,85	55,4	65,4	184,5	219,0
Tenardyt: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	53	29,2	34,5	97,0	115,0
Mirabilit: NaSO <sub>4</sub> x 10H <sub>2</sub> O	220	72,0	83,0	23,4	22,7
Epsomit: MgSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	147	10,5	12,5	35,0	42,5

w obiektach zabytkowych. Główne uszkodzenia ścian piwnic i parteru w trzech zabytkowych obiektach, a mianowicie Wrocławskim Ratuszu, Piwnicy Świdnickiej, Gmachu Głównym Uniwersytetu Wrocławskiego i Gmachu Głównym Zakładu Narodowego im. Ossolińskich, związane były z nadmiernym zawilgoceniem i zasoleniem murów (fotografie 1, 2, 3). Uszkodzenia te występowały w postaci:

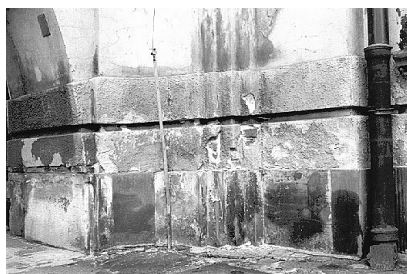
- ciemnych plam na powierzchniach wewnętrznej i zewnętrznej murów;
- odpadania i korozji tynków wewnętrznych i zewnętrznych;
- krystalizacji soli na powierzchniach wewnętrznych i zewnętrznych murów;
- łuszczenia i odpadania powłok malarskich;



Rys. 3. Wpływ zawilgocenia na przewodność cieplną wybranych materiałów budowlanych: a – zaczyn cementowy; b – cegła ceramiczna o gęstości 1694 kg/m<sup>3</sup>; c – cegła ceramiczna o gęstości 1807 kg/m<sup>3</sup>; d – wapień o gęstości 1942 kg/m<sup>3</sup>; e – cegła klinkierowa [K. Płoński: *Problemy wilgoci w przegrodach budowlanych*, Arkady, Warszawa 1968]

- grzybów pleśniowych na wewnętrznych powierzchniach ścian;
- mchów na zewnętrznych powierzchniach ścian;
- nadmiernej korozji elementów metalowych.

Główną przyczyną bardzo wysokiego zawilgocenia i zasolenia ścian piwnicznych analizowanych obiektów był brak tradycyjnych izolacji pionowych i poziomych. **Projektując zabezpieczenia przeciwwilgociowe** w rozpatrywanych przypadkach, **zdecydowano się na wykonanie blokady poziomej metodą iniekcji ciśnieniowej**. W tym momencie powstał problem wyboru środka iniekcyjnego. W przypadku Piwnicy Świdnickiej i Gmachu Ossolineum zdecydowano się na mikroemulsje silikonowe, a w przypadku Gmachu Głównego Uniwersytetu Wrocławskiego na środek krzemianujący i hydrofobizujący. Środek ten można było wprowadzać w mur, gdy pory i kapilary wypełnione były w 50% wodą (co odpowiada wilgotności masowej 12 – 13%). W związku z tym, że w wielu miejscach wilgotność masowa murów budynku uniwersytetu była większa niż 12%, zdecydowano się na wcześniejsze osuszanie murów metodą mikrofalową i dopiero, kiedy mur został wysuszony do wilgotności 10 – 12%, przeprowadzano iniekcję ciśnieniową. Sposób zabezpieczenia ścian zewnętrznych stykających się z gruntem pokazano na rysunku 4,



Fot. 1. Gmach Główny Uniwersytetu Wrocławskiego. Widok destrukcji murów, spowodowanej nadmiernym zawilgoceniem i zasoleniem po prawej stronie Przejścia Cesarskiego



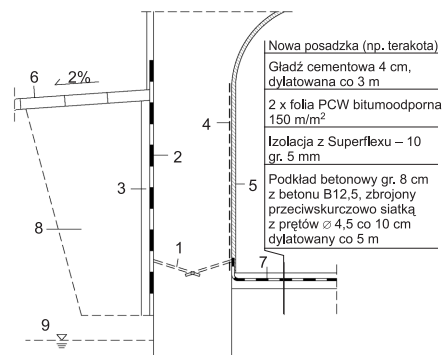
Fot. 2. Gmach Główny Zakładu Narodowego im. Ossolińskich we Wrocławiu. Fragment elewacji zachodniej przed remontem



Fot. 3. Piwnica Świdnicka. Widok wysolenia na powierzchni zewnętrznej ściany południowej Ratusza

a ścian zewnętrznych, których nie można odkopać od zewnątrz, na rysunku 5. Są to rysunki poglądowe przedstawiające ideę wykonywania zabezpieczeń. W wielu miejscach po wykonaniu wykopu okazywało się, że występują różne dodatkowe elementy, które wcześniej nie były zinwentaryzowane, przeszkadzające w wykonaniu zabezpieczenia. W takich wypadkach rozwiązania projektowe modyfikowano w ramach nadzoru autorskiego.

**Badania wilgotności masowej murów ( $U_m$ )** przeprowadzono, stosując tradycyjną metodę suszarkowo-wagową



Rys. 4. Schemat zabezpieczenia przeciwwilgociowego ścian zewnętrznych, które można było odkopać od zewnątrz: 1 – przepona pozioma; 2 – pionowa izolacja zewnętrzna; 3 – osłona izolacji powłokowej z płyt Perimate gr. min. 3 cm; 4 – obróbka soli; 5 – tynk renowacyjny; 6 – kostka granitowa i płyty chodnikowe w spadku 2%; 7 – izolacja podposadzkowa typu średniego; 8 – wykop wypełniony zasypką filtracyjną; 9 – poziom wód gruntowych

oraz metodę nieniszczącą bazującą na pomiarach właściwości dielektrycznych materiału. Metoda suszarkowo-wagowa posłużyła do wyznaczenia rozkładu wilgotności na grubości ścian i skalowania mierników dielektrycznych.

Badania metodami nieniszczącymi wykonano następującymi miernikami: Uni 1 Hydromette z aktywną sondą B50 firmy Gann; który pozwala określać stopień zawilgocenia przegród budowlanych do głębokości ok. 10 cm od powierzchni oraz polskim miernikiem MTA-10 pozwalającym na określenie zawilgocenia na głębokości 0 – 4 cm od powierzchni ściany.

Pomiary wilgotności przy powierzchni murów przeprowadzono na wysokości 20, 50, 100, 150 i 200 cm od poziomu posadzki piwnic (od strony wewnętrznej) lub terenu (od strony zewnętrznej). Badano też rozkład wilgot-



**...wodzie** **HYDROSTOP**

### DORADZAMY I WYKONUJEMY HYDROIZOLACJE

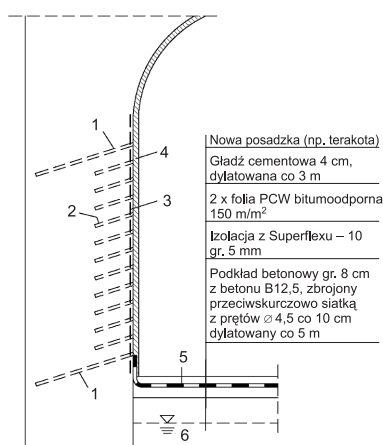
- Kompleksowe projektowanie hydroizolacji
- Uszczelnianie spodu płyt fundamentowych
- Hydroizolacja garaży podziemnych, kompleksów handlowych i mieszkaniowych
- Uszczelniania oczyszczalni ścieków i zbiorników na wodę
- Odtwarzanie izolacji poziomej i pionowej murów
- Hydroizolacyjne materiały penetrujące/kryształizujące:
  - powłokowe mineralne, • zaprawy wodoszczelne,
  - powłokowe elastyczne, • iniekcyjne, • izolacje bezpowłokowe, • zaprawy do napraw budowli.

[www.hydrostop.pl](http://www.hydrostop.pl)

**HYDROSTOP**

Zapraszamy:  
tel. 022-8110895; tel./fax 022-6142666, wykonawstwo tel. 0509-613943





**Rys. 5.** Schemat zabezpieczenia przeciwwilgociowego ścian zewnętrznych, których nie można było odkopać od zewnątrz: 1 – przepona pozioma; 2 – pionowa izolacja wykonana od wewnątrz; 3 – obróbka soli; 4 – tynk renowacyjny; 5 – izolacja podposadzkowa typu średniego; 6 – poziom wód gruntowych

ności masowej (metodą suszarkowo-wagową) na grubości murów. Pomiar wykonywano w kilku terminach:

- w przypadku Piwnicy Świdnickiej w 1997 r. przed wykonaniem zabezpieczeń przeciwwilgociowych, które wykonano w latach 1997 – 2000 oraz ok. 9 lat po wykonaniu zabezpieczeń, czyli latem 2006 r.;

- w przypadku Gmachu Głównego Uniwersytetu Wrocławskiego w 1997 r., przed wykonaniem zabezpieczeń przeciwwilgociowych, które wykonywano w latach 1999 – 2002 oraz 2 – 5 lat po wykonaniu zabezpieczeń, czyli na wiosnę 2004 r.;

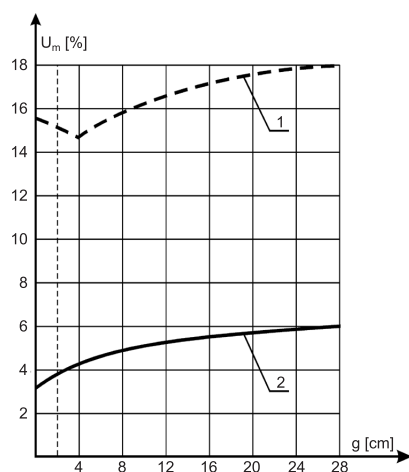
- w przypadku Gmachu Głównego Zakładu im. Ossolińskich we Wrocławiu w 1999 r., przed wykonaniem zabezpieczeń przeciwwilgociowych, które wykonywano od 2000 do 2001 r. oraz 3 – 4 lata po wykonaniu zabezpieczeń.

Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rysunkach 6 – 8.

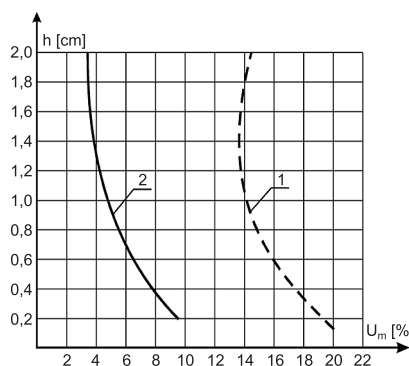
W literaturze polskiej przyjmuje się następujący podział ze względu na zawilgoconie murów:

- $U_m = 0 - 3\%$  – ściany o dopuszczalnej wilgotności;
- $U_m = 3 - 5\%$  – ściany o podwyższonej wilgotności,
- $U_m = 5 - 8\%$  – ściany średnio zawilgocone,
- $U_m = 8 - 12\%$  – ściany mocno zawilgocone,
- $U_m > 12\%$  – ściany mokre.

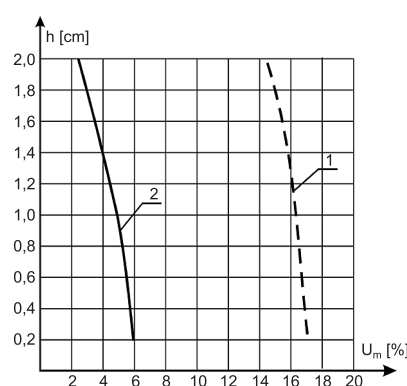
Przed wykonaniem zabezpieczeń przeciwwilgociowych, mury we wszystkich budynkach były: w ścianach piwnicznych mokre i mocno zawilgocone, a w ścianach parteru średnio i mocno zawilgocone. Po kilku latach od wykonania zabezpieczeń przeciwwilgociowych wilgotność murów piwnicznych wynosiła 3 – 6%, a murów parteru 1,5 – 3%. Można więc przyjąć, że wykonane zabezpieczenia przeciwwilgociowe w tych obiektach spełniły swoje zadanie i są skuteczne.



**Rys. 6.** Przykładowy rozkład wilgotności masowej  $U_m$  na grubości ściany wewnętrznej w piwnicy Gmachu Głównego Uniwersytetu Wrocławskiego: 1 – w październiku 1997 r.; 2 – w kwietniu 2004 r. [Praca zbiorowa pod redakcją J. Ważnego i J. Karysia *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, Arkady, Warszawa, 2001]



**Rys. 7.** Przykładowy rozkład wilgotności masowej  $U_m$  na wysokości ścian zewnętrznych  $h$  w piwnicy Gmachu Głównego Uniwersytetu Wrocławskiego: 1 – w październiku 1997 r.; 2 – w kwietniu 2004 r. [Praca zbiorowa pod redakcją J. Ważnego i J. Karysia *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, Arkady, Warszawa, 2001]



**Rys. 8.** Przykładowy rozkład wilgotności masowej  $U_m$  ( $W_m$ ) na wysokości ścian zewnętrznych  $h$  w piwnicy Gmachu Głównego Ossolineum: 1 – w skrzydle zachodnim w październiku 1997 r.; 2 – w skrzydle wschodnim w kwietniu 2004 r. [Praca zbiorowa pod redakcją J. Ważnego i J. Karysia *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, Arkady, Warszawa, 2001]

## Podsumowanie

Wykonanie skutecznego zabezpieczenia przeciwwilgociowego i przeciwwodnego w obiektach istniejących, w których nie ma odpowiednich izolacji lub istniejące izolacje są nieskuteczne, należy do najtrudniejszych i najbardziej kosztownych robót remontowych. Dotyczy to przede wszystkim wykonania izolacji poziomych w murach z cegły, kamienia, a zwłaszcza w murach mieszanych ze szczelinami i pustkami wypełnionymi różnego rodzaju zasypkami. Wykonanie skutecznej izolacji pionowej, w przypadku braku możliwości odkopania zewnętrznej powierzchni ściany, jest równie trudne, gdyż wykonanie szczelnej powłoki tylko od strony wewnętrznej jest w wielu przypadkach niewystarczające, a nawet niepożądane.

Przeprowadzone badania wilgotności masowej murów przed i kilka lat po wykonaniu zabezpieczeń przeciwwilgociowych w trzech ważnych obiektach zabytkowych we Wrocławiu wykazały, że wilgotność masowa murów ceglanych zmniejszyła się o kilka, a nawet kilkanaście procent, co świadczy o skuteczności wykonanych zabezpieczeń. Obecnie wilgotność badanych murów wynosi 1,5 – 6% i ściany w dalszym ciągu wysychają.

Wszystkie fotografie – Autorzy

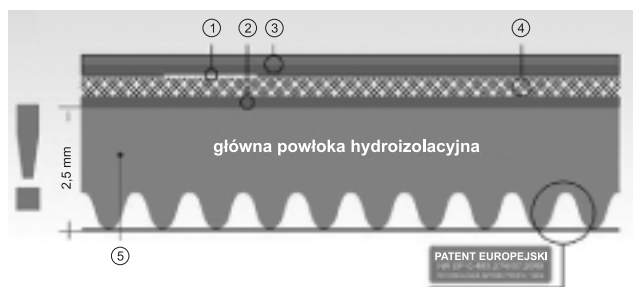
# Systemowe zabezpieczenie fundamentów

**W** 2008 r. firma Icopal S.A. ze Zduńskiej Woli wprowadziła na rynek **Bezpieczny Fundament Icopal® (BFI 2009)** – kompletny specjalistyczny system zabezpieczenia części podziemnych budynków mieszkalnych, a w 2009 r. zmodyfikowano go – dodano nowe wysokospecjalistyczne, istotne dla użytkownika systemu produkty.

W **Systemie Bezpieczny Fundament Icopal® 2009** uwzględniono zmienne warunki gruntowe (grunty przepuszczalne, częściowo przepuszczalne oraz nieprzepuszczalne), zmienne warunki wodne (różne poziomy wód gruntowych) oraz różną konstrukcję ścian budynku (ściany jednowarstwowe, dwu- i trójwarstwowe). W efekcie powstały 64 różne rozwiązania systemowe. Kontaktując się ze stroną [www.fundament.icopal.pl](http://www.fundament.icopal.pl) można samodzielnie wybrać 1 z 64 różnych rozwiązań hydroizolacyjnego zabezpieczenia fundamentów domu dla terenów zagrożonych promieniowaniem radonowym i dla terenów wolnych od zagrożenia. Warto podkreślić, że zostały tak zaprojektowane, aby ich żywotność techniczna dorównywała żywotności technicznej budynku.

W **Systemie Bezpieczny Fundament Icopal® 2009** zwrócono uwagę na ochronę mieszkańców domu przed promieniowaniem radonowym. Ten śmiertelny promieniotwórczy gaz zabija więcej ludzi niż tytoniowy dym. Niestety, w Polsce ten problem jest mało znany i nie ma wymagań dotyczących barier ochronnych, natomiast m.in. w Czechach, Niemczech, Rosji czy USA istnieją rygorystyczne uregulowania nakazujące stosowanie tego rodzaju barier na zagrożonych terenach.

Taką barierę na terenach zagrożonych promieniowaniem radonowym można uzyskać dzięki użyciu nowego produktu Icopala – **Fundamentu Antyradon Szybki Profil SBS**. Jest to specjalistyczna papa do hydroizolacji części podziemnych obiektów budowlanych produkowana zgodnie z PN-EN 13969:2006 (rysunek). Unikatowość zawdzięcza specjalnej budowie – wielokrotnie kalandrowanej i hartowanej włókninie poliestrowej wzbogaconej o warstwę aluminium stanowiącą barierę antyradonową. Gruba warstwa asfaltu modyfikowanego od spodu papy perfekcyjnie zabezpiecza



**Budowa papy antyradonowej do zabezpieczania fundamentów:**  
 1 – mikroprocesor – inteligentna pamięć elektroniczna wykonana na specjalne zlecenie ICOPAL; 2 – specjalny kompozyt aluminiowy – stanowiący zasadniczą barierę antyradonową; 3 – specjalna folia PP: od spodu napawana kompozytem aluminiowym stanowiącym drugą linię obrony antyradonowej; z wierzchu powlekana powłoką UV; 4 – włóknina poliestrowa nowej generacji opracowana i wyprodukowana na indywidualne zamówienie ICOPAL; 5 – pogrubiona warstwa długowiecznej powłoki asfaltowo-żywicznej i kauczuku SBS wg formuły chemicznej specjalnie opracowanej przez Departament Badań i Rozwoju Koncernu ICOPAL

elementy podziemne budynku przed wilgocią z gruntu. Wierzch papy pokryty jest folią polipropylenową z napyłoną warstwą aluminium, która stanowi drugą barierę antyradonową. Papa ta w znacznym stopniu jest odporna na przebicia i uszkodzenia mechaniczne (bez obawy o uszkodzenie warstwy hydroizolacyjnej można po niej chodzić, magazynować materiały budowlane, jeździć taczkami). Na papę Fundament Antyradon Szybki Profil SBS do izolacji części podziemnych obiektu można uzyskać gwarancję na 99 lat po zalogowaniu się na stronie [www.gwarancje.icopal.pl](http://www.gwarancje.icopal.pl)

Nowymi produktami w **Systemie BFI 2009** są też:



- **Siplast Klej Szybki Styk SBS** – klej kauczukowy z dodatkiem bitumu SBS przeznaczony do klejenia na zimno płyt polistyrenu EPS, XPS, płyt termoizolacyjnych PIR oraz materiałów bitumicznych do podłoża bitumicznych, betonowych, metalowych. Klej stosowany jest do prac w obrębie części podziemnych budynków i na dachach.



- **Grzybolzol Mur** – preparat do ochrony fundamentów i części nadziemnych budynków przed grzybami pleśniowymi. Można go stosować do zwalczania już istniejących kolonii grzybów pleśniowych oraz profilaktycznie zabezpieczać pomieszczenia przed ich wzrostem. Środek jest bezbarwny i bezwonny i nie wywiera negatywnego wpływu na środowisko. Można go stosować także wewnątrz pomieszczeń.



- **Siplast Fundament Szybka Izolacja SBS** – masa powłokowa w wysokim stopniu modyfikowana SBS, służąca do wykonywania powłokowych zabezpieczeń hydroizolacyjnych podziemnych części budynku w przypadku niskiego poziomu wód gruntowych niewywołujących parcia hydrostatycznego na elementy podziemne budynku. Specyficzny skład masy powoduje, że ma konsystencję gęstej śmietany i pozostaje elastyczna w okresie eksploatacji, pokrywając drobne spękania i szczeliny.

Bardzo ważnym elementem **Systemu BFI 2009** jest **Icodren 10 Szybki Drenaż SBS**, mata drenażowa składająca się z przestrzennej struktury wykonanej ze splecionych włókien poliamidowych oklejonych obustronnie włókniną poliestrową. Jest odporna na zaginanie i wytrzymuje parcie gruntu do głębokości 10 m. Filtruje wodę gruntową całą swoją powierzchnią, skutecznie odprowadzając ją przez przestrzenne struktury poliamidowe do sączków drenażowych. W skład Systemu wchodzi również: wysokomodyfikowana kauczukowo-bitumiczna taśma uszczelniająca **Siplast Kit Szybka Izolacja SBS**, preparat gruntujący **Siplast Primer Szybki Grunt SBS**, płyta termoizolacyjna **TERMOPIR** oraz papa do izolacji części podziemnych budynków niezagrażonych promieniowaniem radonowym **Fundament Szybki Profil SBS**.

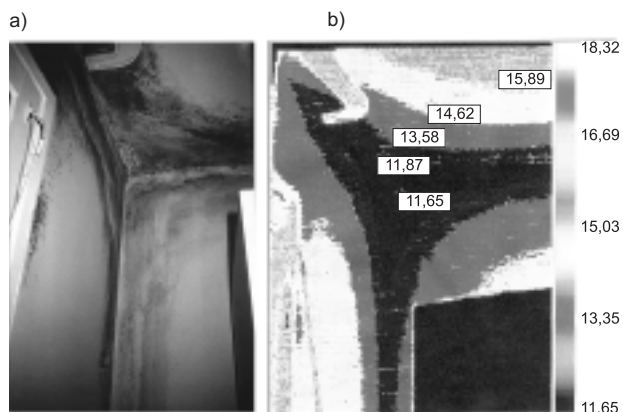
*mgr inż. Grzegorz Gładkiewicz*  
Icopal S.A.

dr hab. inż. Robert Wójcik, prof. UWM\*

# Ochrona przegród przed zawilgoceniem kondensacyjnym – docieplanie budynków od wewnątrz metodą „IN”. Część I

W budynkach zabytkowych, szczególnie w starych halach fabrycznych adaptowanych na pomieszczenia mieszkalne (popularne ostatnio lofty) pojawiają się problemy natury ciepło-wilgotnościowej. Dotyczą one przegród zewnętrznych, które charakteryzują się najczęściej małym oporem cieplnym oraz licznymi mostkami termicznymi i w efekcie nie spełniają wymagań odpowiadających nowemu przeznaczeniu. Zimą dochodzi do wychładzania wewnętrznych powierzchni obudowy, co skutkuje kondensacją pary wodnej i rozwojem pleśni (fotografia). Ze względu na ochronę konserwatorską i konieczność zachowania oryginalnych elewacji, ochrona ciepło-wilgotnościowa staje się poważnym wyzwaniem. Sytuowanie warstw termoizolacyjnych po zimnej stronie przegrody jest niemożliwe, więc budynki zabytkowe można w zasadzie modernizować jedynie od wewnątrz. Oczywiście poza wyjątkami, w których i taka ewentualność nie może być brana pod uwagę. W przypadku braku znajomości występujących zagrożeń, wielokrotnie dochodzi do pogorszenia stanu wilgotnościowego „zabezpieczanych” pomieszczeń w stosunku do stanu pierwotnego.

Podwyższanie oporu cieplnego przegród przez zastosowanie warstw materiałów izolacyjnych montowanych na wewnętrznej (cieplej) powierzchni przegród zewnętrznych zwiększa ryzyko wystąpienia zawilgacania kondensacyjnego. Dotyczy to szczególnie stref obwodowych docieplanych fragmentów. Czasami kondensacja występuje również na powierzchniach styku istniejącej i nowej warstwy termoizolacyjnej. Negatywne doświadczenia ukształtowały wśród praktyków pogląd, że „nie można skutecznie docieplać budynku od wewnątrz”.



Wadliwe docieplenie naroża (a) i termogram (b)

\* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Na podstawie prowadzonych od lat dziewięćdziesiątych XX w. badań własnych ok. 700 zróżnicowanych przypadków indywidualnych dociepleń mieszkań od wewnątrz (w tym głównie wznoszonych w systemach uprzemysłowionych) oraz wieloletniej obserwacji budynków zabytkowych, w których **wdrożono metodę „IN”**, można stwierdzić, że **możliwe jest wykonanie tego typu docieplania, pozbawionego problemów wilgotnościowych, co sprawdzilo się w praktyce**. Rozwiązania takie wykorzystują najnowsze materiały izolacyjne oraz specjalistyczne systemy dogrzewania neralgicznych stref, a docieplenie jest poprzedzone wnikliwą diagnozą i kompleksowym przygotowaniem przegród do nowej – zmienionej funkcji. Nie jest to więc zadanie łatwe, jednak taki kierunek działań wymuszają względy ekonomiczne i potrzeba zapewnienia komfortu cieplnego.

Bez większych obaw docieplać od wewnątrz można przegrody charakteryzujące się dobrą izolacyjnością termiczną. Dodanie dodatkowej warstwy zmniejsza, co prawda, strumień przepływającego ciepła i wychładza strefy mostków termicznych, jednak na wewnętrznej powierzchni przegród zewnętrznych nadal istnieje wystarczający zapas temperatury. Pomimo wykonania dodatkowej warstwy termoizolacyjnej, nawet o znikomym oporze dyfuzyjnym na przenikanie pary wodnej (np. wełna mineralna osłonięta boazerią), temperatura powierzchni wewnętrznych przegrody nadal utrzymuje wartości wyższe od punktu rosy. Tego typu przypadki należą jednak do rzadkości, sporadycznie dociepla się bowiem przegrody o wysokim oporze cieplnym. Najczęściej działania takie są związane z wystrojem wnętrz.

Stosowane jest również **docieplanie ścian od wewnątrz za pomocą lekkich płyt wapienno-krzemowych**. Materiał, z którego są wykonane płyty, bardzo dobrze przewodzi wodę i parę wodną. Lokalnie powstający kondensat jest szybko rozprowadzany na dużą powierzchnię, poza strefy początkowej kondensacji i może dyfundować w kierunku zewnętrznym, a także odparowywać ponownie do wnętrza pomieszczenia. Podobne właściwości, chociaż w mniejszym zakresie, wykazują również tynki wapienne, wapienno-cementowe oraz niektóre odmiany tynków konserwatorskich, na których znacznie rzadziej dochodzi do rozwoju pleśni niż np. na tynkach cementowych. Zarówno w przypadku płyt, jak i tynków zawierających znaczną ilość wapna, ochronną funkcję pełni zasadowy odczyn środowiska, który charakteryzuje się wysokim pH (w przypadku płyt klimatycznych pH > 10). Płyty wapienno-krzemowe i najnowszej generacji tynki specjalistyczne nie sprostają jednak wymaganiom współczesnej termomodernizacji, która zakłada poprawę

współczynnika przenikania ciepła przegród do „energooszczędnego” poziomu  $U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Wymagania takie spełniają jedynie izolacje charakteryzujące się bardzo niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Nie bez znaczenia pozostaje również problem powierzchni zajmowanej przez dodatkową warstwę, która powinna być jak najmniejsza.

Rozpowszechnionym, ale **wadliwym rozwiązaniem „docieplania” ścian od wewnątrz**, któremu towarzyszy intensywne zawilgacanie przegród, jest **osłanianie przemarzających ścian ekranami**. Kondensacja pary wodnej nasila się, gdy w ekranach są wykonywane otwory wentylujące zamkniętą przestrzeń w celu, jak to tłumaczą pomysłodawcy, „suszenia” powstającego kondensatu. Oczywiście wykonanie otworów wentylacyjnych przynosi odwrotny efekt. Im więcej ciepłego powietrza napływa pod ekran, tym więcej powstaje kondensatu. Wprowadzanie w wychodzącą strefę ciepłego powietrza na drodze konwekcji naturalnej skutkuje intensywnym zawilgacaniem nie tylko dodatkowej warstwy, lecz również warstw sąsiednich. Znane są przypadki, kiedy zawilgocenie pod ekranem z płyt gipsowo-kartonowych było tak intensywne, że dochodziło do rozwoju pleśni i grzybów powodujących deformację, a w efekcie odspojenia ustroju „docieplającego” od rusztu.

Przy braku możliwości stosowania zasady polegającej na lokowaniu warstw termoizolacyjnych po zimnej (zewnątrz) stronie przegrody, mnożą się trudności i kłopoty, które wymagają rozpoznania. W artykule omówię rozwiązanie, które skutecznie zabezpiecza przegrodę przed zawilgacaniem kondensacyjnym oraz redukuje starty ciepła na dowolnym poziomie wymagań na przykładzie płyty z poliuretanu PUR lub z poliizocyanuratu PIR, których współczynnik przenikania ciepła wynosi  $\lambda \leq 0,0237 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Dodatkową zaletą jest bardzo wysoki opór na przenikanie pary wodnej, co ułatwia wykonanie perfekcyjnie szczelnej paroizolacji.

**Zjawiska fizyczne** zachodzące w przegrodach warstwowych analizuje się wg następujących kryteriów oceny:

- całkowitej izolacyjności termicznej;
- mostków termicznych i kondensacji powierzchniowej;
- rozszerzalności termicznej;
- głębokości przemarzania;
- pojemności cieplnej;
- dyfuzji pary wodnej;
- stateczności cieplnej.

O przydatności metody do docieplania decyduje pozytywna ocena przeprowadzona wg wszystkich wymienionych kryteriów. Odstępstwa dyskwalifikują lub osłabiają znaczenie termoizolacyjne badanego rozwiązania. W artykule omówię autorskie rozwiązanie technologiczne w aspekcie dwóch pierwszych kryteriów, a w kolejnym w aspekcie pozostałych.

**Jakość cieplną przegród poddawanych termomodernizacji** oceniono na podstawie procedur określonych w normach: PN-EN ISO 6946 oraz PN-EN ISO 10211. Do obliczeń przepływu ciepła zastosowano moduł przepływu ciepła programu numerycznego MES – „ALGOR”, który analizuje: przenikanie, konwekcję, strumień cieplny, źródło ciepła, promieniowanie i kontakt termiczny w ustalonym i niustalonym polu ze źródłami ciepła. Do analizy zjawisk ciepło-wilgotnościowych wybrano ściany zewnętrzne murowane z cegły ceramicznej pełnej licowane cegłą klinkierową drażoną.

W obiektach występowały różnorodne rodzaje mostków cieplnych. Przykładowe rodzaje ścian z obliczonym współczynnikiem przenikania ciepła przedstawiono w tabeli. Przyjęto, że właściwości termiczne ścian będą ujednoczone przez ich docieplenie do uzyskania współczynnika przenikania ciepła  $U \leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

W celu uzyskania wymaganego oporu cieplnego wyliczono niezbędną grubość dodatkowego materiału izolacyjnego. Przyjęto różne rozwiązania tradycyjne, np. docieplenie od wewnątrz płytami z wełny mineralnej grubości 12 cm, o współczynniku przewodzenia  $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  lub styropianem. Wykonanie dodatkowej warstwy rozwiązuje problem całkowitego oporu cieplnego. Po dociepleniu wszystkie przegrody wg tabeli będą spełniały założenia co do całkowitej izolacyjności termicznej. Co jednak dzieje się w obszarze mostków termicznych? Jak poważne jest zagrożenie zawilgoceniem tych stref?

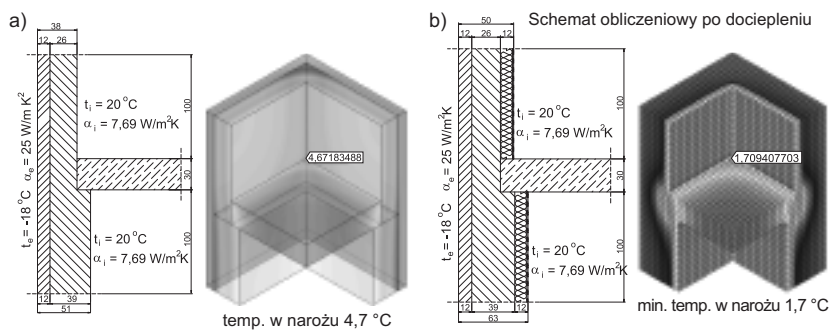
#### Przykładowe rodzaje ścian i odpowiadające im współczynniki przenikania ciepła

Grubość przegrody [m]	Opis warstw	Współczynnik przenikania ciepła ściany istniejącej [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]	Wymagane zwiększenie oporu cieplnego $\Delta R$ [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ]
0,77	na zewnątrz cegła klinkierowa drażona gr. 12 cm, a od wewnątrz cegła ceramiczna pełna gr. 64 cm	0,852	2,159
0,64	na zewnątrz cegła klinkierowa drażona gr. 12 cm, a od wewnątrz cegła ceramiczna pełna gr. 51 cm	0,995	2,328
0,51	na zewnątrz cegła klinkierowa drażona gr. 12 cm, a od wewnątrz cegła ceramiczna pełna gr. 38 cm	1,195	2,496
0,38	na zewnątrz cegła klinkierowa drażona gr. 12 cm, a od wewnątrz cegła ceramiczna pełna gr. 25 cm	1,498	2,665

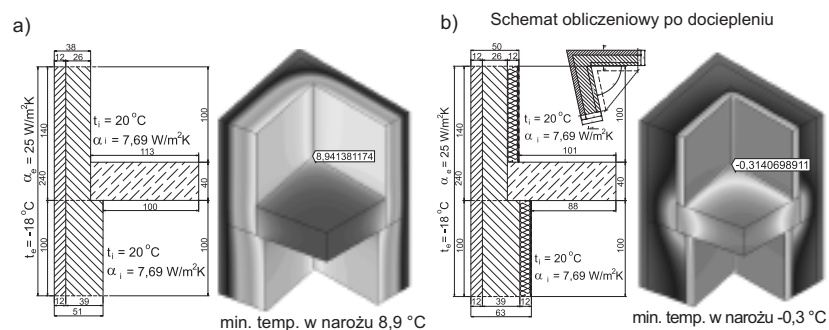
**Wpływ mostków termicznych** na możliwość wystąpienia krytycznej wilgotności powierzchni analizowano przy przepływie ciepła w trzech wymiarach. Niejednokrotnie obliczenia prowadzone w polu jednowymiarowym, a nawet dwuwymiarowym nie wykazują występujących zagrożeń. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wybrane przykłady rozkładu przepływu strumienia ciepła w postaci diagramów oraz ich parametry obliczeniowe. Wskazują one, że tradycyjne docieplenie od wewnątrz znacznie zwiększa ryzyko wystąpienia kondensacji pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach przegród zewnętrznych. Bardzo interesujący jest przypadek naroża ostrokątnego (rysunek 2) w jednym z budynków poddawanych termorenowacji, w którym temperatura po dociepleniu obniża się z  $+8,9 \text{ }^\circ\text{C}$  do  $-0,3 \text{ }^\circ\text{C}$  przy  $t_e = -18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Oczywiście stan taki jest niedopuszczalny. Możliwe są dwa sposoby przeciwdziałania:

- rozszerzenie docieplenia dwustronnego na część lub całą przegrodę wewnętrzną (strop);
- wykonanie docieplenia i dogrzewanie wychłodzonych stref.

W analizowanych przypadkach można zastosować jedynie aktywne przeciwdziałanie kondensacji pary wodnej tzw. metodą „IN”.



**Rys. 1.** Połączenie ścian zewnętrznych grubości 51 i 38 cm ze stropem w narożu: a – stan istniejący; b – stan po dociepleniu od wewnątrz



**Rys. 2.** Połączenie ścian zewnętrznych pod kątem 78°, grubości 64, 51 i 38 cm ze stropem w narożu: a – stan istniejący; b – stan po dociepleniu od wewnątrz

**Docieplenie metodą „IN”** wg zgłoszenia patentowego P383346, zostało z powodzeniem wdrożone przez autora w kilku zabytkowych obiektach na terenie północnej Polski. Pierwszym obiektem, w którym zastosowano nowe rozwiązanie, była **część bankowa zabytkowego ratusza w Mrągowie**. W celu wyeliminowania ryzyka rozwoju pleśni na wewnętrznych powierzchniach ścian zewnętrznych zastosowano m.in. specjalną instalację przeciwkondensacyjną (*instalację p.k.*), działającą na zasadzie elektrycznego dogrzewania niewralgicznych miejsc oraz szczelną paroizolację na całej powierzchni docieplenia. Na rysunku 3 przedstawiono rozkład temperatur w przekroju poprzecznym przegrody po zastosowaniu instalacji przeciwkondensacyjnej. Analizy numerycznej temperatur dokonano w układzie trójwymiarowym, jednak występujący efekt ciepły lepiej ilustruje diagram 2D. **System przeciwkondensacyjny (p.k.)**, zabezpiecza nadmiernie wychładzające się miejsca w docieplonym od wewnątrz budynku przed kondensacją pary wodnej. Jest to również doskonały system uzupełnienia istniejącego systemu ogrzewania, który wyrównuje temperatury powierzchni wewnętrznych ścian zewnętrznych, a w efekcie poprawia komfort cieplny pomieszczeń. Wnikliwej analizie poddano zużycie energii elektrycznej. W zależności od strefy klimatycznej system *p.k.* jest włączany automatycznie na kilkanaście dób w okresie najniższych temperatur sezonu zimowego. Centrala sterująca z programatorem jest w puszcze gniazda elektrycznego. Podczas cieplejszych, ale wilgotnych dni wiosennych i jesiennych, przegrody zewnętrzne mogą być skutecznie zabezpieczone przy wyłączonym ogrzewaniu podstawowym. „Trudne miejsca” narażone na zawilgocenie przez kondensację powierzchniową pary wodnej pozostają suche, przez co pomieszczenia są higie-

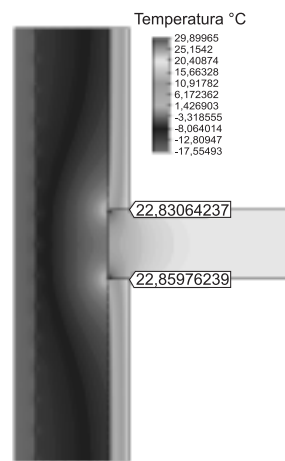
niczne i czyste (nie osadza się kurz i nie rozwija się pleśń). Przewody dwużyłowe wytwarzają pomijalnie małe pole elektryczne, dzięki czemu nie oddziałują negatywnie na zdrowie ludzkie. Koszt energii w całym sezonie grzewczym w przykładowym mieszkaniu o powierzchni ścian zewnętrznych 54 m<sup>2</sup> wynosi ok. 2 zł/m<sup>2</sup> powierzchni docieplanej – jest więc znikomy w stosunku do uzyskanych oszczędności ciepła zużywanego do ogrzewania.

System elektrycznego odraszania może być nazywany „inteligentnym”, gdyż wykonany np. przy zastosowaniu przewodów, które wykrywają inne źródła ciepła, takie jak promieniowanie słoneczne, automatycznie dostosowuje swoją moc grzewczą do potrzeb. Więcej ciepła wytwarzane jest w chłodniejszych miejscach (np. wokół ościeży okiennych), a mniej w cieplejszych (w strefie przyściłogowej). Dwie równoległe żyły zasilające są zatopione w przewodzącym rdzeniu. Jeżeli obniża się temperatura otoczenia, to rdzeń przewodu mikroskopijnie się kurczy i ilość ścieżek elektrycznych w rdzeniu się zwiększa. Wytwarzana jest ilość ciepła w zakresie 5 – 15 W/m, przy napięciu zasilania AC 230 V (analogicznie jak w nowoczesnych

systemach ogrzewania podłogowego). Maksymalna długość obwodu grzewczego wynosi 100 m przy 10 A.

Metoda „IN” może być stosowana w różnych wersjach materiałowych w zakresie zarówno doboru warstw termoizolacyjnych, jak i systemów grzewczych. Najlepsze efekty uzyskuje się przy zastosowaniu płyt z pianki poliuretanowej w osłonie gipsowo-kartonowej. W przypadku takiego rozwiązania łatwiej jest spełnić drugi warunek zastrzeżenia patentowego polegający na wykonaniu szczelnej paroizolacji na powierzchni termoizolacji. Częstym błędem jest wykonywanie paroizolacji pod warstwą termoizolacji, co tłumaczy się potrzebą oddzielenia od istniejącej, często zawilgoconej przegrody.

**Przedstawione informacje** dotyczące wybranych zagadnień związanych z uwarunkowaniami skutecznego docieplania obejmują tylko część problemów. Istotne są także wymagania dotyczące przygotowania docieplanej ściany do nowej „osłonowej” funkcji i odmiennych warunków termicznych. **Docieplenie od wewnątrz nie może być traktowane jako „ukrywanie wilgoci”.**



**Rys. 3.** Rozkład temperatur w przekroju poprzecznym. Minimalna temperatura w narożu dogrzewanym wynosi 22,8 °C (minimalna temperatura w narożu przed uruchomieniem systemu *p.k.* wynosiła 9,2 °C)

dr inż. Agnieszka Kaliszek-Wietecha\*  
mgr inż. Elżbieta Wyszyńska\*

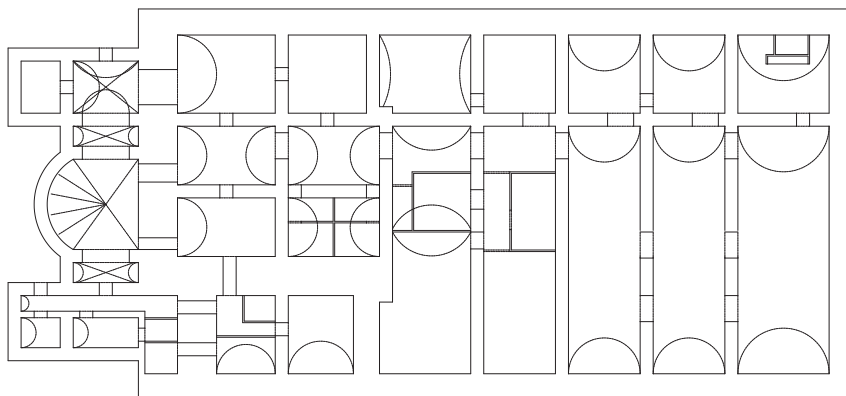
# Stosowanie metody TERMOINIEKCJI do osuszania murów bastionu Zamku Ostrogskich w Warszawie

Zabezpieczenie budynku przed niszczącym działaniem wody jest podstawowym warunkiem umożliwiającym jego wieloletnie, komfortowe użytkowanie. Istnieje jednak wiele obiektów, często zabytkowych, funkcjonujących od czasu ich powstania bez kompleksowego zabezpieczenia przeciwwodnego. Problem ten dotyczy głównie zabezpieczeń wodochronnych konstrukcji będących w stałym kontakcie z gruntem. W obiektach istniejących wykonywanie izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych jest zdecydowanie trudniejsze niż na etapie ich wznoszenia. Szczególnym wyzwaniem, ze względu na ochronę konserwatorską oraz zły stan konstrukcji, jest wykonywanie robót izolacyjnych w obiektach zabytkowych. Przykładem takiego obiektu jest Zamek Ostrogskich w Warszawie, gdzie obecnie prowadzone są szeroko zakrojone prace rewitalizacyjne.

## Stan istniejący

Zamek Ostrogskich został wybudowany końcu XVII w. W tym okresie powstały masywne, ukośnie nachylone, ceglano-murary bastionu mieszczące wysokie, sklepione piwnice. Zarys rzutu murów bastionu został zaprojektowany w kształcie zbliżonym do prostokąta (rysunek 1).

Po odbudowie zamku, ze zniszczeń spowodowanych II wojną światową, zagospodarowano jedynie przestrzeń bastionu znajdującą się pod zamkiem, natomiast pomieszczenia pod rozległym tarasem praktycznie nie były wykorzystywane. Wykonana wówczas izolacja pozioma tarasu nie zapewniła pełnej ochrony przeciwwilgociowej znajdującej się pod nim konstrukcji. Ponadto ściana południowa i część ściany wschodniej zostały obsypane gruntem bez wcześniejszego wykonania izolacji pionowej. Z tego względu, jak również z uwagi na fakt, że w czasach wznoszenia murów nie wykonywano wodochronnych izolacji w poziomie



Rys. 1. Schemat piwnic murów bastionu Zamku Ostrogskich obrazujący zakres prac osuszająco-izolacyjnych

gruntu, mury bastionu przez lata nie były dostatecznie chronione przed wodą i wilgocią. Ten stan powodował powolną, ale postępującą ich degradację. Obecnie użytkownikiem obiektu jest Narodowy Instytut Fryderyka Chopina, który podjął decyzję o rewitalizacji obiektu. Aktualny widok na bastion i Zamek Ostrogskich – podczas prowadzenia prac remontowych – pokazano na fotografii 1.



Fot. 1. Widok na bastion i Zamek Ostrogskich od strony północno-wschodniej

## Projektowane funkcje pomieszczeń

Obecnie prowadzone są szeroko zakrojone prace remontowe powiązane z adaptacją całej przestrzeni bastionu na cele użytkowe. Realizowany projekt przewiduje powstanie w pomieszczeniach piwnicznych: sali koncertowej ze

sceną, sal wystawienniczych i wiele pomieszczeń pomocniczych, takich jak szatnie, toalety, magazyny. Pomieszczenia w najniższej położonych piwnicach otrzymają również nowe funkcje. Względy konstrukcyjne i zmiana funkcji wymusiły konieczność osuszenia i trwałego zabezpieczenia murów oraz stropu bastionu przed wodą pochodzącą bezpośrednio z opadów atmosferycznych i z gruntu. Roboty osuszające i zabezpieczające wykonuje, na podstawie projektu budowlanego, firma TERBUD IZOLACJE BUDOWLANE z Pruszkowa.

## Stan murów bastionu przed remontem

Mury bastionu posadowione zostały w skarpie wiślanej, stąd znaczne zawilgocenie gruntu ciekami spływającymi w stronę rzeki. Od strony zachodniej woda występuje już kilka centymetrów poniżej poziomu posadzek piwnicznych. Zawilgocenie murów w połączeniu z zamarzaniem wody w strukturze materiałów (piwnice pod tarasem nie były ogrzewane) spowodowało wykruszenie się spoin i degradację wielu cegieł. W 2002 r. wykonano pomiary ich wilgotności jeszcze przed przystąpieniem do prac projektowych w celu określenia poziomu zawilgocenia murów. Uzyskano wówczas następujące wyniki wilgotności murów:

\* Politechnika Warszawska



- ściany południowej i części ściany wschodniej  $8 \div 15\%$ ;
- ściany północnej  $8 \div 12\%$ ;
- ściany wschodniej  $8 \div 12\%$ ;
- ściany zachodniej oraz ścian wewnętrznych i sklepień  $5 \div 8\%$ .

W lutym 2009 r. zostały wykonane kolejne badania wilgotności murów. Ich celem było określenie wilgotności w chwili przystąpienia do osuszania jednej ze ścian (osuszanie murów rozpoczęto w sierpniu 2008 r.). Wykonano badania ściany wewnętrznej na najniższym poziomie piwnic, zlokalizowanej w centralnej części bastionu. Ściana ta styka się z gruntem na wysokość ok. 2,0 m. Materiał do badań pobierano z głębokości ok. 40 cm. Wyniki wilgotności poszczególnych próbek zestawiono w tabeli. Mury bastionu charakteryzują się częstymi kamiennymi przemurowaniami zwłaszcza w dolnych partiach (fotografia 2). Są one swojego rodzaju miejscową „izolacją” hamującą podciąganie wody. Jednocześnie głazy te i kamienie utrudniały wykonanie osuszania i hydrofobizację murów.

### Zestawienie wyników wilgotności muru\*

Nr próbki	Wysokość pobrania [cm]	W – wilgotność próbki [%]
1	130	14
2	30	19
3	10	18
4	60	16
5	40	13
6	30	11
7	30	15
8	50	8
9	70	13
10	100	6
11	130	10
12	150	7

\* Badania wilgotności wykonano metodą suszarkowo-wagową

Ze względu na występujące w murach uszkodzenia, takie jak spękania, kawerny, luźne osadzenie poszczególnych elementów murów, a nawet osuwiska cegieł i kamieni (południowa ściana zewnętrzna), projekt uwzględnił konieczność wzmocnienia struktury murów. Ponadto zaplanowano wykonanie:

- izolacji poziomej, metodą termoiniekcji, w ścianach zewnętrznych powyżej poziomu gruntu;
- izolacji poziomej, metodą termoiniekcji, w ścianach wewnętrznych powyżej poziomu gruntu;



Fot. 2. Wnętrze bastionu – widok muru ściany wschodniej z widocznymi gładzami

- izolacji pionowej metodą termoiniekcji w ścianach pracujących w stałym kontakcie gruntem;
- izolacji pionowej wykonywanej dwuetapowo, w ścianach zewnętrznych o osłabionej strukturze murów z zastosowaniem odpowiednich preparatów hydrofobizujących i uszczelniających mury;
- izolacji poziomej podłóg piwnicznych na gruncie.

Część ścian została przewidziana do tynkowania. Niektóre pozostaną jednak nietynkowane, ukazując rysunek spoin i fakturę murów.

### Osuszanie i zabezpieczenie murów przed wilgocią

W celu osuszenia i skutecznego zabezpieczenia murów bastionu przed ponownym zawilgoceniem jako podstawową do zastosowania we wszystkich typach ścian wskazano w projekcie **metodę termoiniekcji**. Jej istotą jest wstępne osuszenie strefy muru z wody zalegającej w jego strukturze, a następnie wykonanie trwałej przepony hydrofobowej blokującej ponowne wnikanie wilgoci. Do osuszania muru stosuje się specjalne urządzenia termowentylacyjne, których elementy grzejne i nadmuchu powietrza umieszcza się w nawierconych w ścianie otworach średnicy 2,0 cm.

Przy przeciętnym zawilgoceniu murów (7 – 12%) redukcję wilgotności do umożliwiającej przeprowadzenie hydrofobizacji ( $W < 5\%$ ) uzyskuje się po 2 – 4 dobach suszenia (w zależności od początkowej wilgotności i grubości ścian oraz warunków otoczenia). Po znacznym opróżnieniu porów i kapilar z wody, wykorzystując zakumulowane podczas osuszania muru ciepło, prepa-

rat hydrofobowy penetruje w strukturę muru. Tam żywica utwardza się, wytwarzając monomolekularny film hydrofobowy na ściankach porów i kapilar, uniemożliwiający kapilarny transport wilgoci.

W Zamku Ostrogskich, ze względu na występujące w murach spękania, płyn hydrofobowy został zastąpiony preparatem Dryzone o konsystencji kremu, produkcji firmy SAFEGUARD z Wielkiej Brytanii.

Metoda termoiniekcji pozwala na wykonanie zarówno poziomej, jak i pionowej blokady przeciwwilgociowej. To ostatnie rozwiązanie stosuje się, aby uniknąć wykonywania kłopotliwych wykopów na zewnątrz budynku lub gdy odsłonięcie murów nie jest możliwe. Zgodnie z opisem technicznym projektu „siatka” otworów powinna być wykonana wg następujących zaleceń:

- otwory o średnicy  $\varnothing 20$  mm rozmieszczone w odstępach co ok. 17 cm w poziomie i ok. 10 cm w pionie;
- w rejonie wbudowanych w ścianę otoczków kamiennych otwory należy nawiercać na obrzeżach kamieni.

W omawianym przypadku regularność rozmieszczenia siatki otworów była ograniczona:

- 1) wymaganiami konserwatora, aby wejścia otworów wykonywać tylko w spoinach między cegłami (ściany pozostawiane bez tynku);
- 2) niestabilnością wymiaru cegieł muru pochodzących z różnych okresów;
- 3) przemurowaniami kamiennymi.

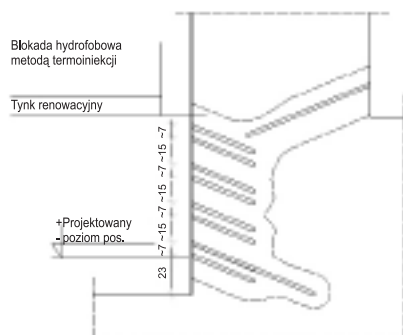
Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że średnia odległość między osiami otworów w poziomie nie przekracza 17 cm.

Pomiary rozstawu otworów w pionie, w ścianach, które mają pozostać bez tynku, wykazały większe rozbieżności z rozstawem projektowanym. W celu spełnienia przytoczonego wcześniej wymagania konserwatorskiego, rozstaw otworów w pionie wykonano wg zasady: na zmianę co 1 rząd cegieł, co 2 rzędy cegieł, co 1 rząd cegieł itd. W ścianach przewidzianych do tynkowania otwory zostały nawiercone w regularnej siatce wymiarowej, przewidzianej projektem i zalecanej w instrukcji stosowania metody termoiniekcji wydanej przez Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Warszawskiej.

Kontroli poddano również długość i kąt nawiercanych otworów, który

zgodnie z zaleceniami instrukcji i założeniami projektowymi wynosił  $\alpha = 30 \div 45^\circ$ .

Pomiary wykazały, że w ścianie o grubości ok. 100 cm długość otworów wynosiła odpowiednio 80 i 40 cm, co odpowiada założeniom projektu i instrukcji stosowania metody. Schemat wykonania blokady hydrofobowej przedstawiono na przekroju jednej z analizowanych ścian (rysunek 2).



Rys. 2. Schemat wykonania blokady hydrofobowej na jednej ze ścian wewnętrznych

**Sposoby uszczelniania i wzmacniania spękanych murów.** Przed przystąpieniem do kompleksowego remontu obiektu planowanego na maj 2008 r. – luty 2010 r. wykonane zostały wstępne prace izolacyjno-zabezpieczające.

Wzmocnienia i uszczelnienia struktury murów szczególnie wymagała, zagłębiona w gruncie skarpy ściana południowa i część ściany wschodniej bastionu. Zgodnie z projektem zabieg ten należało wykonać dwuetapowo: w I etapie osuszając i hydrofobizując wewnętrzną część ścian żywicą silikonową, a w II etapie wykonując na ich powierzchni zewnętrznej, po usunięciu osłaniającego je gruntu, pionowej izolacji z materiałów bitumiczno-kauczukowych.

Po przystąpieniu do prac uszczelniających, okazało się, że uszkodzenia struktury murów są większe, niż wstępnie szacowano. Najgroźniejsze uszkodzenia stwierdzono w południowo-wschodnim narożniku bastionu. Wystąpił tam obwał cegieł i kamieni. Do tego stanu przyczyniła się woda ściekająca z tarasu do pachy między ścianą wschodnią a kolebkowym sklepieniem bastionu. Woda ta powodowała stałe zamakanie muru i przyspieszała procesy korozyjne. Zmusiło to projektanta i wykonawcę robót do zmiany części projektowanych rozwiązań. Wodę zalegającą między ścianą a skle-

pieniem usunięto przez specjalnie nawiercone otwory. Ściany zostały częściowo odkopane, a wytworzona fosa zadaszona. Wykonany równoległe kompleksowy remont tarasu (wraz z ułożeniem skutecznej poziomej izolacji wodochronnej) zapewnił ochronę murów przed zamakaniem od góry.

Pierwotnie wypełnienie rys, kawern i pustek w murze narożnika południowo-wschodniego miało być wykonane za pomocą żelu akrylowego. Ze względu na zabytkowy charakter bastionu oraz stan murów nowa koncepcja przewidywała zastosowanie trasowej zaprawy iniekcyjnej i hydrofobizacji murów dwuskładnikowym płynem iniekcyjnym. W czasie próbnej iniekcji ciśnieniowej zaprawą trasową osłabiony materiał spoin wykruszał się, dlatego też zrezygnowano z tej metody i zaprojektowano kolejne rozwiązanie. Ostatecznie najbardziej zagrożony fragment ściany południowej osłonięto wstępnie stalową siatką, która została rozwieszona na wklejonych w mur śrubach stalowych średnicy 18 mm i długości 350 mm. Puste przestrzenie muru wypełniono szybko spieniającą się żywicą iniekcyjną Webac 157, reagującą z wilgocią. Żywica ta służy do zatrzymywania wody pod ciśnieniem. Może zwiększać objętość piętnastokrotnie, do postaci elastycznej pianki o powierzchniowo szczelnej, drobnej strukturze porów. Zapewnia zamknięcie spękań o rozwartości  $> 0,2$  mm. W celu trwałego uszczelnienia muru wykonano kolejną, niezbędną iniekcję, stosując elastyczną żywicę Webac 1403 o niskiej lepkości, mającą dobrą przyczepność do mokrego podłoża. Iniekcję uszczelniająco-wzmacniającą zastosowano też na innych osłabionych fragmentach murów (fotografia 3).



Fot. 3. Wnętrze bastionu – widok muru ściany wzmacnionej metodą iniekcji ciśnieniowej

## Podsumowanie

Jak widać na przykładzie zabytkowego obiektu, jakim jest Zamek Ostrogskich, projektując i wykonując prace remontowe w obiektach historycznych, należy się liczyć z wystąpieniem wielu trudności w postaci nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych. Rozwiązania projektowe, jak również prowadzenie robót remontowo-renowacyjnych wymagają wnikliwego i elastycznego podejścia do obiektu. Najczęściej spotykanym problemem jest zły stan techniczny murów, tzw. słabe mury wymagają specjalnego podejścia oraz długiej i dokładnej analizy. Często podczas prac konieczna jest zmiana wcześniej wybranej metody wykonywania zabezpieczeń przeciwwilgociowych lub jej modyfikacja, np. ze względu na bardzo dużą ilość wtrąceń kamiennych, a także wymagania konserwatora zabytków. W przypadku omawianego obiektu w ścianach przewidzianych do tynkowania (fotografia 4) otwory zostały nawiercone w regularnej siatce wymiaro-



Fot. 4. Wnętrze bastionu – widok muru ściany zachodniej, zabezpieczonej metodą termoiniekcji, przewidzianej do tynkowania

wej. Problemem było prowadzenie prac osuszających ściany mających pozostać bez tynkowania, w przypadku których konserwator wyraził zgodę jedynie na wiercenie otworów w spoinach między cegłami.

Obserwowana staranność prac izolacyjnych prowadzonych metodą termoiniekcji w bastionie Zamku Ostrogskich – Muzeum Fryderyka Chopina pozwala mieć przekonanie, że uzyskane rezultaty będą w pełni satysfakcjonujące.



## DRYZONE – emulsja hydrofobowa do zabezpieczania murów przed kapilarnym podciąganiem wilgoci

**DRYZONE jest bardzo wydajną, bezrozpuszczalnikową emulsją hydrofobową o konsystencji kremu, przeznaczoną do szybkiego i skutecznego przeciwdziałania wilgoci podciągającej kapilarnie. Może być stosowany do iniekcji w murach z cegły, kamienia naturalnego, cegły dziurawki, elementów silikatowych i z betonu komórkowego. Konsystencja preparatu umożliwia zastosowanie go w otworach wierconych poziomo w warstwie zaprawy. Większe pustki i kawerny również nie stanowią problemu, gdyż DRYZONE może być użyty do hydrofobizacji murów warstwowych wypełnionych gruzem. Łatwość stosowania oraz właściwości pozwalają na całkowite kontrolowanie jego zużycia.**

Na początku lat dziewięćdziesiątych firma **SAFEGUARD EUROPE Ltd** z Wielkiej Brytanii rozpoczęła prace nad stworzeniem nowego środka do walki z wilgocią podciąganą kapilarnie. Miał to być produkt co najmniej tak samo wydajny jak preparaty do iniekcji ciśnieniowej, który jednak wyeliminuje typowe problemy związane z istniejącymi metodami iniekcyjnymi, a przede wszystkim będzie rozcieńczany wodą; bezwonny; nietoksyczny; nieplamiący; skoncentrowany – zawierający dużą ilość składnika aktywnego; jednorodny i stabilny; szybki i łatwy w stosowaniu; skuteczny na wielu podłożach.

Ostateczny skład preparatu o nazwie handlowej DRYZONE jest efektem intensywnych badań laboratoryjnych, w których przetestowano ponad sto różnych receptur. Jest on obecny na rynku od dziewięciu lat i dystrybuowany na całym świecie. Uzyskał Brytyjską Aprobata Techniczną.

DRYZONE to substancja hydrofobowa będąca mieszaniną silanu i siloksanu, zawierająca przeszło 60% substancji czynnej. Siloksan, dający dobre efekty hydrofobizujące, niezbyt łatwo rozprzestrzenia się i penetruje w kapilary muru ze względu na wielkość cząstek. Natomiast silan jest zbudowany z mniejszych cząsteczek, które bardzo dobrze wnikają w kapilary muru i wiążą się z jego strukturą. Dzięki połączeniu tych dwóch składników małe cząstki silanu są nośnikiem większych hydrofobowych cząstek siloksanu, które dzięki temu w strukturze muru zdolne są wytworzyć ciągłą wodoodporną barierę.

W kapilarach elementów ściennych i drobnych porach zaprawy wypełnio-

nych wodą, napięcie powierzchniowe wody powoduje jej wznoszenie się. Emulsja silanowo-siloksanowa, nie blokując i nie zatykając porów i kapilar, osadza się cienką warstewką na ich ściankach, a następnie ulega utwardzeniu.



**Hydrofobizacja powierzchni pionowej fragmentu muru w piwnicach Zamku Ostrogskich w Warszawie**

Dzięki temu zmienia napięcie powierzchniowe wody i przeciwdziała jej kapilarnemu wznoszeniu się. Możliwa jest natomiast wędrówka gazów, dzięki czemu mur może wysychać. DRYZONE bardzo dobrze rozprzestrzenia się przez parowanie i dlatego również może być używany do wytwarzania skutecznej membrany hydrofobowej w wielu rodzajach przegród budowlanych na czele ze ścianami warstwowymi wypełnionymi gruzem. Hydrofobizujący efekt parowania jest bardzo ważny wówczas, gdy zmienia się materiał budowlany oraz wiek, pH, gęstość, porowatość czy wilgotność zaprawy w murze. Testy laboratoryjne wykazały skuteczność DRYZONE w odniesieniu do dużej gamy zapraw i zmienności warunków. Zawartość ponad 60% składników aktywnych (od kilku do kilkunastu razy więcej niż w tradycyjnych środkach hydrofobowych), gwa-

rantuje, iż DRYZONE działa znacznie lepiej i efektywniej niż obecne na rynku preparaty. Wykonawca prac nie musi więc używać skomplikowanego wysokociśnieniowego sprzętu do wprowadzania ogromnych ilości iniektu w mur, nie mając do końca pewności, czy nie trafia on w grunt; wystarczy prosty aplikator, by w pełni kontrolować ilość i miejsce stosowanego środka hydrofobowego.

Prace izolacyjne z zastosowaniem kremu DRYZONE mogą być prowadzone wszędzie tam, gdzie wymagana jest czystość i precyzja. Ze względu na brak jakichkolwiek zapachów i nietoksyczność, DRYZONE można stosować w obiektach, w których przebywają zarówno użytkownicy, jak i mieszkańcy.

Krem DRYZONE był ostatnio w powodzeniem stosowany w murach piwnic bastionu Zamku Ostrogskich – Muzeum Fryderyka Chopina w Warszawie, który został poddany generalnemu remontowi konserwatorskiemu. DRYZONE doskonale sprawdził się tam w połączeniu z metodą TERMOINIEKCJI: hydrofobizacja szesnastowiecznych mokrych murów ceglano-kamiennych, wypełnionych często gruzem, okazała się możliwa dzięki połączeniu unikalnych możliwości metody z unikalnymi właściwościami preparatu – krem DRYZONE dokładnie i szybko penetrował w pory i kapilary starej zniszczonej cegły i zaprawy, wysuszone specjalnym sprzętem termowentylacyjnym i zapewnił ich przeciwwilgociową ochronę.

\*\*\*

**W Polsce sprzedają kremu DRYZONE zajmuje się firma KAGRIP, tel./fax 0-22 823 86 69, kagrip@wp.pl.**



**SAFEGUARD EUROPE Ltd**  
Redkiln Close, Horsham,  
West Sussex, United Kingdom  
RH13 5QL

tel. +44 1403 210204  
fax +44 1403 217529

[www.safeguardeurope.com](http://www.safeguardeurope.com)  
[www.dryzone.eu/pl](http://www.dryzone.eu/pl)

# Hydroizolacje kompleksowo

Firma TERBUD IZOLACJE BUDOWLANE działa na rynku od 1992 r. Specjalizuje się w kompleksowym wykonywaniu hydroizolacji, iniekcji oraz uszczelnień konstrukcji obiektów nowo wznoszonych i remontowanych, w tym również zabytkowych. Współpraca z Zakładem Budownictwa Ogólnego Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej owocuje dostępem do najnowszych wyników badań i opracowań dotyczących nowych preparatów uszczelniających i materiałów izolacyjnych dopuszczonych do stosowania w budownictwie. Dzięki temu możemy łączyć różne optymalne technolo-

gi w celu skutecznego usunięcia przyczyn zawilgocenia. W każdym przypadku wykonujemy izolacje wg indywidualnego projektu odpowiadającego specyfice budynku. Stosujemy materiały o najlepszej jakości uznanych firm oraz najnowocześniejsze i najskuteczniejsze technologie.

• **wzmocnienie konstrukcji budowlanych** przez: sklekanie spękanych elementów; iniekcje monilityzujące; przywracanie nośności;

• **naprawy i ochronę żelbetu**, a więc reprofilację ubytków i zabezpieczanie antykorozyjne zbrojenia w zdegradowanych elementach betonowych oraz zabezpieczanie konstrukcji żelbetowych;

• **zabezpieczenia przeciwwodne** tzn. montaż węży iniekcyjnych; profili łączących i taśm dylatacyjnych;

ści w Warszawie; PPUP Poczta Polska; PP Porty Lotnicze; Ambasada Królestwa Belgii w Warszawie; Ambasada Izraela w Warszawie, a także mnóstwo innych inwestorów i użytkowników obiektów.

Oferowane usługi świadczymy na terenie całego kraju i za granicą. **Oto przykłady niektórych prac wykonanych w 2008 r.:**

■ izolacja wraz z osuszaniem metodą TERMOINIEKCJI piwnic bastionu Zamku Ostrogskich w Warszawie;

■ izolacja płyty dennej membraną PREPRUFE firmy GRACE oraz montaż węży iniekcyjnych WEBAC w przerwach



Dworek Chopina w Żelazowej Woli – izolacja wraz z osuszaniem metodą TERMOINIEKCJI (2006/2007)

Fot. Agnieszka Baranowska



Nowa siedziba Telewizji Polskiej w Warszawie – izolacja płyty dennej i ścian fundamentowych w systemie PREPRUFE/BITUTHENE firmy GRACE (2001/2002)

Fot. Tomasz Matuszewski



Złote Tarasy w Warszawie – izolacja płyty dennej (PREPRUFE-GRACE) wraz z uszczelnieniem przerw roboczych (węże ADAE, materiały WEBAC) oraz izolację wjazdów do garaży podziemnych (SERVIDEK/SERVIPAK – GRACE) (2003 – 2006)

Fot. Tomasz Matuszewski

gie w celu skutecznego usunięcia przyczyn zawilgocenia. W każdym przypadku wykonujemy izolacje wg indywidualnego projektu odpowiadającego specyfice budynku. Stosujemy materiały o najlepszej jakości uznanych firm oraz najnowocześniejsze i najskuteczniejsze technologie.

Firma TERBUD IZOLACJE BUDOWLANE wykonuje m.in.:

• **powłokowe izolacje przeciwwilgociowe i przeciwwodne z mas mineralnych, mas bitumicznych, mas elastycznych, folii HDPE oraz pap termozgrzewalnych i klejonych na zimno** na ścianach fundamentowych, pod płytami dennymi, na dachach odwróconych oraz na stropach garaży podziemnych i na tarasach;

• **uszczelnianie konstrukcji budowlanych przez iniekcje ciśnieniowe żelcem, żywicami krzemianowymi, silikonowymi, poliuretanowymi oraz zaczynami mineralnymi**, w tym rys przewodzących wodę; szczelin dylatacyjnych w budowlach naziemnych i podziemnych; przerw roboczych; ścian szczelinowych;

• **izolacje poziome wraz z osuszaniem murów zabytkowych oraz tynki renowacyjne.**

Efektom naszych prac jest rosnące zaufanie klientów. Za **wykonywanie izolacji i osuszania metodą TERMOINIEKCJI** firma otrzymała w 1998 r. **Godło Promocyjne TERAZ POLSKA**, a w 1999 r. została uhonorowana **GRAND PRIX** na Targach CONSERVATIO '99 w Toruniu za kompleksowe rozwiązywanie problematyki zawilgocenia budowli zabytkowych. Z usług firmy TERBUD IZOLACJE BUDOWLANE skorzystało wielu renomowanych klientów: Kancelaria Prezydenta RP; Kancelaria Sejmu RP; Najwyższa Izba Kontroli; Narodowy Bank Polski; Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego; Ministerstwo Spraw Zagranicznych; Ministerstwo Gospodarki; Ministerstwo Sprawiedliwości; Narodowy Instytut Fryderyka Chopina; Prokuratura Wojewódzka w Warszawie; Izba Skarbowa w Warszawie; Muzeum Narodowe w Warszawie; Muzeum Łazienki Królewskie w Warszawie; Muzeum Niepodległo-

roboczych budynku SKY TOWER we Wrocławiu;

■ izolacja SERVIDEK/SERVIPAK firmy GRACE pod Pasażem Wiecha w Warszawie;

■ izolacja płyty dennej membraną PREPRUFE, wraz z uszczelnieniem zamka płyty dennej i ścian szczelinowych materiałami firm WEBAC i SIKA, w budynku Centrum Chopinowskiego przy ul. Tamka w Warszawie.

Przykłady wcześniejszych realizacji pokazano na fotografiach.

**ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY**



**TERBUD**  
**IZOLACJE BUDOWLANE Sp. z o.o.**  
tel./fax (22) 759 10 67, tel. (22) 758 05 74  
www.terbud.com.pl; e-mail:  
terbud@terbud.com.pl

## System Preprufe – nowoczesna hydroizolacja typu ciężkiego

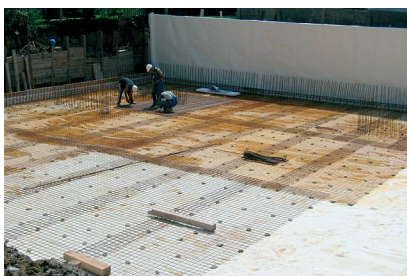
**S**zczelność fundamentów i tuneli uzyskuje się przez zastosowanie ciągłych i efektywnych systemów hydroizolacyjnych, gdyż nawet niewielkie ich defekty umożliwiają penetrację wody w strukturę betonu, szczególnie w przypadku wysokiego poziomu wód gruntowych.

Klasyczne systemy hydroizolacyjne (izolacje bitumiczne układane na gorąco, izolacje samoprzylepne lub folie PVC) nie zawsze wytrzymują stałe działanie ciśnienia hydrostatycznego.

Przecieki wody pojawiają się, gdy system hydroizolacyjny jest uszkodzony bądź zamiast przylegać do betonu konstrukcyjnego, częściowo przylega do chudego betonu i pionowego deskowania. Powoduje to, że woda swobodnie wnika pomiędzy beton (żelbet) i izolację, a następnie w beton/żelbet. Widoczne na jego powierzchni przecieki nie wskazują ani źródła przecieku, ani jego przyczyny. Zlokalizowanie ich jest kosztowne i trudne.

Zgodnie z brytyjskimi wytycznymi projektowania systemy hydroizolacyjne powinny dokładnie przylegać do betonu konstrukcyjnego. Uzyskuje się to przez zastosowanie membran, które wiążą z mieszanką betonową, co minimalizuje ryzyko przenikania wody do betonu konstrukcyjnego. Gdy w takim przypadku pojawiają się przecieki, wówczas łatwo zlokalizować ich źródło i dokonać naprawy, gdyż woda nie ma możliwości migracji między membranę i beton.

**Przykładem skutecznego systemu hydroizolacyjnego jest system Preprufe firmy Grace Construction Products.**



### Charakterystyka

**Membrana Preprufe** jest to zmodyfikowana folia HDPE, pokryta z jednej strony środkiem zapewniającym skuteczną adhezję przy strukturalnym połączeniu z betonem, zwiększającą się pod wpływem ciężaru betonu. W efekcie uniemożliwia to migrację wody między izolacją a beton.



**Membrana Preprufe (m.in. Preprufe 300R i 160R)** jest odporna na warunki atmosferyczne do 40 dni od ułożenia, czynniki chemiczne (szczególnie sole, chlorki i siarczki) oraz ciśnienie hydrostatyczne do 70 m słupa wody i boczną migrację wody.

W zależności od rodzaju, membrana Preprufe może być układana na mokrym betonie lub zagęszczonym gruncie (Preprufe 300R), lub być mocowana do deskowania za pomocą gwoździ, a do ściany szczelinowej – krótkich kołków (Preprufe 160R).

**Membrana Preprufe** pokryta jest folią zabezpieczającą, którą usuwa się przed ułożeniem bezpośrednio na niej zbrojenia, gdyż nie ma potrzeby wykonania warstwy ochronnej z betonu.

**Dodatkowe produkty wchodzące w skład systemu Preprufe to taśmy przeciwwodne AT, izolacja Bituthene 4000/8000, płynna izolacja Bituthene LM do uszczelnienia pali oraz przejść instalacji.**

System Preprufe jest prosty i szybki w montażu, nie wymaga gruntowania, warstwy ochronnej ani specjalnego wyposażenia. Ma samoprzylepne miejsca zakładów oraz



samoprzylepną taśmę Preprufe. Można go stosować w temperaturze od -10 °C do +50 °C.

System Preprufe ma znak CE oraz krajowe aprobaty techniczne wydane przez IBDiM i COBR, a także zagraniczne: BBA, EOTA, ICITE, CSTB.

### Przykłady zastosowania

System Preprufe zastosowano m.in. w obiektach: Sofia Metro (Bułgaria); Bank BRE (Bydgoszcz); budynek PLL Lot (Warszawa); budynek PP Porty Lotnicze (Warszawa); Centrum Jasna (Warszawa); Złote Tarasy (Warszawa); budynek telewizji Polsat (Warszawa); budynek TVP (Warszawa); Tallin Art Gallery (Estonia); Bluewater Retail Park (Wielka Brytania); Barrow Street (Irlandia).

**System Preprufe** minimalizuje ryzyko nieszczelności w newralgicznych miejscach. Wykonawcom umożliwia szybkie i sprawne wykonanie prac, niezależnie od warunków atmosferycznych. W efekcie ogranicza to koszty i skraca termin realizacji prac.

Przy wyborze systemu hydroizolacyjnego inwestor i projektant powinni podjąć decyzję, czy opłacalna jest redukcja wydatków na hydroizolację w porównaniu z ryzykiem ewentualnych napraw.

*mgr inż. Artur Janiak*

# GRACE

Grace sp. z o.o.  
tel. 022 728 98 77, 0602 723 522  
fax 022 855 41 32  
e-mail: artur.janiak@grace.com  
www.graceconstruction.com

# Systemy hydroizolacji ALPOL

Firma ALPOL GIPS Sp. z o.o. oferuje **trzy systemy hydroizolacji**:

- ✓ **ALPOL HYDRO PLUS** – do łazienek i kuchni;
- ✓ **ALPOL HYDRO PLUS T** – do tarasów, balkonów i loggii,
- ✓ **ALPOL AQUA PLUS** – do basenów.

## ALPOL HYDRO PLUS

System **ALPOL HYDRO PLUS** zapewnia kompleksowe wykonanie uszczelnienia przeciwwilgociowego łazienek, kuchni i innych pomieszczeń narażonych na wilgoć w budownictwie mieszkaniowym i przemysłowym oraz w budynkach użyteczności publicznej. Prace hydroizolacyjne w systemie **ALPOL HYDRO PLUS** polegają na:

- wykonaniu hydroizolacji podpłytkowej – stosując grunt krzemianowo-polimerowy do podłoży mineralnych **ALPOL AG 707** i folię hydroizolacyjną **ALPOL AH 751**;
- przyklejeniu okładzin z płytek np. ceramicznych, kamiennych za pomocą kleju elastycznego **ALPOL** z grupy **AK 511 – AK 518**;
- wypełnieniu fug między płytkami – za pomocą spoiny elastycznej **ALPOL ELITE** serii **AS E50-69 (NOWOŚĆ)** oferowanej w 20 kolorach lub zaprawy epoksydowej do spoinowania szarej **ALPOL AH 760**.

Materiałami pomocniczymi **ALPOL HYDRO PLUS** w systemie są: taśma uszczelniająca; narożniki; mankiety; sznury dylatacyjne i silikon. Uzupełnieniem systemu **ALPOL HYDRO PLUS**, w przypadku stosowania do prac re-

montowych, są specjalistyczne preparaty gruntujące: grunt głęboko penetrujący **ALPOL AG 700** – do wzmocnienia podłoża i grunt odcinający do chłonnych podłoży **ALPOL AG 703** – do zmniejszenia i wyrównywania chłonności podłoża oraz zaprawy do wyrównywania i uzupełniania ubytków w podłożu: wyrównawcza **ALPOL AZ 135** oraz szybko wiążąca **ALPOL AZ 130**.

W przypadku nowo budowanych obiektów, w których ściany są murywane tradycyjnie, można wykorzystać dużą gamę tynków **ALPOL** serii **AT**, natomiast na podkłady podłogowe jedną z wielu posadzek **ALPOL** serii **AP**.

## ALPOL HYDRO PLUS T

System **ALPOL HYDRO PLUS T** jest przeznaczony do wykonywania hydroizolacji na tarasach, balkonach i loggiach. Prace hydroizolacyjne w tym systemie polegają na:

- wykonaniu warstwy podkładowej lub wyrównującej – za pomocą posadzki

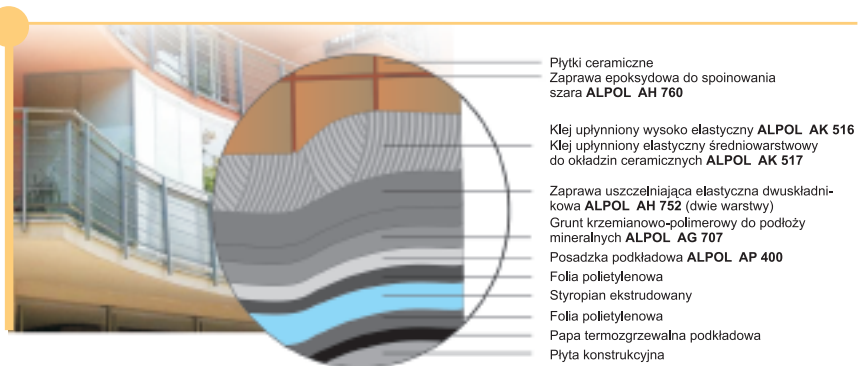
podkładowej **ALPOL AP 400**, zaprawy szybko wiążącej **ALPOL AZ 131** lub zaprawy wyrównawczej **ALPOL AZ 135**;

- wykonaniu warstwy hydroizolacji podpłytkowej – stosując grunt **ALPOL AG 707** i zaprawę uszczelniającą elastyczną dwuskładnikową **ALPOL AH 752**;

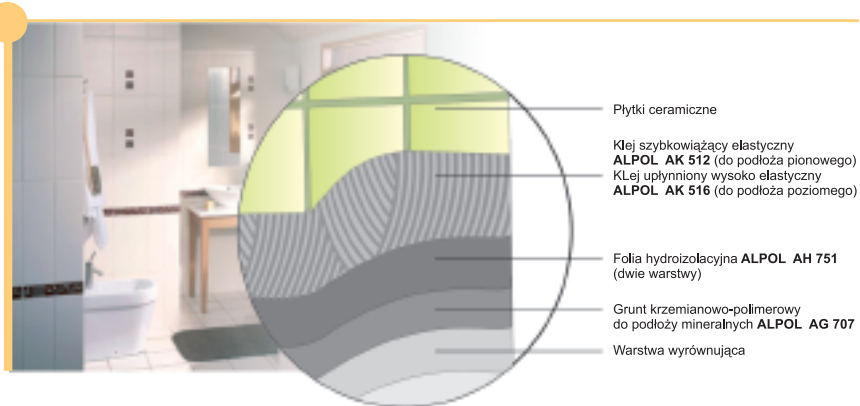
- przyklejeniu okładzin z płytek np. gresowych, ceramicznych, kamiennych – stosując klej elastyczny **ALPOL** z grupy **AK 512 – AK 518**; szczególnie polecane są kleje upłynnione: cienkowarstwowy **ALPOL AK 516** i średniowarstwowy (4 – 20 mm) **ALPOL AK 517**;

- wypełnieniu fug między płytkami – stosując zaprawę epoksydową do spoinowania szarą **ALPOL AH 760** lub spoinę elastyczną **ALPOL ELITE** serii **AS E50-69 (NOWOŚĆ)** oferowaną w 20 kolorach.

Materiałami pomocniczymi w systemie **ALPOL HYDRO PLUS T** są: taśma uszczelniająca; narożniki; mankiety; sznury dylatacyjne; silikon.



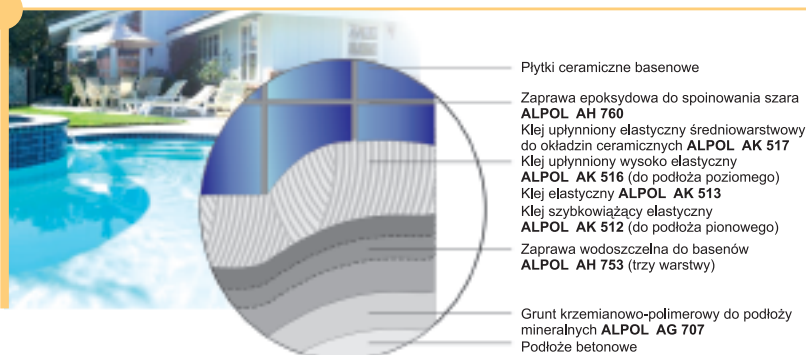
System hydroizolacji ALPOL HYDRO PLUS T



System hydroizolacji ALPOL HYDRO PLUS

## ALPOL AQUA PLUS

System **ALPOL AQUA PLUS** umożliwia kompleksowe wykonywanie warstw użytkowych i izolacji w basenach, zbiornikach wodnych, oczyszczalniach ścieków. Hydroizolację niecki basenowej można wykonywać z zewnątrz i od wewnątrz. W przypadku izolacji zewnętrznej należy stosować emulsję bitumiczną do izolacji i gruntowania **ALPOL AH 740** oraz bitumiczną masę uszczelniającą **ALPOL AH 741**.



## System hydroizolacji ALPOL AQUA PLUS

Prace hydroizolacyjne w systemie **ALPOL AQUA PLUS** polegają na:

- wykonaniu warstwy hydroizolacji podpłytkowej – za pomocą gruntu **ALPOL AG 707** i zaprawy wodoszczelnej do basenów **ALPOL AH 753**;
- przyklejeniu płytek basenowych – stosując elastyczne upłynnione kleje cementowe **ALPOL AK 516** i **AK 517** na podłoża poziome lub kleje **AK 512 – 515** na podłoża pionowe i poziome;

- wypełnieniu fug – za pomocą zaprawy epoksydowej **ALPOL AH 760**.

Materiałami pomocniczymi w tym systemie są taśmy; mankiety; sznury; identyczne jak w systemach **ALPOL HYDROPLUS** i **ALPOL HYDROPLUS T**.

## Izolacja fundamentów i ścian piwnic

Do wykonywania trwale elastycznych hydroizolacji części podziemnych budowli (fundamentów, ścian piwnic)

zalecany jest zestaw składający się z emulsji **ALPOL AH 740** i masy bitumicznej **ALPOL AH 741**, umożliwiając dodatkowo przyklejanie płyt styropianowych (EPS) i ze styropianu ekstrudowanego (XPS) w przypadku ocieplania części podziemnych budowli. Do wykonania tych hydroizolacji można wykorzystać również cementowo-polimerową zaprawę **ALPOL AH 752**.

Pomoc klientom zapewniają regionalni przedstawiciele handlowi i doradcy techniczni firmy **ALPOL GIPS**. Więcej informacji na temat zastosowania naszych produktów można uzyskać na stronie internetowej **www.alpol.pl** oraz w Dziale Doradztwa Technicznego i Zastosowań pod numerem telefonu: **041/ 372-11-22**.



**Alpol Gips Sp. z o.o.**  
tel. 041/372 11 00; fax 041/372 12 84  
[www.alpol.pl](http://www.alpol.pl)

GAZETA PRAWNA

Inne media straszą kryzysem,  
Gazeta Prawna pomaga go przetrwać.

[www.gazetaprawna.pl/prenumerata](http://www.gazetaprawna.pl/prenumerata)



■ Pomagamy firmom i pracownikom radzić sobie z konkretnymi problemami.

- radzimy, jak obniżyć koszty pracy
- jak zaoszczędzić na podatkach
- co zrobić z pracownikiem, gdy firma ogranicza produkcję
- jak ograniczyć zadłużenie wobec ZUS
- jak przedsiębiorcy mogą bronić się przed niekorzystnymi umowami z bankami

Gazeta Prawna na bieżąco obserwuje i analizuje to co dzieje się w gospodarce:

- analizuje trendy rynkowe, szanse i zagrożenia dla poszczególnych branż
- monitoruje, jak zachowują się indeksy giełdowe oraz jak notowane są waluty

To wiedza, która daje poczucie pewności.

# Hydroizolacje firmy Sopro

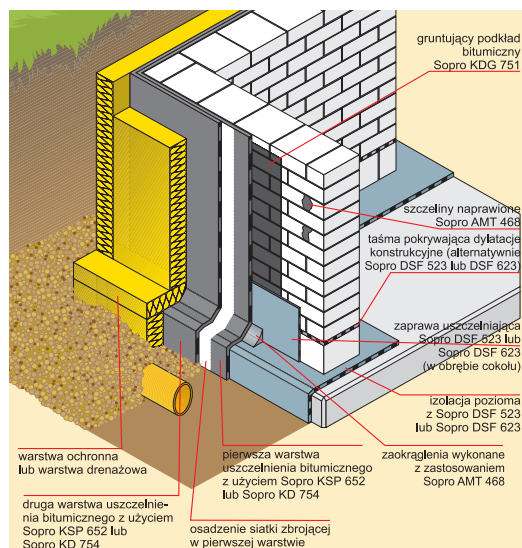
**H**ydroizolacje mają chronić m.in. fundamenty, piwnice, garaże podziemne, ściany przed destrukcyjnym działaniem wilgoci i wody, a więc zawilgoceniem, zaciekami oraz zagrzybieniem. Stosowane są także do uszczelnienia łazienek, pralni, balkonów, loggii, tarasów, basenów kąpielowych oraz zbiorników wody pitnej lub do celów przeciwpożarowych.

Dobierając izolację fundamentów, czy zagłębionych części budynków, należy pamiętać, że na te elementy oddziałuje nie tylko woda, ale także mróz i para wodna. Czynniki te nie są obojętne pod względem chemicznym, ponieważ zawierają agresywne związki pochodzenia organicznego. Wskutek podciągania kapilarnego są one transportowane do górnych partii budynku i w efekcie pojawiają się wysolenia, odpada farba lub tynki. Należy także pamiętać o aspekcie termiki budowlanej. Zawilgocony mur lub strop diametralnie traci izolacyjność termiczną.

Biorąc pod uwagę opisane zjawiska i skutki ich działania, nie należy oszczędzać na materiale hydroizolacyjnym. Od wielu lat na rynku są **ekologiczne hydroizolacje bezrozpuszczalnikowe przeznaczone do wykonywania izolacji piwnic, tarasów**. Starsze, rozpuszczalnikowe mają być wycofane z obrotu w UE. Praca z bitumicznymi materiałami bezrozpuszczalnikowymi jest nieporównywalnie

przyjemniejsza i mniej szkodliwa dla zdrowia. Na odpowiednio wyprofilowane i równe podłoże наноси się środek gruntujący, np. **Sopro KDG 751**, a po jego wyschnięciu **masę uszczelniającą jedno- lub dwuskładnikową**, np. **Sopro KSP 652** lub **KD 754** (w zależności od temperatury). Strefy trudne (styk fundamentu ze ścianą piwnic) należy wcześniej dodatkowo wzmocnić najnowszymi izolacjami mineralnymi, np. **Sopro DSF 523**. Ekologiczne bitumy wyróżniają się niewielkim skurczem, zdolnością przekrywania rys nawet do 5 mm oraz wysoką wydajnością. Na rysunku 1 przedstawiono rodzaje i przeznaczenie hydroizolacji Sopro, na rysunku 2 wykonanie uszczelnienia piwnicy z zastosowaniem produktów Sopro.

W przypadku posadowienia budynku powyżej ustalonego poziomu wody gruntowej możliwe jest zastosowanie najnowocześniejszych **wstęgowych samoprzylepnych hydroizolacji bezrozpuszczalnikowych**, np. **SoproThene**. Dzięki samowulkanizacji osiągają bardzo dużą przyczepność do podłoża (kilkakrotnie większą niż papy zgrzewalne) oraz można je stosować w temperaturze ujemnej (od -5 °C), a dzięki wysokiej odporności na działanie wody układać jednowarstwowo i natychmiast zasypywać



**Rys. 2. Wykonanie hydroizolacji piwnic budynku z zastosowaniem produktów Sopro**

wykop. Jest to szczególnie istotne w przypadku terminowych prac oraz opadów atmosferycznych.

Ze względu na niewielką odporność materiałów wykończeniowych na wilgoć należy pamiętać o uszczelnieniu pomieszczeń wilgotnych w budynku, takich jak: łazienki, pralnie, łaźnie (sauny parowe). Pod wpływem długotrwałego działania wilgoci dochodzi do zmian strukturalnych materiału i powstają gniazda grzybów (gładź gipsowa jest paroszczelna, co uniemożliwia swobodne oddychanie ścian i w efekcie woda utrzymuje się w strukturze tynku gipsowego przez długi okres; w miejscach przeznaczonych pod płytki gładź należy usunąć). Wykonanie hydroizolacji (szczególnie ścian) przestało być problemem po opracowaniu nowej generacji uszczelnień zespolonych. W budynkach indywidualnych stosuje się najczęściej **powłoki na bazie dyspersji polimerowych** (tzw. folie w płynie), np. **Sopro FDF 525**, chociaż wg przepisów niemieckich brodziki z płytek w hotelach muszą być zabezpieczone przeciwwodnymi izolacjami zespolonymi na bazie cementu modyfikowanego tworzywami sztucznymi (**uszczelniające zaprawy elastyczne 1 K lub 2 K**, np. **Sopro DSF 523**). Na rysunku 3 przedstawiono system hydroizolacyjny Sopro przeznaczony do stosowania w łazience.



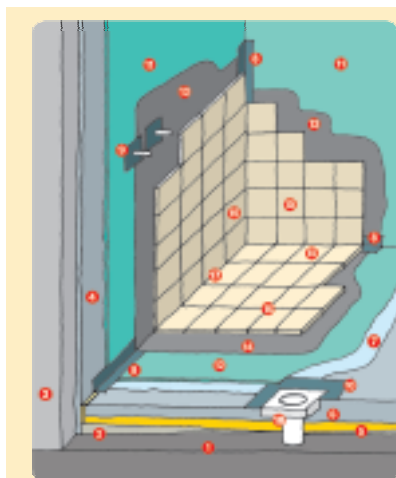
**Rys. 1. Przykłady zastosowania hydroizolacji Sopro w budynku**



Oddzielnym zagadnieniem jest wykonanie wodoszczelnego basenu (fotografia). Teoretycznie jest to możliwe, natomiast praktycznie trudno jest spełnić wszystkie wymagania projektowo-wykonawcze. Najczęściej już próba wodna niecki żelbetowej, która trwa

Jednym z „najtrudniejszych” zastosowań hydroizolacji są zewnętrzne elementy budynku narażone na działanie zmiennych warunków atmosferycznych, a więc balkony, loggie, tarasy na gruncie czy nad pomieszczeniem. Rodzi się często pytanie, dlaczego w Polsce ma-

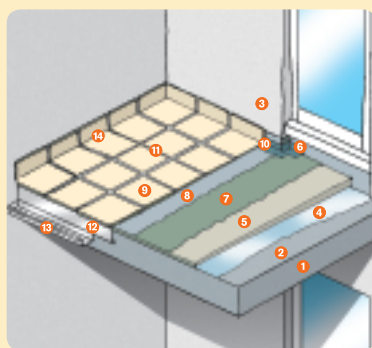
Dobrze, aby były proste w aplikacji i odporne na „błędy wykonawcze”. Firma Sopro Polska Sp. z o. o. proponuje systemy, na które w Polsce udziela gwarancji na 5 lat. W celu ochrony warstw na balkonie znajdujących się pod hydroizolacją (rysunek 4) zaleca stosować hydroizolację podpłytkową z mikrozaprawy Sopro DSF 523 o parametrach dopasowanych do realiów budowlanych panujących na zewnątrz z możliwością pokrywania rys i pęknięć podłoża betonowych do 1,5 mm. Elementami narażonymi na czynniki zewnętrzne pozostają jedynie zaprawy klejowe oraz fugi, stąd przy ich doborze nie można oszczędzać. Ze względu na różne rozwiązania wynikające z projektu oraz układu budynku, umiejscowienie i dobór hydroizolacji jest różny, np. inny w tarasach tzw. odwróconych, a inny w tarasach tzw. zielonych. Wykorzystuje się wtedy bitumiczne hydroizolacje bezrozpuszczalnikowe i wówczas ist-



Rys. 3. Układ warstw w łazience

- 1 beton
- 2 zaprawa wyrównująca ze spadkiem
- 3 mur
- 4 tynk
- 5 ocieplenie
- 6 jastrych cementowy
- 7 podkład gruntujący Sopro GD 749
- 8 taśma uszczelniająca profilowana Sopro DBF 638
- 9 uszczelka ścienna elastomerowa EDMW 081
- 10 uszczelka podłogowa elastomerowa EDMB 082
- 11 elastyczna powłoka uszczelniająca Sopro FDF\*
- 12 zaprawa uszczelniająca Sopro DSF 523
- 13 elastyczna zaprawa klejowa Sopro FF 450 lub zaprawa klejowa wzmocniona Sopro FBK 372 extra
- 14 elastyczna zaprawa klejowa do podłóg Sopro VF 413 (półpłynna)
- 15 płytki ceramiczne
- 16 fuga perlowa Sopro Saphir\* 5
- 17 fuga silikonowa Sopro Silikon
- 18 odpływ podłogowy osadzony na zaprawie żywicznej (Sopro BH 869 z piaskiem w proporcji wagowej 1:3)

min. 2 tygodnie, wykazuje nieszczelności betonu. W związku z tym najczęściej wykonuje się hydroizolację zespoloną na bazie cementu modyfikowanego tworzywami sztucznymi, np. Sopro DSF 523, tworzącą po zaschnięciu powłokę grubości tylko 2 mm. Nakłada się ją na wyrównaną nieckę metodą mechaniczno-natryskową, malarską lub przez szpachlowanie. Produkt jest „trudny do zepsucia” przez wykonawcę, czyli maksymalnie „błędoodporny” przy bardzo wysokich parametrach przyczepności, przekrywania rys i pęknięć betonu rozwartości do 1,5 mm. Możliwość mocowania różnego rodzaju okładzin i w różnych układach pozwala uzyskać nietuzinkowe, trwałe rozwiązania.



Rys. 4. Typowy układ warstw na balkonie

- 1 płyta żelbetowa
- 2 jastrych cementowy
- 3 tynk zewnętrzny
- 4 emulsja przyczepna do szpachli Sopro HE 449
- 5 szpachla wyrównawcza Sopro AMT 468
- 6 taśmy i narożniki uszczelniające Sopro DBF 638 i Sopro EDE
- 7 zaprawa uszczelniająca Sopro DSF 523
- 8 elastyczna zaprawa klejowa Sopro VF 413 lub Sopro FF 450
- 9 płytki ceramiczne
- 10 sznur dylatacyjny
- 11 fuga perlowa Sopro Saphir\* 15 lub fuga szeroka elastyczna Sopro FL-S
- 12 profil brzegowy
- 13 rynna
- 14 fuga silikonowa Sopro Silikon

my tak dużo problemów z balkonami i tarasami? Odpowiedź jest złożona. Wina leży po stronie projektantów i wykonawców, którzy często nie doceniają siły i możliwości destrukcyjnych warunków atmosferycznych. W zależności od regionu w Polsce w ciągu roku mamy 150 – 200 cykli zamarzania i rozmrażania (przechodzenia przez 0 °C), a mrozoodporne materiały budowlane muszą pozytywnie przejść badanie tylko na 25 lub 50 cykli. Następne zjawisko, które przez ocieplenie klimatu pogłębia się, to częstotliwość gwałtownych zmian warunków atmosferycznych. Każda taka zmiana to szok termiczny dla materiałów budowlanych. W wyniku różnic w parametrach rozszerzalności mamy do czynienia z niszczeniem tych elementów. W związku z tym należy stosować układy i rozwiązania materiałowe sprawdzone w naszych warunkach i odporne na destrukcję przez długi czas.

nieje możliwość układania ich bezpośrednio na izolacji termicznej bez obawy o jej trwałość.

**Przy doborze hydroizolacji nie należy się kusić na tańsze zamienniki, które są na rynku od niedawna lub nie są sprawdzone w naszych warunkach. Nie należy też łączyć produktów różnych producentów.**

Tomasz Witeczak  
Doradca techniczny

**Sopro**

Sopro Polska Sp. z o.o.  
tel. 022/335 23 00  
fax 022/335 23 09  
e-mail: biuro@sopro.pl



Przykład zastosowania okładziny wraz z izolacją zespoloną w basenie

# SYSTEMY DACHÓW ZIELONYCH – IZOLACJA W ZGODZIE Z NATURĄ



Firma SOPREMA, światowy lider w produkcji systemów hydroizolacyjnych dla budownictwa i inżynierii lądowej, specjalizuje się w dostarczaniu zaawansowanych technicznie rozwiązań izolacyjnych, również w postaci dachów zielonych – SOPRANATURE.

Głównym priorytetem architektury, uwzględniającym aspekty ekologii, jest „odzyskiwanie” terenów zielonych wykorzystanych pod zabudowę. Jest to realizowane przez projektowanie zieleni na dachach budynków. **W systemach dachów zielonych SOPRANATURE stosowana jest roślinność typu ekstensywnego i półintensywnego** – o bardzo niskich wymaganiach wegetacyjnych. Warto zaznaczyć, że rodzaj użytej roślinności nie ma charakteru typowego ogrodu. Służy przede wszystkim ochronie środowiska – pochłanianiu pyłu i zanieczyszczenia atmosferyczne, ma dużą zdolność do gromadzenia wody (nawet do 50 l/m<sup>2</sup>), a także stanowi dodatkową warstwę izolacji termicznej i akustycznej obiektu. Dzięki zazielenieniu dach jest dużo lepiej zabezpieczony przed promieniami UV, niskimi i wysokimi temperaturami oraz ewentualnymi uszkodzeniami mechanicznymi, co w efekcie przyczynia się do utrzymania wartości inwestycji.

**Roślinność systemów SOPRANATURE typu półintensywnego** składa się z gatunków o zbliżonej charakterystyce do tych występujących w ogrodach tradycyjnych. Ich pielęgnacja jest niezbędna w celu prawidłowego funkcjonowania dachu. Do systemów z takim zazielenieniem należą:



Fot. arch. Ogrodownia

**CENTRUM HANDLOWE ARKADIA**, jedno z największych i najnowocześniejszych w Polsce, ma dach zielony typu ekstensywnego (system Toundra) o pow. 30 000 m<sup>2</sup> w systemie SOPREMA SOPRANATURE, w którego skład wchodzi: papa podkładowa ELASTOPHENE FLAM 25, preparat gruntujący SOPRADERE, papa antykorozyjna SOPRALENE FLAM JARDIN, papa dylatacyjna SOPRAJOINT i WSPORNIKI TARASOWE. Jest to największy tego typu dach w Polsce.

- Green – dywan z darni (fotografia 1);
- Lande – krzewy i małe drzewa (fotografia 2).

**Roślinność systemów SOPRANATURE typu ekstensywnego** adaptuje się progresywnie względem otoczenia i funkcjonuje samodzielnie. Rozwija się w sposób naturalny, bez potrzeby nawadniania. Do systemów z takim zazielenieniem należą:

- Toundra – dywan z rozchodnika (fotografia 3);

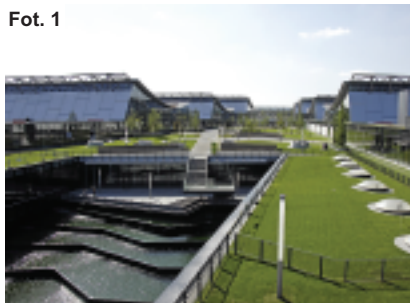
- Step (Garrigue) – kwietna łąka – lekka (fotografia 4);
- Pampa – kwietna łąka (fotografia 5).

Więcej informacji o systemach dachów zielonych SOPRANATURE znajdują Państwo na stronie internetowej: [www.soprema.pl](http://www.soprema.pl)

**Serdecznie zapraszamy do współpracy!**

*mgr inż. Piotr Muszyński*  
Fot. arch. SOPREMA

Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



**SOPREMA**

SOPREMA POLSKA Sp. z o. o.  
tel.: 022 879 90 92, fax: 022 879 84 94  
[biuro@soprema.pl](mailto:biuro@soprema.pl), [www.soprema.pl](http://www.soprema.pl)

# Sprawdzone systemy hydroizolacyjne Remmers

*Życzeniem większości inwestorów i projektantów jest zapewnienie wysokiego standardu wszystkich pomieszczeń użytkowych w budynku, w tym także znajdujących się w piwnicach. Wiąże się to z koniecznością stosowania nowoczesnych hydroizolacji, które skutecznie funkcjonują w każdych warunkach niezależnie od położenia obiektu, intensywności opadów i poziomu wody gruntowej.*



Wprowadzanie kremu iniekcyjnego

## Przepona pozioma przeciw wilgoci podciąganej kapilarnie

Zarówno w przypadku wykonywania izolacji zewnętrznej, jak i wewnętrznej konieczne jest odtworzenie izolacji poziomej w przekroju muru, na odpowiedniej wysokości. W istniejących budynkach bardzo dobrze sprawdzają się **iniekcje bezciśnieniowe lub niskociśnieniowe z zastosowaniem preparatu krzemianowo-silikonowego (Kiesol), koncentratu emulsji siloksanowej (Kiesol IK) oraz kremu iniekcyjnego na bazie emulsji silanowo-siloksanowej.**

**Metody bezciśnieniowe**, czyli tzw. grawitacyjne, cieszą się największym powodzeniem. Skuteczność działania preparatu **Kiesol** stosowanego tą metodą została udowodniona przy stopniu zawilgocenia muru 80%. Średnica otworów wynosi co najmniej 25 mm (najlepiej 30 mm), a odstępy między nimi 10 – 12 cm. Otwory są nachylone i zaleca się, aby przecinały co najmniej dwie warstwy spoiny. Preparat iniekcyjny wlewa się tak długo, aż osiągnie się odpowiednie nasączenie muru.

W przypadku **kremu iniekcyjnego** stosowana jest specjalna odmiana metody bezciśnieniowej. Otwory średnicy zazwyczaj mniej więcej równej szerokości spoiny wierce się poziomo w spoinie. Ich głębokość jest o 3 cm mniejsza od grubości ściany. W przypadku wywiercenia otworów średnicy 24 mm wystarcza jednokrotne napełnianie.

**Iniekcje ciśnieniowe** dają wymagany efekt nawet przy stopniu zawilgocenia powyżej 80% oraz umożliwiają szybsze wykonanie prac. Preparat iniekcyjny podawany jest za pomocą pompy, pod ciśnieniem 5 – 10 barów i musi być ono utrzymywane w każdym pakerze przez ok. 20 minut.

## Pionowa hydroizolacja zewnętrzna

Jako pionowe, przeciwwodne izolacje zewnętrzne bardzo dobrze sprawdzają się **bezszwowe, grubowarstwowe hydroizolacje z nakładanych na zimno mas bitumiczno-polimerowych**. Jednoskładnikowe masy, np. **Profi-Baudicht 1 K**, nakłada się bezpośrednio z pojemnika, bez mieszania. W przypadku wykonywania prac w trudniejszych warunkach atmosferycznych zaleca się stosować produkty dwuskładnikowe, np. **Profi-Baudicht 2 K**.



Przed ułożeniem właściwej hydroizolacji, całą ścianę fundamentową i stykający się z gruntem fragment fundamentu należy odpowiednio zagruntować, a następnie po odczekaniu odpowiedniego czasu nakładać emulsję bitumiczno-polimerową w dwóch warstwach. Grubość warstwy izolacji zależy od zakładanego stopnia obciążenia wodą. W przypadku wilgoci gruntowej i wody nienapierającej zużycie masy wynosi ok. 4 kg/m<sup>2</sup>, a w przypadku wody napierającej co najmniej 5,5 kg/m<sup>2</sup>.

## Hydroizolacja wewnętrzna

Wewnętrzną hydroizolację na powierzchni ścian i posadzek wykonuje się z **cementowych szlamów uszczelniających modyfikowanych tworzywami sztucznymi**. Twardnieją one na wilgotnym podłożu, a po stwardnieniu są z nim trwale związane. Powłoka hydroizolacyjna ze szlamu wysokiej jakości pozostaje wodoszczelna przy stałym naporze wody od strony muru, a jednocześnie jest otwarta na dyfuzję pary wodnej. Przygotowane podłoże gruntuje się preparatem

**Kiesol** rozcieńczonym wodą w proporcji 1 : 1, a następnie nakłada pędzlem 2 – 3 warstwy szlamu uszczelniającego **Sulfatexschlämme**, grubości ok. 1 mm każda, co osiąga się przy zużyciu ok. 2 kg/m<sup>2</sup>. Powłoka grubości 3 mm (3 warstwy, zużycie 5 – 6 kg/m<sup>2</sup>) jest odporna na wodę pod ciśnieniem.

Renowacja ścian piwnicy nie może kończyć się na pokryciu ich warstwą szlamu uszczelniającego. Niezbędnym elementem systemu jest warstwa bardzo porowatego tynku renowacyjnego grubości min. 2 cm.

W celu uniknięcia późniejszych problemów warto jest stosować materiały o właściwościach przewyższających minimum określone w przepisach oraz preferować systemowe rozwiązania, na które udzielana jest dodatkowa gwarancja producenta. W przypadku zastosowania jednego z zaakceptowanych systemów hydroizolacji i wykonywania prac przez autoryzowaną firmę wykonawczą możliwe jest uzyskanie dodatkowej gwarancji firmy **Remmers** nie tylko na zastosowane produkty, ale także na prawidłowe funkcjonowanie hydroizolacji.



REMMERS Polska Sp. z o.o.  
tel. 061 816 81 00; fax 061 816 81 34  
budowle@remmers.pl  
www.remmers.pl

# Rola elementów uzupełniających systemów hydroizolacyjnych na przykładzie izolacji VOLTEX

Rozmawiając z przedstawicielami handlowymi oferującymi różne systemy hydroizolacyjne, często spotykam się ze stwierdzeniem, że oferowana izolacja jest w 100% pewna. Tak naprawdę taki poziom pewności uzyskuje się, i to nie zawsze, tylko w laboratorium. Na placu budowy często osiąga się o wiele niższy współczynnik pewności. W związku z tym wybór systemu izolacyjnego powinien być poprzedzony wnikliwą analizą z uwzględnieniem parametrów technicznych i użytkowych izolacji. Warto także sprawdzić kompletność systemu. Żaden materiał izolacyjny nie występuje samodzielnie, a warunki technologiczne montażu materiałów uzupełniających są o wiele bardziej wymagające niż te, które stawia się materiałem podstawowym. Od skuteczności działania materiałów uzupełniających często zależy szczelność systemu, odpowiadają one bowiem za szczelność „trudnych miejsc” konstrukcji: styków płyty fundamentowej i ściany, narożników, przejść elementów izolacyjnych przez konstrukcje czy przerw technologicznych w betonowaniu.

Wśród systemów izolacyjnych dostępnych na rynku jest grupa produktów wykorzystująca uszczelniające właściwości bentonitów, w której są m.in. igłowane, bentonitowe maty hydroizolacyjne Voltex, dostępne w kilku rodzajach (np. laminowane folią PE – Voltex DS). Mata w odmianie podstawowej powstaje w wyniku zespolenia trzech komponentów: warstwy granulatu bentonitowego, tkaniny i włókniny polipropylenowej, które zapewnia opatentowany proces igłowania, polegający na zaczepianiu specjalnymi igłami włókien ze spodniej włókniny i przeciąganiu ich przez warstwę bentonitu poza tkaninę. W ten sposób osiąga się wzajemne powiązanie geotekstyliów oraz zamknięcie i ściśnięcie bentonitu. Od strony geowłókniny Voltex DS jest dodatkowo laminowany membraną polimerową.

**Mata Voltex jest stosowana głównie do wykonywania izolacji przeciwwodnych budowli podziemnych (tunel, garaże podziemne) lub podziemnych części budowli. Stosuje się ją jako izolację poziomą i pionową. Dzięki wykorzystywanym do produkcji maty komponentom i zastosowanej technologii Voltex charakteryzuje się doskonałymi właściwościami, np. samouszczelniającymi.**

Zakres prac przygotowawczych podłoża jest ograniczony do minimum. Montaż materiału jest prosty i szybki. Mata może być stosowana na wilgotne i mokre podłoża. Nie wymaga wykonywania warstwy ochronnej. Voltex może być układany bez względu na warunki atmosferyczne, nawet w niskiej temperaturze.

W skład systemu wchodzi: granulat bentonitowy, szpachla bentonitowa, taśmy i blachy uszczelniające oraz węże iniekcyjne. Granulat bentonitowy jest stosunkowo rzadko stosowany. Bentonit w postaci granulatu wykorzystuje się czasami np. przy uciążeniu izolacji wychodzącej spod płyty z izolacją pionową. Najczęściej granulat wykorzystuje się do przygotowywania szpachli bentonitowej.



Izolacja pionowa ściany fundamentowej z maty wykonywana zimą



Uszczelnianie przejścia instalacyjnego szpachlą bentonitową

Szpachla bentonitowa może być dostarczana na budowę w gotowej postaci lub przygotowywana przez wymieszanie granulatu z wodą. Stosuje się ją np. do wyrównywania powierzchni pod maty bentonitowe oraz do uszczelniania miejsc nacięć maty (narożniki) i przejść np. elementów instalacyjnych przez izolację. Szpachla może być używana w takich samych warunkach jak mata, również w niskiej temperaturze. Szpachlowane miejsca najczęściej przykrywa się dodatkową taśmą z maty. W ten sposób chroni się szpachlę przed wymywaniem i wysychaniem. W przypadku stosowania gotowej szpachli takie zabiegi nie są konieczne.

Do uszczelnień przerw technologicznych w betonowaniu firma Cetco Poland, producent maty Voltex, poleca kilka produktów. Obecnie najczęściej stosowane są taśmy bentonitowe Waterstop RX. Taśma o przekroju prostokątnym powstaje przez połączenie bentonitu z kauczukiem butylowym. Może być stosowana w takich samych warunkach jak izolacja podstawowa z maty. Montowana jest przez przybijanie lub klejenie do elementów konstrukcji lub instalacji. W przypadku możliwości wystąpienia warunków, w których taśma mogłaby ulec zbyt szybkiej aktywacji, należy zastosować taśmę o opóźnionym działaniu Waterstop RX DH. Waterstop RX jest też stosowany do uszczelniania przejść instalacyjnych. Cetco Poland poleca również uszczelnienia z blachy pokrytej bentonitem Cetflex i węże iniekcyjne, które również nie wymagają specjalnych warunków stosowania.

\* \* \*

*Jak widać, producent maty Voltex dostarcza nie tylko podstawowy materiał hydroizolacyjny o dużej skuteczności działania, ale całą technologię jego stosowania. Materiały uzupełniające można stosować w takich samych warunkach jak izolację podstawową. Dlatego osoba dokonująca wyboru systemu hydroizolacji, która rozpatruje go pod kątem kompletności oraz możliwości wykorzystania w trudnych warunkach, może być pewna, że dokonany pod względem technicznym wybór jest optymalny.*

CETCO Poland Sp. z o.o.  
tel. +48 89 624 73 00; fax +48 89 624 73 01  
e-mail: [biuro@cetco.pl](mailto:biuro@cetco.pl); [www.cetco.pl](http://www.cetco.pl)

# Nowości w ofercie Izolacji – Matizol S.A.



W sezonie budowlanym 2009 firma **Izolacja – Matizol S.A.** wprowadza do swojej oferty nową papę zgrzewalną – **GORDACH MONO EXTRA WZM PYE PV250 S56**, która uzupełni dotychczasowy asortyment pap modyfikowanych tej firmy (tabela 1).

Mimo że obecny asortyment pap modyfikowanych Izolacji – Matizol S.A. umożliwi inwestorom wielowariantowy wybór pokrycia, w zależności od wymagań konkretnego zadania inwestycyjnego, warunków technicznych przetargu lub możliwości finansowych inwestora, to jednak coraz szerszy wachlarz zastosowań oraz względy ekonomiczne wywołują popyt na asortymenty pozwalające bardziej precyzyjnie dokonać wyboru produktu pod nowe inwestycje czy planowane remonty (jednowarstwowy system, możliwość zgrzewania lub mocowania mechanicznego).

Tak więc wprowadzona do produkcji papa zgrzewalna **GORDACH MONO EXTRA WZM PYE PV250 S56** dobrze uzupełnia ofertę. Jest to papa asfaltowa modyfikowana elastomerem SBS, grubości 5,6 mm, na osnowie włókniny poliestrowej o gramaturze 250 g/m<sup>2</sup>, giętkości w niskiej temperaturze –25 °C. Wierzchnia strona papy pokryta jest gruboziarnistą posypką mineralną, wzdłuż jednej z krawędzi znajduje się pas szerokości ok. 12 cm bez posypki, a spodnia strona zabezpieczona jest przekładką antyadhezyjną w postaci folii z tworzywa sztucznego.

**Papa GORDACH MONO EXTRA WZM PYE PV250 S56 przeznaczona jest do wykonywania:**

- jednowarstwowych pokryć dachowych;

- wierzchniej warstwy wielowarstwowych pokryć dachowych;
- nowych i renowacji starych pokryć dachowych.

Papę układa się metodą zgrzewania lub mocuje mechanicznie. Ze względu na zastosowaną osnowę, charakteryzuje się doskonałymi właściwościami fizykomechanicznymi (tabela 2), m.in. odpornością na odkształcenia trwałe; przebicie; pęknięcia wywołane ruchami podłoża oraz odpornością na warunki klimatyczne i czynniki biologiczne.

**Tabela 2. Dane techniczne papy GORDACH MONO EXTRA**

Właściwości	Wymagania
Giętkość w niskiej temperaturze	≤ -25 °C
Trwałość	(100 ± 10) °C
Maksymalna siła rozciągająca – kierunek wzdłuż – kierunek w poprzek	(1100 ± 150) N/50 mm (850 ± 150) N/50 mm
Wydłużenie przy maksymalnej sile rozciągającej – kierunek wzdłuż – kierunek w poprzek	(65 ± 15)% (65 ± 15)%
Wodoszczelność w 10 kPa	wynik pozytywny
Reakcja na ogień	klasa E
Wytrzymałość na rozdzielanie gwoździem – kierunek wzdłuż – kierunek w poprzek	(350 ± 50) N (350 ± 50) N
Odporność na obciążenie statyczne	≥ 20 kg
Odporność na uderzenie	≤ 1500 mm
Wytrzymałość złącza na oddzielenie – siła maksymalna – zakład podłużny – zakład poprzeczny	(250 ± 50) N/50 mm (200 ± 50) N/50 mm
Wytrzymałość złącza na ścinanie – zakład podłużny – zakład poprzeczny	(950 ± 150) N/50 mm (1050 ± 150) N/50 mm

**Tabela 1. Struktura asortymentu produkcji pap modyfikowanych**

Nazwa wyrobu	Rodzaj osnowy – gramatura	Grubość [mm]	Giętkość w niskiej temperaturze [°C]
Gordach Extra WZ PYE PV200 S52	włóknina poliestrowa – 200 g/m <sup>2</sup>	5,2±5%	≤-25
Gordach Standard WZ PYE PV200 S5	włóknina poliestrowa – 200 g/m <sup>2</sup>	5±5%	≤-20
Gorplast Super WZ PYE PV200 S48	włóknina poliestrowa – 200 g/m <sup>2</sup>	4,8±5%	≤-10
Gorplast Super WZ PYE PV200 S52	włóknina poliestrowa – 200 g/m <sup>2</sup>	5,2±5%	≤-10
Gorbit Super Plus WZ PYE PV180 S52	włóknina poliestrowa – 180 g/m <sup>2</sup>	5,2±5%	≤-5
Gorbit Super WZ PYE PV150 S48	włóknina poliestrowa – 150 g/m <sup>2</sup>	4,8±5%	≤-5
Gorbit Standard WZ PYE PV140 S40	włóknina poliestrowa – 140 g/m <sup>2</sup>	4,0±5%	≤-5
Gordach Mono WZM PYE PV250 S52	włóknina poliestrowa – 250 g/m <sup>2</sup>	5,2±5%	≤-5
Welpplast Super WV60 PYE S42	welon szklany – 70 g/m <sup>2</sup>	4,2±5%	≤-5



**Automatyczna pakowarka wraz z obkurczarką do palet**

W porównaniu z papą GORDACH MONO nowa papa **GORDACH MONO EXTRA** cechuje się:

- zwiększoną zawartością masy asfaltowej (większa grubość);
- lepszymi parametrami wytrzymałościowymi;
- zwiększoną elastycznością.

Gwarancja na szczelność pokrycia wynosi 10 lat.

Oprócz poszerzenia asortymentu produkcji nowością jest również **zmiana systemu pakowania rolek papy**. Zastosowano nową automatyczną pakowarkę wraz z obkurczarką do palet. W efekcie uzyskano lepszą jakość pakowania.



**Izolacja – Matizol S.A.**  
tel. (18) 35 48 100  
fax (18) 35 48 101  
sekretariat@matizol.com.pl  
www.matizol.com.pl

# Elektroniczne systemy osuszania murów

**Firma BTM – DR JURKIEWICZ, działająca na rynku od ponad 20 lat, świadczy usługi w zakresie: elektronicznego osuszania murów; osuszania pomieszczeń; wykonywania izolacji ekologicznych; odwodnień; drenażu; badań i ekspertyzy zawilgoconych obiektów. Pierwsza w Polsce wprowadziła na rynek elektroniczne systemy osuszania murów RONDON (system szwajcarski) i MUR-TRONIC (system francuski). Są to bezinwazyjne metody zabezpieczania budowli przed wilgocią podciąganą kapilarnie, wykorzystujące emisję fal elektromagnetycznych.**

Fale wysyłane są do zawilgoconych murów ze specjalnego urządzenia umieszczonego centralnie w obiekcie. Ze względu na rodzaj urządzenia, jego zasięg mierzony średnicą koła wynosi: 20, 30, 40 i 50 m. Różnica pomiędzy systemami polega na tym, że system szwajcarski jest zasilany prądem stałym z baterii bądź instalacji, a system francuski ziemskim polem magnetycznym. Skuteczność systemów wynika z faktu, że oddziałują one na bezpośrednią przyczynę zawilgocenia, czyli układ napięć elektrycznych, które powstają w zawilgoconym murze. Neutralizacja tego układu w wyniku oddziaływania fal elektromagnetycznych powoduje, że zostaje zlikwidowana przyczyna zawilgocenia i mur wysycha w naturalny sposób. Koszty zainstalowania systemu są niewspółmiernie niskie w porównaniu z innymi metodami, które ingerują w strukturę muru.

Zawilgocony i zasolony mur można porównać do baterii akumulatora: dolna jego partia naładowana jest dodatnio, a górna ujemnie. Powstaje więc naturalny przepływ prądu od (+) do (-) i siła unosząca molekuly wody do górnej partii muru. Badania wykazały, że istnieje zależność intensywności pól elektromagnetycznych i różnicy potencjału mierzonej pomiędzy dolną partią wilgotnego muru a górną suchą stre-

fą. W obecności pola elektromagnetycznego napięcia mierzone w murze mogą osiągnąć wartość 400 – 500 mV. Wydaje się ono dostateczne, aby wytworzyć siłę zdolną do podniesienia wody w murze na wysokość 2 m. Tak powstała siła ma moc znacznie większą niż siła kapilarna lub siła elektroosmotyczna. Wykazano także, że w wyniku neutralizacji pól elektromagnetycznych następuje spadek napięcia początkowego z 400 – 500 mV do 100 mV. Dzięki temu daje się powstrzymać wznoszenie kapilarnie wody. Pola elektromagnetyczne mogą więc decydować o rozmiarach i skali występowania zjawiska podciągania kapilarnego wody. Nietrudno więc zrozumieć, dlaczego i w jaki sposób procesy elektrofizyczne są skutecznym środkiem w walce ze szkodliwym oddziaływaniem tego zjawiska.

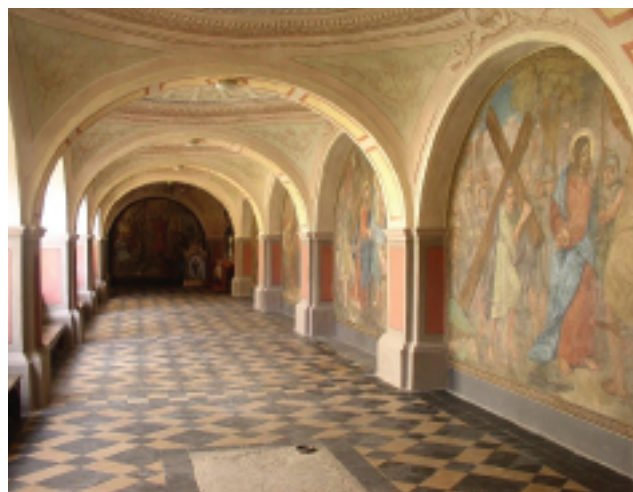
Wśród ostatnich realizacji na szczególną uwagę zasługuje **ochrona krypt – nekropolii Radziwiłłów w Nieświeżu na Białorusi i krypty Rodziny Fredry w Rudkach na Ukrainie**. W obydwu przypadkach zastosowano system MUR-TRONIC. Równie spektakularne było zastosowanie systemu RONDON w **Rotundzie N. M. Panny na Wawelu**, gdzie skuteczność osuszania była monitorowana przez pomiary wilgotności powietrza. Inne **przykłady obiektów, w których zastosowano systemy RONDON i MUR-TRONIC**: zamek w Malborku; siedziby Archiwów Państwowych w Warszawie, Krakowie, Gdańsku, Łodzi; zamek w Spytkowicach; kamienice wspólnot mieszkaniowych w Krakowie i Warszawie; Pałac Potockich – siedziba Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego w Warszawie; kościół w Drohobyczu na Ukrainie; kościół farny w Poznaniu; kościoły w Rychtalu i w Żninie; muzeum w Pile; Teatr Narodowy w Warszawie; hotel Le Regina w Warszawie.

\* \* \*

**Elektroniczne systemy osuszania murów RONDON i MUR-TRONIC pozwalają na skuteczne zabezpieczenie muru przed podciąganiem kapilarnym wody i na trwałe wpięły się w grupę polecanych rozwiązań. Komplikacje mogą wystąpić w przypadku, gdy nakładają się na siebie różne przyczyny zawilgocenia i wówczas niezbędne jest wykonanie innych zabiegów. Systemy RONDON i MUR-TRONIC spełniły swoją rolę w wielu obiektach, w których niemożliwe było zastosowanie tradycyjnych technologii, np. obiektach zabytkowych ze względu na grubość i strukturę muru.**

**BTM**  
JURKIEWICZ  
BADANIA . TECHNOLOGIE . MATERIAŁY

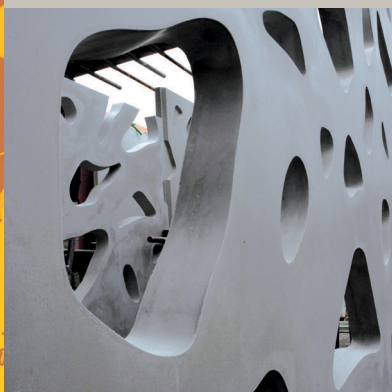
BTM – DR JURKIEWICZ  
tel. 0602 134 273, tel./fax 22/651 58 23  
www.btmjurkiewicz.pl, jurkiewicz@idzik.pl



Freski w zespole klasztornym w Kcyni (od 10 lat chronione systemem RONDON)

# Najlepsze rozwiązania dla nowoczesnej prefabrykacji betonowej

CHRYSO®Dem  
Środki  
antyadhezyjne



CHRYSO®Fluid Premia  
Superplastyfikatory nowej  
generacji



CHRYSO®Fibre  
Włókna  
syntetyczne



CHRYSO®Fuge  
Domieszki  
uszczelniające



CHRYSO®Plast Alpha  
Domieszki do elementów  
wibroprasowanych



CHRYSO®Deco Lav  
Dezaktywatory  
powierzchni

We have the solutions to build  
the future you imagine

**CTC**

CENTRUM TECHNOLOGICZNE CHRYSO

CHRYSO Polska Sp. z o.o.  
ul. Wiśniowa 40B/14  
02-520 Warszawa  
Tel.: +48 (022) 542 42 45  
Fax: +48 (022) 542 42 46

**CHRYSO**

CHEMIA - ROZWIĄZANIEM  
DLA PRZEMYSŁU BUDOWLANEGO

[www.chryso.pl](http://www.chryso.pl)

dr hab. inż. Paweł Łukowski\*

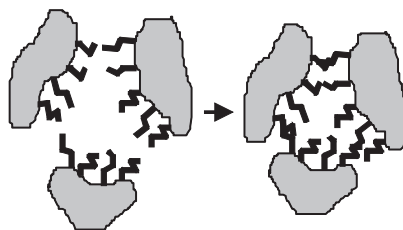
# Kierunki rozwoju domieszek do betonu

**B**etony z domieszkami stanowią obecnie zdecydowaną większość wszystkich wykonywanych betonów (w krajach wysoko rozwiniętych – nawet ponad 80%). Domieszki do betonu, tzn. modyfikatory dodawane w ilości nieprzekraczającej 5% masy cementu, stanowią jedną z najszybciej rozwijających się grup materiałów budowlanych, mimo to wiele zagadnień związanych z tym sposobem modyfikacji betonu pozostaje wciąż nie do końca rozstrzygniętych. Można oczekiwać więc, że ich stopniowe rozwiązywanie będzie skutkowało dalszym rozwojem zarówno samych domieszek, jak i technologii betonu. Badania domieszek do betonu przynoszą efekty w postaci coraz większych możliwości kształtowania cech betonu zgodnie z potrzebami jego użytkowników.

## Rozwój domieszek upłynniających

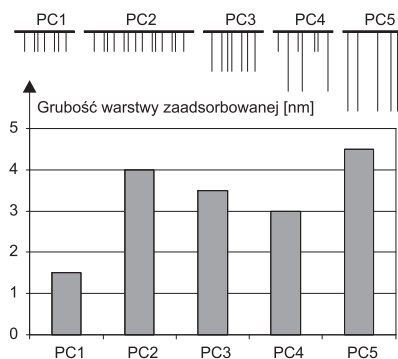
Domieszki upłynniające nadal są w centrum zainteresowania ośrodków badawczych na świecie, zwłaszcza w kontekście zastosowania do betonów wysokowartościowych, w tym samozagęszczających się. Zagadnieniu racjonalnego projektowania, na poziomie struktury łańcuchów polimerowych, skutecznych superplastyfikatorów nowej generacji poświęcony był m.in. duży projekt badawczy w ramach 5. Europejskiego Programu Ramowego, realizowany przez ośrodki z 6 krajów. Potwierdzono, że długość i struktura głównych i bocznych łańcuchów polimerowych w domieszkach nowej generacji (działających wg mechanizmu sterycznego – blokowanie możliwości zbliżania się ziaren cementu do siebie, a w efekcie ich niepożądanego aglomeracji – rysunek 1), wpływają na efektywność działania superplastyfikatora (rysunek 2). Najbardziej podatne na kształtowanie wewnętrznej struktury są polikarboksylany.

Nadal jednym z głównych problemów pozostaje utrzymanie konsy-



Rys. 1. Steryczny mechanizm działania domieszki upłynniającej nowej generacji

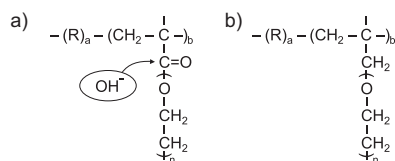
stencji mieszanki betonowej przez dłuższy czas. Domieszki upłynniające nowej generacji wyraźnie przewyższają pod tym względem tradycyjne superplastyfikatory, jednak zdolność do utrzymania poprawionej konsystencji mieszanki betonowej przez domieszkę jest zróżnicowana w zależności od natury chemicznej polimeru. Jeżeli łańcuchy boczne są przyłączone do łańcucha głównego przez wiązanie estrowe, to w alkalicznym środowisku zaczynu cementowego może ono stosunkowo szybko ulegać hydrolizie, skracając czas efektywnego działania domieszki. Znacznie korzystniejsze jest przyłączenie łańcucha bocznego bezpośrednim wiązaniem przez politlenek etylenu (rysunek 3) – taki kopolimer jest trwalszy i może działać skutecznie przez ponad 2 h. W ten sposób projektowanie i wytwarzanie nowoczesnych domieszek do betonu staje się domeną nanotechnologii.



Rys. 2. Grubość warstwy domieszki zaadsorbowanej na powierzchni ziaren cementu przy różnych strukturach łańcuchów polimerowych (wg Y. F. Housty i innych)

## Nowe odmiany domieszek kompleksowych

Domieszki wielofunkcyjne (o więcej niż jednym działaniu podstawowym wg PN-EN 934-2) jeszcze kilka lat temu wydawały się tracić pozycję na rzecz elastycznie dozowanych domieszek jednofunkcyjnych. W ostatnim czasie domieszki te odzyskują swoje miejsce na rynku modyfikatorów betonu. Są coraz częściej stosowane np. w przypadku betonowania pod wodą (artykuł E. Horszczaruk w tym numerze na str. 42). Nowym obiecującym rodzajem **domieszki kompleksowej jest domieszka łącząca działanie upłynniające z działaniem przeciwskurczowym (SRA – shrinkage reducing admixture)**. Taki modyfikator powstaje, gdy np. do cząsteczki superplastyfikatora poliakrylanowego nowej generacji dołączy się dodatkowy łańcuch polimerowy działający jak SRA. W środowisku zasadowym, na skutek hydrolizy

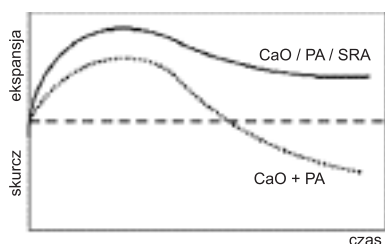


Rys. 3. Uproszczona budowa strukturalna domieszek upłynniających nowej generacji: a) łańcuch boczny przyłączony przez wiązanie estrowe, podatne na hydrolizę w środowisku zasadowym; b) łańcuch boczny przyłączony trwałym wiązaniem przez politlenek etylenu

wiązania estrowego, łańcuch „przeciwskurczowy” jest uwalniany, po czym zmniejszając napięcie powierzchniowe wody porowej, umożliwia skuteczne działanie (kompensację skurczu utwardzania betonu) kolejnemu składnikowi domieszki kompleksowej, którym jest środek ekspansywny zawierający CaO (rysunek 4). Taka domieszka pozwoliła m.in. (wg M. Collepardi) na wykonanie monolitycznej płyty żelbetowej (posadzka przemysłowa na zewnątrz budynku) o powierzchni ok. 800 m<sup>2</sup> wg uproszczonej technologii – bez złączy dylatacyjnych i bez mokrej pielęgnacji.

\* Politechnika Warszawska





Rys. 4. Zmiany objętości betonu zawierającego domieszkę przeciwskurczową i domieszkę upłynniającą (CaO + PA) oraz betonu zawierającego domieszkę kompleksową upłynniającą-przeciwskurczową (CaO/PA/SRA) (wg M. Collepardięgo)

gnacji, a jedynie z początkowym przykryciem folią polietylenową. Wytrzymałość na ściskanie betonu wynosiła ok. 30 MPa, w płycie nie stwierdzono żadnych rys skurczowych. **Upłynniająco-przeciwskurczowa domieszka kompleksowa** wykazuje ponadto przewagę nad tradycyjnymi domieszkami typu SRA ze względu na pewne komplikacje technologiczne związane ze stosowaniem tych ostatnich. Ostatnio stwierdzono, że mogą one opóźniać hydratację cementu i narastanie wytrzymałości betonu, ponieważ zmniejszają rozpuszczalność alkalicznych składników cementu w wodzie zarobowej. Z tego względu zaleca się dodawać domieszkę przeciwskurczową do mieszanki najpóźniej, jak to jest możliwe.

### Inhibitory korozji stali zbrojeniowej

Wiele uwagi poświęca się domieszkom typu inhibitory korozji stali zbrojeniowej. Zgodnie z ISO 8044 1989 definiuje się je jako środki zmniejszające szybkość korozji przy braku znaczących zmian stężenia czynników korozyjnych (co jednoznacznie wyklucza z grupy inhibitorów wszelkie środki powłokotwórcze lub uszczelniające, które blokują dostęp wody, tlenu i/lub jonów chlorkowych do zbrojenia).

Inhibitory korozji stali najczęściej klasyfikuje się ze względu na metodę wprowadzania do żelbetu, jako:

- domieszki wprowadzane do mieszanki betonowej podczas wytwarzania betonu;
- domieszki wprowadzane do betonu stwardniałego, jako tzw. migrujące inhibitory korozji (MCI – migrating corrosion inhibitors).

Obecnie najczęściej stosowanymi inhibitorami korozji stali zbrojeniowej w żelbecie są aminy i etanolaminy (np. dimetyloetanolamina, DMEA) należące do substancji organicznych, zaś fluorofosforany (np.  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ ) i azotan(III), przede wszystkim wapnia i sodu z grupy związków nieorganicznych.

Zaletą inhibitorów korozji stali jest względnie niski koszt i łatwość stosowania w porównaniu z innymi metodami ochrony zbrojenia. Wciąż jednak pozostaje wiele nierozstrzygniętych pytań i wątpliwości. Do najczęściej podnoszonych należą:

– czy inhibitory są w stanie powstrzymać już rozpoczęty proces korozji zbrojenia?

– jakie jest niezbędne stężenie inhibitora przy powierzchni stali i czy w każdym przypadku jest ono możliwe do osiągnięcia – zwłaszcza w przypadku MCI?

– czy inhibitory nie powodują szkodliwych skutków ubocznych dla betonu?

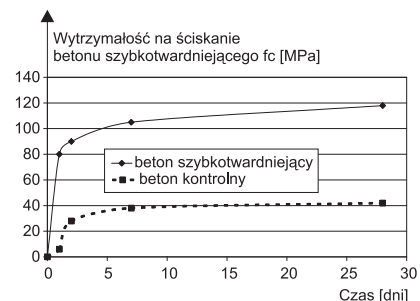
Odpowiedź na pierwsze z powyższych pytań, mimo pewnych obiecujących wyników badań laboratoryjnych, jest zazwyczaj negatywna. Pozostałe zagadnienia są przedmiotem intensywnych badań.

### Inne osiągnięcia w dziedzinie domieszek do betonu

Domieszki do betonu są przedmiotem nieustających badań, które przynoszą nierzadko zaskakujące wyniki, pozwalające na coraz skuteczniejsze modyfikowanie betonu i dostosowywanie jego właściwości do potrzeb użytkowników. Uważa się, że domieszki upłynniające, zwłaszcza nowej generacji, opóźniają wiązanie betonu. Jednak właściwy dobór składników mieszanki oraz superplastyfikatora może pozwolić na niezwykle szybkie wykonywanie konstrukcji betonowych. Badacze włoscy (m.in. S. Cangiano) donieśli o wzniesieniu niewielkiego (< 10 m rozpiętości) obiektu mostowego w pobliżu Bressii w ciągu jednej doby. Następnego dnia po wykonaniu prac na moście odbywał się już normalny ruch drogowy. Uzyskanie mieszanki samozagęszczalnej o bardzo niskim w/c (0,25 – 0,27) i bardzo szybki przyrost wytrzymałości betonu (rysunek 5) umożliwiły poliakrylanowa domieszka upłynniająca o zwię-

ryfikowanej kompatybilności z zastosowanym cementem oraz starannie dobrane stos okruszowy.

**Sole litu**, z których najczęściej stosuje się azotan (V), zapobiegają korozji wewnętrznej betonu powodowanej alkaliczną reakcją kruszywa. Sądzi się, że mechanizm tej ochrony polega na



Rys. 5. Przyrost wytrzymałości na ściskanie betonu szybkoztwardniejącego (wg S. Cangiano)

tym, że jony  $\text{Li}^+$  zastępują jony  $\text{Na}^+$  i  $\text{K}^+$  w powstającym żelu krzemianowym, a krzemian litu (sól kompleksowa) jest mniej rozpuszczalny w wodzie niż krzemiany sodu i potasu. Co więcej, podczas badań wykazano również, że korzystne działanie soli litu nie ogranicza się do ochrony betonu przed korozją wewnętrzną; azotan(V) litu powstrzymuje także tworzenie się w betonie opóźnionego etryngitu, zmniejszając skutki korozji siarczanowej.

Badając skutki wprowadzenia do betonu **silanowej domieszki hydrofobizującej**, zauważono, że ma ona odmienny wpływ na korozję zbrojenia w żelbecie w zależności od stanu betonu. W betonie niezarysowanym lub zarysowanym w małym stopniu silan powstrzymuje korozję stali, ponieważ jako domieszka hydrofobizująca (uszczelniająca) zapobiega kapilarnemu podciąganiu i transportowi wody do strefy zbrojenia. Natomiast w betonie zarysowanym korozja zbrojenia ulega w tych warunkach przyspieszeniu, ponieważ tlen, jako gaz, dyfunduje szybciej przez otwarty system porów, kiedy nie są one wypełnione wodą (po hydrofobizacji) niż w przypadku, gdy pory byłyby wypełnione wodą przy braku hydrofobizacji. Ten mechanizm pozwala uświadomić sobie, jak różnorodne czynniki należy uwzględniać, przewidując efekty działania modyfikatorów betonu.

(dokończenie na str. 53)



# Nowy rozdział w rozwoju Dyckerhoff Polska

**Dyckerhoff Polska Sp. z o.o.**, (dawniej Cementownia Nowiny) nowoczesna firma z siedzibą w Sitkówce k/Kielc, istnieje na rynku materiałów budowlanych w Polsce od 1965 roku. W naszej działalności koncentrujemy się na **produkcji cementów, mieszanek budowlanych oraz betonu towarowego**. Cementownia

w Nowinach zaliczana jest do grona najnowocześniejszych zakładów produkcyjnych w Europie. Jesteśmy znanym i cenionym producentem cementów, kojarzonych z dobrą marką i najwyższą jakością. Produujemy cement spełniający światowe standardy jakościowe. Produkcję i sprzedaż betonu towarowego realizujemy

poprzez węzły betoniarskie zlokalizowane w większości miast położonych na terenie południowej i centralnej części Polski. Nasze Centrum Technologiczne Betonu prowadzi profesjonalne usługi doradztwa w zakresie zastosowań cementów i betonu. Posiadamy wdrożony i ciągle doskonalony system zarządzania jakością

## Rozpoczął się nowy rozdział.

Dyckerhoff Polska jest innowacyjnym producentem cementu i betonu oraz ważną częścią grupy Buzzi Unicem. Nowe logo przedstawia wspólną wizję i cele, które przekroczą geograficzne granice.

**Dyckerhoff**  
**cement ■ beton**



zgodny z normą ISO 9001:2000. Od 1996 roku należymy do międzynarodowego koncernu **Dyckerhoff AG** z siedzibą w Wiesbaden w Niemczech, obecnie będącego częścią włoskiej grupy **Buzzi Unicem**. Koncern Buzzi Unicem SpA z siedzibą w Casale Monferrato we Włoszech działa w 11 krajach, zatrudnia ok. 12000 pracowników i jest zaliczany do grona największych producentów materiałów budowlanych na świecie. Dzisiejszy kształt grupy to rezultat długiego procesu zdobywania, ugruntowywania doświadczeń i korzystania z synergii całej organizacji dla jej ciągłego rozwoju.

Korzystając z wiedzy i potencjału światowego koncernu, **Dyckerhoff Polska Sp. z o.o.** stosuje najnowocześniejsze standardy produkcji i metody zarządzania obowiązujące w całej grupie. Kładziemy duży nacisk na zrównoważony rozwój obejmujący ochronę środowiska naturalnego, bezpieczeństwo i warunki pracy pracowników, a także partnerskie relacje z otoczeniem firmy i lokalną społecznością.



Obecnie obie firmy – **Dyckerhoff AG** i **Buzzi Unicem** – rozpoczęły wdrażanie wspólnego wizerunku łączyąc różne kultury i doświadczenia oraz kreującą nową tożsamość wizualną podkreślającą spójną strategię wszystkich przedsiębiorstw grupy. Nowe logo Dyckerhoff Polska Sp. z o.o. odzwierciedla przynależność do międzynarodowej grupy, stanowi deklarację jedności i tożsamości z koncernem.

Jasne cele, stabilne zarządzanie oraz dostęp do know-how koncernu stanowią potwierdzenie i gwarancję strategii Dyckerhoff Polska Sp. z o.o. jako wiarygodnego partnera. Wprowadzany nowy wizerunek rozpoczął także nowy rozdział w rozwoju firmy.

Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony internetowej:

[www.dyckerhoff.pl](http://www.dyckerhoff.pl)



# Dyckerhoff Polska

dr inż. Elżbieta Horszcaruk\*

# Domieszki i dodatki do betonów podwodnych

**B**etony podwodne nowej generacji (ang. *underwater concrete*, *UWC*) to wieloskładnikowe betony cementowe o zdolności do samozagęszczania. Przy ustalaniu ich składu podstawę stanowią wymagania dotyczące właściwości reologicznych mieszanek UWC, które pokrywają się z zaleceniami stawianymi mieszankom samozagęszczalnym. Dodatkowe wymagania jakościowe i ilościowe stawiane składnikom betonów podwodnych są uwarunkowane czynnikami zewnętrznymi (ciśnienie i temperatura wody) oraz technologią układania betonu.

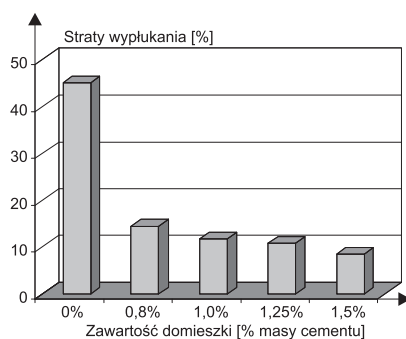
Prawidłowo zaprojektowane mieszanki UWC powinny charakteryzować się:

- zdolnością do samoczynnego zagęszczenia i wypoziomowania;
- odpornością na wyflukanie i segregację podczas betonowania podwodnego, tak aby straty były jak najmniejsze;
- zdolnością do maksymalnego odpowietrzania się podczas betonowania;
- niezmiennością konsystencji podczas transportu i układania.

## Domieszki stabilizujące

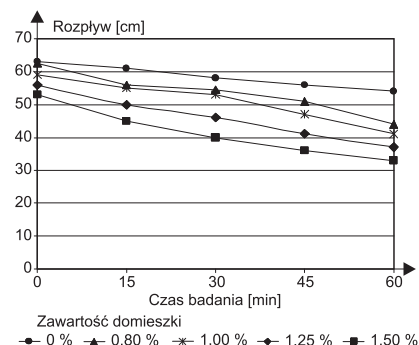
Domieszki stabilizujące zwiększają spoiłość mieszanki betonowej oraz zapobiegają samoczynnemu wydzielaniu się z niej wody i wymywaniu cementu podczas betonowania pod wodą (rysunek 1). Wprowadzono je do stosowania na początku lat osiemdziesiątych XX w. Ze względu na początkowe przeznaczenie wyłącznie do betonów podwodnych, nazywano je **domieszkami antyrozplywowymi** (ang. *antiwashout admixtures* – AWA). Korzystne właściwości mieszanek betonowych modyfikowanych domieszkami stabilizującymi powodują, że zakres ich zastosowania jest obecnie znacznie większy i obejmuje różnego rodzaju betony specjalne, takie jak np. samozagęszczalne, natryskiwane, o zwiększonej pompowalności.

\* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

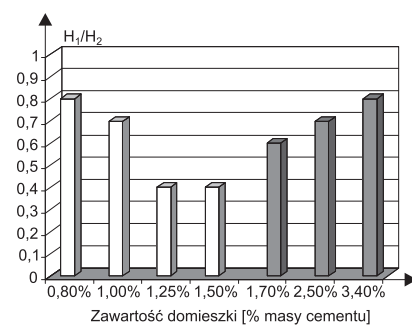


Rys. 1. Wpływ ilości domieszki stabilizującej na straty wyflukania mieszanki betonowej

Najczęściej jako domieszki stabilizujące stosuje się **rozpuszczalne w wodzie polimery, zwłaszcza polisacharydy (pochodne celulozy lub skrobi) polialkohol winylowy i kopolimery styrenowo-karboksylowe**, a także materiały nieorganiczne o dużej powierzchni właściwej, np. **bentonity** lub **pył krzemionkowy**. Domieszkę stabilizującą dodaje się do suchych składników mieszanki, najczęściej w ilości 0,8 ÷ 1,5% masy cementu. Jej zawartość należy dobrać w taki sposób, aby ograniczyć do minimum straty wyflukania mieszanki podczas betonowania, przy zachowaniu właściwości reologicznych mieszanki umożliwiających układanie betonu np. za pomocą pomp. Zgodnie z amerykańskimi wytycznymi, straty wyflukania mieszanki UWC nie powinny przekraczać 12% masy całkowitej w przypadku betonów zwykłych i 8% w przypadku betonów wysokowartościowych. Inną metodą kontroli spójności składników mieszanki UWC jest tzw. **bleeding test** (wg ASTM C232-07). W przypadku zwykłych mieszanek UWC, ilość odsączonej wody (określona metodą A wg ASTM C232) powinna być mniejsza niż 2%, a w przypadku mieszanek wysokowartościowych niż 0,5%. Wraz ze wzrostem zawartości domieszki stabilizującej pogarsza się zdolność do samozagęszczania mieszanki: zmniejsza rozplyw (rysunek 2) i dynamika przepływu (rysunek 3). W celu utrzymania wymaganych właściwości reologicznych mieszanek UWC należy stosować domieszki redukujące ilość wody (domieszki upłyn-

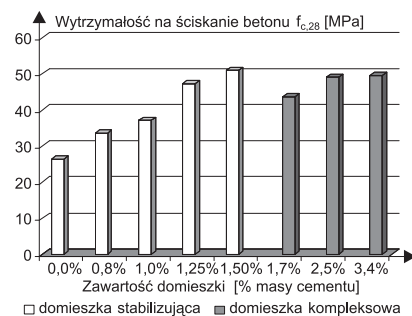


Rys. 2. Wpływ ilości domieszki stabilizującej na rozplyw mieszanek UWC



Rys. 3. Wpływ rodzaju i ilości domieszki na przepływ mieszanki UWC przez zbrojenie w aparacie L-box

niające). Zastosowanie domieszki stabilizującej do betonów podwodnych powoduje wzrost wytrzymałości na ściskanie w porównaniu z wytrzymałością betonu niemodyfikowanego (rysunek 4), wytrzymałości na rozciąganie i modułu sprężystości oraz zmniejszenie nasiąkliwości, jednak zmiany te nie są tak znaczne jak w przypadku wytrzymałości na ściskanie.



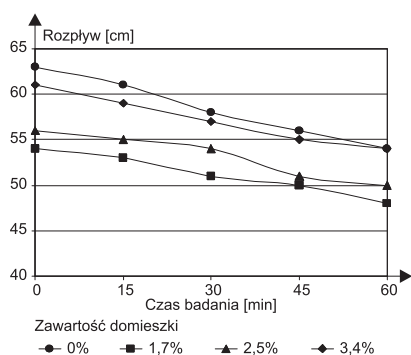
Rys. 4. Wpływ rodzaju i ilości domieszki na wytrzymałość na ściskanie betonów podwodnych

## Domieszki upłynniające

W celu uzyskania betonu podwodnego zwykłego, odpornego na segregację i wypłukiwanie składników podczas układania mieszanki i po wbudowaniu, należy stosować **domieszki uplastyczniające, tzw. plastyfikatory**. Nadanie mieszance zdolności do samozagęszczania wymaga jednak zastosowania **domieszek upłynniających, tzw. superplastyfikatorów** (silnie redukujących ilość wody w mieszance). Są one niezbędnym składnikiem betonów podwodnych wysokich wytrzymałości, gdyż przy niskim współczynniku woda/spoiwo ( $w/s = 0,35 - 0,40$ ) uzyskanie wymaganej płynności mieszanki jest – wobec konieczności stosowania domieszki stabilizującej – niezwykle trudne. Ze względu na efektywność działania oraz wymagany długi okres utrzymania płynności mieszanki (z uwagi na dużą odległość miejsca wbudowania betonu od wytwórni) stosowane są głównie **superplastyfikatory nowej generacji zawierające polikarboksylany, sieciowane żywice akrylowe lub kopolimery kwasu akrylowego**. W przypadku betonów podwodnych istotną jest zależność stopnia upłynnienia mieszanki od jej temperatury oraz ewentualne zmiany czasu wiązania. Ponadto należy zweryfikować doświadczalnie kompatybilność domieszki stabilizującej z zastosowanym superplastyfikatorem. Oceny współdziałania domieszek przeprowadza się na zaprawach normowych lub mieszankach zgodnie z PN-EN 480-1 i PN-EN 934-2 (badania zaczynów nie są wystarczająco miarodajne).

## Domieszki kompleksowe

Zastosowanie domieszki kompleksowej, która **łączy działanie domieszki stabilizującej i upłynniającej**, ułatwia w dużym stopniu projektowanie składu mieszanki do betonowania podwodnego. Domieszki kompleksowe (zwykle w postaci proszku) dodawane są do mieszanki betonowej jako ostatni składnik w ilości  $10 - 25 \text{ kg/m}^3$  i wymagają wydłużenia czasu mieszania o  $15 - 20 \text{ min}$ . Wzrost zawartości domieszki kompleksowej powoduje tylko nieznaczny spadek urabialności mieszanki UWC, która zachowuje zdolność do samozagęszczania (rysunek 5) oraz wzrost wytrzymałości na ściskanie (rysunek 4). Poprawia się również dynamika przepływu przez zbrojenie (rysunek 3).



Rys. 5. Wpływ ilości domieszki kompleksowej na rozptył mieszanki UWC

## Domieszki napowietrzające i opóźniające czas wiązania

Stosowanie domieszek napowietrzających jest zalecane wówczas, gdy beton ma być mrozoodporny. Dobór ilości domieszki napowietrzającej oraz superplastyfikatora i domieszki AWA jest zadaniem trudnym, ze względu na interakcje wszystkich domieszek oraz możliwy negatywny wpływ domieszki napowietrzającej na urabialność mieszanki i wytrzymałość betonu. Domieszki opóźniające czas wiązania stosowane są do betonów podwodnych zazwyczaj wtedy, gdy nowo budowany obiekt jest konstrukcją maszyną. W przypadku konstrukcji średniomasywnych wykonywanych w normalnych warunkach, przy niewielkiej prędkości wody, czas wiązania wynosi  $2 \div 7 \text{ h}$ . Zastosowanie domieszki opóźniającej czas wiązania wymaga doświadczalnego sprawdzenia kompatybilności z pozostałymi modyfikatorami.

## Dodatki mineralne

Skład mieszanki UWC cechuje duża ilość spoiwa, głównie cementu, która wg normy niemieckiej DIN 1045-2 i austriackiej ÖNORM B 4200-10 wynosi minimum  $350 \text{ kg/m}^3$  mieszanki. W zależności od projektowanej klasy zwykłego betonu podwodnego ilość cementu powinna wynosić  $350 \div 500 \text{ kg/m}^3$ , w przypadku betonów podwodnych wysokowartościowych  $450 \div 550 \text{ kg/m}^3$ , a czasem nawet  $600 \text{ kg}$ . W wysokowartościowych betonach podwodnych, ze względu na poprawę właściwości reologicznych mieszanki, a także ze względów ekonomicznych coraz częściej stosuje się dodatki mineralne.

**Pyły krzemionkowe** stosowane do betonów podwodnych dodawane są w ilości nieprzekraczającej 8% masy cementu. Dodatek pyłów krzemionko-

wych powoduje zwiększenie spoiwości i zmniejszenie urabialności mieszanki, a w efekcie podwyższenie wodozadržności. Z drugiej strony zapobiega segregacji składników, zwłaszcza wydzielaniu (odsączaniu) wody. W związku z tym pyły krzemionkowe stosowane są do stabilizacji wysokowartościowych betonów podwodnych.

**Popioły lotne** jako dodatek mineralny typu II powinny spełniać wymagania PN-EN 450. Zalecana przez American Concrete Institute (ACI 546-2R-98) ilość popiołów lotnych stosowana do betonów podwodnych nie powinna przekraczać 20% masy spoiwa. Do mieszanki UWC dodaje się krzemionkowe popioły lotne, które poprawiają ich urabialność (pompałność) j. Mieszanki UWC z popiołami lotnymi wykazują większą spoiwość oraz mniejszą tendencję do odsączania wody, a betony lepsze cechy mechaniczne. Wytrzymałość na ściskanie betonów zawierających do 30% krzemionkowych popiołów lotnych po 96 dniach twardnienia jest wyższa niż wytrzymałość betonu bez dodatku popiołów. Następuje także poprawa odporności na zżycie erozyjne. Pogorszenie cech mechanicznych betonów podwodnych zanotowano natomiast w przypadku dużej zawartości popiołów krzemionkowych (przy substytucji popiołami lotnymi ponad 50% cementu). Popioły lotne z palenisk fluidalnych poprawiają właściwości mechaniczne betonów podwodnych, ale powodują wyraźne pogorszenie urabialności mieszanki betonowej już w przypadku niewielkiej zawartości dodatku (10 – 20%). Niestabilność składu chemicznego oraz możliwość działania korozyjnego sprawiają, że fluidalne popioły lotne nie są stosowane do betonów podwodnych.

## Podsumowanie

Betony podwodne nowej generacji wymagają zastosowania domieszek stabilizujących. Domieszki kompleksowe (wielofunkcyjne) oprócz niewątpliwych zalet technologicznych – mniej składników wymagających dokładnego dozowania – poprawiają urabialność mieszanki betonowej i właściwości mechaniczne betonu. Domieszki do betonów podwodnych są dostępne na polskim rynku od wielu lat, ale możliwości ich wykorzystania w technologii betonu podwodnego (nie tylko w konstrukcjach hydrotechnicznych) są jeszcze mało znane i wykorzystywane w praktyce.

# Innowacyjne rozwiązania **CHRYSO®**

Jednym z głównych obszarów zainteresowania i rozwoju współczesnej technologii betonu jest prefabrykacja ciężka. Produkcja dźwigarów, belek, płyt stropowych i ściennych, elementów kanalizacji i odwodnienia, realizowana w zakładach prefabrykacji stanowi konkurencyjne rozwiązanie w stosunku do produkcji betonu towarowego i formowania elementów „na mokro”.

**Wychodząc naprzeciw wymaganiom dynamicznie rozwijającego się rynku nowoczesnej prefabrykacji betonowej, firma CHRYSO Polska od lat propaguje i wdraża innowacyjne rozwiązania w postaci kolejnych generacji domieszek, włókien i materiałów specjalnych do betonu wraz z wiedzą i doradztwem o optymalnym ich wykorzystaniu.**

**Produkty firmy CHRYSO przedstawiamy zgodnie z ich główną funkcją w betonie prefabrykowanym:**

- **wysoka wytrzymałość wczesna** – asortyment produktów **CHRYSO®Fluid Premia**, czyli domieszek znacznie redukujących ilość wody. Dzięki cząsteczkowej budowie domieszki **Premia** powodują niezwykle silną dyspersję ziaren cementu, co prowadzi do znacznego przyspieszenia reakcji hydratacji w początkowym okresie dojrzewania betonu i w efekcie do uzyskania bardzo wysokiej wytrzymałości wczesnej;

- **zdolność do samozagęszczenia się** – ponownie gama produktów **CHRYSO®Fluid Premia**, czyli wykorzystanie efektu upłynnienia mieszanki, także przy niskiej wartości stosunku woda/cement. Różnorodność domieszek **Premia** pozwala na dobór optymalnego produktu do danego układu składników. W przypadku gdy wymagana jest silna stabilizacja podstawowych parametrów reologicznych mieszanki betonowej, wsparciem dla domieszek **Premia** jest gama domieszek **CHRYSO®Plast V** zwiększających więźliwość wody;

- **ograniczenie nasiąkliwości i przepuszczalności cieczy pod ciś-**

**nieniem** – przede wszystkim gama domieszek zwiększających wodoodporność **CHRYSO®Fuge**. Zastosowanie tych domieszek prowadzi do zmiany struktury (zamknięcia) porów w betonie. Warto je stosować w przypadku redukcji wartości wskaźnika woda/cement za pomocą domieszek **Premia**;

- **odporność na rysy skurczowe** – polimerowe mikrowłókna **CHRYSO®Fibrin 23D**, średnicy zaledwie 18  $\mu\text{m}$ , już przy niewielkim dozowaniu tworzą w dojrzewającym betonie rozwiniętą i jednorodną strukturę. Zadaniem włókien jest ograniczenie lub eliminacja zjawiska występowania rys na skutek wczesnych zmian objętościowych dojrzewającego betonu (skurcz i osiadanie plastyczne, skurcz samoczynny, skurcz przy wysychaniu, skurcz cieplny). Stosowanie mikrowłókien **CHRYSO®Fibrin 23D** jest zalecane szczególnie tam, gdzie dąży się do maksymalnego skrócenia cyklu produkcyjnego, przy stosowaniu obróbki cieplnej i/lub wysokokalorycznych rodzajów cementu;

- **odporność na kruche pękanie** – syntetyczne makrowłókna **CHRYSO®Fibre S25, S40 i S50** zwiększają ciągliwość betonu, co bezpośrednio przekłada się na podwyższenie tzw. wytrzymałości resztkowej i wytrzymałości równoważnej na zginanie. Po zarysowaniu elementy z makrowłóknami syntetycznymi nadal przenoszą obciążenia betonu. Wykorzystuje się to w prefabrykacji betonu przede wszystkim w fazie formowania i transportu elementów, gdy pojawia się schemat obciążeń odmienny od schematu typowego dla fazy eksploatacji. Pozwala to na zwiększenie bezpieczeństwa i ograniczenie liczby elementów wadliwych;

- **estetyka powierzchni** – możliwości uzyskiwania różnorodnych efektów wizualnych są nieograniczone dzięki bogatemu asortymentowi produktów specjalnych: środkom antyadhezyjnym **CHRYSO®Dem**, dezaktywatorom powierzchni **CHRYSO®Deco Lav** i impregnatom. Standardowe już dziś wymaganie powierzchni o dużej gładkości, pozbawionych porów i kawern, można



Ściana z betonu architektonicznego, wykonana w technologii SCC. Szalunki pokryto środkiem antyadhezyjnym **CHRYSO®Dem** Ekla 12

osiągnąć przy zastosowaniu środków **CHRYSO®Dem: Oleo, Bio, Eco** oraz **Ekla**. **CHRYSO®Dem** można stosować w przypadku każdego rodzaju form, warunków formowania i rozformowania oraz rodzaju cementu. Dezaktywatory **CHRYSO®Deco Lav N** i **Lav P** pozwalają uzyskać wymaganą powierzchnię betonu z eksponowanym kruszywem (od piasku po kruszywa grube do 32 mm). Unikalną powierzchnię z jednoczesną jej ochroną (działanie czynników atmosferycznych, mikroorganizmy, oleje) uzyskuje się dzięki środkom **CHRYSO®Deco Mat** czy **Deco Perl**.

# CHRYSO

CHEMIA ROZWIĄZANIEM  
DLA PRZEMYSŁU BUDOWLANEGO

**CHRYSO Polska Sp. z o.o.**  
tel. +48 (022) 542 42 45  
fax +48 (022) 542 42 46  
[www.chryso.pl](http://www.chryso.pl)

# Domieszki chemiczne firmy LUBANTA S.A.

Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Wdrożeniowe LUBANTA S.A. od 1988 r. produkuje domieszki chemiczne do betonu. W br. firma obchodzi 21-lecie działalności na rynku.

**P**rzedsiębiorstwo oferuje m.in.: ZIMOBET, SKORBET, ZIMOBET334, LUBET-C, EKONBET/M-1/Z, BETOSTAT, LUBOPLAST A/B/C/, ZIMOBET334, POSABET. Z dużą satysfakcją informujemy, że domieszki do betonu i zapraw firmy LUBANTA S.A. są znane i obecne we wszystkich rejonach kraju, na budowach o bardzo zróżnicowanym przeznaczeniu i odmiennych wymaganiach technicznych.

Do 2002 r. domieszki naszej spółki zastosowano w przypadku ok. 80% wysokościowców w Warszawie. W budownictwie drogowo-mostowym domieszki LUBANTA S.A. zostały użyte do budowy 8 obiektów mostowych obwodnicy Gniezna, na autostradzie A2, A4, na obwodnicy Śremu, Borka Wielkopolskiego. Obecnie nasze plastyfikatory stosowane są przy budowie obiektów na drodze S11 w pobliżu Poznania oraz obwodnicy Nowych Skalmierzyc i Ostrowa Wielkopolskiego. Inne referencyjne inwestycje to budowa zbiornika Świnna Poręba – ok. 40 tys. m<sup>3</sup> betonu z domieszką BETOSTAT oraz wieża Bazyliki Licheńskiej wysokości 142 m – wykonana od podstaw z betonu bardzo wysokiej klasy uszlachetnionego wyłącznie naszymi domieszkami.

Produkowane przez firmę LUBANTA S.A. **domieszki nowej generacji o działaniu kompleksowym** nie ustępują jakością produktom o podobnym przeznaczeniu, oferowanym przez renomowane firmy zachodnie, a często przewyższają je znacznie lepszymi efektami technicznymi.

**Firma LUBANTA to polski producent, który bazuje na polskiej myśli technicznej.**

Informacje techniczne:  
[www.lubanta.pl](http://www.lubanta.pl)  
**LUBANTA SA**  
 tel./fax 061-813-08-37  
 lub 061-813-08-53  
[info@lubanta.com.pl](mailto:info@lubanta.com.pl)

Hydrobudowa 1 Betoniarnia  
 Laboratorium tel./fax 022-811-46-11



Przykładowe propozycje receptur

Składniki mieszanki betonowej	Projektowane ilości składników [kg/m <sup>3</sup> ]							
	C16/20 S3 XO	C20/25 S3 XC1	C20/25 S3 XC1	C25/30 S3 XC2	C25/30 S3 XF2	C25/30 S3 XF2	C30/37 S2 prefabr.	C40/50 XC2, XC3, S3
CEM II B-S 42,5 Górażdże	200	X	X	X	X	X	X	X
CEM I 42,5 R Górażdże	x	210	215	270	270	310	220	390
Popiół Dolna Odra	60	70	70	80	80	X	80	80
Piasek 0/2 mm	750	730	720	680	670	680	740	520
Żwir 2/8 mm	490	540	540	500	500	520	480	530
Żwir 8/16 mm	680	640	640	670	670	680	700	680
Woda	167	165	167	165	168	159	123	173
LUBET-C	1,2	1,3	X	1,7	X	X	X	X
BETOSTAT	X	X	X	X	1,1	1,4	X	X
SKORBET	X	X	X	X	X	X	5,0	8,0
ZIMOBET	X	X	X	X	X	X	X	X
ZIMOBET334	X	X	X	2,1	X	XX	X	X
Razem [kg/m <sup>3</sup> ]	2348	2356	2354	2367	2359	2350	2348	2381
W/C	0,64	0,58	0,58	0,47	0,48	0,51	0,41	0,37

S2 – opad stożka 10–15 cm, S3 – opad stożka 5–9 cm; XC0 – korozja wywołana karbonatyzacją – środowisko nieagresywne; XC1 – korozja wywołana karbonatyzacją – środowisko suche; XC2 – korozja wywołana karbonatyzacją – środowisko stale mokre; XC3 – korozja wywołana karbonatyzacją – środowisko umiarkowanie wilgotne; XF2 – agresja mrozowa – umiarkowane nasycenie wodą ze środkami odładowymi. Przedstawione receptury mają charakter przykładowy – informacyjny i zostały opracowane na bazie naszej wiedzy i doświadczenia. Receptury te nie są obowiązujące. Powinny być każdorazowo dostosowane do obiektu budowlanego, szczególnych wymagań lokalnych i atmosferycznych.

prof. nzw. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny\*

# Dodatki mineralne – niezastąpione składniki współczesnego cementu i betonu

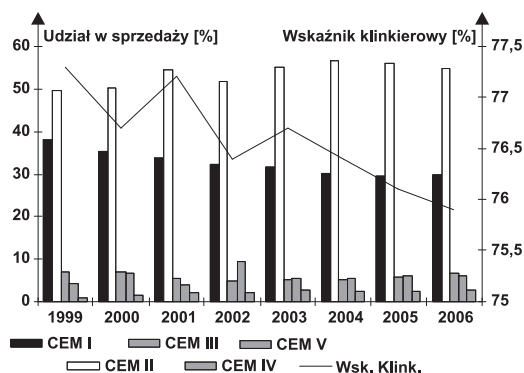
**N**orma PN-EN 197-1: 2002 *Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczącej cementów powszechnego użytku* pozwala na stosowanie dodatków mineralnych do cementu, zarówno jako składnika głównego (> 5,0% masy), jak i drugorzędowego (< 5,0% masy). Z kolei norma PN-EN 206-1: 2003 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* w swoich zapisach zawiera definicję dodatków do betonu oraz określa zasady ich stosowania w składzie betonu.

Nasuwać się pytania: co jest bardziej właściwe – stosowanie cementu z dodatkami (CEM II-CEM V) czy dodatku w składzie betonu? Jakiego rodzaju cementu można stosować w określonych normą PN-EN 206-1:2003 klasach ekspozycji? Czy wszystkie dodatki mineralne będące składnikami cementu mogą być składnikami betonu? Jakiego rodzaju dodatków w składzie betonu? Czy do betonu wykonywanego z cementu zawierającego dodatek mineralny można dodać jeszcze popiół lotny i/lub pył krzemionkowy? Wyjaśnienie tych wątpliwości oraz znajomość zasad stosowania dodatków są ważne dla projektanta, który decyduje, jaki rodzaj cementu i dodatku zostanie zastosowany w danym obiekcie budowlanym oraz dla technologa betonu, który w głównej mierze odpowiada za właściwe zaprojektowanie składu mieszanki betonowej.

## Dodatki mineralne w składzie cementu

Produkcja cementów z dodatkami mineralnymi nabiera coraz większego znaczenia gospodarczego ze względu na wprowadzenie opłat za emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery. Przemysł cementowy

jest jednym z większych emitentów gazów cieplarnianych – w skali światowej jest odpowiedzialny za emisję ok. 2,2 mld t CO<sub>2</sub> rocznie, co stanowi ok. 5% ogólnej ilości CO<sub>2</sub> wprowadzanego do atmosfery. Procesem technologicznym w przemyśle cementowym, w którym powstaje najwięcej CO<sub>2</sub>, jest wytwarzanie klinkieru cementowego w piecu obrotowym, dlatego produkcja cementu portlandzkiego CEM I, zawierającego największą ilość klinkieru, powoduje największą emisję CO<sub>2</sub>. Zwiększenie udziału dodatków mineralnych w składzie cementu i zmniejszenie udziału klinkieru jest zatem rozwiązaniem umożliwiającym obniżenie emisji dwutlenku węgla przez przemysł cementowy. Konieczność ograniczenia tej emisji wpłynęła na asortyment cementów w krajach należących do Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Cementu (rysunek 1). Widoczna jest tendencja do obniżania udziału cementu portlandzkiego CEM I w strukturze produkcji. W 2006 r. udział ten wyniósł ok. 30%. Wzrasta natomiast produkcja cementów portlandzkich wieloskładnikowych CEM II – 56% w 2006 r. Podobny trend można zaobserwować na rynku polskim. O ile w latach 1999 – 2005 udział cementu portlandzkiego CEM I w strukturze sprzedaży wynosił 46 – 48%, o tyle w 2008 r. obniżył się on do poziomu 32,3% (tabela 1). W ostatnich latach nastąpiły także zmiany w rodzajach produkowanych cementów. Są one wynikiem wdrożenia europejskiej normy na cementy powszechnego użytku PN-EN 197-1:2002 oraz modernizacji krajowego przemysłu cementowego (tabela 2). W tabeli 3 określono zgodnie z PN-EN 206-1:2003 i jej krajowym uzupełnieniem, czyli normą PN-B-06265:2004, zakres stosowania



Rys. 1. Wskaźnik klinkierowy oraz udział w sprzedaży cementów w Unii Europejskiej w latach 1999 – 2006

cementów z dodatkami mineralnymi CEM II ÷ CEM V w budownictwie.

Cementy z dodatkami są coraz częściej stosowane w konstrukcjach mostowych, budowie dróg, produkcji prefabrykatów mało- i wielkogabarytowych oraz w produkcji betonów nowej generacji (betony samozagęszczające się SCC, betony wysokowartościowe BWW, fibrobetony). Cementy z dużą zawartością dodatków mineralnych, szczególnie popiołu lotnego i/lub żużla wielkopieczowego, charakteryzują się niskim ciepłem hydratacji (LH) i wysoką odpornością na środowisko agresywne chemicznie (HSR). Trudno sobie dzisiaj wyobrazić możli-

Tabela 1. Struktura rodzajowa sprzedaży cementu w latach 2005 – 2006

Rodzaj cementu	Udział rodzaju cementu w sprzedaży [%]			
	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2008 r.
Cement portlandzki CEM I	45,3	44,7	38,1	32,3
Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II	46,2	46,6	53,1	59,6
Cement hutniczy CEM III	7,7	8,5	7,9	7,6
Inne cementy z dodatkami (CEM IV, CEM V)	0,0	0,0	0,9	0,5

\* Politechnika Śląska w Gliwicach, Górażdże Cement S.A.



**Tabela 2. Asortyment cementów produkowanych przez krajowy przemysł cementowy**

Rodzaj cementu	Asortyment
Cement portlandzki CEM I	CEM I 32,5R; CEM I 42,5N; CEM I 42N-HSR/NA; CEM I 42,5N-NA; CEM I 42,5R; CEM I 42,5R-NA; CEM I 52,5R; CEM I 52,5R-NA
Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A,B	CEM II/A-V 32,5R; CEM II/B-V 32,5R; CEM II-B-V 32,5R-HSR; CEM II/B-S 32,5R; CEM II/B-M(V-LL) 32,5R; CEM II/B-M(S-V) 32,5R; CEM II/A-LL 42,5R; CEM II/A-S 42,5N; CEM II/A-V 42,5R; CEM II/B-S 42,5N; CEM II/B-S 42,5N-NA; CEM II/B-S 42,5R; CEM II/B-S 52,5N
Cement hutniczy CEM III/A, B	CEM III/A 32,5N; CEM III/A 32,5N-LH; CEM III/A 32,5N-LH-HSR/NA; CEM III/A 42,5N; CEM III/A 42,5N-HSR/NA; CEM III/B 32,5N-LH
Cement wieloskładnikowy CEM V/A,B	CEM V/A (S-V) 32,5N-LH

**Tabela 3. Zakres i przykłady stosowania cementów w poszczególnych klasach ekspozycji**

Rodzaj cementu	Zakres i przykłady stosowania
Cement portlandzki żuźlowy CEM II/A,B-S	Wszystkie klasy ekspozycji, z wyjątkiem XA2 i XA3 (potrzebne są cementy siarczanoodporne HSR). Cementy wyższych klas wytrzymałościowych (42,5 i 52,5) są szczególnie zalecane do produkcji dachówki cementowej, betonowej kostki brukowej, krawężników, obrzeży chodnikowych oraz elementów prefabrykowanych. Zalecane także do wykonywania betonów wysokich klas wytrzymałościowych (C40/C50 i wyższych)
Cement portlandzki popiołowy CEM II/B-V 32,5N,R HSR, cement pucolanowy CEM IV/A,B	Niemal wszystkie klasy ekspozycji, z wyjątkiem XF3–XF4 (agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania przy silnym nasyceniu wodą bez środków odładzających, bądź ze środkami odładzającymi lub wodą morską). Cement szczególnie przydatny do wykonywania obiektów narażonych na agresję siarczanową (oczyszczalnie ścieków, budownictwo morskie, roboty górnicze). Cementy tej grupy w klasie wytrzymałościowej 42,5 mogą być stosowane do produkcji galanterii betonowej i w prefabrykacji
Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A,B-M (V, S, L, LL)	Zakres stosowania zależy od składu cementu. Cementy zawierające popiół lotny i granulowany żużel hutniczy mają podobny zakres stosowania jak cement portlandzki żuźlowy CEM II/A,B-S lub cement portlandzki popiołowy CEM II/A,B-V. Cement z dodatkiem kamienia wapiennego (V-LL, S-LL) jest szczególnie przydatny do stosowania w przypadku braku zagrożenia korozją (XO) lub w przypadku korozji spowodowanej karbonatyzacją (od XC1 do XC3). Zalecany do prac murarskich i tynkarskich
Cement hutniczy CEM III/A,B	Wszystkie klasy ekspozycji (w klasach XA2 i XA3 należy stosować CEM III HSR). W klasie XF4 zaleca się stosowanie cementu hutniczego CEM III/A o mniejszej zawartości granulowanego żużla wielkopieczowego (<50%) i zazwyczaj w klasie wytrzymałościowej 42,5. Cementy hutnicze posiadają właściwości specjalne: niskie ciepło hydratacji (LH), wysoka odporność na korozyjne oddziaływanie środowisk agresywnych (HSR) łącznie z agresją alkaliczną (NA). Szczególnie przydatne w budowie fundamentów, wykonywaniu betonów masywnych, zapór wodnych, oczyszczalni ścieków, obiektów morskich i do prac budowlanych w górnictwie. Cement hutniczy CEM III/A,B 42,5 (R,N) może być stosowany w produkcji prefabrykatów i galanterii betonowej
Cement wieloskładnikowy CEM V/A,B	Zakres stosowania zależy od zawartości dodatków mineralnych. Cement CEM V/A może być stosowany we wszystkich klasach ekspozycji z pewnymi ograniczeniami w klasach XF3 i XF4. Cement CEM V/B znajduje zastosowanie do wykonywania betonu w klasach ekspozycji X0 oraz XC1 i XC2. Ze względu na podwyższoną zawartość dodatków mineralnych cement CEM V/B jest przydatny do wykonywania konstrukcji i elementów narażonych na agresję chemiczną (klasy ekspozycji XA1, XA2, XA3). Cement CEM V/A,B wysokich klas (42,5, 52,5) może być wykorzystywany w produkcji betonów wysokich wytrzymałości oraz prefabrykatów i galanterii betonowej

wość wykonania betonowego obiektu masywnego bez zastosowania cementu hutniczego CEM III o niskim ciepłe hydratacji (LH), czy wykonania obiektów betonowych w oczyszczalni ścieków bez zastosowania cementu z dodatkami odpornego na siarczaną (HSR) i o obniżonym ciepłe hydratacji (LH). Stosowanie cementów z dodatkami przynosi nie tylko efekty ekologiczne i ekonomiczne, ale także umożliwia wznoszenie trwałych konstrukcji budowlanych.

### Dodatki mineralne w składzie betonu

Norma PN-206-1:2003 definiuje **dodatek jako drobnoziarnisty składnik stosowany do betonu w celu poprawy pewnych właściwości lub uzyskania przez beton specjalnych właściwości**. Wyróżnia się dwa rodzaje dodatków nieorganicznych do betonu:

- **dodatki prawie obojętne (typ I)**; najczęściej są to pigmenty stosowane do barwienia betonu lub kruszywo wypełniające, np. mączka wapienna;
- **dodatki o właściwościach pucolanowych lub utajonych właściwościach hydraulicznych (typ II)**.

Ilość dodatków typu I lub II w składzie betonu należy określać na podstawie badań wstępnych (załącznik A do PN-EN 206-1:2003). Procedura ta sprowadza się do właściwego zaprojektowania betonu z uwzględnieniem warunków jego pracy. Norma PN-EN 206-1 zaleca określać wpływ dodatków nie tylko na wytrzymałość na ściskanie betonu, ale także na inne właściwości, np. szybkość narastania wytrzymałości, skurcz betonu, mrozoodporność, odporność na agresję chemiczną itp. Jest to właściwe podejście, szczególnie w Polsce, gdzie dosyć rzadko wykonywane są pełne badania cech wpływających na trwałość betonu (odporność na działanie mrozu, odporność na agresję chemiczną, odporność na ścieranie itp.). Dodatki typu II mogą być uwzględniane w składzie betonu po wprowadzeniu współczynnika *k*:

- przez zastąpienie terminu *współczynnik woda/cement (w/c)* terminem

współczynnik  $woda/(cement + k \times do\ datek)$ ;

- przez ustalenie minimalnej zawartości cementu dla danej klasy ekspozycji (p. 5.3.2 normy PN-EN 206-1:2003).

Do najczęściej stosowanych dodatków typu II w produkcji betonów należą **krzemionkowe popioły lotne** oraz **pył krzemionkowy**. W 2007 r. została ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny norma PN-EN 15167-1:2007 *Mielony granulowany żużel wielkopieczowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie. Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności* określająca wymagania stawiane granulowanemu żużlowi wielkopieczowemu jako dodatkowi typu II do betonu.

### Popiół lotny jako dodatek do betonu

Zasady stosowania popiołów lotnych do betonu są zawarte w normie PN-EN 206-1:2003 (tabela 4). Uzupelnienie krajowe PN-B-06265:2004 rozszerza stosowanie współczynnika  $k$  na cementy CEM II/A z wyjątkiem cementu portlandzkiego CEM II/A-V (z wyłączeniem elementów narażonych na oddziaływanie środków odłudzających – klasa ekspozycji XF2, XF3 i XF4 wg PN-EN 206-1). Decydując się na takie rozwiązanie, wzięto pod uwa-

gę warunki klimatyczne panujące w naszym kraju (niska temperatura z częstym przejściem przez 0 °C, stosowanie środków odłudzających). W innych krajach (Czechy, Niemcy, Włochy, Luksemburg, Holandia, Słowacja) stosowanie współczynnika  $k$  rozszerzono także na cementy portlandzkie wieloskładnikowe CEM II/B oraz CEM III.

Popiół lotny stosowany do betonu jako dodatek mineralny typu II powinien spełniać wymagania zawarte w normie PN-EN 450-1:2006 *Popiół lotny do betonu. Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności*. W porównaniu z wcześniejszymi wersjami obowiązująca norma rozszerza zakres wymagań dotyczących popiołu otrzymanego przez współpalanie (spalanie pyłu węglowego z paliwami alternatywnymi, np. z biomasą). Jest to spowodowane wymaganiami Unii Europejskiej dotyczącymi ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (głównie CO<sub>2</sub>) i ochrony naturalnych zasobów paliw kopalnych.

Aktualna norma popiołowa PN-EN 450-1:2006 klasyfikuje popioły lotne w zależności od wielkości strat prażenia (tabela 5 – kategoria A, B lub C) oraz mialkości (tabela 5 – kategoria N i S). **Wysoka zawartość niespalonego węgla** (straty prażenia) zwiększa wodożądność popiołu, a w efekcie może zmniejszać mrozo-

Tabela 5. Klasyfikacja popiołu lotnego wg PN-EN 450-1:2006

Właściwość	Wymagania
Strata prażenia • kategoria A • kategoria B • kategoria C	≤ 5,0% 2,0% + 7,0% 4,0% + 9,0%
Miałkość, pozostałość na sicie o oczkach 0,045 mm przy przesiewaniu na mokro wg PN-EN 451-2 • kategoria N • kategoria S	≤ 40% ≤ 12%
Wodożądność (dotyczy popiołu o mialkości w kategorii S)	≤ 95% wodożądność cementu portlandzkiego CEM I użytego do badań

porność zapraw i betonów z jego udziałem. Przez użycie popiołów lotnych z wysoką zawartością niespalonego węgla zmniejsza się skuteczność działania domieszek, zwłaszcza środków napowietrzających oraz plastyfikatorów i superplastyfikatorów. Straty prażenia w krajowych popiołach lotnych pochodzących z węgla kamiennego, pozyskiwanych w elektrowniach, uległy w ostatnich latach obniżeniu i zazwyczaj nie przekraczają 5%. W przypadku stosowania popiołu lotnego o wysokich stratach prażenia można zaobserwować także wypływanie ziaren niespalonego węgla na powierzchnię betonu, co wpływa niekorzystnie na jego estetykę oraz może utrudniać proces powierzchniowego utwardzania betonu z wykorzystaniem odpowiednich posypek, np. przy wykonywaniu posadzek betonowych z utwardzaniem powierzchni.

**Wpływ uziarnienia** na jakość popiołów lotnych znalazł odzwierciedlenie w podziale popiołów na kategorię **N** i **S**, przy czym za ważną właściwość uznano zmniejszenie wodożądności przez popiół kategorii **S** (tabela 5). Popioły drobne (o bardzo małej pozostałości na sicie 45 μm) charakteryzują się mniejszą zawartością faz krystalicznych i większą zawartością fazy szklistej. Dodatek popiołów drobnych umożliwia zmniejszenie ilości wody zarobowej w mieszance betonowej (rysunek 2), a w efekcie pozwala uzyskać zakładaną konsystencję przy niższym w/c (a zatem wyższą wytrzymałość).

Krzemionkowe popioły lotne, dzięki kulistemu kształtowi ziaren, poprawiają urabialność mieszanki betonowej, co jest istotne zwłaszcza w przypadku be-

Tabela 4. Zasady stosowania dodatków typu II zgodnie z normą PN-EN 206-1 i PN-B-06265

Podstawowe dane	Rodzaj dodatku	
	popiół lotny	pył krzemionkowy
Maksymalna zawartość dodatku w betonie <sup>1)</sup>	popiół lotny/cement ≤ 0,33	pył krzemionkowy/cement ≤ 0,11
Wartość $k$ <sup>2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k = 0,2</math> dla cementu CEM I 32,5</li> <li>• <math>k = 0,4</math> dla cementu CEM I 42,5 i klasy wyższej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k = 2,0</math> dla <math>w/c \leq 0,45</math></li> <li>• <math>k = 2,0</math> dla <math>w/c &gt; 0,45</math> z wyjątkiem klas ekspozycji XC i XF, dla których <math>k = 1,0</math></li> </ul>
Minimalna zawartość cementu	minimalna zawartość cementu dla danej klasy ekspozycji może zostać zmniejszona o ilość: $k \times$ (min. zawartość cementu wg klas ekspozycji -200) kg/m <sup>3</sup> <sup>3)</sup>	minimalna zawartość cementu nie powinna być zmniejszona o więcej niż 30 kg/m <sup>3</sup> dla klas ekspozycji, dla których minimalna zawartość cementu ≤ 300 kg/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> W przypadku wyższej zawartości dodatku w betonie, nadmiaru tego nie należy uwzględniać przy obliczaniu współczynnika  $w/(c + k \times d)$ .

<sup>2)</sup> Zgodnie z krajowym uzupełnieniem PN-B-06265 do normy EN 206-1, przy dodatku: a. popiołu lotnego stosuje się wartości  $k$ :

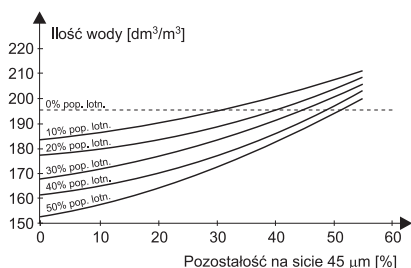
- $k = 0,2$  dla cementu CEM I i CEM II/A klasy 32,5 (z wyjątkiem cementu portlandzkiego popiołowego CEM III/A-V)

- $k = 0,4$  dla cementu CEM I, CEM II/A klasy 42,5 i wyższej (z wyjątkiem cementu portlandzkiego popiołowego CEM III/A-V)

b. pyłu krzemionkowego – dopuszcza się cementy CEM I i CEM II/A, z wyjątkiem CEM III/A-D

<sup>3)</sup> Zmodyfikowana zawartość cementu i zawartość popiołu musi spełniać warunek: zawartość cementu + ilość popiołu > min. zawartość cementu (wg klas ekspozycji, tablica 2 w PN-B-06265)

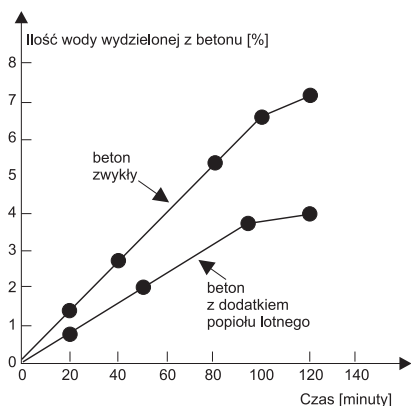
<sup>4)</sup> Zmodyfikowana zawartość cementu i zawartość pyłu krzemionkowego musi spełniać warunek: (cement +  $k \times$  pył krzemionkowy) > min. Zawartość cementu (wg klas ekspozycji, tabela 2 w PN-B-06265)



Rys. 2. Wpływ mialkości popiołu lotnego na niezbędną ilość wody zarobowej w betonie (wg Sear L. K. A.: *Properties and use of coal fly ash*, Thomas Telford, London 2001)

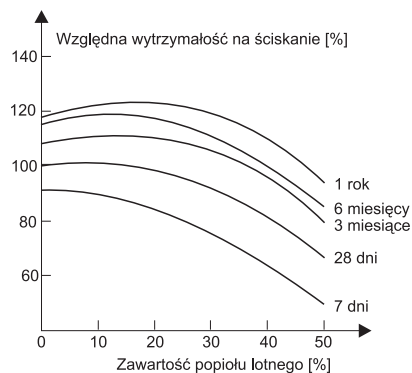
tonów pompowanych (łatwiejsze podawanie betonu wydłuża żywotność pomp i innych urządzeń transportujących). Mieszanka betonowa zawierająca popioły lotne jest spoista i wykazuje mniejszą tendencję do wydzielania mleczka cementowego (rysunek 3). Przy zastąpieniu części cementu popiołem lotnym następuje zmniejszenie wytrzymałości na ściskanie betonu, zwłaszcza we wczesnym okresie twardnienia. W późniejszym okresie dojrzewania (28 dni i dłużej) beton z dodatkiem popiołu lotnego osiąga wytrzymałości zbliżone lub nawet wyższe niż beton bez popiołu (rysunek 4). Dodatek popiołu lotnego, przy jednoczesnym zmniejszeniu zawartości cementu w betonie, powoduje zmniejszenie skurczu betonu.

Beton, w którym znaczną część cementu zastąpiono popiołem lotnym, może we wczesnym okresie dojrzewania wykazywać zmniejszoną odporność na działanie mrozu ze względu na powolny przebieg reakcji pucolanowej i małą szybkość przyrostu wytrzy-



Rys. 3. Ilość wody wydzielonej z betonu bez dodatku i z dodatkiem popiołu lotnego (wg Malhotra V. M., Ramezianpour A. A.: *Fly ash in concrete*. CANMET, Canada, 1994)

małości. Właściwa pielęgnacja betonów cementowo-popiołowych, dojrzewających przez dłuższy okres, może zmniejszyć ten spadek i po upływie 60 ÷ 90 dni twardnienia betony te wykazują dobrą mrozoodporność. Najlepszą metodą poprawy odporności betonu na mróz, w przypadku dodatku popiołów lotnych, jest zmiana jego mikrostruktury w wyniku wprowadzenia domieszek napowietrzających oraz uplastyczniających, które pozwalają na zmniejszenie zawartości wody w betonie i uzyskanie niższego wskaźnika w/c. Beton z dodatkiem popiołu lotnego charakteryzuje się zwiększoną odpornością na korozyjne działanie środowisk agresywnych chemicznie.



Rys. 4. Wpływ dodatku popiołu na wytrzymałość betonu

### Pył krzemionkowy jako dodatek do betonu

Pył krzemionkowy jest produktem ubocznym powstającym w procesie wytwarzania krzemu metalicznego lub jego stopów. Ma on charakter amorficzny i występuje w postaci kuleczek o średnicy mniejszej niż  $10^{-6}$  m. Stosowany w produkcji betonu powinien spełniać wymagania określone w normie PN-EN 13263-1:2006 *Pył krzemionkowy do betonu. Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności*. Zasady jego stosowania w składzie betonu przedstawiono w tabeli 4. Rozszerzenie normy PN-B-06265:2004 dopuszcza stosowanie współczynnika  $k$  w przypadku stosowania pyłu krzemionkowego razem z cementem CEM II/A z wyłączeniem cementu portlandzkiego krzemionkowego CEM II/A-D.

Pył krzemionkowy może być dostarczany jako materiał z elektrofiltrów (filtrów), po obróbce mającej na celu

zwiększenie gęstości nasypowej (aglomeracja ziaren) lub jako zawiesina. Ze względu na bardzo rozwiniętą powierzchnię właściwą, co powoduje dużą wodożądność i trudności w równomiernym rozprowadzeniu mieszanki betonowej, jest zazwyczaj stosowany łącznie z domieszką uplastyczniającą (plastyfikator) lub upłynniającą (superplastyfikator). **Wprowadzenie pyłu krzemionkowego do mieszanki betonowej zmienia jej właściwości reologiczne.** Bardzo drobne cząstki tego dodatku wpływają na zwiększenie spistości i zmniejszenie plastyczności mieszanki betonowej, co skutkuje zwiększeniem wodożądności. Wymaga to stosowania odpowiednich domieszek i wydłużenia okresu zagęszczania (wibrowania). Mieszanka betonowa z pyłem krzemionkowym, zwłaszcza z jego większą zawartością, ma także skłonność do przylegania do ścianek urządzeń transportowych (ścian betonomieszarek, pojemników, deskowań) oraz trudniejsze jest jej odpowietrzenie podczas wbudowywania. W przypadku pyłu krzemionkowego należy się liczyć z użyciem większej ilości środka napowietrzającego w celu osiągnięcia zamierzonego stopnia napowietrzenia. Jest to związane ze zwiększoną spoistością betonu. Z drugiej strony dodatek pyłu krzemionkowego zapobiega segregacji składników i umożliwia podawanie mieszanki betonowej z dosyć dużej wysokości. Napowietrzona mieszanka betonowa jest stabilna, zachowując właściwy układ pęcherzyków powietrza.

Pył krzemionkowy wpływa korzystnie na właściwości wytrzymałościowe betonu. Wzrostowi wytrzymałości na ściskanie towarzyszy wzrost wartości modułu Younga. Należy też podkreślić pozytywny wpływ dodatku pyłu krzemionkowego na trwałość betonu. Beton z dodatkiem charakteryzuje się większą szczelnością, mniejszą nasiąkliwością i dużą odpornością na agresję chemiczną.

### Mielony granulowany żużel wielkopiecowy jako dodatek do betonu

Zgodnie z PN-EN 206-1:2003 **mielony granulowany żużel wielkopiecowy** jest dodatkiem do betonu typu II (obok popiołu lotnego i pyłu krze-

mionkowego) i należy do materiałów o utajonych właściwościach hydraulicznych (dodatek hydrauliczny). Z tego powodu jest on **podstawowym składnikiem cementów portlandzkich wieloskładnikowych CEM II, cementów hutniczych CEM III oraz cementów wieloskładnikowych CEM V**. Szczegółowe wymagania dotyczące składu chemicznego i właściwości fizycznych mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego zawarte są w normie PN-EN 15167-1:2007 *Mielony granulowany żużel wielkopieczowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie. Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności*, zgodnie z którą nie może on zawierać dodatkowych składników z wyjątkiem środków ułatwiających mielenie, o całkowitej zawartości mniejszej niż 1,0%, a zawartość składników organicznych w tych środkach nie powinna przekraczać 0,2% masy żużla. Środki ułatwiające mielenie nie mogą powodować korozji zbrojenia, wpływać negatywnie na właściwości żużla lub właściwości betonu, zaprawy czy zaczynu z jego udziałem.

Istotnym parametrem oceny mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego jest wskaźnik aktywności (tabela 6). Jest to stosunek procentowy wytrzymałości na ściskanie zaprawy wykonanej z użyciem mieszanki 50% (mas.) mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego i 50% (mas.) cementu porównawczego do wytrzymałości zaprawy wykonanej z cementu porównawczego (cement portlandzki CEM I 42,5 lub CEM I 52,5). Zasady stosowania żużla jako dodatku do betonu są sprawą otwartą, gdyż obowiązująca norma betonowa PN-EN 206-1:2003 nie podaje minimalnej ilości cementu w przypadku stosowania mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego w poszczególnych klasach ekspozycji, ani też nie określa wielkości współczynnika *k*. W tym za-

**Tabela 6. Aktywność mielonych granulowanych żużli wielkopieczowych**

Właściwość	Wartości dla żużli krajowych	Wymagania normy
Powierzchnia właściwa [m <sup>2</sup> /kg]	300 – 383	≥ 275,0
Wskaźnik aktywności [%]		
– po 7 dniach	57,3 – 59,0	≥ 45
– po 28 dniach	79,2 – 84,7	≥ 70

kreście trwają intensywne prace grupy ekspertów działających w ramach Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego CEN /TC 104.

### Dodatki do betonów nowej generacji

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie betonami nowej generacji, do których należą: betony wysokowytrzymałościowe i wysokowartościowe (BWW); betony samozagęszczające się (SCC); betony z proszków reaktywnych i fibrobetony (także wysokowytrzymałościowe). Obecnie w praktyce budowlanej największe zastosowanie znajdują betony samozagęszczające się i betony wysokowartościowe. Skład betonów SCC charakteryzuje się dużą zawartością frakcji drobnych, które zwiększają lepkość mieszanki i zmniejszają jej skłonność do segregacji. Ilość frakcji drobnych w betonach samozagęszczalnych uzyskuje się przez wprowadzenie dodatków mineralnych do ich składu. Jedną z najczęściej stosowanych receptur betonu samozagęszczalnego jest kompozycja, w której aktywne mikrokruszywo stanowi krzemionkowy popiół lotny spełniający wymagania PN-EN 450-1:2006. Innymi dodatkami mogą być: mielony granulowany żużel wielkopieczowy; mielony kamień wapienny lub mielony piasek kwarcowy. W celu zwiększenia wytrzymałości dodaje się z reguły pył krzemionkowy. Możliwe jest także równoczesne stosowanie cementu zawierającego popiół lotny, np. cementu portlandzkiego CEM II/A-V 42,5N oraz popiołu lotnego jako mikrowypełniacza.

Do wykonania betonu wysokowartościowego niezbędne jest stosowanie składników o odpowiednich właściwościach. Dotyczy to cementu, kruszywa, dodatków mineralnych, a przede wszystkim domieszek chemicznych, które pozwalają wytwarzać betony o współczynniku w/c ok. 0,3. Tak mały współczynnik w/c zapewnia szczelną mikrostrukturę betonu BWW, co z kolei zapewnia dużą wytrzymałość i trwałość. Ze względu na właściwości, najpopularniejszym dodatkiem mineralnym do betonów BWW jest pył krzemionkowy. W literaturze spotyka się jednak betony BWW zawierające dwa lub więcej dodatków mineralnych, np. pył krzemionkowy i popiół lotny krzemionkowy lub pył krzemionkowy i mielony granulowany żużel wiel-

piecowy. Zazwyczaj do betonów wysokowartościowych dodawane są popioły lotne wysokiej jakości, tj. o bardzo drobnych, sferycznych ziarnach, ze znaczną zawartością fazy szklistej, np. popioły lotne kategorii S. Stosowanie do wytwarzania betonów wysowartościowych popiołów lotnych jest ważne z dwóch powodów: dobrej jakości popioły lotne pozwalają na zmniejszenie zawartości wody w betonie bez utraty urabialności oraz na poprawę wytrzymałości po dłuższym okresie dojrzewania. Przyrost ten jest większy niż w przypadku stosowania tylko cementu portlandzkiego CEM I nawet najwyższej klasy wytrzymałościowej.

W Polsce stosowanie popiołów lotnych do wytwarzania betonów wysokiej jakości napotyka czasem nieuzasadnione merytorycznie bariery. Przykładem jest budownictwo mostowe, w którym specyfikacje techniczne nie pozwalają zastosować popiołu lotnego nawet jako mikrowypełniacza, choć wiadomo, że dodatek ten poprawia urabialność, zmniejsza tendencję do sedymentacji składników betonu, poprawia pompowność betonu oraz zwiększa jego trwałość.

### Podsumowanie

Dodatki mineralne są wartościowymi składnikami cementu i/lub betonu. Zalicza się do nich przede wszystkim popioły lotne, pył krzemionkowy, granulowany żużel wielkopieczowy i mielony wapień (kamień wapienny). Stosowane jako składniki cementu, zapraw i betonu powinny spełniać wymagania normowe i być stosowane wg obowiązujących zasad. Właściwe stosowanie dodatków mineralnych jest korzystne zarówno ze względu na właściwości mieszanki betonowej (konsystencja, urabialność), jak i stwardniałego betonu (odporność na agresję chemiczną, wysoka wytrzymałość po dłuższym okresie dojrzewania).

Wykorzystanie dodatków w procesie produkcji cementu i betonu wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju. Odpowiednie ich stosowanie w składzie cementu i betonu pozwala na optymalizację zużycia klinkieru (zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> oraz zużycia naturalnych surowców kopalnych w produkcji klinkieru cementowego), oszczędność naturalnych zasobów surowców mineralnych i ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne.

dr inż. Elżbieta Gantner\*  
mgr inż. Andrzej Swat\*

# Weryfikacja wyznaczania klasy wytrzymałości betonu wysokiej wytrzymałości

**N**orma PN-EN 206-1:2003 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* została omówiona w pracy zbiorowej pod kierunkiem prof. Lecha Czarnieckiego *Beton wg normy PN-EN 206-1 – komentarz*, opublikowanej w 2004 r. Normy PN-EN 206-1:2003 oraz PN-B-06265:2004, stanowiąca krajowe uzupełnienie tej pierwszej normy, określają usystematyzowane podstawy wytwarzania odpowiednio użytecznego betonu stosowanego w klasach ekspozycji środowiskowej podanych w normie. Użyteczność tę beton ma zachować przez co najmniej 50 lat. Takiego okresu trwałości można się spodziewać, jeżeli w produkcji betonu oraz przy jego komponowaniu zostały zachowane zalecenia i wymagania materiałowo-technologiczne określone w PN-EN 206-1:2003. Wytrzymałość betonu na ściskanie  $f_c$  często jest przyjmowana jako odniesienie do innych właściwości technicznych oraz zachowania się betonu w konstrukcji. Służy też do bieżącej kontroli jakości produkcji, wytwarzania oraz dostaw betonu na budowę. Znaczenie wytrzymałości na ściskanie podkreśla normowe zalecenie zachowania minimalnej klasy wytrzymałościowej w celu zapewnienia odpowiedniego okresu odporności betonu pracującego w zróżnicowanych warunkach eksploatacji.

**Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie zależą od wielu czynników, m.in.:** typu stosowanej próbki; typu formy; pielęgnacji; wykończenia powierzchni; sztywności maszyny wytrzymałościowej; prędkości przykładania naprężenia i rodzaju betonu.

W Wielkiej Brytanii, Niemczech i wielu innych krajach Europy w badaniach wytrzymałościowych stosowane są próbki sześciennie, w Stanach Zjednoczonych, Francji, Kanadzie, Australii,

Nowej Zelandii – walce, a w Skandynawii zarówno kostki, jak i walce.

W Polsce wytwórnie betonu i laboratoria posługują się praktycznie wyłącznie próbkami sześciennymi o boku 150 mm. Norma PN-EN 206-1:2003 mówi, że wytrzymałość na ściskanie należy określać w 28 dniu dojrzewania na próbkach walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm ( $f_{ck, cyl}$ ) lub sześciennych o boku 150 mm ( $f_{ck, cube}$ ), zgodnych z normą PN-EN 12390-1:2001 *Badanie betonu. Część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form* i pielęgnowanych wg PN-EN 12390-2:2001 *Badanie betonu. Część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych*. Dopuszcza inne wymiary próbek pod warunkiem, że z wystarczającą dokładnością ustalono i udokumentowano relacje z wymaganiami normowymi.

Norma PN-B-06265:2004 dopuszcza badanie wytrzymałości na ściskanie betonu zwykłego i ciężkiego wysokiej wytrzymałości na próbkach sześciennych o boku 100 mm pod warunkiem, że maksymalny wymiar ziaren kruszywa w betonie nie przekracza 16 mm. Wytrzymałość określona na podstawie badań takich próbek przelicza się na normowy wymiar próbek sześciennych za pomocą mnożnika 0,95.

W PN-EN 206-1:2003 klasa wytrzymałości na ściskanie betonów zwykłych (o gęstości objętościowej  $\rho > 2000 \text{ kg/m}^3$  i  $\leq 2600 \text{ kg/m}^3$ ) oraz ciężkich (o gęstości objętościowej  $\rho > 2600 \text{ kg/m}^3$ ), w tym: niskiej, średniej oraz wysokiej wytrzymałości, jest oznaczana symbolem:  $C f_{ck, cyl} / f_{ck, cube}$ . Klasy wytrzymałości na ściskanie betonów zwykłych i ciężkich: C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105, C100/115.

W związku z tym, że PN-EN 206-1:2003 dopuszcza określanie klasy wytrzymałości betonu na próbkach walcowych i sześciennych, w Katedrze Inżynierii Materiałów Budowlanych Politechniki Warszawskiej podjęto badania w celu sprawdzenia, czy, niezależnie od zróżnicowanego kształtu próbek wykonanych z tego samego betonu, otrzymane zostaną te same wyniki.

## Opis badań

### Założenia do badań:

- w celu weryfikacji zasad wyznaczania klasy wytrzymałości zaprojektowano i wykonano w warunkach laboratoryjnych beton zgodnie z PN-EN 206-1:2003, o klasie wytrzymałości na ściskanie wyższej niż C 50/60;
- przyjęto jeden stały skład mieszanki betonowej;
- z każdego zarobu wykonano jednocześnie normowe próbki walcowe o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm oraz próbki sześciennie o boku 150 mm;
- próbki wykonano w trzech różnych terminach, zgodnie z zestawieniem przedstawionym w tabeli 1 (po dwa zaroby w pierwszych dwóch terminach i jeden w trzecim terminie);
- prace laboratoryjne wykonywane były przez stały zespół, w tym samym laboratorium, z użyciem tego samego sprzętu. Zachowano stały sposób i dokładność dozowania składników mieszanki, stałą kolejność dozowania, stałe warunki mieszania, formowania i sezonowania próbek;

**Tabela 1. Liczba i rodzaj próbek przeznaczonych do badań**

Rodzaj próbki	Liczba próbek (szt.)	Rodzaj badania po 28 dniach dojrzewania	Uwagi
Sześciian o boku 150 mm, walec $\varnothing 150 \times 300$ mm	6 6	wytrzymałość na ściskanie; gęstość	2 zaroby
Sześciian o boku 150 mm, walec $\varnothing 150 \times 300$ mm	6 6		2 zaroby
Sześciian o boku 150 mm, walec $\varnothing 150 \times 300$ mm	3 3		1 zarób

\* Politechnika Warszawska

• w określeniu klasy wytrzymałości betonu zastosowano kryteria jak dla produkcji początkowej wg PN-EN 206-1:2003.

**Przyjęto następujący skład mieszanki betonowej:**

- cement portlandzki CEM I 52,5R-NA – 500 kg/m<sup>3</sup>;
- pyły krzemionkowe, 10% masy cementu – 50 kg/m<sup>3</sup>;
- grys amfibolitowy: 2/8 mm – 690 kg/m<sup>3</sup>;
- 8/16 mm – 691 kg/m<sup>3</sup>;
- piasek wiślany 0/2 mm – 592 kg/m<sup>3</sup>;
- superplastifikator – 5,52 kg/m<sup>3</sup>;
- woda – 135,4 dcm<sup>3</sup>;
- stosunek woda/spoiwo (cement + pyły krzemionkowe), w/s = 0,25.

**Wykonywanie mieszanki betonowej.** Suche składniki mieszanki betonowej oraz woda dozowane były wagowo z dokładnością do 1 g, natomiast domieszka z dokładnością do 10 mg. Każdy z zarobów wykonywano dwuetapowo z zachowaniem następującej kolejności:

- I etap – przygotowanie zaczynu: woda w ilości ok. 90%; cement + pyły krzemionkowe; domieszka + reszta wody. Czas mieszania – 5 min.
- II etap – wykonanie mieszanki (dodanie kruszywa drobnego, a następnie grubego do zaczynu): piasek 0/2; kruszywo 2/8 i 8/16. Czas mieszania – 5 min.

**Układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej w formach.** Napełnianie form i wibrowanie próbek sześciennych odbywało się w dwóch warstwach, zaś próbek walcowych w trzech. Kształt i wymiary form były zgodne z PN-EN 12390-1:2001. Mieszankę betonową w formach zagęszczano na stole wibracyjnym typu SW1 przez ok. 20 s (nie pojawiło się mleczo cementowe). Po zawibrowaniu próbki zacierano, a następnie oznakowano: cyfry rzymskie I, II i III oznaczają terminy formowania, litera a – pierwszy zarób, litera b – drugi zarób, cyfra arabska w nawiasie – kolejny numer próbki w danym terminie.

**Pielęgnacja próbek.** W pierwszej dobie próbki ustawiono na powierzchni betonowej i przykryto folią, z ustawionym naczyniem z wodą, żeby nie dopuścić do utraty wilgoci. Po 24 h rozformowano je i umieszczono na 27 dni w komorze klimatyzacyjnej w stałej temperaturze +20 °C

i przy wilgotności względnej  $\geq 95\%$  (wg PN-EN 12390-2:2001).

**Przygotowanie próbek do badania.** Próbki walcowe przed umieszczeniem w prasie wytrzymałościowej, zgodnie z normą PN-EN 12390-3:2002 *Badanie betonu, Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania*, poddano szlifowaniu w celu usunięcia niewielkich nierówności i chropowatości.

**Badania wytrzymałości na ściskanie** wykonano po 28 dniach dojrzewania, na prasie typu MCC 66 firmy Controls zintegrowanej z komputerem, odpowiadającej klasie 1 wg PN-EN 12390-4: 2001 *Badanie betonu, Część 4: Wytrzymałość na ściskanie, Wymagania dla maszyn wytrzymałościowych*. Próbki zmierzono i zważono, a następnie po wprowadzeniu danych do komputera próbki sześciennie umieszczono w prasie w pozycji obróconej o 90° w stosunku do kierunku ich formowania i przyłożono osiowo obciążenie. Komputer automatycznie przeliczał siłę niszczącą próbkę na naprężenie (wytrzymałość  $f_{ci}$ ) z dokładnością do 0,1 MPa. Wszystkie badane próbki wykazywały cechy prawidłowego zniszczenia. Na fotografiach 1 i 2 przedstawiono próbki po zniszczeniu, natomiast w tabeli 2 wyniki badań wytrzymałości na ściskanie oraz gęstości próbek sześciennych, a w tabeli 3 próbek walcowych. Wyniki badań poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem oprogramowania Statistica.PL i Microsoft Excel. Wykazała ona, że nie ma istotnej różnicy pomiędzy średnimi wytrzymałościami na ściskanie próbek wykonanych z pierwszych zarobów w trzech różnych terminach (istotność  $p = 0,57382 > 0,05$  w przypadku próbek walcowych i  $p = 0,066165 > 0,05$  w przypadku próbek sześciennych).



Fot. 1. Próbką sześcienna o boku 150 mm po zniszczeniu



Fot. 2. Próbką walcową  $\varnothing 150 \times 300$  mm po zniszczeniu

Tabela 2. Wyniki badania gęstości i wytrzymałości na ściskanie próbek sześciennych o boku 150 mm po 28 dniach sezonowania

Nr próbki	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	Wytrzymałość na ściskanie $f_{ci}$ [MPa]
I a (1)	2530	97,5
I a (2)	2510	93,0
I a (3)	2540	97,0
I b (4)	2490	89,0
I b (5)	2490	94,0
I b (6)	2510	84,5
II a (1)	2480	83,0
II a (2)	2490	82,5
II a (3)	2490	95,0
II b (4)	2490	82,5
II b (5)	2490	83,5
II b (6)	2490	93,5
III a (1)	2530	94,0
III a (2)	2520	101,0
III a (3)	2520	98,0

**Wyznaczenie klasy wytrzymałości betonu z zastosowaniem kryteriów jak dla produkcji początkowej.**

Za produkcję początkową uznaje się produkcję betonu do momentu otrzymania co najmniej 35 wyników badań. Podane w normie PN-EN 206-1:2003 kryteria zgodności wytrzymałości badanego betonu z wymaganą wytrzymałością charakterystyczną  $f_{ck}$  dotyczą wartości średniej wytrzymałości  $f_{cm}$  z  $n$  wyników badania oraz dowolnego pojedynczego wyniku badania wytrzymałości  $f_{ci}$  w danej serii próbek. Wszystkie wartości podawane są w MPa i oznaczane w 28 dniu dojrzewania betonu. Analiza wyników badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzona jak dla produkcji początkowej przy  $n = 3$  próbki w serii i dla próbek walcowych  $\varnothing 150 \times 300$  mm została przed-

Tabela 3. Wyniki badania gęstości i wytrzymałości na ściskanie próbek walcowych  $\varnothing 150 \times 300$  mm po 28 dniach sezonowania

Nr próbki	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	Wytrzymałość na ściskanie $f_{ci}$ [MPa]
I a (1)	2540	67,0
I a (2)	2550	71,5
I a (3)	2550	74,0
I b (4)	2520	60,0
I b (5)	2520	72,0
I b (6)	2520	53,0
II a (1)	2490	64,5
II a (2)	2510	67,0
II a (3)	2510	66,0
II b (4)	2520	65,0
II b (5)	2520	62,0
II b (6)	2490	69,0
III a (1)	2550	56,5
III a (2)	2570	69,0
III a (3)	2510	75,0

stawiona w tabeli 4, a dla próbek sześciennych o boku 150 mm w tabeli 5.

Stosując kryteria zgodności jak dla produkcji początkowej, przyjęte w PN-EN 206-1 po badaniach wytrzymałości na ściskanie próbek walcowych  $150 \times 300$  mm, przyjęto **klasę wytrzymałości C 55/67**, a po badaniach wytrzymałości na ściskanie próbek sześciennych o boku 150 mm – **klasę wytrzymałości C 60/75**.

### Wnioski

- Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono subiektywnego wpływu „czynnika ludzkiego” na jakość wykonania betonu. Potwierdza to przeprowadzona analiza statystyczna wyników badania wytrzyma-

Tabela 4. Kryteria zgodności wytrzymałości na ściskanie próbek walcowych  $150 \times 300$  mm i wyznaczenie klasy wytrzymałości na ściskanie tych próbek (wytrzymałość na ściskanie próbek wg tabeli 3)

Nr próbki	$f_{cm}$ , (n = 3) [MPa]	Kryterium 1 $f_{cm} \geq f_{ck} + 4$ [MPa]	Kryterium 2 $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$ [MPa]
I a (1)	70,83	$\geq 60 + 4$	$\geq 70 - 4$
I a (2)			$\geq 70 - 4$
I a (3)			$\geq 70 - 4$
I b (4)	61,67	$\geq 55 + 4$	$\geq 60 - 4$
I b (5)			$\geq 70 - 4$
I b (6)			$\geq 55 - 4$
II a (1)	65,83	$\geq 60 + 4$	$\geq 60 - 4$
II a (2)			$\geq 70 - 4$
II a (3)			$\geq 70 - 4$
II b (4)	65,33	$\geq 60 + 4$	$\geq 60 - 4$
II b (5)			$\geq 60 - 4$
II b (6)			$\geq 70 - 4$
III a (1)	66,83	$\geq 60 + 4$	$\geq 60 - 4$
III a (2)			$\geq 70 - 4$
III a (3)			$\geq 70 - 4$

łości na ściskanie betonu. Beton wykonany w różnych terminach nie różni się w ocenie statystycznej. Potwierdza to również ocena z porównania wyników badania  $f_c$  próbek wykonanych z pierwszych zarobów w różnych terminach.

- Analiza wyników badań gęstości próbek wykazała, że próbki walcowe i sześciennie charakteryzowały się podobną gęstością. Gęstość próbek walcowych wynosiła  $2490 \div 2570$  kg/m<sup>3</sup>, a sześciennych  $2480 \div 2540$  kg/m<sup>3</sup>.

- Przeprowadzone badania wytrzymałości na ściskanie próbek sześciennych i walcowych wykazały, że uzyskano beton wysokiej wytrzymałości.

- Zapis klasy wytrzymałości betonu ustalony w wyniku badań wyłącznie pró-

Tabela 5. Kryteria zgodności wytrzymałości na ściskanie próbek sześciennych o boku 150 mm (wytrzymałość na ściskanie próbek wg tabeli 2)

Nr próbki	$f_{cm}$ , (n = 3) [MPa]	Kryterium 1 $f_{cm} \geq f_{ck} + 4$ [MPa]	Kryterium 2 $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$ [MPa]
I a (1)	95,83	$\geq 85 + 4$	$\geq 95 - 4$
I a (2)			$\geq 95 - 4$
I a (3)			$\geq 95 - 4$
I b (4)	89,17	$\geq 85 + 4$	$\geq 85 - 4$
I b (5)			$\geq 95 - 4$
I b (6)			$\geq 85 - 4$
II a (1)	86,83	$\geq 75 + 4$	$\geq 85 - 4$
II a (2)			$\geq 85 - 4$
II a (3)			$\geq 95 - 4$
II b (4)	86,50	$\geq 75 + 4$	$\geq 85 - 4$
II b (5)			$\geq 85 - 4$
II b (6)			$\geq 95 - 4$
III a (1)	97,60	$\geq 85 + 4$	$\geq 95 - 4$
III a (2)			$\geq 105 - 4$
III a (3)			$\geq 95 - 4$

bek sześciennych o boku 150 mm nie jest zgodny (nie pokrywa się) z zapisem klasy wytrzymałości ustalonym na podstawie oceny wyników badań wytrzymałości na ściskanie próbek walcowych średnicy 150 mm i wysokości 300 mm.

**Badania przeprowadzone w Katedrze Inżynierii Materiałów Budowlanych wykazały brak spójności w określeniu klas wytrzymałości próbek sześciennych i walcowych wykonanych z tego samego betonu wysokiej wytrzymałości. Przedstawione wyniki uzasadniają podjęcie dalszych badań, uwzględniających betony o zróżnicowanym składzie i charakterystyce.**

*Publikacja została wykonana w ramach pracy statutowej WIL PW realizowanej w 2009 r.*

## Kierunki rozwoju domieszek do betonu

(dokończenie ze str. 39)

P.-C. Aitcin sugeruje, że mimo znaczących postępów badawczych nadal nie w pełni rozumiemy współdziałanie domieszek z cementem. Zagadnienie kompatybilności komplikuje się dodatkowo, gdy pod uwagę trzeba wziąć nie tylko interakcje domieszek z cementem, ale także z innymi, coraz powszechniej stosowanymi składnikami betonu, zwłaszcza z dodatkami mine-

ralnymi, jak: pył krzemionkowy, popiół lotny czy żużel wielkopieczowy (artykuł Z. Giergiczego w tym numerze str. 46). Oprócz innych możliwych skutków ubocznych jednoczesnej obecności w mieszanice dodatków mineralnych i domieszek, ostatnio stwierdzono, że niespalony węgiel zawarty w popiele lotnym (straty prażenia) bardzo wyraźnie pogarsza skuteczność działania

domieszek napowietrzających beton, zarówno pod względem rozmiarów powstających pęcherzyków powietrza, jak i struktury porowatości.

*dr hab. inż. Paweł Łukowski*

*Artykuł powstał częściowo w ramach realizacji grantu statutowego Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.*

# Nowy cement w ofercie Góraźdze Cement S.A. – cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/B-M (S-V) 32,5R

Góraźdze Cement S.A. wprowadza do swojej oferty handlowej cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/B-M (S-V) klasy wytrzymałościowej 32,5 o wysokiej wytrzymałości wczesnej (R). Głównym składnikiem cementu jest klinkier portlandzki, granulowany żużel wielkopiecowy (S), popiół lotny krzemionkowy (V) oraz regulator czasu wiązania (siarczan wapnia). Cement CEM II/B-M (S-V) 32,5R spełnia wymagania norm:

- PN-EN 197-1 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dla cementów powszechnego użytku;
- PN-EN 197-2 Cement. Część 2: Ocena zgodności.

## Właściwości cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R

Dodatki mineralne, takie jak popiół lotny krzemionkowy (V) i mielony granulowany żużel wielkopiecowy (S) stanowią pełnowartościowe składniki cementu, które w znaczny sposób mogą modyfikować jego właściwości i wpływać na parametry mieszanki betonowej oraz betonu. Właściwości cementu portlandzkiego wieloskładnikowego CEM II/B-M (S-V) 32,5R przedstawiono w tabelach 1 i 2.

### Cechy charakterystyczne cementu

#### CEM II/B-M (S-V) 32,5R:

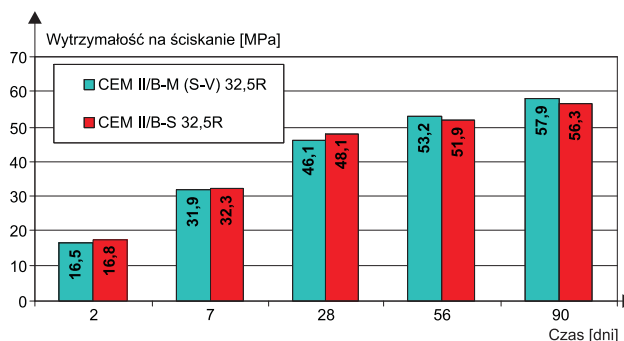
- wydłużony czas wiązania;
- umiarkowana dynamika narastania wczesnej wytrzymałości;
- wysoka wytrzymałość w długim okresie dojrzewania (rysunek 1);
- umiarkowane ciepło hydratacji (rysunek 2);
- niski skurcz;
- dobra urabialność;
- podwyższona odporność na agresję chemiczną.

Tabela. 1. Właściwości fizyczne i mechaniczne cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R

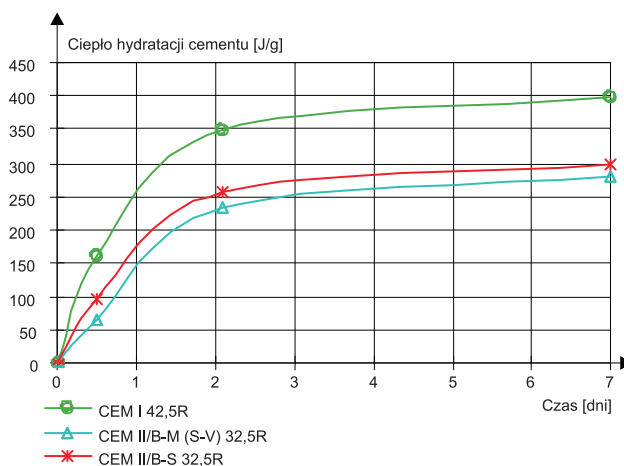
Właściwość	Wymaganie wg PN-EN 197-1	Wyniki badań laboratorium zakładowego
Zmiany objętości, Le Chatelier	max. 10,0 mm	1,0 mm
Początek wiązania	min. 75 min	240 min
Wytrzymałość na ściskanie	po 2 dniach	min. 10,0 MPa
	po 28 dniach	min. 32,5 MPa max. 52,5 MPa
		16,5 MPa 46,1 MPa

Tabela. 2. Skład chemiczny cementu

Składnik	Wymaganie wg PN-EN 197-1	Wyniki badań laboratorium zakładowego
Siarczany (SO <sub>3</sub> )	max. 3,5%	2,6%
Chlorki	max. 0,1%	0,088%



Rys. 1. Wytrzymałość na ściskanie cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R



Rys. 2. Ciepło hydratacji cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R

## Zalecane kierunki stosowania cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R

Podstawowe kierunki stosowania cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R:

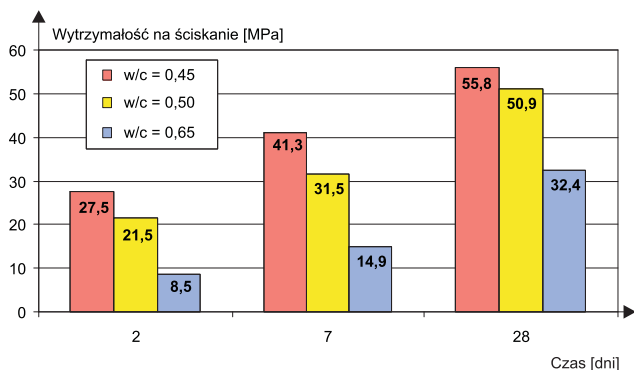
- beton towarowy klas C 8/10 – C 35/45;
- prefabrykaty wielko- i drobnowymiarowe;
- beton komórkowy;
- konstrukcje i elementy prefabrykowane dojrzewające w warunkach naturalnych i w podwyższonej temperaturze;
- beton samozagęszczalny SCC;
- konstrukcje i elementy dojrzewające w warunkach naturalnych i poddawane niskociśnieniowej obróbce cieplnej;
- zaprawy murarskie i tynkarskie;
- stabilizacja gruntu w budownictwie drogowym.



## Pielęgnacja betonu

Osiągnięcie projektowanych właściwości betonu (wytrzymałości – rysunek 3, szczelności, odporności na oddziaływanie czynników korozyjnych), wykonanego z cementów zawierających dodatki mineralne (popiół lotny, granulowany żużel wielkopiecowy), w dużej mierze zależy od prawidłowej pielęgnacji. Stosowane są następujące sposoby pielęgnacji:

- **na mokro** – zraszanie betonu wodą, okrywanie wilgotnymi matami lub geowłókniną;
- **osłony** – okrywanie folią lub płytami z materiałów izolacyjnych (wełny mineralnej lub styropianu), wykonanie namiotu ochronnego w miejscu wbudowania betonu;
- **chemiczne preparaty do pielęgnacji betonu.**



Rys. 3. Wytrzymałość na ściskanie betonu wykonanego z cementu CEM II/B-M (S-V) 32,5R w zależności od wskaźnika wodno-cementowego (w/c) (350 kg cementu na 1m<sup>3</sup> betonu)



## Warunki sprzedaży

**Okres gwarancji** na cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/B-M (S-V) 32,5R wynosi **60 dni od daty wysyłki**. Cement powinien być przechowywany i składowany zgodnie z warunkami określonymi w *Zasadach odpowiedzialności za produkt Górażdże Cement S.A.*

*mgr inż. Tomasz Pużak*  
*mgr inż. Marcin Sokołowski*  
Górażdże Cement S.A.

## Oferta handlowa Górażdże Cement S.A.

### Cement klasy 32,5

- cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/B-M (S-V) 32,5R (luzem)
- cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/B-M (V-LL) 32,5R (w workach)
- cement hutniczy CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA (luzem)

### Cement klasy 42,5

- cement portlandzki CEM I 42,5R (luzem)
- cement portlandzki wapienny CEM II/A-LL 42,5R (luzem i w workach)
- cement portlandzki żużlowy CEM II/B-S 42,5N (luzem)
- cement portlandzki biały CEM I 42,5N (w workach)
- cement hutniczy CEM III/A 42,5N-HSR/NA (luzem)

### Cement klasy 52,5

- cement portlandzki CEM I 52,5R (luzem)

- cement portlandzki żużlowy CEM II/B-S 52,5N (luzem)

**Cement TioCem®** – cement przyjazny środowisku

**Informacji na temat cen oraz warunków sprzedaży i dostaw udziela:**

Dział Sprzedaży Cementu Górażdże Cement S.A.  
tel. (0-77) 446 88 20 – 26, fax (0-77) 453 97 71

**Informacji dotyczących właściwości i zastosowania produktu udziela:**

Dział Badań i Rozwoju Rynku Górażdże Cement S.A.  
tel. (0-77) 446 88 29, 446 88 30, 446 88 16,  
fax (0-77) 446 88 03

**GÓRAŹDŹE CEMENT**  
HEIDELBERGCEMENT Group

prof. dr hab. inż. Jerzy A. Pogorzelski\*

# Koncepcja ocieplenia od wewnątrz ściany zewnętrznej w budynku zabytkowym

**P**rzy termomodernizacji budynków istniejących obniżenie strat ciepła przez ściany zewnętrzne uzyskuje się, wykonując dodatkową izolację cieplną, z reguły na powierzchni zewnętrznej istniejących ścian. Sporadycznie, przez fałszywie rozumianą oszczędność, podejmowano próby nakładania dodatkowej izolacji cieplnej na powierzchni wewnętrznej istniejących ścian. Doświadczenie wykazuje, że w przypadku budynków zbudowanych z materiałów ciężkich i o wysokiej przewodności cieplnej (np. z wielkiej płyty), jest to z reguły źródłem kondensacji pary wodnej i rozwoju pleśni:

- pod dodatkową izolacją cieplną oraz
- na krawędzi dodatkowej izolacji na powierzchni przegród wewnętrznych (ścian działowych i konstrukcyjnych oraz stropów międzykondygnacyjnych), prostopadłych do ścian zewnętrznych.

Kondensacja pary wodnej pod izolacją cieplną wynika z faktu, że beton istniejącej ściany ma duży opór dyfuzyjny w porównaniu z dodatkową izolacją cieplną. Natomiast kondensacja pary wodnej na powierzchni ścian na krawędzi dodatkowej izolacji cieplnej wynika z faktu obniżonego dopływu ciepła od wewnątrz pomieszczenia do powierzchni ściany pod dodatkową izolacją cieplną, co skutkuje obniżeniem temperatury powierzchni wewnętrznej na obwodzie dodatkowej izolacji poniżej punktu rosy powietrza wewnętrznego w przeciętnych warunkach użytkowania pomieszczeń. W konsekwencji, w przypadku ocieplenia ścian od wewnątrz, istniała konieczność nie tylko ponownego wykonania izolacji od strony zewnętrznej, ale również remontu pomieszczeń.

Ocieplanie od wewnątrz ścian zewnętrznych w budynkach istniejących może być konieczne w budynkach zabytkowych, których elewacja jest dobrem chronionym. Tego typu technologię stosuje się od kilku lat z dobrym skutkiem w Niemczech i poza ich granicami przy użyciu specjalnych płyt krzemianowo-wapiennych CALSITHERM KLIMAPLATTE, produkowanych przez firmę CALSITHERM. Spektakularnym przykładem jest ocieplenie zabytkowego Rijksmuseum w Amsterdamie (fotografia 1).

Płyty krzemianowo-wapienne CALSITHERM KLIMAPLATTE stosuje się również podczas termomodernizacji budynków mieszkalnych. Na fotografii 2 przedstawiono budynek mieszkalny należący do osiedla zbudowanego w połowie lat trzydziestych XX wieku.

Płyty krzemianowo-wapienne CALSITHERM KLIMAPLATTE mają Aprobatę Techniczną ITB AT-15-7325/2007, w której podane są podstawowe ich właściwości, m.in.:

- gęstość  $225 \pm 10\%$  kg/m<sup>3</sup>;

\* Politechnika Białostocka



Fot. 1. Rijksmuseum w Amsterdamie [Grunewald J., Ruisinger U., Häupl P., The Rijksmuseum Amsterdam – Hygrothermal analysis and dimensioning of thermal insulation, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, IBK Forschungs und Entwicklungslabor, TU Dresden]

- naprężenie ściskające przy 10% odkształceniu względnym  $\geq 1100$  kPa;
- wygląd – powierzchnia z jednej strony z rowkową fakturą w celu polepszenia przyczepności;
- kapilarne podciąganie wody  $\geq 10500$  g [m<sup>2</sup>·min<sup>1/2</sup>];
- deklarowana przewodność cieplna 0,059 W/(m·K).

Dzięki bardzo szybkiemu podciąganiu kapilarnemu płyty krzemianowo-wapienne nadają się do wykonywania dodatkowej izolacji cieplnej ścian od wewnątrz. W przypadku, gdy nastąpi kondensacja pary wodnej pod izolacją, kondensat wydostaje się na powierzchnię, skąd wilgoć odparowuje. Po wykończeniu płyt CALSITHERM wapienną gładzią szpachlową ściana jest równa i gładka. Na tak przygotowaną powierzchnię należy stosować paroprzepuszczalne farby wapienne i silikatowe o jak najmniejszym współczynniku oporu dyfuzyjnego  $\mu$ . Zalecane są farby wg normy PN EN 1062. Na ścianę można również kleić tapety papierowe (zabronione jest stosowanie tapet winylowych). Dopuszcza się klejenie płytek ceramicznych, ale do 2/3 wysokości czy powierzchni; 1/3 zostawia się na odparowanie wilgoci i „oddychanie” ściany.

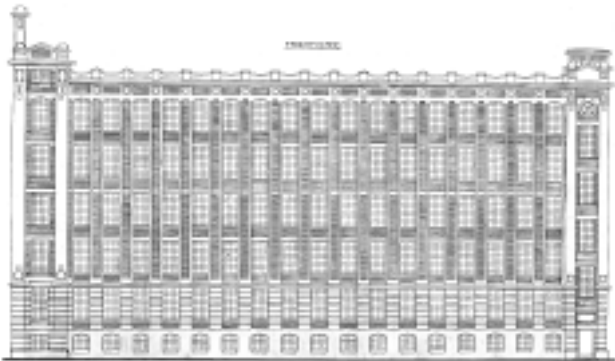


Fot. 2. Budynek mieszkalny w Dreźnie ocieplony od wewnątrz płytami CALSITHERM KLIMAPLATTE

Fot. archiwum CALSITHERM

## Propozycja ocieplenia ścian w budynku „Lofty de Girarda”

Potrzeba wykonania dodatkowej izolacji cieplnej ścian zewnętrznych od wewnątrz wystąpiła w budynku „Lofty de Girarda” w Żyrardowie. Budynek tzw. Nowej Przędzalni Lnu został zbudowany ok. 1910 r. Jest to budynek pięciokondygnacyjny, wysokości kondygnacji po ok. 4,5 m. Ma on konstrukcję żelbetową; pionowy ustrój nośny stanowią cztery rzędy słupów, stropy są płytowo-żebrowe. Ściany zewnętrzne budynku wykonane są w postaci „żyletek” żelbetowych wypełnionych murem ceglany grubości 25 cm (fotografia 3). Obecnie planuje się zmianę funkcji budynku z przeznaczeniem piętter I – IV na mieszkania.

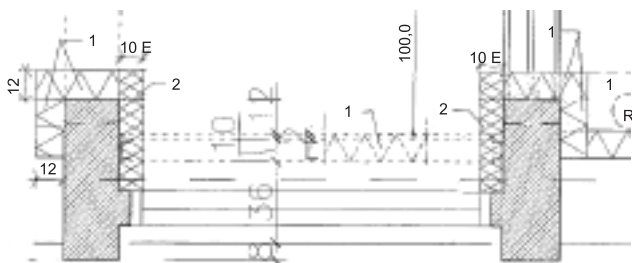


Fot. 3. Elewacja budynku wg dokumentacji archiwalnej

Żeby dostosować budynek do aktualnych wymagań użytkowych stawianych budynkom mieszkalnym, konieczne jest zmniejszenie sezonowego (rocznego) zapotrzebowania na energię, m.in. przez wykonanie dodatkowej izolacji cieplnej przegród i wentylacji dostosowanej do potrzeb. Ze względu na zabytkowy charakter budynku dodatkowa izolacja cieplna ścian musi być wykonana od strony pomieszczeń.

Biuro projektów rozpatrywało wariant wykonania dodatkowej izolacji cieplnej części pełnej ścian: z zastosowaniem styropianu i ekstrudowanej pianki polistyrenowej (rysunek 1 i 2). Styropianem EPS 150 lub EPS 200 grubości 120 mm przewiduje się ocieplenie ściany ceglanej między „żyletkami” żelbetowymi oraz „żyletki” od czoła i na zewnątrz otworu okiennego. Natomiast ekstrudowaną pianką polistyrenową grubości 100 mm będą ocieplane „żyletki” od strony otworu okiennego, a grubości 40 – 60 mm pas stropu od góry i od dołu na szerokości ok. 2 m od ściany oraz fragmenty izolacji ściany (rysunek 1).

Dodatkową propozycję ocieplenia ścian od wewnątrz zgłosiła firma CALSITHERM, z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych CALSITHERM KLIMAPLATTE, która zakłada grubość swojej izolacji na ścianie i na „żyletkach” równą 5 cm.



Rys. 1. Ocieplenie ściany w rzucie poziomym: 1 – styropian EPS 150 lub 200 grubości 150 mm; 2 – polistyren XPS grubości 100 mm

## Ocena zaproponowanych wariantów ocieplenia

Porównując dwa rodzaje ocieplenia: z zastosowaniem styropianu i ekstrudowanej pianki polistyrenowej oraz specjalnych płyt krzemianowo-wapiennych CALSITHERM, stwierdzono, że:

- płyty CALSITHERM gwarantują uniknięcie kondensacji pary wodnej pod izolacją cieplną i na krawędzi izolacji;
- mankamentem izolacji z tych płyt jest uzyskiwanie niedużego przyrostu izolacyjności cieplnej, a w konsekwencji utrzymanie stosunkowo wysokiego wskaźnika sezonowego (rocznego) zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania dla budynku;
- duży przyrost izolacyjności cieplnej można uzyskać, stosując dodatkową izolację cieplną z zastosowaniem styropianu lub ekstrudowanej pianki polistyrenowej, ale sprawdzenia wymaga kondensacja pary wodnej na powierzchni ściany pod dodatkową izolacją cieplną.

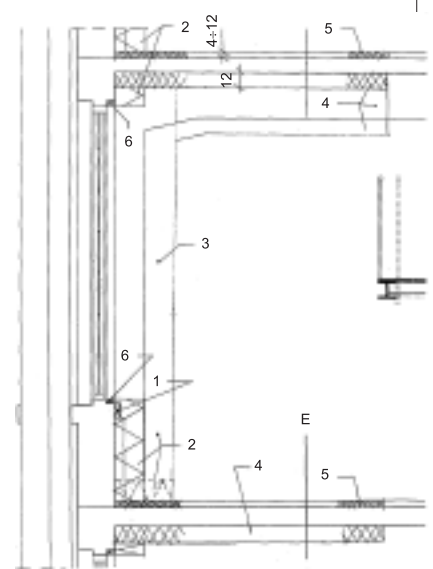
Za wariantem ocieplenia przy użyciu styropianu lub ekstrudowanej pianki polistyrenowej przemawia też znacznie niższa cena.

Autor wykonał sprawdzające obliczenia kondensacji programem WEBER firmy TERRANOVA, przyjmując mur ceglany grubości 25 cm ocieplony od wewnątrz warstwą styropianu grubości 12 cm. Zgodnie z obliczeniami w przegrodzie występuje kondensacja na jednej powierzchni stykowej w zimie (w ilości 27 g/m<sup>2</sup>), ale nastąpi odparowanie kondensatu podczas miesięcy letnich. Takie rozwiązanie nie eliminuje jednak kondensacji na krawędzi izolacji i w miejscach mostków cieplnych wywołanych przez spoiny zaprawy (punkty 2 na rysunku 1). Z tego względu zaleciłem „kombinowany” wariant ocieplenia:

- czołowej powierzchni ścian od wewnątrz styropianem;
- z użyciem płyt CALSITHERM na krawędziach izolacji.

Płaszczyzny ścian zewnętrznych murywnych oraz powierzchni „żyletek” żelbetowych można ocieplić od wewnątrz styropianem EPS 150 grubości 120 mm. Na sufitach należy wykonać izolację z płyt CALSITHERM grubości 5 cm aż do końca skosów w podciągach. Analogicznie należy ocieplić ściany wewnętrzne stykające się z murem ściany zewnętrznej.

Izolację z płyt CALSITHERM należy też włożyć w miejsca oznaczone numerem 6 na rysunku 2. W podłodze zalecono ułożyć warstwę styropianu elastycznego EPS T 30 dB, co również poprawi właściwości cieplne przegrody.



Rys. 2. Ocieplenie ściany w przekroju pionowym: 1 – podokiennik do obcięcia; 2 – styropian EPS 150 lub 200 grubości 150 mm; 3 – polistyren XPS grubości 100 mm; 4 – polistyren XPS grubości 60 mm; 5 – polistyren XPS grubości 40 – 60 mm; 6 – polistyren XPS grubości minimum 40 mm

# Pod bezpiecznym skrzydłem



**Poczucie bezpieczeństwa to jedna z głównych potrzeb człowieka. Chcemy czuć się bezpiecznie na ulicy, podczas podróży czy na zorganizowanych imprezach, lecz najbardziej dbamy o bezpieczeństwo we własnych domach. Okna dachowe to specyficzne produkty, montowane w konstrukcji dachu, nad głowami użytkowników. Na dachach czasem pracują ludzie, dlatego też okna muszą zapewnić bezpieczeństwo użytkownika oraz zabezpieczać przed łatwym wejściem do budynku.**

Firma FAKRO zawsze produkowała bezpieczne okna dachowe. Potwierdza to 3 klasa bezpieczeństwa okna łącznie z szybą wg Europejskiej Normy 13049, określającej klasy bezpieczeństwa okien dachowych. Kominiarz, osoba odśnieżająca dach lub instalująca antenę nie wpadnie przez okno, jeżeli przypadkowo nadeptnie na skrzydło. Daje to gwarancję bezpiecznego użytkownika budynku.

Coraz częściej słyzy się o włamaniach do mieszkań i domów. Właściciele budynków inwestują w systemy antywłamaniowe zabezpieczające stolarkę pionową, ale często zapominają o oknach dachowych, przez które również można się dostać do pomieszczenia.

Dane statystyczne są niepokojące. Wskazują, że włamań coraz częściej dokonuje się przez okna dachowe, czego potwierdzeniem są opisywane w mediach wydarzenia w Katowicach. W lipcu 2008 r. mężczyzna ochrzczony przez media „człowiekiem – pajakiem” wchodził do mieszkań m.in. przez okna dachowe.

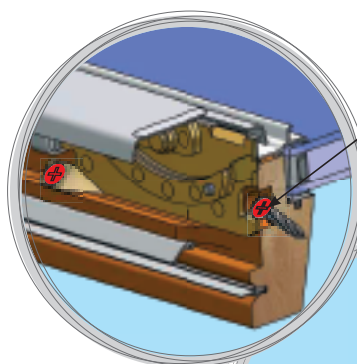
**Chcąc ograniczyć liczbę włamań przez okna dachowe, firma FAKRO wprowadziła nowatorski system wzmacniania konstrukcji okien dachowych topSafe.**

W skład systemu **topSafe** wchodzi:

- innowacyjne mocowanie zawiasów; rozwiązanie kilkakrotnie bardziej wytrzymałe od dotychczas znanych i stosowanych;
- specjalnie wzmocniona konstrukcja drewna i elementów ryglujących;
- listwa metalowa utrudniająca włamanie za pomocą narzędzi.

**Okna wykonane w systemie topSafe mają podwyższoną odporność na włamanie.** Okna dachowego FAKRO nie da się w łatwy sposób otworzyć, np. przez dynamiczne naciśnięcie nogą na górną, zewnętrzną część okna. Nie spowoduje to otwarcia skrzydła czy wyrwania zawiasów. Można spokojnie spać, wiedząc, że w dachu zamontowane są najbezpieczniejsze okna dachowe FAKRO odporne nie tylko na każdą pogodę.

**Nikt i nic nas nie zaskoczy.**



Innowacyjne mocowanie zawiasów. Rozwiązanie kilkakrotnie wytrzymalsze od dotychczas znanych i stosowanych

Metalowy element wzmacniający zaryglowanie

Listwa metalowa utrudniająca włamanie za pomocą narzędzi



infolinia 0800 100 052, [www.fakro.pl](http://www.fakro.pl)

# Kingspan - perfekcja w izolacji

Osiągnęliśmy najwyższy poziom



Zdjęcie wykonano w 2008 r. po wejściu na szczyt Mt. Everest. Podziękowania dla Pana Steve Harvey'a z Nowej Zelandii, naszego partnera biznesowego.

Płyty PIR Kingspan

**Thermarroof™**



**MINIMALNA GRUBOŚĆ**  
maksymalna izolacyjność



**MINIMALNY CIĘŻAR**  
oszczędność czasu i pieniędzy



**MAKSYMALNA WYTRZYMAŁOŚĆ**  
(150 kPa)  
minimalne ryzyko uszkodzeń warstwy hydroizolacyjnej



**WYSOKA ODPORNOŚĆ OGNIOWA (REI 30)**  
większe bezpieczeństwo budynku



**Kingspan®**

**Kingspan Insulation sp. z o.o.**

ul. Przemysłowa 20, 27-300 Lipsko, Polska  
tel.: +48 (0) 48 378 31 18, fax: +48 (0) 48 378 13 30  
e-mail: [info.pl@insulation.kingspan.com](mailto:info.pl@insulation.kingspan.com)

[www.izolacje.kingspan.pl](http://www.izolacje.kingspan.pl)

© Kingspan i logo lwa są zarejestrowanymi znakami towarowymi Kingspan Group plc  
™ Thermarroof jest znakiem towarowym Kingspan Group plc

mgr inż. Jerzy Płoński\*

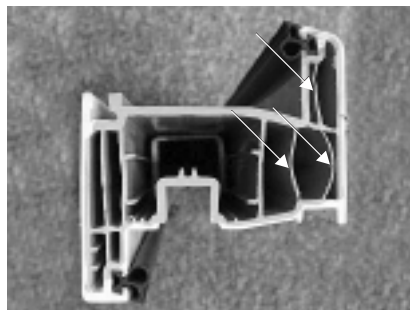
# Wady ukryte okien z PVC

Z doświadczeń Zakładu Badań Lekkich Przegrod i Przeszkleń Instytutu Techniki Budowlanej, a więc wykonanych ekspertyz i opinii oraz badań okien z PVC wynika, że tego typu stolarka może mieć różne wady ukryte, niewidoczne w początkowym okresie użytkowania, a objawiające się obniżeniem, a nawet utratą funkcjonalności dopiero po pewnym czasie.

## Przyczyny wad ukrytych to m.in.:

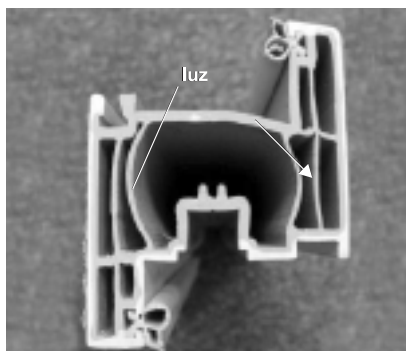
- zastosowanie do produkcji stolarki kształowników PVC-U niespełniających wymagań normowych;
- składowanie profili PVC lub wykonanej stolarki w nieodpowiednich warunkach;
- wykonanie stolarki niezgodnie z wymaganiami dokumentacji systemowej;
- montaż niezgodny z instrukcją.

Ścianki kształowników powinny być równe, proste i o jednakowej grubości. Ma to istotny wpływ na jakość i trwałość okien, gdyż stalowe profile usztywniające muszą być osadzone na „sztywno” bez możliwości przemieszczania się (skręcania, przesuwania). Szerokość komór kształowników powinna wynosić co najmniej 5 mm. W przeciwnym wypadku nie poprawiają one izolacyjności cieplnej, a ponadto utrudnione jest odprowadzanie wody opadowej. Na fotografiach 1 – 2 zilustrowano przykłady kształowników o powyginanych ściankach wewnętrznych. W efekcie ich zastosowania w reklamowanych przez na-



Fot. 1. Kształownik z wygiętymi ściankami przedzielającymi komory zewnętrzne; wewnętrzna dolna komora jest przewężona do ok. 1 mm; utrudniony będzie przepływ wody opadowej odpływającej z wrębu

\* Instytut Techniki Budowlanej



Fot. 2. Kształownik z wybrzuszonymi ściankami przedzielającymi komorę usztywnienia; stalowy profil będzie miał luz osadzenia i nie spełni funkcji usztywnienia ramy

bywców oknach stwierdzono następujące objawy utraty funkcjonalności: odkształcenie ram; kleszczenie skrzydeł; rozszczelnienia w wyniku wygięcia przylg i zniekształcenia rowka okuciowego, co skutkuje tym, że listwa okuciowa przesuwana się z dużym oporem ruchu. Nabywca okien praktycznie nie ma możliwości sprawdzenia geometrii komór kształowników, gdyż musiałby rozciąć ramę, czyli zniszczyć okno.

Do przedstawionych przykładów można dodać kształowniki o ściankach zewnętrznych grubości poniżej 2 mm, a wewnętrznych grubości kartki papieru, czy kształowniki tłoczone główne z PVC z recyklingu. Połączenie materiału nowego z materiałem pochodzącym z recyklingu, w którym skład nie jest w pełni stabilny, pokrycie folią albo koekstruzja kolorowej warstwy daje w sumie cztery zróżnicowane materiały. Jeśli się to skumuluje w szerokich kształownikach wielokomorowych o rozbudowanych przekrojach i cienkich ściankach, to pojawiają się problemy, których dotychczas nie było.

**W produkcji okien i drzwi balkonowych z kształowników kolorowych, foliowanych, koekstrudowanych, lakierowanych należy przestrzegać następujących zaleceń:**

- profile kolorowe przeznaczone do produkcji powinny być magazynowane w cieniu; niedopuszczalne jest przechowywanie profili i gotowych okien na otwartej, nasłonecznionej przestrzeni;
- w okresie zimowym profile powinny być przechowywane w temperaturze minimalnej ok. 17 °C; w przypadku po-

brania profili z nieogrzewanego magazynu należy odczekać dobę w celu ich wygrzania i zlikwidowania wewnętrznych naprężeń (*zimne skurczone profile pobrane od razu do produkcji, po wstawieniu usztywnień talowych, potrafią – w gotowych wyrobach – wygiąć ramy skrzydeł w „beczki”*);

- składowanie kształowników powinno się odbywać na paletach lub regałach o sztywnym podłożu;

- mocowanie wzmocnień stalowych we wszystkich kolorowych kształownikach powinno być wykonywane wkrętami w rozstawie max 10 – 15 cm i w odległości nie większej niż 3 – 5 cm od naroży;

- otwory przewietrzające (odprężające) powinny być wykonywane na całym obwodzie ram w rozstawie co najwyżej 70 cm; istnieje konieczność odpowietrzania **wszystkich** komór zewnętrznych; w przypadku gdy komory zewnętrzne są podwójne – odpowietrzanie obydwu komór;

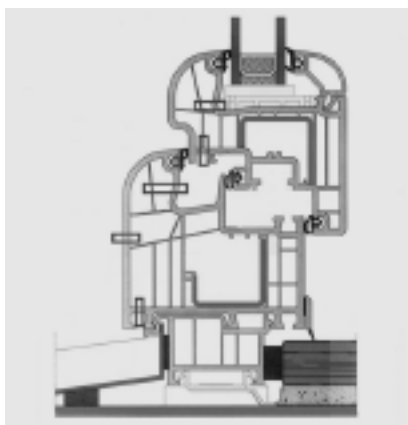
- wymagane jest stosowanie listew progowych oraz trwałe podparcie ramy w odstępach max 70 cm – pod narożami i pod słupkami; stolarki nie wolno klinować na trwałe;

- montowanie dyblami na **całym obwodzie** (kotwy montażowe mogą się okazać niewystarczające).

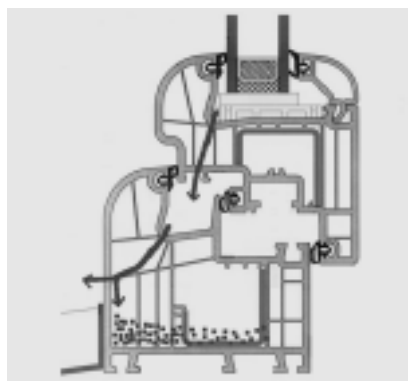
Wielokomorowe szerokie kształowniki narażone są na znacznie większą różnicę temperatury na powierzchniach zewnętrznych i wewnętrznych niż tradycyjne kształowniki 3 – 4-komorowe, szerokości 60 mm. Takie rozbudowane kształowniki trudno jest też odpowietrzać czy odwadniać, a jeśli mają powyginane ścianki, to odpowietrzanie/odwadnianie jest nieskuteczne lub wręcz niewykonalne. Fotografia 3 ilustruje zasadę wykonywania odprężeń i odwodnień w nowoczesnych wielokomorowych profilach, a fotografia 4 klasyczny błąd wykonania odwodnienia. Mnożenie komór kształowników wymaga zwiększonego nakładu pracy w produkcji okien, ponieważ konieczne jest wykonywanie otworów odpowietrzających **wszystkich** komór. Rzadko który producent okien przestrzega tej zasady, a skutki są opłakane, co przedstawię w dalszej części artykułu. Fotografia 4 przedstawia klasyczny błąd wykonania odwodnienia zewnętrznego

Fot. Autor

Fot. Autor



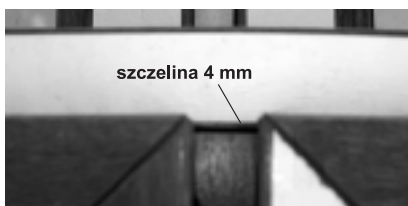
Fot. 3. Niezbędne odpowietrzenia  
(Fot. Autor)



Fot. 4. Klasyczny błąd wykonania odwodnienia zewnętrznego  
(Fot. Autor)

– rozwiercona została pozioma ścianka-przegroda (częsty przypadek przy otworach okrągłych) i woda opadowa zamiast wypływać na zewnątrz, gromadzi się na dnie komory. W okresie zimowym nagromadzona woda zamarza, lód rozrywa cienką ściankę wewnętrzną i woda wpływa do drugiej komory. W kolejnym etapie rozrywana jest kolejna ścianka i w końcu woda zaczyna się gromadzić w komorze z kształtownikiem stalowym (po rozwierceniu ramy wycieka woda).

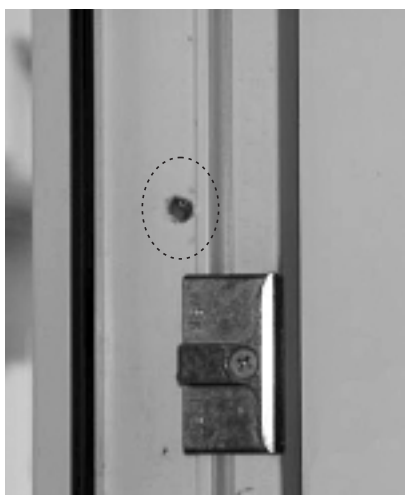
Wady wykonania i montażu okien z PVC przedstawiono na fotografiach 5 ÷ 21. Natomiast fotografia 22 przedstawia przykład, jakiego jeszcze chyba nikt nie widział, czyli „leżące” okno widoczne w elewacji.



Fot. 5. Odkształcenie w styku słupka stałego z ościeżnicą – widoczna szczelina o rozwarciu ok. 4 mm  
(Fot. Autor)



Fot. 6. Za krótka listwa przyszybowana (przez takie szczeliny woda wyruszająca się na szybach wcieka pod szyby, gromadzi się pod nimi i zalega, zimą zamarza)  
(Fot. Autor)



Fot. 7. Brak dybla – rama okna nie ma mocowania do muru  
(Fot. Autor)



Fot. 8. Rozerwany koniec słupka – uszkodzenie nastąpiło przy skręcaniu słupka z ramą  
(Fot. Autor)



Fot. 9. Odkształcenia górnej ramy ościeżnicy okna dwudzielnego; wybruszenia – nad słupkiem i ok. 15 cm od lewego naroża, wklęśnięcie w środku szerokości skrzydła lewego, opuszczenie w narożach lewym i prawym po ok. 3 – 5 mm; w sumie są to cztery fale – pokazane strzałkami  
(Fot. Autor)



Fot. 10. Szczegół wybruszenia ramy okna od stalowego usztywnienia  
(Fot. Autor)



Fot. 11. Od nagrzewania nastąpiło wydłużenie ramy, wkręt stalowy wyciął bruzdę, pozostał duży otwór, przez który może wnikać woda opadowa (jest to górna część okna)  
(Fot. Autor)



Fot. 12. Rozminięte zaczepy listwy okuciowej i zaczepy na słupku  
(Fot. Autor)



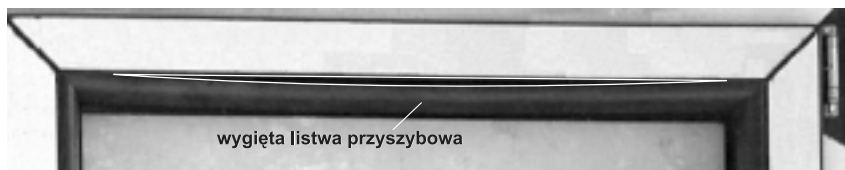
Fot. 13. Kotew przybita do ściany gwoździem (Fot. Autor)



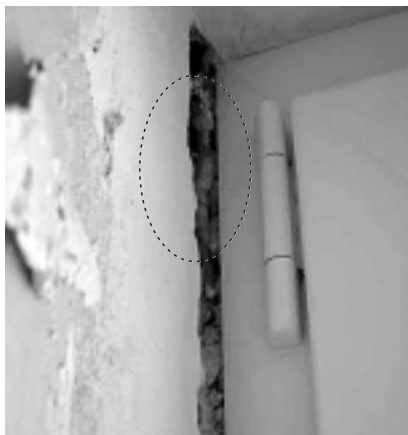
Fot. 14. Luźny parapet zewnętrzny „przyklejony” na silikon; powszechnym błędem jest mocowanie krawędzi parapetów zewnętrznych do ramy okna nitami zrywalnymi, styk zakleja się silikonem – to błąd, (silikon nie ma przyczepności do kształtowników); zasłonięte odwodnienia to dodatkowa wada (Fot. Autor)



Fot. 15. Klasyczny przykład podparcia okna w narożu (pianka PU, kawałki styropianu, dwie podkładki szklarskie, gruz, puste dziury – pianka wtrąsnięta na nieoczyszczone podłoże) (Archiwum OKNOTEST)



Fot. 16. Odkształcenie listwy przyszybowej (Fot. Autor)



Fot. 17. Brak materiału uszczelniającego, pozostawiono stare pakuly lniane i kłęby wełny mineralnej (Archiwum OKNOTEST)



Fot. 18. Okno w progu podlane zaprawą zamiast uszczelnienia; przy opadach spod okna wycieka woda (Fot. Autor)



Fot. 19. Zarysowany parapet zewnętrzny, za krótki, szczelina uzupełniona brązowym silikonem, kamienna elewacja wybrudzona gipsem (Archiwum OKNOTEST)



Fot. 20. Podwójne drzwi balkonowe; za niskie w nadprożu; w progu ustawione na warstwie pianki PU i luźno podłożonych kawałkach desek, na bokach na „wcisk”, drzwi praktycznie „wiszą” na piance PU (Archiwum OKNOTEST)



Fot. 21. Za krótka szczelina (rygiel) drzwi balkonowych; zimą przez szczelinę wwiejany jest śnieg (Fot. Autor)



Fot. 22. „Leżące” okno widoczne w elewacji (Fot. Jarosław Cichawa)



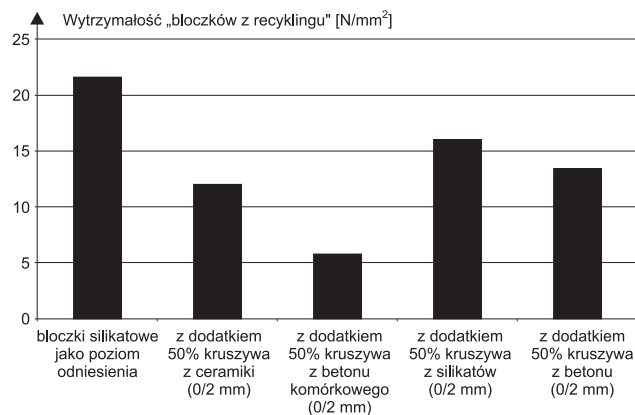
# Możliwość wykorzystania różnych rodzajów surowców odpadowych do produkcji elementów murowych

Jednym z najważniejszych problemów, z jakimi walczy Unia Europejska, jest problem ochrony środowiska naturalnego. Ilość odpadów i śmieci, jakie każdego dnia są „produkowane” w Europie, jest jednym z tych czynników, które szczególnie nam zagrażają. Obok ograniczenia ilości odpadów rozwijane są technologie pozwalające na produkcję pełnowartościowych wyrobów z surowców odpadowych. Odpady z rozbiórki obiektów budowlanych (np. beton), mimo że podlegają procesom korozji, to czas ich całkowitego zniszczenia jest bardzo długi.

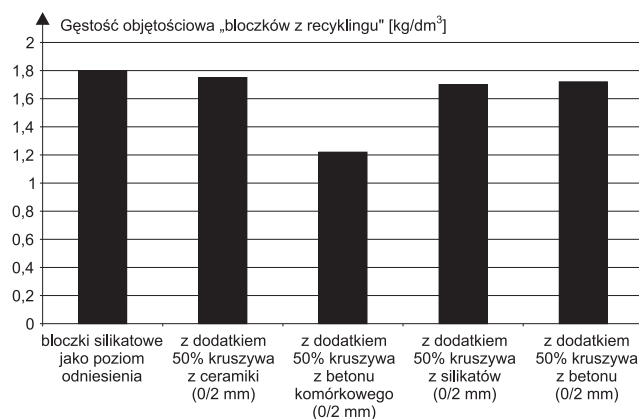
W działającym przy Niemieckim Stowarzyszeniu Producentów Wyrobów Wapienno-Piaskowych ośrodku badawczym Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV badano wykorzystanie technologii produkcji silikatów do wykonania pełnowartościowych elementów murowych z różnorodnych surowców odpadowych. Projekt był finansowany przez niemieckie Ministerstwo Budownictwa i Gospodarki Przestrzennej. Wyprodukowane elementy murowe oczywiście nie są silikatami, tylko tzw. **bloczkami z recyklingu**. Do badań wykorzystano kruszywo z surowców odpadowych: silikatów; betonu komórkowego; betonu lekkiego; ceramiki; zapraw tynkarskich i murarskich.

## Najważniejsze wnioski z badań:

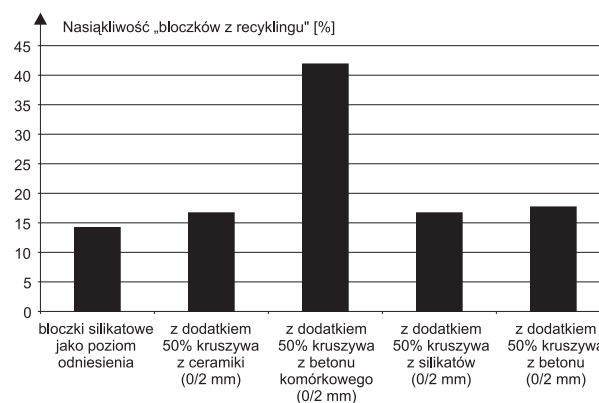
- nie ma przeszkód technologicznych w produkcji „błoczków z recyklingu” w typowych zakładach produkcji wyrobów wapienno-piaskowych (silikatów);
- każdy z zastosowanych surowców odpadowych ze względu na swoje specyficzne właściwości zachowuje się inaczej podczas produkcji i wpływa w określony sposób na właściwości końcowego wyrobu;
- dodatek kruszywa z recyklingu w większości przypadków powoduje obniżenie wytrzymałości i gęstości objętościowej w stosunku do analogicznie wyprodukowanych wyrobów silikatowych (czyli tylko z piasku, wapna i wody). Największe



Porównanie wytrzymałości „błoczków z recyklingu”



Porównanie gęstości objętościowej „błoczków z recyklingu”



Porównanie nasiąkliwości „błoczków z recyklingu”

obniżenie wytrzymałości występowało w przypadku elementów wyprodukowanych z ceramiki i betonu komórkowego;

- jakość „błoczków z recyklingu” pogarsza się wraz ze zwiększeniem zawartości kruszywa odpadowego;

• zastosowanie gruboziarnistego kruszywa odpadowego (średnicy 2/4 mm) zwiększa możliwość występowania uszkodzeń w wyrobach gotowych. Można jednoznacznie stwierdzić, że do produkcji tego rodzaju elementów murowych powinno się wykorzystywać wyłącznie kruszywa drobnej frakcji 0/2 mm;

• elementy murowe wyprodukowane z wykorzystaniem kruszywa pochodzącego z recyklingu są, podobnie jak wyroby silikatowe, bezpieczne i przyjazne dla środowiska naturalnego;

• ze względu na niską wytrzymałość przewiduje się, że podstawowe zastosowanie „błoczków z recyklingu” to mury niekonstrukcyjne.

(WE)

# Robimy hałas o ciche domy

## Making Noise about Quiet Homes

**Rzetelne informacje na temat niebezpieczeństw wynikających z hałasu i możliwych rozwiązań gwarantujących lepszą jakość akustyczną pomogą w zapewnieniu komfortu mieszkania, dlatego też Europejskie Stowarzyszenie Producentów Silikatów (ECSPA) zachęca ekspertów i polityków do zwrócenia większej uwagi na problemy wynikające z hałasu oraz potrzebę poprawienia ochrony przed hałasem w budynkach budowanych obecnie i w przyszłości.**

W ostatnich latach podjęto kilka inicjatyw mających na celu obniżenie negatywnego wpływu hałasu zewnętrznego (kolejowy, lotniczy, drogowy itp.) na budynki. Natomiast problemowi hałasu wewnątrz pomieszczeń nie poświęcono dotychczas zbyt wiele uwagi. Problem hałasu jest bardzo obszerny, a jego konsekwencje dla zdrowia, prywatności i zachowań społecznych są ciągle niedostrzegane lub bagatelizowane.

W październiku 2008 r. ECSPA jako organizacja producentów silikatów, czyli materiałów znanych z bardzo dobrej izolacyjności akustycznej, zaprosiła do Brukseli ekspertów oraz osoby odpowiedzialne w strukturach europejskich za ochronę środowiska i rozwój zrównoważony na seminarium pod tytułem: „Robimy hałas o ciche domy”. W ten sposób ECSPA chciała podkreślić, że nadszedł już czas, aby zwiększyć świadomość konsekwencji, jakie wynikają z niedostatecznej jakości izolacyjności akustycznej i potrzebę odpowiednich rozwiązań prawnych.

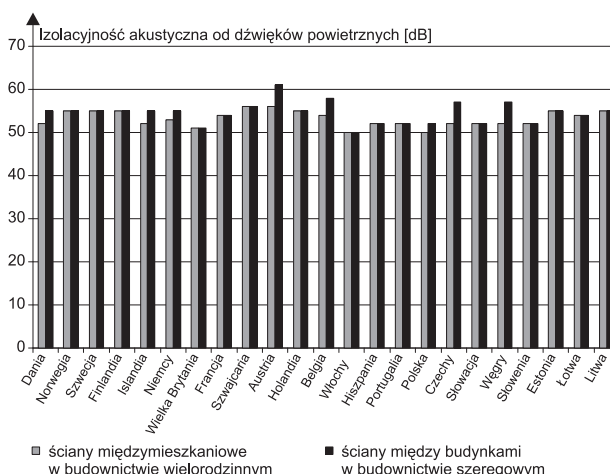
Prezentacje **Balazsa Gergely**, odpowiedzialnego za ochronę przed hałasem w Komisji Europejskiej oraz europejskich ekspertów z dziedziny akustyki, takich jak **prof. Judith Lang** z Austrii i **Anna Preis** z Polski poruszały różne aspekty tego problemu; od regulacji dotyczących redukcji poziomu hałasu i ich źródeł do percepcji hałasu od ruchu ulicznego i powstającego u sąsiadów w budynkach. Omawiano czynniki wpływające zarówno na hałas, jak i jego odbiór oraz ich zróżnicowanie w poszczególnych krajach Europy.

**Renz van Luxemburg** z Holandii, architekt oraz ekspert z dziedziny akustyki budowlanej, zaprezentował aktualne rozwiązania konstrukcyjne związane z zapewnieniem dobrej izolacji akustycznej w nowych oraz istniejących budynkach, jak również związane z tym koszty.

**Christian Burkhart** z Niemieckiego Stowarzyszenia Akustycznego przedstawił uczestnikom propozycję wprowadzenia w Niemczech Certyfikatów Izolacyjności Akustycznej w budynkach i mieszkaniach. Ten system powinien pomóc kupującym czy wynajmującym mieszkania i domy w podejmowaniu świadomych decyzji.

**Najważniejsze wnioski z dyskusji** moderowanej przez dziennikarkę **Cathy Smith**, to:

- **niezbędnym elementem projektu każdego budynku powinno być spełnienie wymagania ochrony przed hałasem.** Większość z nas jest bardzo wrażliwa na hałas. Z tego wynika potrzeba odpowiedniej izolacji akustycznej. Prawdopodobnie zaprojektowane i wykonane budynki szybko zyskują aprobatę ich użytkowników, a to prowadzi również do wzrostu wartości i wydłużenia cyklu użytkowania budynku. Zapewnienie skutecznej ochrony przed hałasem zgodnej z najnowszym stanem wiedzy, musi być uwzględnione już w czasie projektowania nowych budynków, na równi z oszczędnością energii, ochroną środowiska, rozwiązaniami architektonicznymi i bezpieczeństwem konstrukcji.



Porównanie wymaganych wartości wskaźników izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych w krajach UE

- **zamiana jest często rozwiązaniem bardziej odpowiadającym zasadom budownictwa zrównoważonego.** W najbliższych latach budownictwo zrównoważone powinno stać się standardem. Z tego wynika konieczność oceniania budynków w długoterminowej perspektywie, podobnie jak to jest np. w przypadku ich efektywności energetycznej, dlatego też wyburzanie budynków o niskim poziomie spełnienia obecnych wymagań (w tym również ochrony przed hałasem!) i zamiana ich na budynki odpowiadające najnowszemu stanowi wiedzy może być korzystnym rozwiązaniem;

- **transparentność to rozwiązanie, przy którym każdy wygrywa.** Podstawą podejmowania decyzji w gospodarce rynkowej jest proporcja zapłaconej ceny do uzyskiwanej korzyści, dlatego zarówno właściciele, jak i najemcy, skorzystaliby z większej transparentności informacji na temat rzeczywistej jakości izolacji akustycznej budynków i mieszkań;

- **potrzebna jest polityczna wola.** W wielu dziedzinach w Unii Europejskiej postępuje proces wprowadzania wspólnych norm i zasad, czyli definiowanie jednolitego języka technicznego. Wprowadzenie do programu Eurokodów osobnej części poświęconej ochronie przed hałasem przyspieszyłoby harmonizację i przyczyniłoby się do podwyższenia jakości życia w całej Europie;

- **istnieją już bardzo dobre rozwiązania.** Efektywne kosztowo, a jednocześnie proste rozwiązania zapewniające dobrą izolację akustyczną już są. Duża masa silikatów powoduje, że są idealnym materiałem do osiągnięcia bardzo dobrej izolacyjności akustycznej ścian budynków. Sprawdzone w praktyce rozwiązania konstrukcyjne ułatwiają uzyskanie doskonałej izolacyjności akustycznej w rzeczywistych warunkach.

dr inż. Marianna Mirowska\*  
mgr inż. Paweł Tomczyk\*

# Izolacyjność akustyczna stropów oraz stosowanych na nich ustrojów izolacyjnych

W 2007 r. w numerze wrześniowym miesięcznika „Materiały Budowlane” (nr 9/07), w ramach „Podręcznika fizyki budowli”, rozpoczęliśmy cykl artykułów „Akustyka w budownictwie”. Dotychczas omówiono: rodzaje akustyki technicznej i źródła hałasu; zjawisko fizyczne, jakim jest dźwięk; parametry niezbędne do omówienia zagadnień technicznych związanych z ochroną przed hałasem i drganiami w budynkach i ich otoczeniu; zjawisko rozchodzenia się dźwięku w przestrzeni otwartej oraz zamkniętej; parametry określające poziom głośności hałasu – fony i skorygowane (ważone) poziomy dźwięku A, B, C; parametry hałasu uwzględniające jego zmienność w czasie; podstawowe pojęcia opisujące drgania i metody oceny drgań ze względu na ich wpływ na konstrukcję budynków i ludzi w nich przebywających; pojęcia i parametry oceny odnoszące się do właściwości dźwiękochłonnych wyrobów budowlanych oraz do izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przegród budowlanych; dokumenty stanowiące podstawę prawną ochrony przeciwhałasowej i przeciwdrganiowej w budynkach; wymagania i obowiązujące przepisy w tej dziedzinie, a także metody wyznaczania bocznego i pośredniego przenoszenia dźwięku w budynku, właściwości akustyczne masywnych ścian wewnętrznych, zewnętrznych i stosowanych do nich ustrojów izolacyjnych oraz izolacyjność akustyczną lekkich ścian wewnętrznych i zewnętrznych.

## Izolacyjność akustyczna masywnych płyt stropowych

Izolacyjność akustyczną stropów rozpatruje się ze względu na przenikanie dźwięków powietrznych i uderzeniowych. Obydwa parametry uwzględnia się przy ocenie właściwości akustycznych konkretnego rozwiązania stropu i ustalaniu prawidłowego pod względem akustycznym zakresu jego stosowania.

Dobór konstrukcji płyty stropowej może zagwarantować wymaganą izolacyjność od dźwięków powietrznych. Uzyskanie niezbędnej izolacyjności stropu od dźwięków uderzeniowych zawsze wymaga stosowania odpowiednich konstrukcji podłogowych.

Izolacyjność akustyczna (od dźwięków powietrznych) żelbetowych pełnych płyt stropowych, analogicznie jak ścian masywnych, podlega prawu masy (B. Szudrowicz *Izolacyjność od dźwięków powietrznych ścian masywnych* „Materiały Budowlane” nr 11/2008). Na podstawie tej zależności można w przybliżeniu określić wskaźnik oceny  $R_{A1R}$  izolacyjności

akustycznej płyty stropowej w zależności od jej grubości (a także, w razie potrzeby, wskaźniki  $R_{wR}$  i  $R_{A2R}$ ). Przyjmuje się, że dla jednorodnych płyt stropowych istnieje przybliżona zależność między, wyrażoną w funkcji częstotliwości, izolacyjnością od dźwięków powietrznych i uderzeniowych. Zgodnie z PN-EN 12354-2:2002 przyjmuje się:

- w przypadku określania izolacyjności od dźwięków powietrznych i poziomu uderzeniowego w 1/3-oktawowych pasmach częstotliwości:

$$R + L_n = 38 + 30 \lg f \text{ [dB]} \quad (1)$$

- w przypadku określania izolacyjności od dźwięków powietrznych i poziomu uderzeniowego w oktawowych pasmach częstotliwości:

$$R + L_n = 43 + 30 \lg f \text{ [dB]} \quad (2)$$

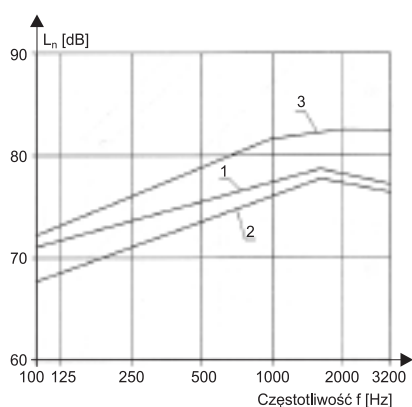
Płyty kanałowe charakteryzują się nieco większą izolacyjnością akustyczną właściwą w porównaniu z płytami pełnymi o takiej samej masie powierzchniowej. Drażenia, ze względu na kształt i wymiary, nie powodują powstawania zjawisk rezonansowych w rozpatrywanym w budownictwie zakresie częstotliwości dźwięku (50 – 3200 Hz), natomiast większa grubość płyty kanałowej – w porównaniu z płytą pełną – prowa-

dzi do wzrostu izolacyjności akustycznej. Większej izolacyjności od dźwięków powietrznych kanałowej płyty stropowej towarzyszy niższy poziom dźwięków uderzeniowych i odwrotnie (co wynika z zależności (1) i (2)). Można więc stwierdzić, że żelbetowe płyty kanałowe charakteryzują się lepszymi właściwościami akustycznymi niż płyty pełne. Gorszymi parametrami akustycznymi w odniesieniu do izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych charakteryzują się natomiast stropy gęstożebrowe. Izolacyjność od dźwięków powietrznych tych stropów zależy w pewnym stopniu także od masy powierzchniowej, ale ze względu na znaczne zróżnicowanie rozmiarów (dotyczy to wysokości, rozstawu żeber i rodzaju elementów wypełniających) nie jest możliwe, w świetle najnowszych badań, określenie z dostateczną dokładnością zależności prawa masy w przypadku tego rodzaju płyt stropowych. W związku z tym również właściwości akustyczne stropów gęstożebrowych powinny być określane wyłącznie na podstawie badań.

Charakterystyczne przebiegi częstotliwościowe znormalizowanego poziomu uderzeniowego pod żelbetowymi stropami masywnymi pełnymi, kanałowymi oraz stropami gęstożebrowymi z wypełnieniami ceramicznymi przedstawiono na rysunku 1. Widoczne różnice rzutują na zróżnicowanie zależności między ważonym wskaźnikiem równoważnego znormalizowanego poziomu uderzeniowego  $L_{n,w,eq}$  a masą powierzchniową płyty stropowej. Zależności te są przybliżone. Przedstawiono je w tabeli 1 wraz z oszacowaną dokładnością obliczeń, a interpretację graficzną na rysunku 2. Zamieszczone w tabeli 1 wyrażenie  $L_{n,w,eq} = f(m')$  dla żelbetowych płyt stropowych pełnych jest zbliżone do uogólnionej zależności jednorodnych płyt masywnych podanej w PN-EN 12354-2:2002:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg m' \text{ [dB]} \quad (3)$$

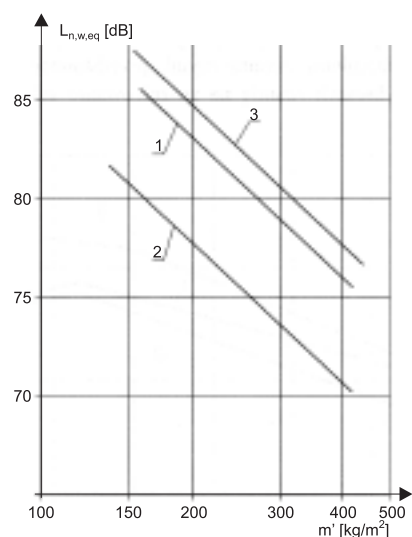
\* Instytut Techniki Budowlanej



Rys. 1. Krzywe charakteryzujące przebieg w funkcji częstotliwości znormalizowanego poziomu uderzeniowego pod stropem w zależności od jego konstrukcji: 1 – płyty żelbetowe pełne; 2 – płyty żelbetowe kanałowe; 3 – stropy pustakowe ceramiczne (na podstawie badań Zakładu Akustyki ITB)

Tabela 1. Przybliżona empiryczna zależność wskaźnika  $L_{n,w,eq}$  od masy powierzchniowej  $m'$  płyty stropowej (na podstawie badań Zakładu Akustyki ITB)

Rodzaj płyty stropowej	Postać zależności empirycznej wskaźnika $L_{n,w,eq}$	Szacunkowy błąd obliczeń [dB]
Płyty żelbetowe pełne	$135,0 - 23 \lg m'$	$\pm 1,5$
Płyty żelbetowe kanałowe	$131,0 - 23 \lg m'$	$\pm 2,0$
Stropy ceramiczne z nadbetonem 30 – 40 mm	$137,5 - 23 \lg m'$	$\pm 3,0$



Rys. 2. Zależność wskaźnika ważonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego pod stropem od masy powierzchniowej stropu (dane empiryczne na podstawie badań Zakładu Akustyki ITB): 1 – żelbetowe płyty pełne, 2 – żelbetowe płyty kanałowe, 3 – stropy pustakowe ceramiczne

Wynika z niej, że stropy masywne, nawet jeżeli charakteryzują się odpowiednią izolacyjnością od dźwięków powietrznych, zawsze wymagają stosowania podłóg zwiększających ich izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.

### Zabezpieczenia akustyczne stosowane na stropach masywnych

**Podłogowe ustroje izolacyjne.** Ze względu na konstrukcję i właściwości akustyczne rozróżnia się następujące rozwiązania podłóg:

- **podłogi pływające (PP)**, które zwiększają izolacyjność stropu zarówno od dźwięków powietrznych, jak i uderzeniowych;

- **lekkie konstrukcje podłogowe (PL)**, których zastosowanie przede wszystkim zwiększa izolacyjność stropu od dźwięków uderzeniowych, a tylko w nielicznych przypadkach (w zależności od rodzaju stropu i szczegółów rozwiązania podłogi) w niewielkim stopniu izolacyjności od dźwięków powietrznych;

- **wykładziny podłogowe (PW)**, które poprawiając izolacyjność stropu od dźwięków uderzeniowych, bądź nie wpływają na izolacyjność stropu od dźwięków powietrznych, bądź, w niektórych przypadkach (zależnych od rodzaju wykładziny i sposobu ułożenia jej na stropie), mogą nawet spowodować niewielkie (do 2 dB) obniżenie tej izolacyjności;

- **podłogi podniesione (PD)**, które oprócz zwiększania izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych i powietrznych pomiędzy pomieszczeniem z podłogą podniesioną a pomieszczeniami na niższej kondygnacji, powinny także izolować od dźwięków powietrznych i uderzeniowych sąsiednie pomieszczenia na tej samej kondygnacji, oddzielone ścianką działową, ustawioną na wspólnej podłodze podniesionej.

Oceniając pod względem akustycznym podłogę jako samodzielny wyrób budowlany, określa się (niezależnie od jej konstrukcji) wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego  $\Delta L_w$  (B. Szudrowicz *Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych – podstawowe pojęcia i określenia* „Materiały Budowlane” nr 4/2008). Wskaźnik ten jest podstawą do szacunkowego określenia ważonego wskaźnika znormalizowanego poziomu uderzeniowego  $L'_{n,w}$  pod stropem z podłogą w budynku:

$$L'_{n,w} = L'_{n,eq,0,w} - \Delta L_{wR} + K \text{ [dB]} \quad (4)$$

gdzie:

$L'_{n,eq,0,w}$  – równoważny wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw,  $\Delta L_{wR}$  – projektowy ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego podłogi pływającej lub lekkiej podłogi ułożonej bezpośrednio na stropie lub wykładziny również ułożonej bezpośrednio na stropie; **w przypadku zastosowania lekkiego układu podłogowego na pływającej podłodze, wartość  $\Delta L_{wR}$  dotyczy tylko podłogi pływającej.**

$K$  – poprawka uwzględniająca przeniesienie dźwięków uderzeniowych przez jednorodne elementy boczne [dB]. (B. Szudrowicz *Prognozowanie izolacyjności akustycznej przegrod w budynku – metody wyznaczania boczno przenoszenia dźwięku* „Materiały Budowlane” nr 9/2008.

**Uwaga:** zastosowane we wzorze (4) wartości projektowe wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę są o 2 dB mniejsze od wartości uzyskanych na podstawie badań laboratoryjnych.

Ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego konkretnego rozwiązania konstrukcyjnego podłogi powinien być określony empirycznie na podstawie pomiarów przeprowadzonych na stropie wzorcowym wg PN-EN ISO 140-8:2000. Wartość ta stanowi podstawę klasyfikacji akustycznej podłóg (tabela 2). Zasady tej klasyfikacji uwzględniają zalecenia zawarte w PN-B-02151-3:1999 dotyczące zasad stosowania w projektowaniu parametrów akustycznych konstrukcji wyznaczonych na podstawie badań laboratoryjnych. Przykładowe charakterystyki (w funkcji częstotliwości) znormalizowanego poziomu uderzeniowego pod masywnym stropem z różnego rodzaju podłogami pokazano na rysunku 3, a na rysunku 4 schematy konstrukcyjne układów podłogowych.

**Podłogi pływające (PP)** składają się z warstwy przeciwdrganiowej (czyli warstwy izolacji akustycznej) i masywnej płyty dociażającej (jastyrych). Warstwę przeciwdrganiową wykonuje się najczęściej z płyt ze styropianu elastycznego, wełny mineralnej lub też ostatnio wprowadzonych mat polietylenowych. Na warstwie izolacji akustycznej, zabezpieczonej folią wodoszczelną, wykonuje się bezpośrednio na budowie jastyrych cementowych, grubości najczęściej 40 mm. Podczas wykonywania podłogi pływającej należy zwrócić szczególną uwagę na zastosowanie izolacji przysiennej oddzielającej płytę dociskową (dociażającą) od ścian pomieszczenia.

Tabela 2. Klasyfikacja akustyczna podłóg dostosowana do normy PN-B-02151-3:1999

Symbol klasy akustycznej			Wartości projektowe wskaźników $\Delta L_{WR}$ objęte daną klasą akustyczną [dB]	Wartości laboratoryjne wskaźników $\Delta L_w$ stanowiące podstawę do zaliczenia wyrobu do danej klasy akustycznej [dB]
podłogi pływające	lekke konstrukcje podłogowe	wykładziny podłogowe		
–	–	PW <sub>n</sub> – 5	5 – 7	7 – 9
–	–	PW <sub>n</sub> – 8	8 – 10	10 – 12
PP <sub>n</sub> – 11	PL <sub>n</sub> – 11	PW <sub>n</sub> – 11	11 – 13	13 – 15
PP <sub>n</sub> – 14	PL <sub>n</sub> – 14	PW <sub>n</sub> – 14	14 – 16	16 – 18
PP <sub>n</sub> – 17	PL <sub>n</sub> – 17	PW <sub>n</sub> – 17	17 – 19	19 – 21
PP <sub>n</sub> – 20	PL <sub>n</sub> – 20	PW <sub>n</sub> – 20	20 – 22	22 – 24
PP <sub>n</sub> – 23	PL <sub>n</sub> – 23	PW <sub>n</sub> – 23	23 – 25	25 – 27
PP <sub>n</sub> – 26	PL <sub>n</sub> – 26	PW <sub>n</sub> – 26	26 – 28	28 – 30
PP <sub>n</sub> – 29	PL <sub>n</sub> – 29	PW <sub>n</sub> – 29	29 – 31	31 – 33
PP <sub>n</sub> – 32	PL <sub>n</sub> – 32	PW <sub>n</sub> – 32	32 – 34	34 – 36
PP <sub>n</sub> – 35	PL <sub>n</sub> – 35	PW <sub>n</sub> – 35	≥ 35	≥ 35

warstwy przeciwdrganiowej i masy powierzchniowej płyty dociążającej.

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

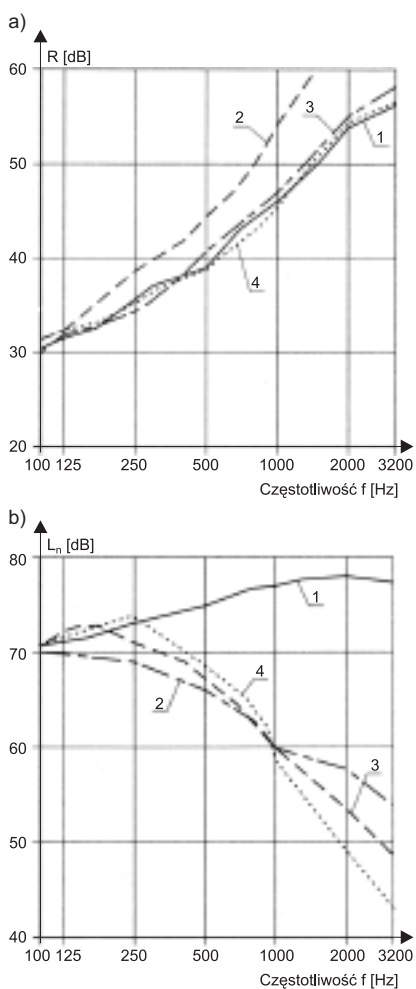
gdzie:

$m'$  – masa powierzchniowa płyty dociążającej układu izolacyjnego [kg/m<sup>2</sup>]

$s'$  – sztywność dynamiczna warstwy przeciwdrganiowej w układzie izolacyjnym [MN/m<sup>3</sup>].

Jeżeli nie dysponuje się wynikami badań, to ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę pływającą można w przybliżeniu określić z nomogramów podanych w normie PN-EN 12354-2:2002 (rysunek 5). Są one jednak mało dokładne i z tego względu lepiej jest korzystać z zależności opracowanych dla konkretnych rodzajów warstw izolacyjnych.

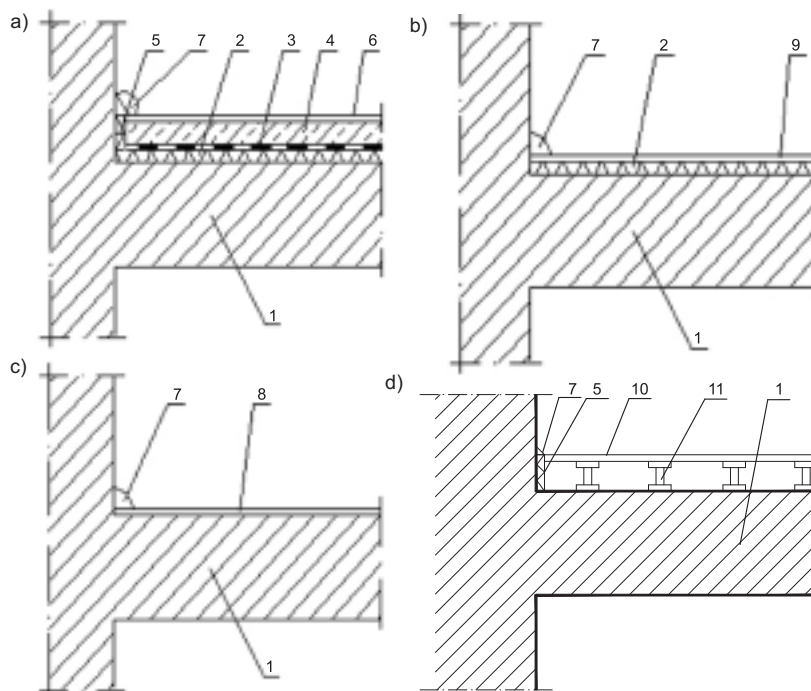
Podłogi pływające z warstwą przeciwdrganiową ze styropianu elastycznego, wełny mineralnej lub waty szklanej charakteryzują przeciętne wartości wskaźników  $\Delta L_w = 20 - 30$  dB w zależności od rodzaju materiału i grubości warstwy. Konkretnie wartości wskaźnika  $\Delta L_w$  dla poszczególnych materiałów są podawane w aprobach technicz-



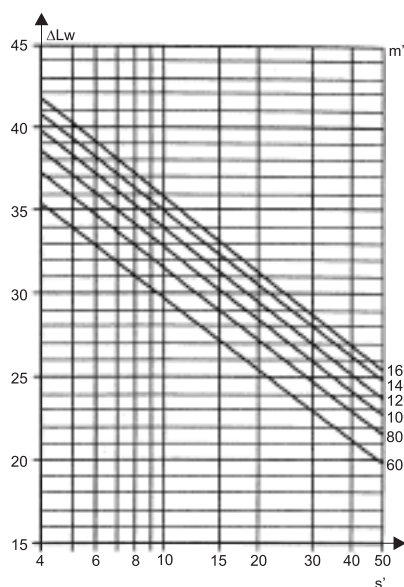
Rys. 3. Przykładowe charakterystyki w funkcji częstotliwości właściwości akustycznych stropu masywnego z różnymi układami podłogowymi: a) izolacyjność akustyczna właściwa; b) znormalizowany poziom uderzeniowy; 1 – strop bez warstw podłogowych; 2 – strop z pływającą podłogą; 3 – strop z lekką konstrukcją podłogową; 4 – strop z wykładziną podłogową z warstwą izolacyjną

Duże znaczenie ma także prawidłowo wykonana izolacja przeciwwilgociowa układana na warstwie izolacji akustycznej, ponieważ przeciwdziała ona powstawaniu mostków akustycznych podczas wykonywania jastrychu cementowego spełniającego rolę płyty dociążającej.

Podłoga pływająca jest układem rezonansowym o częstotliwości rezonansowej zależnej od sztywności dynamicznej



Rys. 4. Schemat konstrukcji podłóg: a) podłoga pływająca; b) lekka konstrukcja podłogowa; c) wykładzina dywanowa lub wykładzina podłogowa z warstwą izolacyjną; d) podłoga podniesiona; 1 – płyta stropowa; 2 – warstwa izolacji akustycznej; 3 – izolacja wodochronna; 4 – płyta dociążająca; 5 – izolacja przysięcna; 6 – nawierzchnia podłogowa; 7 – listwa maskująca; 8 – wykładzina dywanowa lub wykładzina z warstwą izolacyjną; 9 – sztywna wierzchnia warstwa podłogowa (np. panele, deski podłogowe); 10 – płyta podłogowa; 11 – stopka podporowa



Rys. 5. Zależność wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogi pływające z warstwą dociskową z jastrychu cementowego lub cementowo-wapiennego od sztywności dynamicznej  $s'$  (na jednostkę powierzchni) przy różnych masach powierzchniowych  $m'$  płyty dociażającej

nych lub informacjach technicznych producenta.

Warstwy dociażające wykonuje się najczęściej z jastrychu cementowego. Istnieją również rozwiązania podłóg pływających, w których jako warstwy dociażające stosuje się samopoziomujące jastrychy anhydrytowe, a także płyty prefabrykowane (żelbetowe, gipsowe) lub specjalne podłogowe płyty gipsowo-kartonowe zbrojone włóknem szklanym.

Na tłumienie dźwięków uderzeniowych duży wpływ ma jakość wykonania podłóg pływających. Do najczęściej spotykanych błędów wykonawczych można zaliczyć (rysunek 6):

- niestosowanie paska izolacji przystiennej, oddzielającego płytę dociażającą od ścian pomieszczenia;
- ubytki lub zniszczenie warstwy materiału izolacyjnego podczas wykonywania podłogi przez bezpośrednie chodzenie po niej, jeżdżenie taczkami itp.;
- niedokładne ułożenie izolacji przeciwwilgociowej przed wykonaniem jastrychu cementowego, w wyniku czego zaprawa może wnikać do warstwy izolacyjnej, powodując powstanie tzw. mostków akustycznych;
- prowadzenie przewodów instalacyjnych w warstwie izolacji akustycznej bez

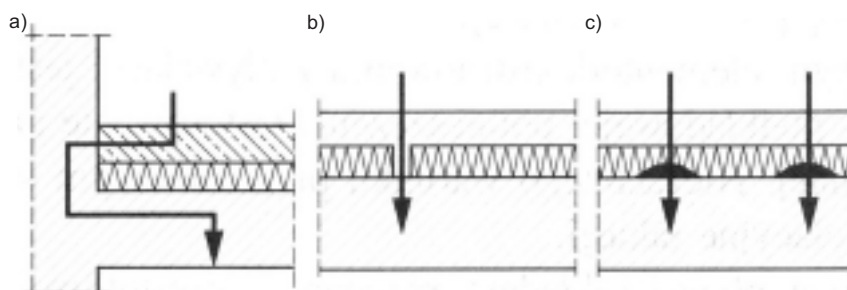
odpowiedniego zabezpieczenia przed powstaniem mostków akustycznych.

Podłoga pływająca zastosowana na stropie wpływa na jego izolacyjność od dźwięków powietrznych w analogiczny sposób jak w przypadku dodatkowych ustrojów izolacyjnych na masywnych konstrukcjach ściennych (J. Nurzyński *Ustroje izolacyjne stosowane na ścianach masywnych* „Materiały Budowlane” nr 12/2008). Znaczenie mają zarówno parametry akustyczne podłogi (przede wszystkim częstotliwość rezonansowa), jak i parametry akustyczne stropu. Taka sama podłoga pływająca zastosowana na stropie o mniejszej izolacyjności akustycznej powoduje większy wzrost izolacyjności całego układu. W przypadku stropów o masie powierzchniowej powyżej  $300 \text{ kg/m}^2$  można oczekiwać, że przyrost jednoliczbowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej stropu  $\Delta R_{A1}$  wyniesie  $2 - 5 \text{ dB}$  (w zależności od szczegółowych rozwiązań konkretnej podłogi i rodzaju stropu, na którym podłoga została zastosowana). Są to jednak wartości przeciętne i nie wykluczają możliwości uzyskania rozwiązań o większej wartości  $\Delta R_{A1}$ .

**Lekkie konstrukcje podłogowe (PL)** tzw. posadzki pływające wykonuje się z warstwy sprężystej (przeciwdrganiowej), która w zasadniczy sposób wpływa na właściwości akustyczne podłogi oraz sztywnej wierzchniej warstwy podłogowej, która ma stosunkowo mały wpływ na właściwości akustyczne podłogi. Warstwę materiału sprężystego stanowią najczęściej maty grubości  $2 - 5 \text{ mm}$  z pianki polietylenowej, polistyrenu ekstrudowanego, miękkie płyty drewnopochodne, a czasami nawet tektura falista. Warstwą wierzchnią mogą być deski drewniane, parkiet, mo-

zaika drewniana czy panele z drewna. Z punktu widzenia akustyki lekka konstrukcja podłogowa, podobnie jak podłoga pływająca, jest układem rezonansowym. Ze względu na znacznie mniejszą masę powierzchniową wierzchniej warstwy podłogowej oraz znacznie większą sztywność warstwy przeciwdrganiowej częstotliwość rezonansowa tych podłóg występuje w paśmie wyższych częstotliwości niż podłóg pływających, w wyniku czego lekkie konstrukcje podłogowe charakteryzują się mniejszymi wartościami wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego  $\Delta L_w$  niż podłogi pływające (zazwyczaj nieprzekraczającymi  $18 - 22 \text{ dB}$ ). W przypadku lekkich konstrukcji podłogowych nie określono uogólnionych zależności pozwalających na szacunkową ocenę właściwości tłumienia dźwięków uderzeniowych. Dane te muszą być przyjmowane dla konkretnego rozwiązania na podstawie pomiarów przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych. Praktycznie pomijalny jest wpływ tych podłóg na izolacyjność od dźwięków powietrznych. W związku z tym mogą one być stosowane na stropach, które wykazują zadowalającą izolacyjność od dźwięków powietrznych, w celu poprawy izolacji od dźwięków uderzeniowych.

Specjalną odmianą lekkich konstrukcji podłogowych są podłogi drewniane na legarach z podkładkami punktowymi lub pasmowymi. Aby uniknąć „dudnienia” podczas chodzenia po takiej podłodze lub przesuwania (przetaczania) po niej przedmiotów, przestrzenie między legarami należy wypełnić wełną mineralną lub szklaną. Jeżeli nie stosuje się podkładek przeciwdrganio- wych, powstaje rozwiązanie o bardzo niekorzystnych właściwościach w odniesieniu do tłumienia dźwięków uderzeniowych nawet wtedy, gdy prze-



Rys. 6. Mostki akustyczne powstałe w wyniku błędów wykonawstwa podłogi pływającej: a) brak izolacji przystiennej; b) przerwana warstwa izolacji akustycznej, brak izolacji przeciwwilgociowej; c) miejscowe uszkodzenia warstwy izolacji akustycznej

strzeń między legarami będzie wypełniona wełną mineralną.

**Wykładziny podłogowe**, które cechują korzystne właściwości w zakresie tłumienia dźwięków uderzeniowych, dzieli się na dwie grupy:

- wykładziny z PVC na podkładzie izolacyjnym;

- wykładziny typu dywanowego na podkładzie izolacyjnym lub bez podkładu.

W zależności od rozwiązania, wykładziny podłogowe mogą charakteryzować się wskaźnikiem zmniejszenia poziomu uderzeniowego  $\Delta L_w$  wynoszącym przeciętnie od 18 do ponad 30 dB. Wykładzina PVC bez warstwy izolacyjnej ma wskaźnik  $\Delta L_w = 5 - 7$  dB. Wykładziny podłogowe o bardzo dobrych właściwościach w zakresie tłumienia dźwięków uderzeniowych, zwłaszcza jeżeli są układane na stropie bez klejenia, mogą powodować obniżenie izolacyjności akustycznej właściwej stropu (czyli izolacyjności od dźwięków powietrznych) nawet do 2 dB.

**Podwieszane sufity izolacyjne** stosuje się w celu zwiększenia izolacyjności stropu od dźwięków powietrznych. Sufit podwieszony ma stosunkowo niewielki wpływ na tłumienie dźwięków uderzeniowych przez strop w budynku.

Sufit podwieszony jest ustrojem rezonansowym (J. Nurzyński *Ustroje izolacyjne stosowane na ścianach masywnych* „Materiały Budowlane” 12/2008). Wszystkie zależności dotyczące ustrojów izolacyjnych stosowanych na ścianach masywnych odnoszą się także do sufitów podwieszonych. Najkorzystniejszymi właściwościami akustycznymi charakteryzują się sufity podwieszane wykonane z płyt z suchego tynku na konstrukcji ze stalowych kształtowników giętych na zimno z wypełnieniem wełną mineralną skalną lub szklaną. Zwiększenie odległości między dolną powierzchnią stropu a płytą sufitu podwieszono prowadzi do zwiększenia przyrostu izolacyjności akustycznej właściwej stropu. Sufity podwieszane, w których płyta jest perforowana w celu uzyskania odpowiednich właściwości dźwiękochłonnych, mają stosunkowo małą izolacyjność akustyczną.

Dźwiękoizolacyjne sufity podwieszono stosuje się zazwyczaj w obrębie jednego pomieszczenia. Rozwiązania, kie-

dy ściana działowa dochodzi tylko do sufitu podwieszono, są raczej charakterystyczne dla sufitów dźwiękochłonnych, ale mogą być również stosowane w przypadku sufitów dźwiękoizolacyjnych podwieszonych do stropu w pewnej odległości. W takich sytuacjach bardzo istotnym parametrem akustycznym jest izolacyjność przy przenoszeniu dźwięków powietrznych w kierunku poziomym (głównie przez przestrzeń nad podwieszonym sufitem). Izolacyjność tę określa się przez znormalizowaną różnicę poziomu ciśnienia akustycznego  $D_{nc}$ , którą często nazywa się wzdłużną izolacyjnością akustyczną podwieszono sufitu. Parametr ten wyznacza się na podstawie badań laboratoryjnych w ściśle określonych warunkach, tj. przy znormalizowanej powierzchni sufitu podwieszono w pomieszczeniach nadawczym i odbiorczym, znormalizowanej długości krawędzi, jaką tworzy sufit podwieszony ze ścianą działową, oraz znormalizowanej odległości sufitu od powierzchni stropu (wg PN-EN ISO 140-9:1998 powierzchnie te wynoszą po  $\approx 20\text{m}^2$ , długość krawędzi wynosi 4,5 m, a wysokość podwieszono 0,7 m).

Znormalizowaną różnicę poziomów ciśnienia akustycznego (izolacyjność wzdłużną) w warunkach rzeczywistych można wyrazić wzorem:

$$D_{n,s} = D_{n,c} + 10 \lg \frac{h'}{h_{lab}} + 10 \lg \frac{S_{s,lab} S_{r,lab}}{S_s S_r} + C_\alpha \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

gdzie:

$h, h_{lab}$  – wysokość przestrzeni powietrznej znajdującej się nad sufitem podwieszonym odpowiednio w warunkach rzeczywistych i w laboratorium [m];

$S_s, S_{s,lab}$  – powierzchnia podwieszono sufitu w pomieszczeniu nadawczym odpowiednio w warunkach rzeczywistych i w laboratorium [ $\text{m}^2$ ];

$S_r, S_{r,lab}$  – powierzchnia podwieszono sufitu w pomieszczeniu odbiorczym odpowiednio w warunkach rzeczywistych i w laboratorium [ $\text{m}^2$ ];

$l, l_{lab}$  – długość krawędzi, jaką tworzy podwieszony sufit ze ścianą działową odpowiednio w warunkach rzeczywistych i w laboratorium;

$C_\alpha$  – składnik korekcyjny zależny od zastosowanego materiału dźwiękochłonnego w przestrzeni podwieszono sufitu, przy braku materiału dźwiękochłonnego przyjmuje się  $C_\alpha = 0$ ; jeżeli w przestrzeni podwieszono sufitu zastosowana jest wełna mineralna skalna lub szklaną, to poprawkę  $C_\alpha$  należy wyznaczyć wg wzorów podanych w PN-EN 12354-1:2002 (zależy od częstotliwości dźwięku).

Wypadkową izolacyjność akustyczną przegrody działowej uwzględniającą wpływ pośredniego przenoszenia dźwięku przez przestrzeń nad sufitem podwieszonym można określić z wyrażenia:

$$R_{wp} = -10 \lg \left( 10^{-0,2R_p} + \frac{10}{S} 10^{-0,2D_{n,s}} \right) \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

gdzie:

$R_p$  – izolacyjność akustyczna właściwa ściany działowej [dB];

$D_{n,s}$  – izolacyjność wzdłużną podwieszono sufitu w warunkach rzeczywistych wg wzoru (6) [dB];

$S$  – powierzchnia ściany rozdzielającej pomieszczenia (przy uwzględnieniu wysokości ściany liczonej od podłogi do powierzchni sufitu podwieszono) [ $\text{m}^2$ ].

Wzór (7) odnosi się do obliczeń izolacyjności w funkcji częstotliwości. Z pewnym przybliżeniem można go stosować także, wprowadzając do niego parametry akustyczne konstrukcji wyrażone jednoliczbowymi wskaźnikami izolacyjności (np.  $R_{p,A1}, D_{n,s,A1}$ ). Dla dźwiękoizolacyjnych sufitów podwieszonych jednoliczbowy wskaźnik  $D_{n,f,A1}$  ma zazwyczaj wartość powyżej 50 dB.

Zagadnienie wzdłużnego przenoszenia dźwięku nabiera natomiast szczególnego znaczenia w przypadku stosowania podwieszonych sufitów dźwiękochłonnych, ich izolacyjność wzdłużną jest bowiem zazwyczaj mała, a przestrzeń nad sufitem są często wykorzystywane do prowadzenia przewodów instalacyjnych, co utrudnia stosowanie odpowiednich izolacji akustycznych w tej przestrzeni na przedłużeniu ścian działowych.

## Właściwości akustyczne stropów drewnianych

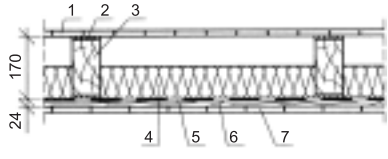
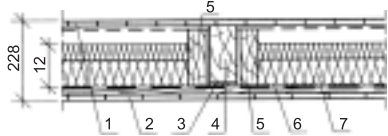
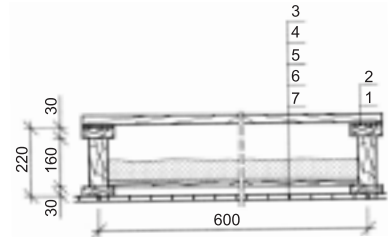
Z punktu widzenia akustyki stropy drewniane są konstrukcjami podwójnymi z połączeniami, najczęściej linowymi. Elementy konstrukcji podwójnej, czyli płyty podłogowa i sufitowa są połączone elementami nośnymi, którymi są belki w stropach belkowych lub żebra w konstrukcjach skrzynkowych. Ze względu na znaczną sztywność konstrukcji wynikającą z wymagań statycznych stropy drewniane belkowe, a zwłaszcza skrzynkowe, charakteryzują się niekorzystną izolacyjnością od dźwięków powietrznych. W przy-

padku tych ustrojów obowiązują wszystkie zależności, które omówiono w artykule J. Nurzyńskiego *Ściany lekkie wewnętrzne* („Materiały Budowlane” 1/2009), w odniesieniu do ścian szkieletowych, głównie ze szkieletem drewnianym. Rozwiązania te są również bardzo niekorzystne ze względu na izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.

Aby stropy drewniane charakteryzowały się znacznie lepszymi właściwościami akustycznymi, niezbędne jest wprowadzenie takich konstrukcji, w których, w możliwie największym stopniu, część podłogowa zostanie oddzielona od części sufitowej (czyli zostaną wyeliminowane mostki akustyczne). Warunki te spełniają stropowe konstrukcje podwójne z belkami nośnymi połączonymi z płytą podłogową oraz z oddzielnym szkieletem, do którego są mocowane elementy sufitowe. Właściwości akustyczne stropów drewnianych przedstawiono w tabeli 3.

Bez względu na szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne stropów drewnianych istotnym elementem poprawiającym ich izolacyjność akustyczną jest częściowe wypełnienie wełną mineralną lub watą szklaną przestrzeni między belkami lub żebrami nośnymi. Grubość warstwy wypełnienia powinna wynosić 50 – 150 mm. W stropach belkowych korzystne jest stosowanie wypełnień w postaci zasyпки piaskowej, co w znacznym stopniu poprawia ich izolacyjność akustyczną. Stropy drewniane wymagają stosowania podłóg z warstwą izolacji akustycznej zwiększającą tłumienie przez strop dźwięków uderzeniowych.

Tabela 3. Właściwości akustyczne stropów drewnianych – przykłady (na podstawie badań Zakładu Akustyki ITB)

Schemat stropu	Opis podłogi	Laboratoryjne wartości wskaźników izolacyjności akustycznej [dB]		
		$R_w$	$R_{A1}$	$L_{n,w}$
<p>Strop o konstrukcji skrzynkowej</p>  <p>1 – płyta wiórowa 22 mm; 2 – paski płyty pilśniowej porowatej; 3 – żebra konstrukcyjne; 4 – wełna mineralna 100 mm, 5 – folia; 6 – podsufitka z płyty gipsowo-kartonowej 12,5 mm; 7 – listwy drewniane</p>	bez nawierzchni podłogowej	42	40	76
	płyta z wełny mineralnej twardej (200 kg/m <sup>3</sup> ) grubości 30 mm + płyta wiórowa 22 mm	48	45	69
<p>Strop o konstrukcji podwójnej</p>  <p>1 – płyta wiórowa podłogowa; 2 – płyta gipsowo-kartonowa 12,5 mm; 3 – przekładka filcowa; 4 – konstrukcja nośna części podłogowej; 5 – konstrukcja nośna części sufitowej; 6 – folia; 7 – wypełnienie wełną mineralną grubości 120 mm</p>	bez nawierzchni podłogowej	52	50	66
	parkiet na włókninie	52	50	61
<p>Strop belkowy</p>  <p>1 – belka drewniana; 2 – płyta pilśniowa porowata 12,5 mm; 3 – deski podłogowe 28 mm; 4 – warstwa piasku stabilizowanego 50 mm; 5 – folia; 6 – szalówka; 7 – podsufitka (płyta gipsowo-kartonowa 12,5 mm)</p>	bez nawierzchni podłogowej	46	44	67
	płyta pilśniowa porowata 12,5 mm + płyta gipsowo-kartonowa 12,5 mm	53	50	58
	płyta pilśniowa porowata 12,5 mm + 2 x płyta gipsowo-kartonowa 12,5 mm	55	52	58

## Kompleksowo o tynkach glinianych

**17 – 18 kwietnia br. odbędą się w Surowie k. Pasłęka warsztaty poświęcone wykonywaniu tynków glinianych, zorganizowane przez firmę BTM – DR JURKIEWICZ.**

Spotkanie będzie podzielone na dwie części. W części **teoretycznej** specjaliści omówią właściwości oraz sposoby przygotowania materiałów na bazie gliny (tynków, zapraw, bloczków). W części **praktycznej** uczestnicy będą wykonywali ściany z bloczków glinianych, tynki gli-

niane oraz nakładali farby na bazie gliny.

**Tynki gliniane** stosowane są coraz częściej, z racji swoich unikalnych zalet, nie tylko w budownictwie ekologicznym. Wpływają one korzystnie na zmianę klimatu w pomieszczeniach, ponieważ regulują wilgotność powietrza, usuwają jej nadmiar lub uzupełniają niedobór. W znacznym stopniu pochłaniają zapachy, np. dymu tytoniowego. Ograniczają wpływ „smogu elektronicznego” i je-

go szkodliwe oddziaływanie na organizmy.

Tynki gliniane mogą być wykonywane z materiałów miejscowych, bądź stosowane w wersjach gotowych. Gotowe tynki, a nawet farby na bazie gliny, produkowane są z naturalnych składników z wypełniaczami wzobogacającymi ich strukturę. Barwienie w masie umożliwiają kreatywne formowanie powierzchni wg własnego gustu.

Kolejne warsztaty odbędą się w drugiej połowie br.



# Profesor Bohdan Lewicki doktorem honoris causa Politechniki Śląskiej

**P**rof. Bohdan Lewicki otrzymał tytuł doktora honorowego – najwyższą godność akademicką, jaką środowisko akademickie może ofiarować swojemu przedstawicielowi. Wyróżnienie zostało przyznane z inicjatywy Senatu Politechniki Śląskiej, w której przed 50 laty Laureat był Kierownikiem Katedry Budowli Komunalnych. Opinie wspierające zostały przygotowane przez Senaty trzech Politechnik: Krakowskiej, Łódzkiej i Warszawskiej. Podniosła uroczystość odbyła się **30 stycznia 2009 r. w Auli Politechniki Śląskiej** wypełnionej przybyłymi gośćmi, wśród których znaleźli się przyjaciele i byli uczniowie Profesora. Jest to drugi tytuł doktora honoris causa dla prof. Bohdana Lewickiego. Pierwszy przed ponad 20 laty przyznał Profesorowi Chalmers University of Technology w Göteborgu (Szwecja).

W dotychczasowej ponad 60-letniej historii Politechnika Śląska nadała tytuł doktora honoris causa jedynie 36 osobom, a wśród nich tylko dwie osobistości związane są z budownictwem. W 1981 r. tytuł ten otrzymał prof. Stefan Kaufman, a w 2009 r. prof. Bohdan Lewicki w uznaniu:

*Szczególnych zasług dla rozwoju nauki oraz istotnych dokonań badawczych, technicznych i popularyzatorskich w dziedzinie szeroko pojętego budownictwa, a w szczególności w zakresie ustrojów ścianowych i normalizacji oraz wieloletniej kreatywnej współpracy z Wydziałem Budownictwa Politechniki Śląskiej.*



Rektor Politechniki Śląskiej prof. Andrzej Karbownik składa gratulacje



Laureat prof. Bohdan Lewicki – Doktor Honoris Causa

*Największą wartością Uczelni zawsze byli i są ludzie – wybitni specjaliści, naukowcy, badacze, znakomici dydaktycy, których osiągnięcia stały się najistotniejszym czynnikiem wpływającym na dynamiczny rozwój Uczelni i budowanie jej wizerunku – prężnego ośrodka akademickiego, liczącego się w skali europejskiej – zaznaczył JM Rektor Politechniki Śląskiej prof. Andrzej Karbownik we wprowadzeniu do uroczystości. Postać prof. Bohdana Lewickiego doskonale uosabia te słowa. Przekonująco dokumentuje to syntetyczne zestawienie opracowane przez promotora prof. Włodzimierza Starosolskiego:*

**Data i miejsce urodzenia:** 17 października 1921 r. w Sołotwinie (woj. stanisławowskie).

**Stopnie techniczno-naukowe:** studia inżynierskie, rozpoczęte w 1943 r. w Wyższej Szkole Technicznej w Warszawie ukończył w grudniu 1946 r. na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej; rozprawa doktorska „Jednofrakcyjowy gruzobeton”, obroniona w 1951 r.; tytuł docenta – lipiec 1954 r.; tytuł profesora nadzwyczajnego – grudzień 1964 r.; tytuł profesora zwyczajnego – wrzesień 1972 r.

**Zatrudnienie:** 02.1947 ÷ 12.1947 r. – Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego – kierownik biura budowy gmachów PKPG w Warszawie; 01.1948 ÷ 03.1951 r. – Przedsiębiorstwo Budownictwa Miejskiego „Stolica” – kierownik prefabrykacji; 03.1948 ÷ 09.1956 r. – Biuro Projektów Służby Zdrowia – projektant.

**Praca naukowa i dydaktyczna:** 10.1947 ÷ 06.1952 r. – starszy asystent Katedry Konstrukcji Stalowych PW; 03.1953 ÷ 06.1958 r. – Zakład Budownictwa Ogólnego PW; Zakład Bud. PAN; 09.1958 ÷ 06.1961 r. – kierownik Katedry Budowli Komunalnych Politechniki Śląskiej; 06.1958 ÷ 12.2007 r. – Instytut Techniki Budowlanej (z przerwą na COBPBO – Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Budownictwa Ogólnego).

**Wykłady zagraniczne:** University of Missouri at Columbia, Columbia, USA, visiting profesor – winter semester 1971; wyjazdy jako ekspert ONZ (UN Development Programme) w zakresie budownictwa uprzemysłowionego i ośrodków pomocy naukowo-technicznej; 01.1974 ÷ 03.1975 r. – Structural Eng. Research Center w Madrasie, Indie; 03.1978 ÷ 12.1978 r. – Centre Sc. et. Techn. Du Bât. w Algierze, Algieria; 07.1980 ÷ 12.1980 r. – Direction Nat. de Tecnologia w Buenos Aires, Argentyna; 07.1985 ÷ 03.1986 r. – Build. Research Centre w Kingston, Jamajka.

**Pełnione funkcje:** zastępca przewodniczącego Rady Naukowej ITB (1968 ÷ 1991); przewodniczący Rady Naukowej ITB (1995 ÷ 1999).

**Publikacje:** łącznie 497, w tym: studia i rozprawy – ok. 77; podręczniki, wytyczne i projekty norm – 75.

**Recenzje prac doktorskich i habilitacyjnych:** łącznie – ok. 15 recenzji.

**Doktorat honorowy:** Uniwersytet Techniczny Chalmers w Göteborgu – 1986 r.

**Odnaczenia państwowe:** Złoty Krzyż Zasługi – 1955 r.; Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski – 1972 r.; Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski – 1995 r.; Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski – 2001 r.

**Odnaczenia zagraniczne:** Instytut Eduardo Torroja Madryt: członek honorowy Rady Naukowej, wyróżniony medalem imienia założyciela Instytutu – 1995 r.; członek honorowy CIB – Międzynarodowej Rady Budownictwa – 1993 r.

**Odnaczenia stowarzyszeniowe:** nagroda KN PZITB im. W. Żenczykowskiego – 1965 r.

**Odnaczenia branżowe:** wiele honorowych odznak resortowych.

(dokończenie na str. 88)

# Wojewódzki Inspektorat Nadzoru Budowlanego w Warszawie

Osobliwie działania WINB w Warszawie decydują dwie podstawowe kwestie: zasięg terytorialny i stołeczność siedziby. Województwo mazowieckie to obszar nieco większy od np. Królestwa Belgii, zamieszkały przez 13,6% mieszkańców Polski. W województwie są **42 powiaty** (37 ziemskie i 5 grodzkich), w tym Miasto Stołeczne Warszawa (to powiat z 1,7 mln stałych mieszkańców). Odpowiednio duży jest zatem ruch budowlany, np. w 2008 r. na terenie województwa oddano do użytkowania **26 537** obiektów budowlanych.

**19 296** pism wpłynęło do WINB w Warszawie w 2008 r.

**25 721 szt.** to liczba korespondencji wysłanej przez WINB w ciągu roku

**312 km** dzieli najbardziej odległe siedziby powiatowych inspektorów nadzoru budowlanego w województwie mazowieckim

Wojewódzki Inspektorat Nadzoru Budowlanego w Warszawie działa – jak wszystkie pozostałe – od 1 stycznia



Kierownictwo Wojewódzkiego Inspektoratu Nadzoru Budowlanego w Warszawie. Od lewej: **Mirosława Kamińska** – Naczelnik Wydziału Inspekcji i Kontroli, **Maciej Aleksandrowicz** – Naczelnik Wydziału Administracyjno-Organizacyjnego, **Renata Sobolewska-Szysko** – Naczelnik Wydziału Orzeczniczno-Prawnego, **Adam Jędraś** – Zastępca Mazowieckiego Wojewódzkiego Inspektora Nadzoru Budowlanego, **Jaromir Grabowski** – Mazowiecki Wojewódzki Inspektor Nadzoru Budowlanego, **Anna Janakowska** Naczelnik Wydziału Wytwarzania Budowlanych, **Romuald Skibiński** – Kierownik Zespołu ds. Budownictwa Obronności i Bezpieczeństwa

**Adam Jędraś.** Inspektorat zatrudnia 59 osób, w tym 51 pracowników w służbie cywilnej.

## Struktura WINB

W skład Wojewódzkiego Inspektoratu Nadzoru Budowlanego wchodzi:

- **Wydział Orzeczniczno-Prawny** kierowany przez **Renatę Sobolewska-Szysko**. Do jego zadań należy rozpatrywanie odwołań i zażaleń na rozstrzygnięcia powiatowych inspektorów nadzoru budowlanego. Wydział odpowiada również na skargi do sądów administracyjnych i prowadzi postępowania nadzwyczajne. W 2008 r. wydano **4066** decyzji i postanowień, a także zarejestrowano **515 skarg** do Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego;

- **Wydział Inspekcji i Kontroli** kierowany przez **Mirosławę Kamińską**. Wykonuje zadania WINB jako organu I instancji dla obiektów i robót, dla których wojewoda jest organem I instancji administracji architektoniczno-budowlanej (drogi krajowe i wo-



## Wydział Orzeczniczno-Prawny

1999 r., tj. od chwili, gdy dokonano podziału administracji budowlanej na administrację architektoniczno-budowlaną i nadzór budowlany. Mazowieckim Wojewódzkim Inspektorem Nadzoru Budowlanego jest obecnie **Jaromir Grabowski**, a jego zastępcą

Wojewódzki Inspektorat Nadzoru Budowlanego w Warszawie  
 ul. Czeresniowa 98, 02-456 Warszawa  
 kancelaria@maz.winb.gov.pl  
 tel. kancelaria: 022 863 90 12; tel. sekretariat: 022 863 35 63  
 fax: 022 863 90 15  
 tel. alarmowy (czynny poza godzinami pracy urzędu):  
 600 779 268



Wydział Inspekcji i Kontroli

jewódzkie, obiekty hydrotechniczne, obiekty lotnisk cywilnych, obiekty na obszarach kolejowych). W obszarze zainteresowania wydziału znajdują się m.in. Metro Warszawskie i lotnisko Okęcie, a na mocy przepisów „specustawy” również budowa Stadionu Narodowego. Centralne położenie Mazowsza powoduje, że jest to miejsce krzyżowania się wielu szlaków komunikacyjnych. Łączna długość dróg krajowych na terenie województwa to 2176,6 km. Wydział Inspekcji i Kontroli prowadzi postępowania skargowe dotyczące działania powiatowych inspektorów nadzoru budowlanego. W 2008 r. rozpatrzono **443** tego rodzaju skargi. Do zadań wydziału należy także prowadzenie kontroli organów administracji architektoniczno-budowlanej i nadzoru budowlanego stopnia powiatowego. W 2008 r. przeprowadzono **10** takich kontroli.

W prowadzonych postępowaniach pierwszoinstancyjnych i skargowych wydano w ub.r. **273** decyzje i postanowienia. Przeprowadzono również, oprócz **106** kontroli obowiązkowych, **67** innych kontroli obiektów i robót budowlanych;

• **Wydział Wyrobów Budowlanych** kierowany przez **Annę Janakowską**. Do zadań wydziału należy kontrola wyrobów budowlanych oraz prowadzenie postępowań zgodnie z ustawą o wyrobach budowlanych. W 2008 r. wydano **153** decyzje i postanowienia. W trakcie **159** kontroli u 45 producentów i 114 sprzedawców skontrolowano **389** wyrobów budowlanych;



Wydział Wyrobów Budowlanych

• **Zespół ds. Budownictwa Obronności i Bezpieczeństwa** pod dowództwem **pplk. Romualda Skibińskiego**, wykonuje zadania nadzoru budowlanego w stosunku do obiektów i robót budowlanych na terenach zamkniętych. W stolicy są to nie tylko obiekty, z jakimi mają zwykle do czynienia inspektoraty w innych województwach, ale również budynki Kancelarii Prezydenta RP, Kancelarii Premiera, Komend Głównych Policji, Straży Pożarnej i Straży Granicznej, Dowództw Sił Lądowych i Powietrznych, Biura Ochrony Rządu oraz służb specjalnych. Działania wobec takich szczególnych inwestorów i zarządców to m.in. **110** decyzji i postanowień. W 2008 r. przeprowadzono również

**12** kontroli obowiązkowych, **2** inne kontrole budów oraz kontrole **32** obiektów w użytkowaniu.

Nad sprawami organizacyjnymi i kadrowymi czuwa **Wydział Administracyjno-Organizacyjny** kierowany przez **Macieja Aleksandrowicza**, a o finanse dba **Zespół Finansowo-Księgowy** z Główną Księgową **Bożenną Maciąg** na czele.

*Liczby powyżej wymieniane świadczą, ku naszemu zmartwieniu, że jesteśmy bardziej urzędem niż inspekcją. Proporcjonalnie za dużo przebywamy za biurkami, a za mało na budowach. Na usprawiedliwienie trzeba wspomnieć o poważnych trudnościach z pozyskaniem do pracy w administracji wykwalifikowanej kadry inżynierskiej na dość atrakcyjnym warszawskim ry-*

*ku pracy. A „urzędowania” też nie sposób zaniedbać, zwłaszcza, że każda stołeczna inwestycja może być – i nierzadko jest – przedmiotem interwencji „społecznego inspektora nadzoru budowlanego” w licznych stołecznych biurach poselskich i senatorskich oraz wszelkich instytucjach w stolicy mających swoje siedziby, z NIK, Transparencency International, Rzecznikiem Praw Obywatelskich i Pełnomocnikiem Rządu ds. Walki z Korupcją włącznie. Ze skargą do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego mieszkańcom Mazowsza też jakby najbliżej.*

*Jaromir Grabowski*  
Mazowiecki Wojewódzki Inspektor  
Nadzoru Budowlanego

# Ruch budowlany w Polsce w 2008 r.

**G**łówny Urząd Nadzoru Budowlanego podsumował wyniki badań ruchu budowlanego w 2008 r. W porównaniu z 2007 r. odnotowano niewielki (1%) wzrost liczby pozwoleń na budowę. O 3% wzrosła liczba obiektów budowlanych oddanych do użytkowania. W 2008 r. o ponad połowę więcej, w stosunku do roku poprzedniego, wzrosła liczba zalegalizowanych obiektów budowlanych, przy równoczesnym 21% spadku nakazów rozbiórek.

Dane statystyczne dotyczące liczby wydawanych pozwoleń na budowę umożliwiają określenie przewidywanego przyrostu liczby obiektów budowlanych w następnym roku.

W 2008 r. wydano **233 383** pozwolenia (rysunek 1) na realizację **253 778** obiektów budowlanych, podczas gdy w 2007 r. liczby te wynosiły odpowiednio – 230 138 pozwoleń na 255 225 obiektów budowlanych. Jest to niewielki (1%) **wzrost** liczby wydanych pozwoleń na budowę. Tendencja wzrostowa utrzymuje się od 2005 r.

Największy wzrost, aż o 30% w porównaniu z 2007 r., odnotowano w obszarze budowy rurociągów, linii telekomunikacyjnych i energetycznych oraz budowli wodnych – o 25%. Było to spowodowane rozwojem infrastruktury na terenie kraju, wspomaganym środkami unijnymi. Liczba pozwoleń wydanych na **budynki jednorodzinne wynosząca 109 119** wzrosła zaledwie o 4% w porównaniu z rokiem ubiegłym, ale i tak jest największa od 2000 r. Natomiast liczba pozwoleń na realizację

**budynków wielorodzinnych wynosząca 3536** zmalała o 14%; tylko w trzech województwach, tj. śląskim, zachodniopomorskim i lubelskim, zanotowano jej wzrost.

Ponadto niewielki wzrost liczby pozwoleń na budowę wydanych w 2008 r., w stosunku do 2007 r., odnotowano w następujących kategoriach: budynki zamieszkania zbiorowego – o 6%, budynki użyteczności publicznej – o 4%, natomiast spadki: budynki gospodarcze – o 13,5%, przemysłowe i magazynowe – o 10%, infrastruktury transportu – o 2%.

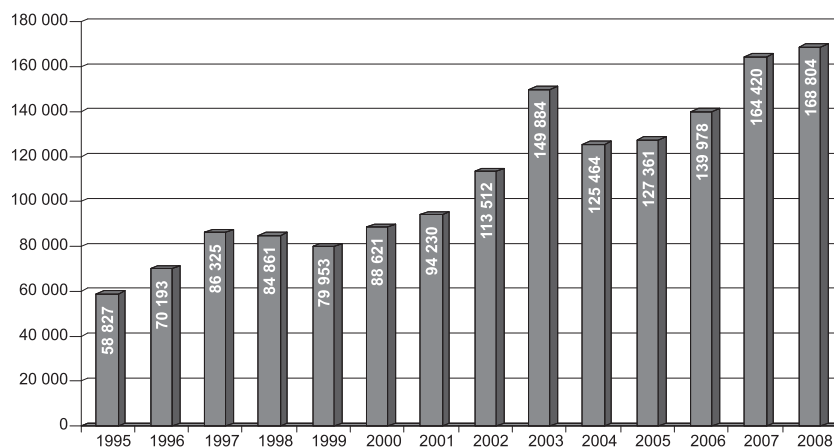
Począwszy od 1995 r., liczba obiektów przekazanych do użytkowania (rysunek 2) minimalnie, ale systematycznie wzrasta (niewielkie spadki odnotowano w 1998 r. – o 1,7% i 1999 r. – o 5,8%). Wyjątkowy natomiast był

2003 r., w którym odnotowano wzrost w stosunku do poprzedniego roku aż o 32% (149 884 obiekty oddane do użytkowania).

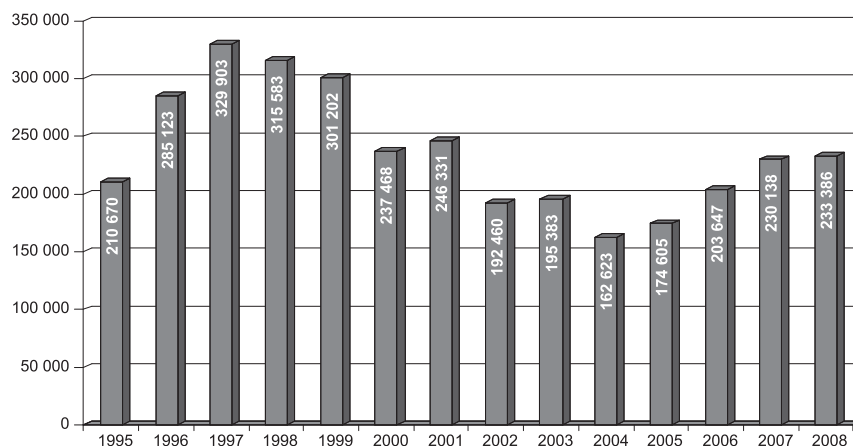
W 2008 r. **przekazano do użytkowania 169 804 obiekty**. W porównaniu z 2007 r. nastąpił **wzrost o 3,3%**.

Z analizy struktury obiektów oddanych do użytkowania wynika, że **wzrost** nastąpił w przypadku:

- budynków wielorodzinnych o 45%;
- budynków jednorodzinnych o 20%;
- budowli wodnych o 11%;
- rurociągów, linii telekomunikacyjnych i energetycznych o 10%;
- obiektów infrastruktury transportu o 8%;
- budynków gospodarczo-inwentarskich o 4%;
- budynków zamieszkania zbiorowego o 4%.



Rys. 2. Liczba obiektów przekazanych do użytkowania



Rys. 1. Liczba wydanych pozwoleń na budowę

Natomiast **spadek** odnotowano w kategoriach:

- budynki użyteczności publicznej o 12%;
- budynki przemysłowe i magazynowe o 6%;
- obiekty pozostałe o 42%.

Najwięcej obiektów oddano do użytkowania w województwie mazowieckim (26 222), najmniej w świętokrzyskim (3 233). W ośmiu województwach zanotowano wzrost liczby obiektów oddanych do użytkowania (największy w śląskim – 49%), natomiast w ośmiu pozostałych spadek (największy w województwie kujawsko-pomorskim – 21%).

## Zalegalizowane obiekty budowlane

Badania dotyczące liczby decyzji legalizujących samowole budowlane prowadzone są od 2006 r. Możliwość doprowadzenia do stanu zgodnego z obowiązującym prawem bez konieczności dokonywania rozbiórki, po wniesieniu odpowiedniej opłaty legalizacyjnej w zależności od kategorii obiektu, dała nowelizacja ustawy – *Prawo budowlane*, wprowadzona ustawą z 27 marca 2003 r. o zmianie ustawy – *Prawo budowlane* oraz zmianie niektórych ustaw (Dz.U. z 2003 r. nr 80, poz. 718).

W 2008 r. wydano ogółem **1392 decyzje legalizujące**. Jest to o 54% więcej, w porównaniu z 2007 r., w którym wydano 904 takie decyzje. Najwięcej decyzji legalizacyjnych dotyczyło budynków jednorodzinnych (545 decyzji), co stanowi 39,2% wszystkich decyzji legalizacyjnych. W stosunku do 2007 r. (409 decyzji) wystąpił wzrost o 33,3%. Ponadto zalegalizowano 449 budynków gospodarczych i inwentarskich, 121 budynków użyteczności publicznej oraz 107 budynków przemysłowych i magazynowych, co również stanowi wzrost w stosunku do 2007 r. – odpowiednio o 64,5%; 108,7%; 81,4%. Najwięcej decyzji legalizujących wydano w województwie mazowieckim – 27,8% wszystkich decyzji (387 decyzji), co daje wzrost w stosunku do 2007 r. o 9,6% (353 decyzje).

## Rozbiórki obiektów budowlanych

Problematyka rozbiórek obiektów budowlanych została ujęta w zestawieniach obejmujących: decyzje nakazujące rozbiórkę obiektów, wszczęte postępowania egzekucyjne oraz wykonane rozbiórki.

Od 2001 r., pomimo nieznaczących wahań (np. wzrostu w 2005 r.), maleje liczba nakazów rozbiórki. Natomiast od 2006 r. maleje zarówno liczba wydanych nakazów rozbiórki, jak i rozbiórek wykonanych, a także wszczynanych postępowań egzekucyjnych.

W 2008 r. wydano ogółem **5099 nakazów rozbiórki**. W porównaniu z 2007 r. (6474 nakazy), ich liczba uległa zmniejszeniu o 21,2%. Natomiast w poszczególnych obszarach odnotowano następujące zmiany:

- liczba nakazów spowodowanych samowolami budowlanymi (budowy bez

pozwolenia) **zmała o 25,7%** (z 3461 w 2007 do 2573 w 2008 r.) i stanowi 50,5% ogólnej liczby wydanych nakazów rozbiórki;

- liczba nakazów spowodowanych prowadzeniem budów niezgodnie z warunkami pozwolenia na budowę **zmała o 14,7%** (z 1086 w 2007 r. do 926 w 2008 r.) i stanowi 18,2% ogólnej liczby wydanych nakazów;

- liczba nakazów spowodowanych niewłaściwym utrzymaniem obiektów budowlanych **zmała o 16,7%** (z 1921 w 2007 r. do 1600 w 2008 r.) i stanowi 31,4% ogólnej liczby wydanych nakazów.

W 2008 r. **najwięcej** nakazów rozbiórki wydano w województwie śląskim (861), **najmniej** w województwach opolskim i świętokrzyskim (po 103). W porównaniu z 2007 r. w trzynastu województwach zanotowano **spadek** liczby nakazów rozbiórki – największy w województwie lubuskim (55%), natomiast w trzech województwach **wzrost** – największy w kujawsko-pomorskim (50%).

W przypadku **budynków mieszkalnych** wydano nakazy rozbiórki orzeczone z tytułu:

- 1) samowoli budowlanej – 357 nakazów (7% ogólnej liczby wydanych nakazów);

- 2) realizacji budowy niezgodnie z warunkami pozwolenia – 316 nakazów rozbiórki (6,2% ogólnej liczby wydanych nakazów);

- 3) niewłaściwego utrzymania obiektów budowlanych – 536 nakazów (10,5% ogólnej liczby).

W 2008 r. **wykonano ogółem 2642 nakazy rozbiórki**, orzeczone z tytułu:

- samowoli budowlanej (art. 48) w liczbie 1516 rozbiórek (57,3%);

- realizacji budowy niezgodnie z warunkami pozwolenia (art. 50a i 51) w liczbie 248 rozbiórek (9,4%);

- niewłaściwego utrzymania obiektów budowlanych (art. 67) w liczbie 878 rozbiórek (33,2% ogólnej liczby wykonanych rozbiórek).

Liczba **rozbiórek wykonanych** w 2008 r. była o 8% mniejsza od wykonanych w 2007 r. (2808), z tym, że:

- zmała o 10% liczba rozbiórek spowodowanych samowolami budowlanymi;

- wzrosła o 24% liczba rozbiórek spowodowanych prowadzeniem budów niezgodnie z warunkami pozwolenia na budowę;

- zmała o 10,1% liczba rozbiórek spowodowanych niewłaściwym utrzymaniem obiektów budowlanych.

W 2008 r. **najwięcej** rozbiórek wykonano w województwie śląskim (321), **najmniej** w opolskim (74). W porównaniu z 2007 r., w dziewięciu województwach zanotowano spadek liczby wykonanych rozbiórek – największy w województwie małopolskim (40%), natomiast w sześciu województwach wzrost – największy w kujawsko-pomorskim (108%).

W 2008 r. wykonano **172 rozbiórki budynków mieszkalnych**, w tym: 35 z tytułu samowoli budowlanej; 21 z tytułu realizacji budowy niezgodnie z warunkami pozwolenia; 116 z tytułu niewłaściwego utrzymania obiektów budowlanych.

Największą liczbę postępowań egzekucyjnych wszczęto w województwie mazowieckim (197), najmniejszą w opolskim (26).

## Podsumowanie

Z badań ruchu budowlanego w 2008 r. wynika, że:

- wzrasta liczba wydanych decyzji o pozwoleniu na budowę. Tendencja ta utrzymuje się od 2005 r. Wzrost w 2008 r. jest nieznaczny (o 1%) i może świadczyć o odczuwanych początkach kryzysu gospodarczego;

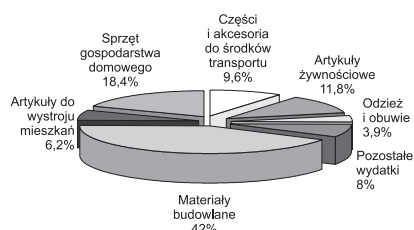
- największy wzrost liczby pozwoleń na budowę stwierdzono w kategorii rurociągi, linie telekomunikacyjne i elektroenergetyczne (o 30% w stosunku do 2007 r.), oraz budowie wodne (o 25%). Liczba pozwoleń wydanych dla budynków jednorodzinnych wzrosła zaledwie o 4%, dla budynków zamieszkania zbiorowego o 6%, a dla budynków użyteczności publicznej o 4%. Natomiast liczba pozwoleń dla budynków wielorodzinnych zmała ogółem o 14%; tylko w trzech województwach zanotowano wzrost.

- w porównaniu z 2007 r. wzrost liczby obiektów przekazanych do użytkowania jest nieznaczny (o 3%), jakkolwiek tendencja wzrostowa utrzymuje się od 1995 r.;

- wzrosła liczba zalegalizowanych obiektów budowlanych (w porównaniu z 2007 r. o 54%), przy jednoczesnym spadku liczby nakazów rozbiórek (o 21%). Można stąd pośrednio wnosić, że instytucja legalizacji, istniejąca praktycznie od 2006 r., ulega sukcesywnemu wdrażaniu. Systematycznie maleją również: liczba rozbiórek wykonanych oraz liczba wszczynanych postępowań egzekucyjnych.

# Zmotoryzowane „mrówki” kupują w Polsce materiały budowlane

Zaskakujące wyniki – ale tylko z pozoru zaskakujące – przyniosła „Badania pilotażowe obrotów towarów i usług w ruchu granicznym na granicy polsko-ukraińskiej w II półroczu 2008 r.”, przeprowadzone przez Urząd Statystyczny w Rzeszowie na zlecenie GUS. Okazuje się, że w IV kwartale 2008 r. **aż 42% wydatków poniesionych w Polsce przez cudzoziemców przekraczających granicę polsko-ukraińską**, z uwzględnieniem tzw. małego ruchu granicznego, **stanowi kwota zakupu materiałów budowlanych**. Z badań wynika, że szacunkowa wartość wszystkich zakupów Ukraińców w Polsce sięgnęła w ostatnim kwartale ub.r. niemal 515 mln zł, z czego **na materiały budowlane wydali ponad 216 mln zł natomiast w III kwartale niemal 197 mln zł** (rysunek).



**Struktura wydatków poniesionych w Polsce przez cudzoziemców przekraczających granicę polsko-ukraińską (IV kwartał 2008)**

Czy badanie statystyków z Rzeszowa należy uznać za wiarygodne? Co sprawia, że cudzoziemcom wracającym na Ukrainę oplać się kupować w Polsce materiały budowlane?

Odpowiadając na pierwsze pytanie, trzeba przedstawić skalę badania i jego metodologię. Objęto nim w III kwartale 2008 r. 10,3 tys. cudzoziemców wracających z Polski na Ukrainę, w tym Ukraińcy stanowili 97%, oraz 14,2 tys. Polaków, w tym 99% stanowili powracający z Ukrainy. W IV kwartale ankiety wypełniło 9,3 tys. cudzoziemców (w tym 99% to Ukraińcy) oraz 12,2 tys. Polaków (w tym 99% to powracający z Ukrainy). Badano ruch graniczny

na przejściach w Korczowej, Krościenku, Medyce i Przemyślu (woj. podkarpackie) oraz w Dorohusku, Hrebennem i Zosinie (woj. lubelskie). Z danych Straży Granicznej w III kwartale 2008 r. wynika, że liczba Polaków powracających do Polski z Ukrainy wyniosła 1525,1 tys., a cudzoziemców opuszczających Polskę na tych przejściach 826,9 tys. Odpowiednie dane za IV kwartał to 1110,9 tys. i 726,4 tys. osób. Dodajmy jeszcze, że wśród cudzoziemców (z absolutnie dominującym udziałem Ukraińców) zdecydowanie przeważali zmotoryzowani (ponad 87% w obu kwartałach); podobnie wśród Polaków, ale już w mniejszym stopniu (po ok. 65% w obu kwartałach).

W porównaniu z wieloma innymi, nieraz szeroko prezentowanymi w mediach badaniami, przeprowadzone przez Urząd Statystyczny w Rzeszowie wyróżniają się reprezentatywną, bo aż 1% próbą. Profesjonalni ankieciery statystyki publicznej zgromadzili kilkadziesiąt tysięcy wypełnionych ankiet. Trudno znaleźć równie reprezentatywne badania zjawisk społecznych i gospodarczych. Bardzo często ośrodki badawcze ograniczają się do standardowych prób 1000, a niekiedy nawet zaledwie 500 ankietowanych osób.

Co skłania obywateli Ukrainy do kupowania w Polsce materiałów budowlanych? Tego pytania w ankietach nie było. Można jednak postawić kilka hipotez i zwrócić uwagę na zjawiska świadczące, że zakupy te stanowią przynajmniej w części przedsięwzięcia zorganizowane.

Przede wszystkim ruchowi na granicy sprzyjają różnice cenowe. Druga przyczyna bierze się zapewne stąd, że fale kryzysu, który dotarł do Ukrainy wcześniej niż do Polski, rozchodzą się nierówno, najpierw uderzają w firmy, dopiero po pewnym czasie w indywidualnych inwestorów. Z budowy fabryk materiałów budowlanych na Ukrainie wycofało się w ostatnich miesiącach co najmniej kilku znanych producentów. Ceny wielu materiałów na Ukrainie

i w Polsce są porównywalne, natomiast ich jakość jest w Polsce zdecydowanie lepsza. Przy porównywalnych cenach silnym magnesem do zakupów w Polsce jest także oczywiście możliwość odliczenia VAT. Na podkarpackich i lubelskich przejściach granicznych tzw. mały ruch graniczny odbywa się wyłącznie w ramach tax free. Cudzoziemiec, który kupił w Polsce np. materiały budowlane, dzięki potwierdzeniu w polskim Urzędzie Celnym wywozu ich z naszego kraju, dysponuje dokumentem uprawniającym do odzyskania kwoty tego podatku. Organizacyjno-techniczną stroną zwrotu 22% VAT zajmują się po obu stronach granicy przedsiębiorcze osoby.

Wspomniane różnice cenowe wzmagane są przez dynamikę kursów walut. W II półroczu 2008 r. złoty zyskał wobec hrywny (wg średnich kursów NBP z 30 czerwca i 31 grudnia) 25%, podczas gdy euro 55%, a USD 75%, ale koszty zakupu różnych walut w bankach miały jeszcze silniejszą dynamikę.

Zorganizowany charakter przynajmniej części zakupów materiałów budowlanych w Polsce, w tzw. małym ruchu granicznym, potwierdzają spostrzeżenia statystyków. **Dr Marek Cierpiał-Wolan** – dyrektor Urzędu Statystycznego w Rzeszowie zwraca uwagę, że niemal 15% (w ujęciu wartościowym) wywozu przez cudzoziemców materiałów budowlanych z Polski realizowane jest przez osoby deklarujące w ankietach wartość partii towaru powyżej 10 tys. zł (zawsze jednak poniżej 20 tys. zł). Tymczasem przeciętnie cudzoziemiec wydawał w Polsce na wywożone następnie materiały budowlane niecałe 300 zł.

Co wywożą cudzoziemcy z Polski na Ukrainę? Można powiedzieć, że wszystko co w danym okresie najlepiej się oplać, a więc stolarkę okienną, armaturę i ceramikę sanitarną, materiały ociepleniowe i wyroby chemii budowlanej itd.

Joanna Ziach

# Produkcja materiałów budowlanych w styczniu 2009 roku

Od stycznia 2009 r. w statystycznych badaniach produktowych prowadzonych przez GUS została zastosowana nowa Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług (PKWiU 2008) oraz nowa nomenklatura „Prodpol” do badania wyrobów przemysłowych. Klasyfikacja PKWiU 2008 została opracowana na podstawie obowiązującej w krajach Unii Europejskiej klasyfikacji statystycznej produktów wg działalności – CPA, a wprowadzona do polskiej praktyki statystycznej rozporządzeniem Rady Ministrów z 29 października 2008 r. – Dz.U. nr 207, poz. 1293<sup>1)</sup>. Nomenklatura „Prodpol” uwzględnia nową europejską nomenklaturę wyrobów („Prodcom”) podlegających obserwacji statystycznej oraz potrzeby użytkowników krajowych. Wprowadzona została do badań GUS rozporządzeniem Rady Ministrów w sprawie programu badań statystycznych statystyki publicznej na 2009 r. (Dz.U. 221, poz. 1436).

W celu zapewnienia porównywalności informacji bieżących opracowywanych wg nowych grupowań klasyfikacyjnych w 2009 r. (PKWiU 2008) z danymi opracowywanymi i publikowanymi w starym układzie klasyfikacyjnym (PKWiU 2004), dokonano ponownej dezagregacji danych za 2008 r., wykorzystując klucze przejścia pomiędzy obiema klasyfikacjami i nomenklaturami. Zakres różnic klasyfikacyjnych, sięgający nieraz niskich szczebli agregacji nie we wszystkich grupowaniach pozwolił na proste opracowanie porównywalnych danych retrospektywnych. Szczególnie dotyczy to grupowania „cegły i elementy budowlane, ceramiczne, wypalane z gliny, stosowane pod oblicowaniem” oraz „cegły ceramiczne i elementy stosowane do licowania”, które od stycznia 2009 r. w informacji zastąpione będą jednym grupowaniem „cegły i elementy budowlane ceramiczne, wypalane z gliny” z wyszczególnieniem „cegły i elementy budowlane ceramiczne, wypalane z gliny [dam<sup>3</sup>] w tym: cegła wypalana z gliny pustaki ścienne, ceramiczne [dam<sup>3</sup>] Pustaki stropowe ceramiczne [tys. szt.] Dachówki ceramiczne [tys. szt.] Gąsiorzy dachowe, ceramiczne [tys. szt.] Wyroby sanitarne z porcelany [t] Cement [tys. t] Wapno [tys. t] Bloki ścienne z betonu lekkiego [tys. t] w tym: autoklawizowany beton komórkowy [tys. t] [dam<sup>3</sup>] 252

<sup>1)</sup> Zgodnie z rozporządzeniem PKWiU 2008 stosuje się w statystyce, ewidencji i dokumentacji oraz rachunkowości, a także w urzędowych rejestrach i systemach informacyjnych. Do 31 grudnia 2009 r. w powyższych systemach stosuje się równolegle PKWiU 2004, wprowadzoną rozporządzeniem Rady Ministrów z 6 kwietnia 2004 r.

Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych stosowanych w budownictwie w styczniu 2009 r. (cd. na str. 78)

Wyroby	I	I	
	w liczbach bezwzględnych	I 2008 = 100	XII 2008 = 100
Tarcica [dam <sup>3</sup> ]	119	51,0	77,3
w tym: tarcica iglasta [dam <sup>3</sup> ]	100	49,5	75,9
Sklejka składająca się wyłącznie z arkuszy drewna [m <sup>2</sup> ]	13 258	110,2	214,4
Płyty wiórowe i podobne płyty drewnopodobne [dam <sup>3</sup> ]	366	82,6	98,2
Płyty pilśniowe z drewna lub innych materiałów drewnopodobnych [tys. m <sup>2</sup> ]	25 793	62,0	97,8
Okna i drzwi, ościeżnice i progi drewniane [tys. m <sup>2</sup> ]	897	96,2	105,3
Płyty parkietowe z drewna, do podłóg mozaikowych [tys. m <sup>2</sup> ]	98	85,4	95,0
Płyty parkietowe z drewna, pozostałe [tys. m <sup>2</sup> ]	2 468	99,4	145,7
Farby i lakiery (łącznie z emaliami i lakierami) na bazie polimerów akrylowych lub winylowych, w środowisku wodnym [hl]	121 408	93,2	118,4
Farby i pokosty (łącznie z emaliami i lakierami) na bazie poliestrów o masie rozpuszczalnika organicznego większej niż 50% masy roztworu [hl]	2 405	59,2	141,3
Farby i pokosty (łącznie z emaliami i lakierami) na bazie poliestrów, pozostałe [hl]	14 885	74,1	108,7
Farby i pokosty (łącznie z emaliami i lakierami) na bazie polimerów akrylowych lub winylowych, w których masa rozpuszczalnika organicznego przekracza 50% masy roztworu [hl]	1 299	45,4	140,0
Farby i pokosty (łącznie z emaliami i lakierami) chlorokauczukowe, chemoutwardzalne, epoksydowe oraz poliuretanowe, w których masa rozpuszczalnika organicznego przekracza 50% masy roztworu [hl]	5 952	60,5	109,1
Rury, przewody i węże sztywne z polimerów chlorku winylu [t]	5 122	82,2	97,2
Wykładziny podłogowe, ścienne lub sufitowe z tworzyw sztucznych [tys. m <sup>2</sup> ]	908	61,4	99,2
Wykładziny podłogowe z polimerów chlorku winylu [tys. m <sup>2</sup> ]	1 412	79,5	91,7
Drzwi, okna i ich ościeżnice oraz progi, z tworzyw sztucznych [tys. szt.]	384	123,5	119,2
Szyby zespolone jednokomorowe [tys. m <sup>2</sup> ]	639	79,1	82,1
Szyby zespolone wielokomorowe [tys. m <sup>2</sup> ]	22	75,9	183,3
Filce, materace i płyty z włókna szklanego [t]	1 978	86,7	98,8
Cegły i elementy budowlane, ceramiczne, wypalane z gliny [dam <sup>3</sup> ]	273	76,6	80,0
w tym:			
cegła wypalana z gliny	25	49,8	60,6
pustaki ścienne, ceramiczne [dam <sup>3</sup> ]	240	81,2	82,9
Pustaki stropowe ceramiczne [tys. szt.]	543	237,1	201,1
Dachówki ceramiczne [tys. szt.]	12 926	86,5	94,6
Gąsiorzy dachowe, ceramiczne [tys. szt.]	533	73,1	106,2
Wyroby sanitarne z porcelany [t]	3 922	83,6	93,6
Cement [tys. t]	507	59,1	54,4
Wapno [tys. t]	104	71,4	94,9
Bloki ścienne z betonu lekkiego [tys. t]	200	56,2	106,3
w tym: autoklawizowany beton komórkowy [tys. t]	197	60,3	106,8
[dam <sup>3</sup> ]	252	52,8	94,8

**Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych stosowanych w budownictwie w styczniu 2009 r. (cd. ze str. 77)**

Wyroby	I		
	w liczbach bezwzględnych	I 2008 = 100	XII 2008 = 100
Elementy ściennie silikatowe [dam <sup>3</sup> ]	50,3	67,2	88,5
Bloki i płyty ściennie gipsowe [tys. t]	80	75,9	123,4
Masa betonowa [tys. t]	1 028	69,9	58,4
Papa [tys. m <sup>2</sup> ]	423	15,3	12,8
Wyroby izolacji termicznej z wełny mineralnej [tys. t]	21	65,2	76,0
Rury stalowe [tys. t]	16	53,3	61,3
rury bez szwu [tys. t]	5	37,6	39,0
rury ze szwem [tys. t]	11	64,7	80,5
Blachy walcowane na zimno [tys. t]	39	56,2	147,6
Betoniarki z wyłączeniem drogowych [szt.]	921	30,9	72,9
Gazomierze [tys. szt.]	45	104,1	91,5
Wodomierze [tys. szt.]	243	101,0	203,4

nieniem „cegły wypalanej z gliny” i „pustaków ściennych ceramicznych”.

Odpowiadając na potrzeby informacyjne użytkowników krajowych i uwzględniając zasób posiadanych danych cykl artykułów poszerzony będzie o informacje dotyczące produkcji okien, drzwi, ościeżnic i progów z tworzyw sztucznych i w miarę możliwości innych grup wyrobów.

W styczniu 2009 r. wyniki produkcyjne przedsiębiorstw produkujących materiały budowlane potwierdziły pogarszający się stan gospodarki, a wielu z producentów może mówić o sytuacji kryzysowej, szczególnie w przypadku gdy bieżące wielkości produkcji porównuje się z wynikami sprzed roku, tzn. ze stycznia 2008 r. Duże przedsiębiorstwa przemysłowe, zatrudniające 50 i więcej osób wykazały, że produkcja wytworzona w styczniu 2009 r. aż w 37 grupach wyrobów (spośród 42 obserwowanych) była niższa niż w styczniu 2008 r., a w 27 grupach niższa niż przed miesiącem, tzn. w grudniu 2008 r.

**Wzrost produkcji w styczniu 2009 r., w porównaniu ze styczniem 2008 r.** utrzymali producenci **jedynie 5 grup wyrobów**. Wzrosła produkcja pustaków ceramicznych – o 137,1%, przy spadku produkcji pustaków ściennych – o 18,8%, okien, drzwi, ościeżnic i progów z tworzyw sztucznych – o 23,5%, przy spadku produkcji okien, drzwi, ościeżnic i progów drewnianych – o 3,8%. Lepsze niż przed rokiem wyniki produkcyjne osiągnęli również producenci sklejk z arkuszy drewna – wzrost o 10,2%, gazomierzy – o 4,1% i wodomierzy – o 1,0%. W grupach tych, z wyjątkiem gazomierzy, odnotowano również **wzrost produkcji w porównaniu z grudniem 2008 r.**, przy czym **ponad dwukrotny** w produkcji sklejk

(214,4%), wodomierzy (203,4%), pustaków stropowych ceramicznych (201,1%). Znacznym wzrostem produkcji, **o 40 – 80%**, legitymowali się również producenci szyb zespolonych wielokomorowych – o 83,3%, przy spadku produkcji szyb jednokomorowych – o 17,9%, blachy walcowanej na zimno – o 47,6%, płyt parkietowych do podłóg niemozaikowych – o 45,7%, przy spadku płyt do podłóg mozaikowych – o 5,0%, farb i lakierów na bazie poliesterów o masie rozpuszczalnika organicznego powyżej 50% – o 41,3%, farb i pokostów na bazie polimerów akrylowych lub winyloowych, o masie rozpuszczalnika organicznego powyżej 50% – o 40,0%. **O 20 – 25% więcej** niż w grudniu 2008 r. wyprodukowano bloków i płyt ściennych gipsowych – o 23,4%, okien, drzwi, ościeżnic i progów z tworzyw sztucznych – o 19,2%, a z drewna – o 5,3%, farb i lakierów na bazie polimerów akrylowych lub winyloowych, wodorozpuszczalnych – o 18,4%. **Wzrost nieprzekraczający 10%** poziomu z grudnia 2008 r. raportowali producenci farb i pokostów chlorokauczkowych, chemoutwardzalnych, epoksydowych oraz poliuretanowych, o masie rozpuszczalnika organicznego powyżej 50% – o 9,1%, niektórych rodzajów farb na bazie poliesterów – o 8,7%, bloków ściennych z betonu lekkiego – o 6,3%, w tym autoklawizowanego betonu komórkowego – o 6,8% oraz gąsiorów dachowych ceramicznych – o 6,2%.

W 13 spośród 15 grup wyrobów o dodatniej miesięcznej dynamice produkcji (do grudnia 2008 r.) **poziom produkcji był niższy niż przed rokiem** (styczeń 2008 r.) – w produkcji farb i pokostów na bazie polimerów akrylowych lub winyloowych, o masie rozpuszczalnika organicznego powyżej 50% – o 44,6%, bloków ściennych z be-

tonu lekkiego – o 43,8%, w tym autoklawizowanego betonu komórkowego – o 39,7%, blachy walcowanej na zimno – o 43,8%, farb i lakierów na bazie poliesterów o masie rozpuszczalnika organicznego powyżej 50% – o 40,8%, farb i pokostów chlorokauczkowych, chemoutwardzalnych, epoksydowych oraz poliuretanowych, o masie rozpuszczalnika organicznego powyżej 50% – o 39,5%, gąsiorów dachowych ceramicznych – o 26,9%, szyb wielokomorowych – o 24,1%, bloków i płyt ściennych gipsowych – o 24,1% oraz farb i lakierów na bazie polimerów akrylowych lub winyloowych, wodorozpuszczalnych – o 6,8% mniej.

W pozostałych grupach wyrobów produkcja ukształtowała się na poziomie **niższym niż w styczniu i grudniu 2008 r.** **Najslabsze efekty produkcyjne w styczniu 2009 r.** odnotowali producenci: papy, którzy wyprodukowali tylko 423 tys. m<sup>2</sup>, tj. aż o 84,7% mniej niż przed rokiem i o 87,2% mniej niż przed miesiącem, betoniarek (921 szt.), tj. odpowiednio o 69,1% i 27,1% mniej, tarcicy (119 dam<sup>3</sup>) – o 49,0% i 22,7% mniej oraz rur stalowych (16 tys. t) – o 46,7% i 38,7% mniej. Produkcja cementu była o 40,9% niższa niż w styczniu 2008 r. i o 45,6% niższa niż w grudniu 2008 r., wykładzin podłogowych, ściennych lub sufitowych z tworzyw sztucznych – odpowiednio o 38,6% i 0,8%, płyt pilśniowych – o 38,0% i 2,2%, wyrobów izolacji termicznej z wełny mineralnej – o 34,8% i 24,0%, elementów ściennych silikatowych – o 32,8% i 11,5%, masy betonowej – o 30,1% i 41,6%, wapna – o 28,4% i 5,1%, cegły i elementów budowlanych ceramicznych, wypalanych z gliny – o 23,4% i 20,0% oraz szyb zespolonych jednokomorowych – o 20,1% mniej niż w styczniu 2008 r. i o 17,9% mniej niż w grudniu 2008 r. **O 10 – 20% mniej niż w styczniu 2008 r., przy jednoczesnym spadku, nieprzekraczającym 10% poziomu z grudnia ub. roku** zanotowano w produkcji rur, przewodów i węży sztywnych z polimerów chlorku winylu – odpowiednio o 17,8% i 2,8%, płyt wiórowych – o 17,4% i 1,8%, wyrobów sanitarnych z porcelany – o 16,4% i 6,4%, płyt parkietowych do podłóg mozaikowych – o 14,6% i 5,0%, dachówek ceramicznych 13,5% i 5,4% oraz w produkcji filców i płyt z włókna szklanego – o 13,3% mniej niż w styczniu 2008 r. i o 1,2% mniej niż w grudniu 2008 r.

*mgr Małgorzata Kowalska*  
Główny Urząd Statystyczny



# Sprzedaż produkcji budowlano-montażowej i produkcja sprzedana budownictwa<sup>1</sup> w styczniu 2009 roku

**S**przedaż produkcji budowlano-montażowej zrealizowana w styczniu br. na terenie kraju przez przedsiębiorstwa budowlane o liczbie pracujących powyżej 9 osób była o 7,4% wyższa niż w styczniu 2008 r. (wobec wzrostu o 8,6% w styczniu ub. roku) i o 62,1% niższa w porównaniu z grudniem ub. roku. Po wyeliminowaniu wpływu czynników o charakterze sezonowym w ujęciu rocznym notowano wzrost o 6,6%, a w stosunku do grudnia ub. roku – spadek o 0,9%.

Wzrost sprzedaży odnotowano w dziale roboty budowlane specjalistyczne (rozbiórka obiektów budowlanych, przygotowanie terenu pod budowę, wykonywanie instalacji budowlanych, robót wykończeniowych oraz konstrukcji i pokryć dachowych) oraz budowa obiektów inżynierii lądowej i wodnej (roboty związane z budową dróg kołowych i szynowych, rurociągów, linii telekomunikacyjnych i elektroenergetycznych oraz obiektów inżynierii wodnej), natomiast obniżyła się produkcja w podmiotach zajmujących się głównie budową budynków (realizacja projektów budowlanych i wnosze-

nie budynków). Poziom robót o charakterze remontowym był o 40,7% wyższy niż w styczniu ub. roku, a inwestycyjnych o 5,4% niższy.

W styczniu br. przeciętne zatrudnienie w budownictwie było o 5,6% wyższe niż przed rokiem, przy wzroście przeciętnych miesięcznych wynagrodzeń brutto o 9,7%.

Dynamikę (w cenach stałych) sprzedaży produkcji budowlano-montażowej w jednostkach budowlanych o liczbie pracujących powyżej 9 osób przedstawiono w tabeli 1.

**Produkcja sprzedana budownictwa** (tabela 2), obejmująca przychody

z działalności budowlanej i niebudowlanej, tj. ze sprzedaży wyrobów własnej produkcji, robót i usług, zrealizowana w styczniu 2009 r. przez przedsiębiorstwa budowlane o liczbie pracujących powyżej 9 osób była (w cenach bieżących) o 13,6% wyższa niż przed rokiem (w styczniu 2008 r. wyższa o 20,3%). Znaczny wzrost zrealizowanej sprzedaży odnotowano we wszystkich województwach, poza podlaskim, w którym wystąpił spadek o 27,5% (przed rokiem wzrost o 45,5%) i kujawsko-pomorskim – o 15,8% (przed rokiem wzrost o 10,5%). Najwyższy wzrost odnotowano w przed-

**Tabela 1. Dynamika (w cenach stałych) sprzedaży produkcji budowlano-montażowej w jednostkach budowlanych o liczbie pracujących powyżej 9 osób**

Wyszczególnienie	2008 r.			2009 r.
	I – XII	I	XII	I
	struktura	analogiczny okres roku poprzedniego = 100		
<b>Ogółem</b>	<b>100,0</b>	<b>108,6</b>	<b>102,0</b>	<b>107,4</b>
budowa budynków	46,3	118,5	92,6	99,3
budowa obiektów inżynierii lądowej i wodnej	31,2	90,3	109,7	117,9
roboty budowlane specjalistyczne	22,5	102,8	109,8	119,7

**Tabela 2. Produkcja sprzedana i przeciętne zatrudnienie w budownictwie w styczniu 2009 r.**

Województwa	Produkcja sprzedana		Przeciętne zatrudnienie	
	[mln zł]	I 2008 = 100	[tys.]	I 2008 = 100
<b>Polska</b>	<b>7658,9</b>	<b>113,6</b>	<b>425</b>	<b>105,6</b>
dolnośląskie	487,1	117,1	33	121,2
kujawsko-pomorskie	191,6	84,2	20	103,7
lubelskie	213,6	182,7	16	105,2
lubuskie	132,4	159,5	8	119,6
łódzkie	261,7	111,5	21	107,8
małopolskie	586,1	113,9	38	108,9
mazowieckie	2592,9	104,9	86	99,2
opolskie	138,8	102,0	8	106,6
podkarpackie	224,6	138,8	18	107,8
podlaskie	149,3	72,5	8	116,3
pomorskie	503,4	136,8	25	104,4
śląskie	804,8	104,6	62	104,8
świętokrzyskie	145,8	121,4	12	112,2
warmińsko-mazurskie	178,0	114,3	14	101,4
wielkopolskie	751,5	126,5	44	103,7
zachodniopomorskie	297,3	179,4	14	100,9

<sup>1</sup> Od stycznia 2009 r. dane prezentowane są w układzie **Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD 2007)** opracowanej na podstawie Statystycznej Klasyfikacji Działalności Gospodarczej we Wspólnocie Europejskiej – NACE Rev.2. PKD 2007 wprowadzona została 24 grudnia 2007 r. (Dz.U. nr 251, poz. 1885), w miejsce stosowanej dotychczas klasyfikacji PKD 2004. W **Sekcji F Budownictwo** wg nowej klasyfikacji wprowadzono trzy działy: **41. Roboty budowlane związane ze wznoszeniem budynków**, **42. Roboty związane z budową obiektów inżynierii lądowej i wodnej** oraz **43. Roboty budowlane specjalistyczne**. Zasadniczą zmianą jest również zaklasyfikowanie do Sekcji F jednostek realizujących projekty budowlane związane ze wznoszeniem budynków (Grupa 41.1), tj. deweloperów, zaklasyfikowanych według starej klasyfikacji do Sekcji K Obsługa nieruchomości, wynajem i usługi związane z prowadzeniem działalności gospodarczej – do klasy 70.11 Zagospodarowanie i sprzedaż nieruchomości na własny rachunek.

siębiorstwach z siedzibą na terenie województwa: lubelskiego – o 82,7% (wzrost o 34,4%), zachodniopomorskiego – o 79,4% (przed rokiem wzrost o 17,9%), lubuskiego – o 59,5% (przed rokiem spadek o 3,3%), podkarpackiego – o 38,8% (wzrost o 11,8%) i pomorskiego – o 36,8% (przed rokiem wzrost o 19,9%). Najmniejszy wzrost – o 2,0% (przy wzroście przed rokiem o 63,2%) odnotowano w województwie opolskim. Wzrostowi przychodów ze sprzedaży wyrobów i usług towarzyszył także wzrost o 5,6% przeciętnego zatrudnienia w przedsiębiorstwach budowlanych, odnotowany we wszystkich województwach poza mazowieckim, w którym wystąpił spadek o 0,8%. Największy wzrost przeciętnego zatrudnienia odnotowano w firmach z siedzibą na terenie województwa: dolnośląskiego – o 21,2%, lubuskiego

– o 19,6%, podlaskiego – o 16,3%, świętokrzyskiego – o 12,2% i małopolskiego – o 8,9%, a najmniejszy o 0,9% – w województwie zachodniopomorskim.

W lutym br. **wskaźnik ogólnego klimatu koniunktury** w budownictwie kształtował się na poziomie ujemnym, niższym niż przed miesiącem i najniższym od stycznia 2003 r. Pesymistyczne i gorsze niż przed miesiącem są oceny bieżącego portfela zamówień, produkcji oraz sytuacji finansowej przedsiębiorstw budowlanych. Prognozy w tym zakresie są również negatywne i gorsze od formułowanych w styczniu br. Przedsiębiorcy przewidują, że w najbliższych trzech miesiącach ceny realizacji robót budowlano-montażowych mogą spadać szybciej niż prognozowano przed miesiącem, natomiast planowane zmniejszenie zatrud-

nienia utrzymuje się na poziomie zbliżonym do prognozowanego w styczniu br.

W lutym br. wśród **barier w prowadzeniu działalności budowlanej** zarówno w skali roku, jak i w odniesieniu do poprzedniego miesiąca w znacznym stopniu wzrosła dotkliwość niedostatecznego popytu, a zmniejszyła się uciążliwość niedoboru wykwalifikowanych pracowników. Najbardziej uciążliwymi barierami pozostają konkurencja ze strony innych firm oraz koszty zatrudnienia (przy czym znaczenie tej drugiej bariery obniżyło się w porównaniu ze styczniem ub. roku). Zmniejszyła się również wykorzystanie mocy produkcyjnych, z 80% w lutym 2008 r. do 76% w styczniu i 71% w lutym br.

*mgr Janusz Kobylarz*  
Główny Urząd Statystyczny

## Budowa autostrady A2 na odcinku Łódź – Warszawa w systemie „Projektuj i Buduj”

Minister Infrastruktury, po analizie ofert firm biorących udział w negocjacjach oraz zapoznaniu się z rekomendacją Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, podjął decyzję o budowie 91-kilometrowego odcinka autostrady A2 Łódź – Warszawa (Stryków – Konotopa) w systemie „Projektuj i Buduj”. Decyzja ta została podjęta po całkowitym wyczerpaniu możliwości negocjacyjnych z firmami

uczestniczącymi w przetargu. Warunki finansowe proponowane przez firmy nie zabezpieczyły interesu publicznego i mogłyby spowodować wzrost opłat dla kierowców za przejazd tym odcinkiem A2.

Na polecenie Ministra Infrastruktury Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad podjęła prace konieczne do jak najszybszego rozpoczęcia budowy. Wykorzystana zostanie, przygo-

towana dla systemu PPP, dokumentacja techniczna, dzięki czemu przetarg zostanie ogłoszony w drugiej połowie marca, a podpisanie umowy nastąpi we wrześniu br. Autostradą A2 pomiędzy Łodzią a Warszawą kierowcy będą mogli przejechać na EURO 2012.

*Na podstawie Komunikatu  
Ministerstwa Infrastruktury nr 12(160)  
z 27.02.2009 r.*

## Jubileuszowa Nagroda KIG dla Ryszarda Florka, Prezesa firmy FAKRO

12 lutego br. w Warszawie odbyła się uroczysta Gala Samorządu Gospodarczego zorganizowana z okazji jubileuszu upamiętniającego 200-lecie powstania na ziemiach polskich pierwszych Rad Handlowych, dających początek samorządowi gospodarczemu. Obchody te zbiegły się z 20-leciem Krajowej Izby Gospodarczej (KIG). Przy tej okazji KIG wyróżniła osoby, których działalność w spo-

sób szczególnie pozytywny odcisnęła się na funkcjonowaniu współczesnej gospodarki. Jubileuszowe Nagrody KIG Złote Parasole odebrali Prezydent **Lech Wałęsa** oraz **prof. Leszek Balcerowicz**, wyróżnieni za determinację we wprowadzaniu Polski na drogę przemian politycznych i gospodarczych natomiast Srebrny Parasol Prezes FAKRO **Ryszard Florek** za zbudowanie polskiej firmy globalnej.

W spotkaniu udział wzięli politycy, dyplomaci, przedsiębiorcy oraz przedstawiciele samorządu gospodarczego z całej Polski. Tematem przewodnim jubileuszowego forum były „Szanse w dobie kryzysu”. Szanse te dostrzega prof. Leszek Balcerowicz, który powiedział, że *jeśli Polska utrzyma w tym roku chociażby 2-procentowy wzrost, to w stosunku do ogarniętych recesją sąsiadów będziemy „tygrysem czasów kryzysu”*.

# Efekty budownictwa mieszkaniowego w 2008 roku

Z e wstępnych danych GUS wynika, że na rynku mieszkaniowym odnotowano rekordową, nienotowaną w ostatnim dziesięcioleciu, liczbę mieszkań oddanych do użytkowania. Wszyscy inwestorzy zajmujący się budownictwem mieszkaniowym oddali w 2008 r. 165 833 mieszkania (tabela 1), tj. o 24,0% więcej niż w 2007 r., przy czym baza roku ubiegłego była również wysoka – 133 698 mieszkań, tj. o 15,9% więcej niż w 2006 r.

Najwięcej mieszkań, prawie 36% efektów rocznych, oddano w IV kwartale 2008 r. – 59 290, tj. o 22 009 mieszkań więcej niż w III kwartale i o 25 436 więcej niż w II kwartale. Prawie połowę wszystkich mieszkań wybudowano w ramach budownictwa indywidualnego – 82 633 mieszkania, tj. o 15,3% więcej niż przed rokiem, a 41% stanowiły mieszkania przeznaczone na sprzedaż lub wynajem wybudowane przez deweloperów – 67 871 mieszkań, co oznaczało wzrost aż o 48,7%. Pozostałe 9% mieszkań wybudowano w ramach innych form budownictwa, przy czym największy udział miało budownictwo spółdzielcze – w ramach którego wybudowano 8 687 mieszkań, tj. o 5,4% więcej niż w 2007 r. W ramach budownictwa społecznego czynszowego oddano wprawdzie 3 286 mieszkań, ale liczba ta była mniejsza niż w 2007 r. aż o 37,8%. Budownictwo komunalne i zakładowe wykazało dodatnią dynamikę nowo wybudowanych mieszkań, ale ich łączne efekty stanowiły zaledwie 2% ogólnej liczby mieszkań oddanych w 2008 r. (3 356 mieszkań, z czego na komunalne przypadało 2 837, na zakładowe 519).

Mieszkania oddane do użytkowania w 2008 r. dostarczyły na rynek mieszkaniowy ponad 17 mln m<sup>2</sup> nowej powierzchni mieszkalnej, tj. o 22,8% więcej niż w 2007 r., a przeciętna powierzchnia użytkowa jednego mieszkania wyniosła 104,5 m<sup>2</sup> (w 2007 r. – 105,6 m<sup>2</sup>). Inwestorzy indywidualni budują mieszkania zdecydowanie większe od pozostałych inwestorów,

Tabela 1. Wyniki budownictwa mieszkaniowego zrealizowanego w okresie styczeń – grudzień 2008 roku przez różnych inwestorów

Formy budownictwa mieszkaniowego	I – XII 2008 r.			
	w liczbach bezwzględnych	struktura [%]	I – XII 2007 = 100	przeciętna powierzchnia mieszkania [m <sup>2</sup> ]
<b>Ogółem</b>	<b>165 833</b>	<b>100,0</b>	<b>124,0</b>	<b>104,5</b>
Indywidualne	82 633	49,9	115,3	142,8
Przeznaczone na sprzedaż lub wynajem	67 871	40,9	148,7	69,1
Spółdzielcze	8 687	5,2	105,4	59,0
Spółeczne czynszowe	3 286	2,0	62,2	50,7
Komunalne	2 837	1,7	115,7	45,8
Zakładów pracy	519	0,3	121,0	63,4

(średnia powierzchnia mieszkania – 142,8 m<sup>2</sup>) i w związku z tym ta forma budownictwa ma największy udział – 68,1% – w przyroście nowej powierzchni mieszkalnej, natomiast udział deweloperów stanowi tylko 27,1%.

Wzrost liczby mieszkań oddanych do użytkowania w 2008 r. odnotowano we wszystkich województwach, przy czym

największą, w porównaniu z 2007 r., aktywność na rynku mieszkaniowym wykazali inwestorzy z województwa dolnośląskiego, oddając o 38,5% mieszkań więcej niż przed rokiem (12 568), kujawsko-pomorskiego – o 36,7% (7 612) i opolskiego – o 36,7% (1 848). Najniższą dynamikę wzrostu zanotowano w województwie podkarpackim

Tabela 2. Budownictwo mieszkaniowe w okresie styczeń – grudzień 2008 roku (cd. na str. 82)

Województwa	Mieszkania		Powierzchnia użytkowa mieszkań		Przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania [m <sup>2</sup> ]	Liczba mieszkań rozpoczętych
	w liczbach bezwzględnych	I – XII 2007 = 100	[m <sup>2</sup> ]	I – XII 2007 = 100		
<b>Ogółem</b>						
<b>P O L S K A</b>	<b>165 833</b>	<b>124,0</b>	<b>17 332 220</b>	<b>122,8</b>	<b>104,5</b>	<b>174 686</b>
dolnośląskie	12 568	138,5	1 215 843	143,8	96,7	14 588
kujawsko-pomorskie	7 612	136,7	766 251	132,5	100,7	7 527
lubelskie	7 350	129,1	788 538	123,1	107,3	7 063
lubuskie	4 221	130,6	411 363	123,4	97,5	3 627
łódzkie	7 341	124,7	848 037	121,3	115,5	8 451
małopolskie	15 910	128,4	1 650 487	118,9	103,7	18 989
mazowieckie	38 401	126,9	3 779 270	126,0	98,4	42 437
opolskie	1 848	136,7	244 047	130,4	132,1	2 764
podkarpackie	5 643	105,8	699 281	103,9	123,9	6 709
podlaskie	4 971	125,7	553 446	128,5	111,3	5 333
pomorskie	14 779	126,6	1 391 325	126,7	94,1	15 301
śląskie	12 226	116,9	1 536 556	115,6	125,7	11 493
świętokrzyskie	2 630	115,4	304 627	116,8	115,8	3 346
warmińsko-mazurskie	6 849	117,4	617 931	126,0	90,2	5 750
wielkopolskie	16 447	115,6	1 847 483	119,0	112,3	14 202
zachodniopomorskie	7 037	108,3	677 735	111,1	96,3	7 106

**Budownictwo mieszkaniowe w okresie styczeń – grudzień 2008 roku**  
(cd. ze str. 81)

Województwa	Mieszkania		Powierzchnia użytkowa mieszkań		Przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania [m <sup>2</sup> ]	Liczba mieszkań rozpoczętych
	w liczbach bezwzględnych	I – XII 2007 = 100	[m <sup>2</sup> ]	I – XII 2007 = 100		
<b>Budownictwo indywidualne</b>						
<b>POLSKA</b>	<b>82 633</b>	<b>115,3</b>	<b>11 801 454</b>	<b>115,8</b>	<b>142,8</b>	<b>96 346</b>
dolnośląskie	4 780	126,1	699 190	132,5	146,3	6 617
kujawsko-pomorskie	3 978	119,9	559 315	122,2	140,6	4 682
lubelskie	4 540	113,5	622 725	114,3	137,2	5 098
lubuskie	2 176	109,5	286 224	112,8	131,5	2 083
łódzkie	4 601	109,0	667 753	112,1	145,1	6 068
małopolskie	8 068	111,9	1 153 583	108,8	143,0	11 484
mazowieckie	14 075	120,0	2 079 861	121,2	147,8	16 589
opolskie	1 575	130,5	229 045	127,5	145,4	1 639
podkarpackie	4 495	98,4	627 386	99,8	139,6	5 650
podlaskie	2 598	135,8	411 155	129,2	158,3	2 363
pomorskie	5 733	114,5	796 681	113,9	139,0	6 296
śląskie	8 146	107,1	1 218 339	106,8	149,6	8 902
świętokrzyskie	1 944	108,6	257 014	112,1	132,2	2 756
warmińsko-mazurskie	3 413	129,5	419 456	131,7	122,9	3 053
wielkopolskie	9 873	119,4	1 390 271	118,4	140,8	9 817
zachodniopomorskie	2 638	110,4	383 456	110,4	145,4	3 249
<b>Budownictwo spółdzielcze</b>						
<b>POLSKA</b>	<b>8 687</b>	<b>105,4</b>	<b>512 800</b>	<b>111,4</b>	<b>59,0</b>	<b>5 702</b>
dolnośląskie	722	79,5	41 199	80,6	57,1	461
kujawsko-pomorskie	581	99,5	36 171	120,8	62,3	389
lubelskie	355	77,5	19 516	78,6	55,0	321
lubuskie	259	105,3	14 123	105,0	54,5	60
łódzkie	241	102,6	17 381	116,2	72,1	114
małopolskie	120	196,7	6 206	186,9	51,7	62
mazowieckie	2 422	124,4	152 875	134,9	63,1	1 706
opolskie	1	–	41	–	41,0	0
podkarpackie	615	131,1	34 734	123,5	56,5	278
podlaskie	842	113,2	42 237	113,7	50,2	747
pomorskie	239	40,4	14 222	46,4	59,5	366
śląskie	422	295,1	30 956	367,4	73,4	126
świętokrzyskie	5	3,8	432	5,3	86,4	77
warmińsko-mazurskie	796	101,9	41 515	95,3	52,2	354
wielkopolskie	595	130,8	32 232	130,6	54,2	215
zachodniopomorskie	472	97,3	28 960	101,4	61,4	426
<b>Budownictwo przeznaczone na sprzedaż lub wynajem</b>						
<b>POLSKA</b>	<b>67 871</b>	<b>148,7</b>	<b>4 688 613</b>	<b>153,3</b>	<b>69,1</b>	<b>67 018</b>
dolnośląskie	6 393	169,8	443 413	187,6	69,4	6 926
kujawsko-pomorskie	2 404	198,8	136 382	199,6	56,7	1 541
lubelskie	2 313	248,4	140 768	245,7	60,9	1 377
lubuskie	1 729	226,9	108 195	207,5	62,6	1 229
łódzkie	1 933	197,0	134 749	203,8	69,7	2 071
małopolskie	7 192	147,6	466 487	148,7	64,9	7 323
mazowieckie	21 128	136,4	1 511 996	135,4	71,6	23 559
opolskie	180	305,1	10 907	334,4	60,6	1 024
podkarpackie	390	162,5	29 810	216,9	76,4	779
podlaskie	1 351	196,7	91 934	195,6	68,0	1 964
pomorskie	8 103	143,8	543 464	155,3	67,1	7 821
śląskie	3 230	224,3	264 391	232,0	81,9	2 294
świętokrzyskie	669	226,0	46 225	225,5	69,1	490
warmińsko-mazurskie	2 187	106,5	132 868	120,9	60,8	1 867
wielkopolskie	5 308	114,0	393 039	126,8	74,0	3 851
zachodniopomorskie	3 361	130,2	233 985	130,5	69,6	2 902

– o 5,8% mieszkań więcej (5 643), zachodniopomorskim – o 8,3% (7 037) i świętokrzyskim – o 15,4% (2 630). W większości były to jednak województwa, które pod względem liczby oddanych mieszkań plasowały się na ostatnich miejscach w rankingu województw. Najwięcej mieszkań oddano natomiast w województwie mazowieckim – 38 401 (o 26,9% więcej), wielkopolskim – 16 447 (o 15,6%), małopolskim – 15 910 (o 28,4%) i pomorskim – 14 779 (o 26,6% więcej niż przed rokiem).

Po raz pierwszy od 2003 r. odnotowano spadek, w porównaniu z okresem poprzednim, liczby mieszkań rozpoczętych i liczby mieszkań, na budowę których wydano pozwolenia. Wprawdzie liczba mieszkań, których budowę rozpoczęto w 2008 r., była imponująca, bo wynosiła 174 686 mieszkań, ale w porównaniu z 2007 r. była niższa o 5,6%. Liczba mieszkań, na budowę których wydano pozwolenia, wynosiła 230 146 i była niższa niż przed rokiem – o 7,1%. Spadek obu wskaźników zanotowano we wszystkich formach budownictwa, z wyjątkiem budownictwa indywidualnego, komunalnego (w przypadku budów rozpoczętych) i społecznego czynszowego (w zakresie wydanych pozwoleń).

**Budownictwo indywidualne** (tabela 2) od wielu lat zajmuje pierwsze miejsce w strukturze inwestorów budownictwa mieszkaniowego i w 2008 r. również zachowało swoją dominację – inwestorzy indywidualni wybudowali 49,9% wszystkich mieszkań, tj. 82 633 mieszkania, a więc o 15,3% więcej niż przed rokiem. Powierzchnia użytkowa tych mieszkań wyniosła łącznie 11 801 tys. m<sup>2</sup> i była o 15,8% większa, a przeciętna powierzchnia jednego mieszkania wynosiła 142,8 m<sup>2</sup>, tj. o 0,5 m<sup>2</sup> więcej niż w 2007 r. Wzrost efektów budownictwa indywidualnego zanotowano we wszystkich województwach, z wyjątkiem podkarpackiego, gdzie wybudowano o 1,6% mniej mieszkań niż w 2007 r. (4 495), ale należy zwrócić uwagę na fakt, że jest to podstawowa forma zabezpieczenia potrzeb mieszkaniowych na tym terenie – prawie 80% wszystkich mieszkań oddanych w tym województwie.

Największą dynamikę wzrostu liczby nowych mieszkań, powyżej 20%, zanotowano w województwach małych lub o niewielkim udziale budownictwa

indywidualnego, tj. w podlaskim – o 35,8% (2 598 mieszkań), opolskim – o 30,5% (1 575), warmińsko-mazurskim – o 29,5% (3 413), dolnośląskim – o 26,1% (4 780). Prawie 50% wszystkich mieszkań indywidualnych wybudowano w innych województwach, o mniejszej dynamice wzrostu, tj. w mazowieckim – 14 075 mieszkań (wzrost o 20%), wielkopolskim – 9 873 (o 19,4%), śląskim – 8 146 (o 7,1%) i małopolskim – 8 068 mieszkań (wzrost o 11,9%). Najniższą dynamikę wzrostu liczby nowych mieszkań, poniżej 10%, zanotowano w województwie śląskim – o 7,1%, świętokrzyskim – o 8,6% (1 944), łódzkim – o 9,0% (4 601) i lubuskim – o 9,5% (2 176 mieszkań).

W niektórych województwach mieszkania wybudowane przez inwestorów indywidualnych stanowiły ponad 65% wszystkich mieszkań oddanych do użytkowania w województwie, tzn. w opolskim – 85,2%, podkarpackim – 79,7%, świętokrzyskim – 73,9%, śląskim – 66,6%. Najmniejszy udział inwestorów indywidualnych w województwie przyroście nowych mieszkań, poniżej 40%, odnotowano w województwie mazowieckim – tylko 36,7%, zachodniopomorskim – 37,5%, dolnośląskim – 38,0%, pomorskim – 38,8%. W tych województwach dominują deweloperzy, których udział na rynku lokalnym wyniósł ponad 50%. W ramach budownictwa indywidualnego budowano mieszkania największe, o powierzchni 142,8 m<sup>2</sup>, większej o ok. 38 m<sup>2</sup> od przeciętnej powierzchni mieszkań oddanych w kraju w 2008 r. (104,5 m<sup>2</sup>). Ich wielkość była zróżnicowana terytorialnie. Największe mieszkania budowano w województwie podlaskim – 158,3 m<sup>2</sup>, śląskim – 149,6 m<sup>2</sup>, mazowieckim – 147,8 m<sup>2</sup>, dolnośląskim – 146,3 m<sup>2</sup>, a najmniejsze w warmińsko-mazurskim – 122,9 m<sup>2</sup>, lubuskim – 131,5 m<sup>2</sup>, świętokrzyskim – 132,2 m<sup>2</sup>.

W 2008 r. wzrósł (z 34,1% do 40,9%) udział **budownictwa przeznaczonego na sprzedaż lub wynajem** (tabela 2) w ogólnej liczbie mieszkań oddanych do użytkowania. Deweloperzy oddali 67 871 mieszkań, co stanowiło wzrost o 48,7% w stosunku do efektów ubiegłorocznych i była to grupa inwestorów o najbardziej dynamicznym rozwoju. Najwięcej mieszkań oddano w IV kwartale (23 018), przy czym w poprzednich kwartałach oddawano po ok. 15 tys.

mieszkań. Łączna powierzchnia tych mieszkań wyniosła 4 689 tys. m<sup>2</sup>, tj. aż o 53,3% więcej niż w 2007 r., a przeciętna powierzchnia mieszkania deweloperskiego – 69,1 m<sup>2</sup> i była o 2,1 m<sup>2</sup> większa niż przed rokiem, a o 35,4 m<sup>2</sup> mniejsza od przeciętnej krajowej. Powierzchnia mieszkań na sprzedaż lub wynajem była zróżnicowana terytorialnie, od 81,9 m<sup>2</sup> w województwie śląskim i 76,4 m<sup>2</sup> w podkarpackim do najmniejszej w kujawsko-pomorskim – 56,7 m<sup>2</sup>, opolskim – 60,6 m<sup>2</sup> i warmińsko-mazurskim – 60,8 m<sup>2</sup>.

Dynamiczny rozwój budownictwa deweloperskiego zanotowano we wszystkich województwach, przy czym najwyższy wzrost, o ponad 120%, w opolskim – o 205,1%, ale było to tylko 180 mieszkań, lubelskim – o 148,4% (2 313 mieszkań), świętokrzyskim – o 126,0% (669), śląskim – o 124,3% (3 230) i lubuskim – 126,9% (1 729 mieszkań). Najmniejszą dynamikę, poniżej 20%, wykazali natomiast deweloperzy w warmińsko-mazurskim – wzrost o 6,5% (2 187 mieszkań) i wielkopolskim – o 14,0% (5 308 mieszkań).

Najwięcej, ponad 60%, nowo wybudowanych mieszkań deweloperskich skupionych było jednak na terenie tylko czterech województw, tj. mazowieckiego – 31,1% (21 128), pomorskiego – 11,9% (8 103), małopolskiego – 10,6% (7 192) i dolnośląskiego – 9,4% (6 393). W różnych województwach udział deweloperów w zaspokajaniu lokalnych potrzeb mieszkaniowych kształtował się na różnym poziomie. Ponad 50% udział mieli deweloperzy w województwie mazowieckim – 55,0%, pomorskim – 54,8%, dolnośląskim – 50,9%, natomiast znikomą aktywność wykazywali deweloperzy w województwie podkarpackim – 6,9% wszystkich mieszkań to mieszkania na sprzedaż lub wynajem, a w opolskim – 9,7%.

Udział **spółdzielni mieszkaniowych** w ogólnych efektach budownictwa mieszkaniowego systematycznie zmniejsza się, w 2008 r. wyniósł 5,2% wobec 6,2% w 2007 r. i 7,8% w 2006 r. W 2008 r. spółdzielnie osiągnęły wprawdzie wzrost liczby mieszkań oddanych do użytku o 5,4% (8 687 mieszkań), ale wzrost ten odnosi się do niskiej bazy roku ubiegłego (8 240 mieszkań w 2007 r. to mniej niż w 2006 r. – 9 032 mieszkania). Łączna powierzchnia użytkowa nowych mieszkań

spółdzielczych wyniosła w 2008 r. 513 tys. m<sup>2</sup>, a więc wzrost o 11,4% w stosunku do 2007 r., a przeciętna powierzchnia jednego mieszkania – 59,0 m<sup>2</sup> tj. o 3,1 m<sup>2</sup> więcej niż przed rokiem. Ta forma budownictwa wydaje się być najbardziej zróżnicowana terytorialnie. W siedmiu województwach oddano mniej mieszkań niż przed rokiem, tj. w opolskim tylko 1, świętokrzyskim 5, pomorskim 239 (o 59,6% mniej), lubelskim 355 (o 22,5%), dolnośląskim 722 (o 20,5%), zachodniopomorskim 472 (o 2,7%) i kujawsko-pomorskim 581 (o 0,5% mniej). Najwyższą natomiast dynamikę przyrostu nowych mieszkań spółdzielczych legitymowało się województwo śląskie – wzrost o 195,1% (422 mieszkania) i małopolskie – 96,7% (120 mieszkań). Jedynie w trzech województwach (wschodniej Polski) udział mieszkań spółdzielczych stanowił więcej niż 10% ogólnej liczby mieszkań oddanych w województwie, tzn. w podlaskim udział ten wynosił 16,9%, warmińsko-mazurskim – 11,6% i podkarpackim – 10,9%. W pozostałych udział ten nie przekraczał 8%. Bardzo zróżnicowana była również średnia powierzchnia jednego mieszkania spółdzielczego, od 86,4 m<sup>2</sup> w świętokrzyskim i 73,4 m<sup>2</sup> w śląskim do 41,0 m<sup>2</sup> w opolskim, 50,2 m<sup>2</sup> w podlaskim i 51,7 m<sup>2</sup> w małopolskim.

W ramach budownictwa **społecznego czynszowego, komunalnego i zakładowego** w 2008 r. wybudowano łącznie 6 642 mieszkania, tj. o 18,6% mniej niż w 2007 r. Efekty tych trzech form budownictwa stanowiły zaledwie 4% mieszkań oddanych przez wszystkich inwestorów (w 2007 r. – 6,1%). Udział ten z roku na rok obniża się głównie w wyniku **słabnącej roli TBS-ów**, które w 2008 r. oddały do użytkowania tylko 3 286 mieszkań **społecznych czynszowych**, tj. aż o 37,8% mniej niż przed rokiem. W podobnym stopniu zmniejszeniu uległa również wielkość powierzchni użytkowej (ok. 166 tys. m<sup>2</sup>), a przeciętna powierzchnia użytkowa jednego mieszkania nie uległa zmianie w porównaniu z 2007 r. i wyniosła 50,7 m<sup>2</sup>.

Spadek liczby nowych mieszkań wykazały TBS-y we wszystkich województwach, przy czym w czterech województwach (lubuskim, opolskim, podlaskim i świętokrzyskim) nie wybudowano żadnego mieszkania, w dwóch

(śląskim i lubelskim) liczba ta nie przekraczała 100. Najwięcej, ponad 400, mieszkań społecznych czynszowych wybudowano w województwie zachodniopomorskim – 483, ale było to o 48,0% mniej niż w 2007 r., wielkopolskim – 483, o 17,7% mniej i dolnośląskim – 418, o 10,6% więcej niż przed rokiem.

Wzrosła liczba mieszkań wybudowanych w ramach **budownictwa komunalnego** – 2 837 mieszkań, co oznacza, że była wyższa niż w 2007 r. o 15,7%. Powierzchnia użytkowa tych mieszkań wyniosła ok. 130 tys. m<sup>2</sup>, a przeciętna powierzchnia mieszkania 45,8 m<sup>2</sup> (przed rokiem 44,7 m<sup>2</sup>). Najwięcej mieszkań komunalnych oddano w województwie mazowieckim – 530, śląskim – 314, małopolskim – 279, kujawsko-pomorskim – 248, a najmniej w świętokrzyskim – 7, podkarpackim – 34, lubelskim – 51, lubuskim – 55. Najmniejsze mieszkania komunalne budowano w lubelskim – 29,5 m<sup>2</sup>, wielkopolskim – 35,3 m<sup>2</sup> oraz mazowieckim i podkarpackim – 40,6 m<sup>2</sup>. Znacznie większe mieszkania komunalne (powyżej 50 m<sup>2</sup>) budowano w województwie świętokrzyskim – 58,3 m<sup>2</sup>, pomorskim – 56,7 m<sup>2</sup> i śląskim – 51,9 m<sup>2</sup>.

O 21% mieszkań więcej wybudowały **zakłady pracy**, tj. 519 mieszkań, o łącznej powierzchni użytkowej ok. 33 tys. m<sup>2</sup>. Były to na ogół mieszkania duże – o średniej powierzchni 63,4 m<sup>2</sup>, przy czym największe, powyżej 130 m<sup>2</sup>, oddano do użytkowania w zachodniopomorskim – 175,2 m<sup>2</sup> (5 mieszkań), lubuskim – 151,5 m<sup>2</sup> (2 mieszkania), pomorskim – 131 m<sup>2</sup> (4 mieszkania), a najmniejsze, poniżej 60 m<sup>2</sup>, w dolnośląskim – 50,5 m<sup>2</sup> (123 mieszkania), łódzkim – 54,4 m<sup>2</sup> (45 mieszkań) i wielkopolskim – 59,9 m<sup>2</sup> (66 mieszkań).

**Prognoza dla rynku mieszkaniowego.** W IV kwartale 2008 r. zanotowano stały, comiesięczny spadek **liczby mieszkań rozpoczętych**, co w połączeniu z niecyklicznymi wahaniami tego wskaźnika w II i III kwartale sprawiło, że łączna liczba mieszkań, których budowę rozpoczęto w 2008 r., była o 5,6% niższa niż w 2007 r. i wyniosła 174 686 mieszkań. W najbliższych dwóch latach wskaźnik ten będzie ulegał dalszemu pogorszeniu w związku z mniejszą liczbą mieszkań, na budo-

wę których wydano pozwolenia w 2008 r. Zjawisko to będzie miało jednak charakter stopniowy, niezbyt drastyczny z uwagi na bardzo dużą liczbę wydanych pozwoleń w latach: 2006 – na budowę 168 tys. mieszkań, 2007 – 248 tys. i w 2008 r. – na budowę 230 tys. mieszkań.

Największy spadek nowo rozpoczętych budów wykazali w 2008 r. deweloperzy, którzy rozpoczęli budowę 67 018 mieszkań, prawie 12 tys. mniej niż w 2007 r., spółdzielnie mieszkaniowe przystąpiły do budowy 5 702 mieszkań, ok. 3 tys. mniej, a w budownictwie społecznym czynszowym rozpoczęto budowę 3 030 mieszkań, o 500 mniej. Wzrostowe tendencje utrzymały się w budownictwie indywidualnym – rozpoczęto budowę 96 346 mieszkań, tj. o 5,1% więcej i komunalnym – 2 242, tj. o 104 mieszkania więcej niż w 2007 r.

Bardziej niepokojące sygnały płyną od inwestorów (szczególnie deweloperów i spółdzielni mieszkaniowych), którzy w 2008 r. (szczególnie w IV kwartale) ograniczyli starania o **pozwolenia na budowę nowych mieszkań**. W 2008 r. inwestorzy działający na rynku budownictwa mieszkaniowego otrzymali pozwolenia na budowę 230 146 mieszkań, tj. o ok. 17,5 tys. mniej niż w 2007 r., przy czym aż 16 366 mieszkań mniej zamierzają wybudować deweloperzy, tj. 101 139 mieszkań, o 13,9% mniej, a o 2 774 mieszkania więcej inwestorzy indywidualni, tj. 113 226 mieszkań, o 2,5% więcej. Spółdzielnie mieszkaniowe uzyskały o 48,5% pozwoleń mniej – na budowę 5 464 mieszkań, a TBS-y na budowę 4 805 mieszkań, tj. o 42,7% więcej.

W siedmiu województwach uzyskano więcej pozwoleń niż przed rokiem, przy czym największą dynamikę zanotowano w województwie świętokrzyskim – wzrost o 39,2% (na budowę 4 576 mieszkań), śląskim – o 21,9% (19 416) i opolskim o 11,8% (3 498), w pozostałych czterech województwach (łódzkim, małopolskim, podkarpackim, podlaskim) wzrost nie przekraczał 10%. Największy spadek wydanych pozwoleń zanotowano w województwie kujawsko-pomorskim – o 24,4% (9 174 mieszkania), mazowieckim – o 18,7% (50 043 mieszkania) i warmińsko-mazurskim – o 18,6% (7 331 mieszkań). Ponad 50% wyda-

nych pozwoleń dotyczyło jednak inwestorów z tylko czterech województw; mazowieckiego – gdzie inwestorzy otrzymali pozwolenia na budowę 50 043 mieszkań, ale było to o 18,7% mniej niż w 2007 r., małopolskim – 25 073, o 1,9% więcej, pomorskim – 20 953, o 5,7% mniej.

W większości województw **inwestorzy indywidualni** uzyskali w 2008 r. pozwolenia na budowę większej liczby mieszkań niż w 2007 r. Jedynie w trzech województwach zanotowano spadek pozwoleń wydanych inwestorom indywidualnym, tj. w kujawsko-pomorskim – o 7,5% (na 5 202 mieszkania), mazowieckim – o 6,9% (na 18 216), i wielkopolskim – o 5,1% (na 11 899 mieszkań). Największy przyrost pozwoleń wydanych inwestorom indywidualnym zanotowano w województwie świętokrzyskim – o 22,2% (na 3 346 mieszkań), zachodniopomorskim – o 17,1% (na 6 112 mieszkań) i lubelskim – o 13,3% (na 5 741 mieszkań).

O 10,7% mniej pozwoleń niż inwestorzy indywidualni otrzymali w 2008 r. **deweloperzy**, którzy zamierzają wybudować 101 139 mieszkań, ale w porównaniu z 2007 r. liczba ta była mniejsza o 13,9%, przy czym spadek zanotowano aż w dziewięciu województwach. Największy spadek, o ponad 30%, wykazali deweloperzy z województwa lubelskiego – o 44,6% (1 656 mieszkań), zachodniopomorskiego – o 36,8% (3 481 mieszkań). Ponad 50% wszystkich mieszkań, na budowę których deweloperzy dostali pozwolenia w 2008 r., będzie budowanych na terenie trzech województw; mazowieckiego – 29 758 (jednak o 26,6% mniej niż w 2007 r.), małopolskiego – 13 809 (o 4,7% więcej), pomorskiego – 11 154 (o 11,6% mniej).

Informacje napływające od różnych inwestorów i analiza trzech wskaźników charakteryzujących rynek mieszkaniowy (mieszkania oddane do użytkowania, mieszkania, których budowę rozpoczęto, pozwolenia na budowę nowych mieszkań) wskazują na przyhamowanie wysokiego (notowanego w 2007 r. i w I półroczu 2008 r.) tempa rozwoju budownictwa mieszkaniowego.

*mgr Małgorzata Kowalska*  
Główny Urząd Statystyczny



mgr Jacek Skwierczyński  
mgr Małgorzata Żak-Skwierczyńska

# Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko

1 stycznia 2009 r. minął drugi rok wdrażania programów perspektywy finansowej 2007 – 2013. W tym czasie beneficjenci złożyli ponad 40 tys. poprawnych projektów, wnosząc o 86,5 mld zł. Zawarto jednak tylko 7,3 tys. umów na łączną wartość dofinansowania 9,7 mld zł. Do refundacji uznano zaledwie 1,1 mld zł. Oznacza to, że podpisano umowy na zaledwie 3,6% dostępnej alokacji. Najślabiej w statystykach wypada Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko. Wartość dofinansowania wykazana w zawartych umowach w tym programie wynosi zaledwie 0,08% i nie dokonano jeszcze żadnej płatności na rzecz beneficjentów. Należy jednak zaznaczyć, że program został przyjęty przez Komisję Europejską dopiero 7 grudnia 2007 r. Jest to nie tylko największy z polskich programów operacyjnych, ale również największy w historii Unii Europejskiej. Wielkość środków unijnych zaangażowanych w realizację programu wynosi prawie 28 mld euro, co stanowi ok. 42% środków polityki spójności. Mimo że program nie jest de facto adresowany do przedsiębiorców, to jednak jego sukces gwarantuje rozwój gospodarczy w cyklu długofalowym.

## Cel programu

Celem programu jest poprawa atrakcyjności inwestycyjnej Polski i jej regionów przez rozwój infrastruktury technicznej, poprawę stanu środowiska, zdrowia, zachowanie tożsamości kulturowej i rozwijanie spójności terytorialnej. Jego zadaniem jest niwelowanie opóźnienia rozwojowego Polski, które ma przede wszystkim charakter luki infrastrukturalnej. Uniemożliwia ona optymalne wykorzystanie zasobów kraju oraz w dużym stopniu blokuje istniejący potencjał. Program, zgodnie z Narodowymi Strategicznymi Ramami Odniesienia, stanowi podstawowe narzędzie do osiągnięcia założonych w nich celów przy wykorzystaniu środków Funduszu Spójności i Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Jest

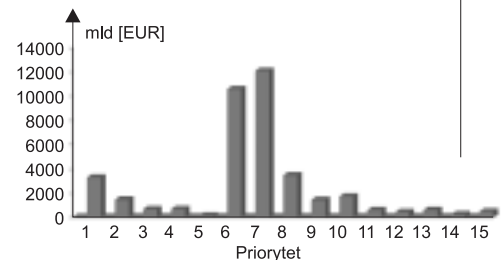
również ważnym instrumentem realizacji odnowionej Strategii Lizbońskiej, a wydatki na cele priorytetowe UE stanowią w ramach programu 66,23% całości wydatków ze środków unijnych.

Łączna wielkość środków finansowych zaangażowanych w realizację Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2007 – 2013 wyniesie 37,6 mld euro (tabela), z czego wkład unijny wynosić będzie 27,9 mld euro, zaś wkład krajowy – 9,7 mld euro. Rozkład środków UE dostępnych w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko pomiędzy poszczególne priorytety przedstawiono na rysunku 1.

W programie silnie zaakcentowano aktualne kierunki rozwoju Unii Europejskiej determinowane przez dwie podstawowe strategie: lizbońską i goeteborską, które podkreślają konieczność nadania odpowiedniej dynamiki procesom społeczno-ekonomicznym zachodzącym w krajach UE.

## Główne obszary wsparcia

Wzrost atrakcyjności Polski i regionów będzie osiągnięty dzięki inwestycjom w sześciu sektorach: transportu, środowiska, energetyki, kultury, ochro-

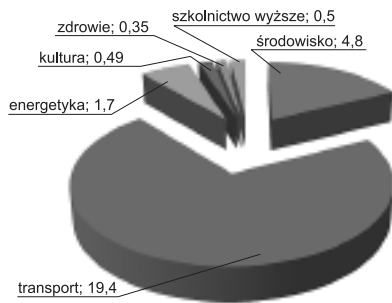


Rys. 1. Podział alokacji na priorytety [mld EUR]

ny zdrowia i szkolnictwa wyższego. Cechą charakterystyczną programu jest integralne ujęcie problematyki podstawowej infrastruktury, która obejmuje infrastrukturę techniczną i zasadnicze elementy infrastruktury społecznej. W celu zwiększenia inwestycji oraz spójności terytorialnej i atrakcyjności regionów nie wystarczy zapewnienie dobrej i sprawnej infrastruktury transportowej, ponieważ nie zachęci ona potencjalnych inwestorów do tworzenia nowych miejsc pracy. Żeby stworzyć warunki do zatrudnienia w danym regionie wysoko kwalifikowanych specjalistów, inwestycjom transportowym muszą towarzyszyć inwestycje w infrastrukturę ochrony środowiska, energetyki, kultury, szkolnictwa wyższego, czy zdrowia (rysunek 2).

## Priorytety Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko [mln EUR]

Priorytet	Alokacja ogółem	Wkład UE
1. Gospodarka wodno-ściekowa	3 275,20	2 783,90
2. Gospodarka odpadami i ochrona powierzchni ziemi	1 430,30	1 215,70
3. Zarządzanie zasobami i przeciwdziałanie zagrożeniom środowiska	655,00	556,80
4. Przedsięwzięcia dostosowujące przedsiębiorstwa do wymogów ochrony środowiska	667,00	200,00
5. Ochrona przyrody i kształtowanie postaw ekologicznych	105,60	89,90
6. Drogowa i lotnicza sieć TEN-T	10 548,30	8 802,40
7. Transport przyjazny środowisku	12 062,00	7 676,00
8. Bezpieczeństwo transportu i krajowe sieci transportowe	3 465,30	2 945,50
9. Infrastruktura energetyczna przyjazna środowisku i efektywność energetyczna	1 403,00	748,00
10. Bezpieczeństwo energetyczne, w tym dywersyfikacja źródeł energii	1 693,20	974,30
11. Kultura i dziedzictwo kulturowe	576,40	490,00
12. Bezpieczeństwo zdrowotne i poprawa efektywności systemu ochrony zdrowia	411,80	350,00
13. Infrastruktura szkolnictwa wyższego	588,20	500,00
14. Pomoc techniczna – Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego	220,90	187,80
15. Pomoc techniczna – Fundusz Spójności	462,90	393,50
<b>Razem</b>	<b>37 565,10</b>	<b>27 913,80</b>



Rys. 2. Podział środków pomiędzy sektory w ramach programu

Działania w ramach PO Infrastruktura i Środowisko są komplementarne do działań realizowanych w ramach 16 regionalnych programów operacyjnych, a także innych programów operacyjnych przygotowanych na lata 2007–2013. Należy zwrócić uwagę, że mimo dużej alokacji funduszy UE w ramach programu, środki te nie są wystarczające do wypełnienia zobowiązań akcesyjnych Polski w takich obszarach, jak ochrona środowiska czy energetyka. Realizacja zobowiązań nie stanowi głównego celu programu, jakim jest podniesienie atrakcyjności inwestycyjnej kraju. Wypełnienie zobowiązań akcesyjnych realizowane będzie również przez środki krajowe (publiczne i prywatne), które zgodnie z unijną zasadą dodatkowości mogą być uzupełniane przez środki UE w ramach programów regionalnych czy sektorowych. W związku z tym środki w ramach programu będą uzupełniać, a nie zastępować fundusze krajowe w tych dziedzinach.

Procedury wyboru projektów zostały dostosowane do specyfiki poszczególnych działań i priorytetów, z uwzględnieniem przepisów polskich i unijnych oraz specyfiki danego komponentu PO. Projekty wybierane są w trybie konkursowym i pozakonkursowym, który obejmuje:

- duże projekty, których koszt całkowity przekracza 25 mln euro – w przypadku projektów dotyczących środowiska naturalnego oraz projektów o wartości powyżej 50 mln euro z innych dziedzin, zatwierdzane są przez Komisję Europejską;
- projekty systemowe polegające na dofinansowaniu realizacji przez poszczególne organy administracji publicznej i inne jednostki organizacyjne sektora finansów publicznych, zadań publicznych określonych w odrębnych przepisach dotyczących tych organów i jednostek;
- projekty indywidualne – określone w programie operacyjnym, zgłaszane

przez beneficjentów imiennie wskazanych w programie operacyjnym.

Pozostałe projekty będą wybierane w drodze konkursu. Lista projektów indywidualnych ma ułatwić osiągnięcie zakładanych celów rozwojowych oraz pozwoli na określenie i skoordynowanie najważniejszych inwestycji realizowanych z wykorzystaniem Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności. Należy zauważyć, iż lista ta stanowi propozycję inwestycji zidentyfikowanych na etapie prac nad Programem Operacyjnym, co oznacza, że nie można jednoznacznie zagwarantować, iż wszystkie przedsięwzięcia umieszczone w tym dokumencie uzyskają wsparcie ze środków unijnych w ramach programu.

30 stycznia 2009 r. Minister Rozwoju Regionalnego zatwierdził zaktualizowaną listę projektów indywidualnych do Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. W wyniku aktualizacji na liście znalazło się 320 przedsięwzięć o łącznej orientacyjnej wartości 172,81 mld zł. Lista podstawowa obejmuje 268 projektów o wartości 141,90 mld zł, natomiast 52 projekty, których łączna wartość wynosi 30,91 mld zł, stanowi listę rezerwową. Ogólna szacunkowa wartość dofinansowania projektów indywidualnych z funduszy europejskich wynosi 102,24 mld zł. Projekty z listy podstawowej dofinansowane będą kwotą 81,43 mld zł, zaś z listy rezerwowej 20,81 mld zł. Lista jest dostępna na stronie internetowej miesięcznika „Materiały Budowlane” [www.materiałybudowlane.info.pl](http://www.materiałybudowlane.info.pl).

W perspektywie finansowej na lata 2007 – 2013 maksymalna stopa dofinansowania ze środków wspólnotowych może wynieść nawet 85% kosztów kwalifikowanych, co znacznie zmniejsza wkład finansowy beneficjenta w porównaniu z latami 2004 – 2006, kiedy w przypadku funduszy strukturalnych maksymalna stopa dofinansowania wynosiła 75%. Niemniej jednak wysokość krajowego współfinansowania publicznego może kształtować się na wyższym poziomie niż 15% całkowitych środków publicznych, co będzie miało miejsce zwłaszcza w przypadku projektów generujących dochody, czy też projektów objętych zasadami pomocy publicznej (wówczas poziom dofinansowania wspólnotowego wynikać będzie z dopuszczalnego pułapu pomocy określonego w programach po-

mocowych). Ostatecznie o wysokości wkładu beneficjenta decydować będzie umowa regulująca realizację projektu zawierana pomiędzy instytucją udzielającą wsparcia a beneficjentem tych środków, określająca wysokość dofinansowania ze środków Unii Europejskiej. W umowie zostanie również określony okres kwalifikowalności wydatków na dany projekt. Początek tego okresu stanowi 1 stycznia 2007 r., z zastrzeżeniem, że szczególne zasady dotyczą projektów podlegających regułom pomocy publicznej. W przypadku tych projektów programy pomocowe zostały opracowane przez właściwe Instytucje Pośredniczące. Skomplikowany charakter kwestii związanych z pomocą publiczną, długotrwałe postępowania notyfikacyjne oraz zmienność regulacji wspólnotowych stosujących się do pomocy publicznej powoduje, że kwalifikowalność wydatków jest możliwa dopiero po zatwierdzeniu programów pomocowych przez KE. Końcowa data kwalifikowalności wydatków w ramach projektu określona w umowie będzie więc w uzasadnionych przypadkach mogła być zmieniona. Wymaga to pisemnego wniosku beneficjenta i zgody instytucji stanowiącej stroną umowy o dofinansowanie. W żadnym wypadku końcowa data kwalifikowania wydatków związanych z projektem nie będzie mogła wykraczać poza datę 31 grudnia 2015 r.

## Instytucje wdrażające program

Instytucją Zarządzającą Programem Operacyjnym Infrastruktura i Środowisko jest Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, które wykonuje swoje funkcje przy pomocy Departamentu Koordynacji Programów Infrastrukturalnych. Instytucja Zarządzająca przekazała realizację części swoich zadań Instytucjom Pośredniczącym. **Instytucjami odpowiedzialnymi za wdrażanie poszczególnych priorytetów Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (Instytucjami Pośredniczącymi – IP) są:**

- Ministerstwo Środowiska (priorytety I-V);
- Ministerstwo Infrastruktury (priorytety VI-VIII);
- Ministerstwo Gospodarki (priorytety IX-X);
- Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego (priorytet XI);





- Ministerstwo Zdrowia (priorytet XII);
- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (priorytet XIII).

Institucje Pośredniczące delegowały część zadań związanych z zarządzaniem i realizacją programu Instytucjom Wdrażającym (Instytucjom Pośredniczącym 2. stopnia – IP2). System wdrażania programu przewiduje, że poza jedną instytucją – Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych, rolę IP2 będą pełnił jednostki sektora finansów publicznych. Wśród IP2 znalazły się również takie, które nie mają doświadczenia w zarządzaniu funduszami europejskimi i po raz pierwszy będą brały udział w systemie ich wdrażania. Są to m.in. Ośrodek Przetwarzania Informacji (IP2 w sektorze nauki), Instytut Paliw i Energii Odnawialnej (IP2 w sektorze gospodarki), czy nowo powstałe Centrum Unijnych Projektów Transportowych (IP2 w sektorze transportu). Szczegółowy wykaz IP2 znajduje się w dokumencie „**Wykaz instytucji uczestniczących w systemie realizacji POLIŚ**” dostępnym na stronie internetowej miesięcznika „Materiały Budowlane” [www.materiałybudowlane.info.pl](http://www.materiałybudowlane.info.pl).

### PO liŚ dla przedsiębiorczości

Program nie jest skierowany bezpośrednio do przedsiębiorców, ale alokowane środki są w szczególnym polu ich zainteresowania, szczególnie z sektora budowlanego. Realizacja programu obejmuje bowiem setki inwestycji, na które będą ogłaszane przetargi. Bezpośrednio do przedsiębiorców skierowany jest jedynie priorytet 4 PO liŚ. Szczegółowa analiza zasad przyznawania dotacji wskazuje jednak, że system jest mało przyjazny dla przedsiębiorców. W ramach programu dofinansowane będą tylko duże projekty. Inwestycje dotyczące ochrony środowiska dla sektora małych i średnich przedsiębiorstw będą realizowane także w ramach 16 regionalnych programów operacyjnych. Linia demarkacyjna pomiędzy programami przebiega na podstawie kryterium finansowego, które wynosi 8 mln zł. Z tego powodu przedsiębiorcom łatwiej będzie z pewnością uzyskać dofinansowanie w programach regionalnych. Na stronach internetowych programu zamieszczono wirtualny przewodnik dla beneficjentów, który ułatwia wybór instrumentu, w ramach którego można uzyskać dofinansowanie własnego projektu.

W ramach priorytetu 4 wspierane będą projekty, których realizacja spowoduje zmniejszenie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska, w tym emitowanych do powietrza, odprowadzanych ze ściekami oraz redukujących ilość wytwarzanych odpadów i zwiększających udział odpadów poddawanych procesom odzysku, w szczególności recyklingu oraz prowadzących do ograniczenia poziomu hałasu ze źródeł do wymagań obowiązujących norm. Preferowane będą projekty zgodne z wymaganiami dokumentów referencyjnych Najlepszych Dostępnych Techniki (BAT), prowadzące do zmniejszenia zużycia wody, mające na celu ograniczenie ilości substancji niebezpiecznych odprowadzanych wraz ze ściekami lub ograniczenie ilości ścieków, dotyczące ochrony powietrza, wykorzystujące odnawialne lub alternatywne źródła energii oraz prowadzące do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń:  $\text{NO}_x$  i pyłów, a także  $\text{SO}_2$  i  $\text{CO}_2$  – odpowiedzialnego w głównej mierze za efekt cieplarniany. W przypadku projektów dotyczących źródeł spalania priorytetowo będą traktowane instalacje o mocy powyżej 50 MW (w tym opalane węglem), prowadzące do zmniejszenia emisji pyłów. Preferowane będą przede wszystkim inwestycje wskazane w Traktacie Akcesyjnym. W ramach priorytetu wspierane będą projekty nieinwestycyjne polegające na wdrożeniu systemów zarządzania środowiskowego oraz uzyskaniu ekoznaków dla produktów.

W ramach priorytetu 4 wspierane będą też projekty dużych oraz małych i średnich przedsiębiorstw redukujące ilość zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, odprowadzanych ze ściekami oraz redukujące ilość wytwarzanych odpadów i zwiększające udział odpadów poddawanych procesom odzysku, w szczególności recyklingu. W ramach priorytetu nie będą wspierane inwestycje związane ze wzrostem produkcji, które skutkują wzrostem emisji netto zanieczyszczeń, nawet jeśli w wyniku zastosowanych rozwiązań technicznych w obszarze ochrony środowiska maleje wskaźnik emisji na jednostkę produkcji (tzn. następuje proporcjonalne zmniejszenie emisji). Projekty będą wybierane w ramach procedury konkursowej. Może to być konkurs otwarty o charakterze ciągłym. Wnioski rozpatrywane będą w kolejności zgłoszeń,

a pomoc udzielana do wyczerpania środków. Drugim zastosowanym wariantem będą cykliczne nabory wniosków, tzw. rundy aplikacyjne. Maksymalny udział dofinansowania w wydatkach kwalifikowanych wynosi 50%, ale nie jest to zasada i może być niższy. Beneficjent otrzymuje płatność w formie dotacji rozwojowej jako refundację poniesionych i udokumentowanych wydatków kwalifikowanych. Projekt nie może zostać złożony na inwestycję zakończoną. Harmonogram ogłaszania konkursów w ramach programu został zamieszczony na stronie internetowej miesięcznika „Materiały Budowlane” [www.materiałybudowlane.info.pl](http://www.materiałybudowlane.info.pl).

### Dokumenty związane z realizacją PO Infrastruktura i Środowisko

Podstawowe regulacje dotyczące wdrażania programu zawiera dokument zaakceptowany przez Komisję Europejską 7 grudnia 2007 roku „Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko”. Natomiast na potrzeby krajowe przygotowany został dokument uszczegóławiający jego zapisy. Jest to „Szczegółowy opis priorytetów Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2007 – 2013”. Ostatnia wersja dokumentu pochodzi z 1 grudnia 2008 r. i jest sygnowana kodem 3.0. Zawiera on uszczegółowienie ogólnych zasad i reguł realizacji programu, priorytetów oraz poszczególnych działań. Dokument składa się z dwóch części: ogólnej, opisującej zasady horyzontalne obowiązujące we wszystkich działaniach i inżynierii finansowej oraz szczegółowego opisu poszczególnych priorytetów i działań. Reguluje on szczególnie kwalifikowalność wydatków w ramach programu i zawiera opis systemu realizacji. Dla beneficjentów również ważne są informacje zawarte w załącznikach. Są to kryteria wyboru projektów oraz opis systemu oceny i wyboru projektów.

Podobnie jak w innych programach funkcjonują też wytyczne Instytucji Zarządzającej. Mimo że ich statut prawny nie jest uregulowany, pełnią ważną rolę doprecyzowującą i informacyjną przy wdrażaniu programu.

Wszystkie wymienione w artykule dokumenty zostały umieszczone na stronie internetowej miesięcznika „Materiały Budowlane” [www.materiałybudowlane.info.pl](http://www.materiałybudowlane.info.pl).

## Kiedy inwestor musi zapłacić podwykonawcom?

Relacje między inwestorami, wykonawcami a podwykonawcami z reguły nie są najprostsze. Najmniej uprzywilejowani są podwykonawcy, którzy bardzo często padają ofiarami nadużyć ze strony generalnych wykonawców, a ci jak praktyka pokazuje, są zdecydowanie najbardziej kruchym ogniwem w procesie budowlanym. Zbyt często okazuje się, że po zakończeniu inwestycji generalny wykonawca nie wypłaca podwykonawcom należnego im wynagrodzenia, stwarza problemy z odbiorem robót, czy też po prostu ogłasza upadłość. Sposób na zminimalizowanie strat ponoszonych w ten sposób przez podwykonawców przedstawia Kodeks cywilny. Zgodnie z art. 647 (1) § 5 *zawierający umowę z podwykonawcą oraz inwestor i wykonawca ponoszą solidarną odpowiedzialność za zapłatę wynagrodzenia za roboty budowlane wykonywane przez podwykonawcę*. Znaczenia tej normy prawnej nie sposób przecenić, gdyż umożliwia dochodzenie należności od inwestora, w sytuacji gdy generalny wykonawca nie wypłaca należności. Jednakże Kodeks cywilny przewiduje kilka warunków, które podwykonawca musi spełnić, aby zastosowanie wymienionej normy prawnej było możliwe. Art. 647 (1) § 2 mówi, że do zawarcia przez podwykonawcę umowy o roboty budowlane z podwykonawcą konieczna jest zgoda inwestora. Jeżeli inwestor w terminie 14 dni od przedstawienia mu przez wykonawcę umowy z podwykonawcą lub jej projektu, wraz z częścią dokumentacji dotyczącej wykonania robót budowlanych określonych w umowie lub projekcie, nie zgłosi na piśmie sprzeciwu lub zastrzeżeń, uważa się, że wyraził zgodę na zawarcie umowy. Jak widać, o zawarciu umowy z podwykonawcą należy bezwzględnie zawiadomić inwestora. Co więcej, konieczne jest przedstawienie mu umowy między wykonawcą a podwykonawcą. Warunek ten jest dość kłopotliwy, gdyż dynamizm obrotu gospodarczego często wymusza na stronach konieczność szybkiego działania, gdzie na wspólne uzgadnianie warunków umowy nie ma czasu, a strony zadowolają się złożeniem zamówienia i wystawieniem faktury po wykonaniu zlecenia. Jak wygląda sytuacja, gdy nie posiadamy umowy, a generalny wykonawca okazuje się niewypłacalny. Do tej pory sądy konsekwentnie stały na stanowisku, że

do potwierdzenia relacji między wykonawcą a podwykonawcą konieczne jest spełnienie warunków, o których mowa w Kodeksie cywilnym, czyli przedstawienie inwestorowi umowy. Nowe światło na to zagadnienie rzuca wyrok Sądu Najwyższego z 3 października 2008 r. W sprawie tej podwykonawca przystąpił do robót bez umowy na piśmie z generalnym wykonawcą. Pomimo faktu, że inwestor rozliczył się za wykonaną pracę z generalnym wykonawcą, to ten wypłacił podwykonawcy tylko niewielką część z umówionego wynagrodzenia i w niedługim czasie ogłosił upadłość. Podwykonawca w związku z tym o należną mu pozostałą kwotę wystąpił do sądu przeciwko inwestorowi, który zgodnie z art. 647 (1) § 5 odpowiada solidarnie za należności w stosunku do podwykonawcy. Pomimo pozytywnego dla podwykonawcy wyroku sądu pierwszej instancji, sąd drugiej instancji był odmiennego zdania, gdyż wbrew przepisom Kodeksu cywilnego generalny wykonawca nie przedstawił inwestorowi umowy z podwykonawcą, co powinno stanowić warunek konieczny dochodzenia od inwestora pieniędzy. Spór ten ostatecznie rozstrzygnął Sąd Najwyższy, uchylając niekorzystny dla podwykonawcy wyrok sądu drugiej instancji. Sąd Najwyższy odwołał się do wyroku z 29 kwietnia 2008 r., który dotyczył sposobu wyrażenia zgody przez inwestora na zawarcie umowy z podwykonawcą. Otóż sąd uznał, że zgoda inwestora wymagana przez Kodeks cywilny może być wyrażona przez każde zachowanie, które ujawnia ją w sposób dostateczny. W związku z czym Sąd Najwyższy wykluczył bezwzględną konieczność przedstawiania umowy inwestorowi, jeśli tylko ten w sposób czytelny wyraził zgodę na zatrudnienie podwykonawcy. Jak widać na tym przykładzie, nowa praktyka sądów zmierza w kierunku jak najlepszego zabezpieczenia interesów podwykonawców, którzy z natury rzeczy, pomimo tego, iż stanowią bardzo liczną grupę przedsiębiorców (przeważnie małych lub średnich – a więc tych, którzy najbardziej napędzają gospodarkę), w relacjach z generalnymi wykonawcami i inwestorami stoją na pozycji mało uprzywilejowanej.

Piotr Swaczynski  
p.swaczynski@admonitor.pl

## Profesor Bohdan Lewicki doktorem honoris causa...

(dokończenie ze str. 71)

Po wręczeniu dyplomu Doktor Honorowy wygłosił wykład: *Polska droga do Eurokodów – europejskich norm projektowania konstrukcji budowlanych*. Dobór tematyki należy uznać za profetyczny. Profesor Bohdan Lewicki, dr h.c., uznał za właściwe raz jeszcze wskazać na europejski wymiar dokonań i wyzwania polskiej społeczności budowlanej.

Po zakończeniu uroczystości oficjalnej, gratulacjom, życzeniom, laurkom i upominkom nie było końca. Gospodarzem tej części był Dziekan Wydziału Budownictwa

prof. Jerzy Sękowski, a pieczę nad sprawnym jej przebiegiem, organizacją i logistyką sprawował jak zawsze niezawodnie dr inż. Ireneusz Józwiak. Nastrój był ogromnie serdeczny i ciepły. Wśród upominków, obok pięknych kwiatów, należy odnotować skrzyżowane szable – najbardziej imponujący symbol walki o jakość budownictwa.

**Wielce Szanownemu Panu Profesorowi – Doktorowi Honoris Causa wyrazy należnego szacunku i gratulacje składa redakcja „Materiały Budowlane”.**

# ARBOCEL® + ALNASIL

## = NOWY KIERUNEK

### ARBOCEL®

Naturalne włókno celulozowe

Multifunkcjonalne włókno celulozowe

- Redukcja kosztów produkcji
- Silne mikrobrojenie redukcja rys i mikropęknięć
- Poprawa właściwości aplikacyjnych
- Poprawa wyglądu powierzchni dzięki efektowi matującemu
- Znaczna poprawa odporności na szorowanie



### ALNASIL

Syntetyczny substytut bieli tytanowej

Biały pigment i funkcjonalny wypełniacz

- Mniejsza podatność na zabrudzenia gotowej powłoki
- Obniżenie kosztów przez podstawienie nawet 30% TiO<sub>2</sub>
- Lepsze krycie, wzrost stopnia białości

RETENMAIER Polska  
Sp. z o.o.



Fibres designed  
by Nature

Al. Jerozolimskie 181  
02-222 Warszawa  
Telefon: +48 22 608 51 00  
Fax-Nr. +48 22 608 51 51  
E-mail: arbocel@jrs.pl

[www.jrs.pl](http://www.jrs.pl)



# Perły Ceramiki dla najlepszych

22 stycznia br. podczas Międzynarodowych Targów Budownictwa „Budma 2009” odbyła się uroczysta gala wręczenia nagród w konkursie PERŁY CERAMIKI UE 2008, której towarzyszyła wystawa nagrodzonych kolekcji płytek ceramicznych.

Konkurs PERŁY CERAMIKI UE 2008 odbywał się pod patronatem Ministerstwa Infrastruktury, Stowarzyszenia Architektów Polskich oraz Sekcji Architektury Wnętrz Związku Polskich Artystów Plastyków. W uroczystej gali wśród honorowych gości obecni byli m.in.: Piotr

Konkurs PERŁY CERAMIKI UE organizowany jest od pięciu lat przez redakcję kwartalnika „Wokół Płytek Ceramicznych” i stał się już ważnym wydarzeniem dla branży. Jego celem jest promocja kolekcji płytek ceramicznych, produkowanych wg najnowszych technologii i wzorniczo najlepiej wpisujących się w aktualne światowe trendy. Nagrodzone i nominowane kolekcje są oznaczane w punktach sprzedaży specjalną nalepką. Konkurs jest dwuetapowy. Pierwszy etap składa się z trzech równorzędnych edycji, w których jury

tek, które uzyskują tytuł **Perła Ceramiki UE**, a jury składające się z przedstawicieli firm dystrybuujących płytki ceramiczne na polskim rynku, nagradza najlepiej sprzedające się kolekcje tytułem **Perła Ceramiki Dystrybutorów**.

W konkursie PERŁY CERAMIKI UE 2008 do głównych nagród nominowano 29 kolekcji. Jury przyznało 18 tytułów **Perła Ceramiki UE 2008**. Nagrodzone kolekcje należą do jedenastu producentów (siedmiu polskich i czterech zagranicznych). Tytuły **Perła Cerami-**



Gość honorowy gali – Piotr Styczeń, Podsekretarz Stanu w Ministerstwie Infrastruktury

Styczeń – Podsekretarz Stanu w Ministerstwie Infrastruktury, **Przemysław Trawa** – Prezes Międzynarodowych Targów Poznańskich, **Taras Tokarski** – Radca Handlowy Ambasady Ukrainy w Polsce, **Aleksander Awerianow** – Radca Handlowy Ambasady Białorusi w Polsce.

## Tytuł Perła Ceramiki UE 2008 zdobyły kolekcje:

- **AFFRON**, Grupa Paradyż;
- **AMANDA/ALEX**, Grupa Paradyż;
- **BiancoNero**, Villeroy&Boch Fliesen GmbH (Niemcy);
- **COLOSEO**, Grupa Paradyż;
- **DAINO**, Colorker S.A. (Hiszpania);
- **DIANA**, ZPiWS Jacek Pilch;
- **GRES SNAKE**, Opoczno;
- **HIROE/HIRO**, Grupa Paradyż;
- **IRIDIUM**, Grupa Paradyż;
- **IRON**, Tau Ceramica (Hiszpania);
- **JAZZ**, Opoczno;
- **KALEYDOS**, ZPiWS Jacek Pilch;
- **KARPATIA**, Grupa Paradyż;
- **MAGMA**, Ceramika Marconi Sp. z o.o.;
- **NEVADA**, Cerrad Sp. z o.o.;
- **ROCAS de GALICIA**, Natucer S.L. (Hiszpania);
- **SEMIR**, Grupa Paradyż;
- **TIMOR**, Ceramika Gres S.A.

## Tytuł Perła Ceramiki Dystrybutorów 2008 przyznano kolekcjom:

- **GRES OPIRUS**, Opoczno;
- **HIROE/HIRO**, Grupa Paradyż;
- **IRON**, Tau Ceramica (Hiszpania);
- **SEMIR**, Grupa Paradyż;
- **WOODENTIC**, Grupa Paradyż;
- **ZAMBIA**, Ceramika Tubądzin.

nominuje kolekcje do tytułu Perła Ceramiki UE. Są one prezentowane w kolejnych wydaniach kwartalnika „Wokół Płytek Ceramicznych” oraz na stronie [www.plytkiceramiczne.info.pl](http://www.plytkiceramiczne.info.pl) W drugim etapie, to samo jury wyłania spośród nominowanych kolekcje pły-

**ki Dystrybutorów** przyznano 6 kolekcjom (pięciu polskim i jednej zagranicznej).

Po raz kolejny zdobywcą **Wielkiej Perły Ceramiki UE 2008** została **Grupa Paradyż**. Firma ta zdobyła 9 nominacji i 7 tytułów Perła Ceramiki UE 2008 oraz 3 tytuły Perła Ceramiki Dystrybutorów 2008 i była niekwestionowanym liderem konkursu.

Nagrody w postaci statuetek i certyfikatów, na uroczystej Gali Laureatów w Poznaniu wręczyli: Wiceminister **Piotr Styczeń**, **Itta Karpowicz-Starek** – przedstawicielka jury konkursu; **Krystyna Trala** – właścicielka Centrum Łazienek KRYSZYNA, przedstawicielka jury dystrybutorów oraz **Krystyna Wiśniewska** – Redaktor Naczelna kwartalnika „Wokół Płytek Ceramicznych”.



# Warunki prenumeraty na 2009 r.

Prenumerata roczna miesięcznika „Materiały Budowlane” jest możliwa w dwóch wariantach:

- prenumerata wersji papierowej;
- prenumerata w pakiecie (pakiet zawiera całoroczną prenumeratę wersji papierowej + rocznik czasopisma na płycie CD, wysyłany po zakończeniu roku wydawniczego). Dla tych prenumeratorów Wydawnictwo oferuje dodatkowo roczniki archiwalne miesięcznika „Materiały Budowlane” z lat 2004 – 2008 na płytach CD w cenie 20 PLN netto (+ 22% VAT) za każdy rocznik.

**UWAGA!** Wszyscy prenumerujący miesięcznika „Materiały Budowlane” na 2009 r. otrzymają bezpłatny kod dostępu do archiwum elektronicznego z lat 2004 – 2008 na Portalu Informacji Technicznej [www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl).

## Prenumeratę można zamówić:

za pośrednictwem redakcji „Materiały Budowlane”:

- **faksem:** (22) 827 52 55, 826 20 27;
- **e-mail:** [materbud@sigma-not.pl](mailto:materbud@sigma-not.pl);
- **przez Internet:** [www.materiaלבudowlane.info.pl](http://www.materiaלבudowlane.info.pl);
- **listownie:** Redakcja „Materiały Budowlane”, 00-950 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14A, skr. poczt. 104.

Uwaga! Druk zamówienia na [www.materiaלבudowlane.info.pl](http://www.materiaלבudowlane.info.pl) za pośrednictwem Zakładu Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o.:

- **faksem:** (22) 891 13 74, 840 35 89, 840 59 49;
- **e-mail:** [kolportaz@sigma-not.pl](mailto:kolportaz@sigma-not.pl);
- **przez Internet:** [www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl);
- **listownie:** Zakład Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o., ul. Ku Wiśle 7, 00-707 Warszawa.

Po otrzymaniu zamówienia wystawiamy fakturę VAT.

Członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w FSNT-NOT oraz uczniowie szkół i studenci wydziałów o kierunku budowlanym mają prawo do prenumeraty ulgowej – pod warunkiem przesłania zamówienia ostemplowanego pieczęcią koła SNT lub szkoły.

Więcej informacji na stronie [www.materiaלבudowlane.info.pl](http://www.materiaלבudowlane.info.pl)

### Cena (brutto) prenumeraty miesięcznika „Materiały Budowlane” na 2009 r.\*

Cena 1 egzemplarza 18,50 PLN

Cena prenumeraty rocznej w wersji papierowej 222 PLN

Cena prenumeraty rocznej w pakiecie 246,40 PLN

Prenumerata ulgowa – rabat 50% od ceny wersji papierowej (rabat dotyczy tylko tej wersji)

**Odbiorcy zagraniczni:** cena rocznej prenumeraty 156 EUR dla prenumeratorów z Europy oraz 180 USD spoza Europy.

\* W przypadku zmiany ceny w okresie objętym prenumeratą lub zmiany stawki VAT, Wydawnictwo zastrzega sobie prawo do wystąpienia o dopłatę różnicy cen oraz prawo do realizowania prenumeraty tylko w pełni opłaconej.

Należność za prenumeratę miesięcznika „Materiały Budowlane” należy wpłacać na konto:

**BANK PEKAO S.A. 81 1240 6074 1111 0000 4995 0197**

 WYDAWNICTWO SIGMA-NOT



## Brama RenoMatic i drzwi RenoDoor idealnie dopasowane!



Brama RenoMatic w kolorze Złoty Dąb

Takie okazje nie zdarzają się często! Ocieplana, solidna i trwała brama garażowa z napędem elektrycznym - **RenoMatic** - w popularnym rozmiarze 2500 x 2125 mm - w wyjątkowej cenie! Dostępna w trzech kolorach: białym, Titan Metallic i Złoty Dąb. Polecamy również, idealnie dopasowane do bramy, wysokiej klasy drzwi **RenoDoor**. Szczegóły u Autoryzowanych Partnerów i pod numerem infolinii 0801 500 100.

**HÖRMANN**  
Bramy • Drzwi • Napędy



**Oficjalny sponsor  
piłkarskiej reprezentacji Polski**

**infolinia 0801 500 100**  
**[www.hormann.pl](http://www.hormann.pl)**

\* Dotyczy umów, w których możliwe jest zastosowanie 7% stawki podatku VAT. W pozostałych przypadkach wartość bramy z napędem wynosi 3.405 zł (w tym 22% podatku VAT).

# Prenumerata dla szkół średnich i uczelni wyższych

W 2009 r. miesięcznik „Materiały Budowlane” dociera do średnich szkół budowlanych oraz wydziałów o profilu budowlanym wyższych uczelni w całej Polsce dzięki firmom: **Sopro Polska**; **Solbet**; **Athenasoft**; **Hufgard** i **ViaCon** oraz **Stowarzyszeniu Producentów Betonów**.



**Sopro Polska Sp. z o.o.** to firma chemii budowlanej działająca na polskim rynku od 1994 r. Oferta handlowa obejmuje: kleje i zaprawy do spoinowania okładzin z płytek ceramicznych i kamienia naturalnego; systemy uszczelnień tarasów, basenów i innych pomieszczeń wilgotnych; systemy renowacji betonu; szpachle do naprawy ścian i podłóg; szpachle samopoziomujące; zaprawy do murowania; spoiwa i zaprawy do wykonywania jastrychów; szybkowiążące zaprawy montażowe; preparaty gruntujące; dodatki do zapraw; środki do czyszczenia i pielęgnacji okładzin. W bogatym asortymencie produktów jest wiele nowości, wykorzystujących najnowsze osiągnięcia naukowe.

Wszystkie wyroby Sopro oferowane na rynku charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami, co jest potwierdzone certyfikatami niezależnych i uznanych instytutów naukowych.

**Sopro to silna marka dobrze znana i ceniona na polskim rynku budowlanym.**



**Grupa Kapitałowa SOLBET** jest polską firmą skupiającą w swoich strukturach zakłady produkujące:

- beton komórkowy;
- chemię budowlaną;
- urządzenia do produkcji betonu komórkowego.

Jest to największy producent betonu komórkowego w Polsce. Z pięciu zakładów firmy na europejskie rynki trafia co roku prawie 2 mln m<sup>3</sup> najwyższej jakości produktów z betonu komórkowego. Oprócz rynku polskiego produkty **SOLBET** można kupić m.in. w Niemczech, Danii, Szwecji, Norwegii, Belgii, Słowacji, Czechach, Rosji, na Litwie, Łotwie i Ukrainie. Wyroby te niczym nie ustępują jakością wyrobom renomowanych zakładów europejskich.

Obecnie firma poleca system **SOLBET Perfekt**, na który składają się elementy murowe z betonu komórkowego oraz chemia budowlana w postaci zapraw, klejów, tynków itp. Wszystko do siebie perfekcyjnie dopasowane.

**System SOLBET Perfekt – by budowało się lepiej.**



ATHENASOFT

ATHENASOFT

**Athenasoft Sp. z o.o.**, znany producent najpopularniejszych i najnowocześniejszych programów do kosztorysowania, takich jak: Norma PRO i Norma STANDARD, wspiera i realizuje projekty edukacyjne skierowane do szkół średnich i uczelni wyższych o profilu budowlanym oraz organizuje szkolenia w ramach Akademii Athenasoft. Z myślą o instytucjach edukacyjnych i ich słuchaczach firma wprowadziła program Norma PRO Edukacyjna.



SBPB

SBPB

**Stowarzyszenie Producentów Betonów** to ogólnokrajowa organizacja zrzeszająca producentów bogatego asortymentu wyrobów z betonu komórkowego oraz prefabrykatów betonowych, projektantów, a także producentów surowców, materiałów oraz maszyn i urządzeń do prefabrykacji. Stowarzyszenie zostało założone w 1994 r. Prowadzi szeroką działalność w branży betonów i m.in. jest członkiem Europejskiego Stowarzyszenia Autoklawizowanego Betonu Komórkowego EAACA i Międzynarodowego Stowarzyszenia Prefabrykatów Betonowych BIBM.



Zaprawy Techniczne

P&T

P&T

Firma **Hufgard Polska Sp. z o.o.**, przedstawiciel na polskim rynku niemieckiej firmy P&T Technische Mörtel, oferuje bogaty asortyment suchych zapraw technicznych do naprawy i wzmacniania konstrukcji betonowych i żelbetowych, m.in. EuroCret<sup>®</sup>, Topolit<sup>®</sup>, Topolan<sup>®</sup> oraz profesjonalne doradztwo techniczne, poparte wieloletnim doświadczeniem. Wszystkie produkty charakteryzują się doskonałymi właściwościami.

**Posiadamy dobre argumenty i jeszcze lepsze rozwiązania.**



ViaCon Polska

ViaCon Polska

**ViaCon Polska Sp. z o.o.** należy do europejskiej Grupy ViaCon, która ma firmy w takich krajach, jak np. Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Norwegia, Szwecja, Litwa i Łotwa. Oferta firmy obejmuje produkcję i sprzedaż: rur oraz konstrukcji podatnych z blach falistych i rur z tworzywa sztucznego do budowy oraz naprawy przepustów, mostów, wiaduktów, tuneli, przejazdów gospodarczych, przejść dla zwierząt; systemu kanalizacji deszczowej; zbiorników retencyjnych, a także sprzedaż geosyntetyków: geowłóknin, geosiatek i geotkanin.

# Ochrona budowli przed drganiami



Krzysztof JANCZURA

**Jordahl & Pfeifer Technika Budowlana Sp. z o.o.** od ponad dwunastu lat konsekwentnie wdraża na rynku budowlanym w Polsce technologie połączeń elementów prefabrykowanych i specjalistycznych zamocowań w konstrukcjach żelbetonowych. W 1999 r., wraz z firmą Calenberg Ingenieure GmbH z Niemiec, jako pierwsza wprowadziła na polski rynek technologię elastycznego oparcia elementów konstrukcyjnych z zastosowaniem elastomerów. W pierwszych dwóch latach przy wsparciu środowiska naukowego, zwłaszcza profesora Lecha Czarneckiego, opracowaliśmy podstawowe polskie materiały techniczne umożliwiające szerokie stosowanie tego rodzaju oparc w budownictwie.

W br. mija 10 lat od daty pierwszego zastosowania elastomerów w Polsce (a 37 lat w Europie) jako materiału konstrukcyjnego w obiektach budowlanych. To pierwsze polskie dziesięciolecie – pełne pozytywnych doświadczeń w funkcjonowaniu tej technologii – skłoniło nas do uczynienia kolejnego kroku w poszerzeniu jej zakresu o elastyczne posadowienie całych obiektów budowlanych – chroniąc je przed drganiami. Poczucie spokoju, stabilizacji i odczuwanie piękna staje się elementem pozytywnej energii rozwoju człowieka – właściwym klimatem dla jego twórczości. Eliminujemy zatem te czynniki w środowisku, które wywołują stany całkowicie odmienne: hałas, poczucie zimna, wilgoci, zanieczyszczone powietrze i wreszcie drgania... Właściwe rozpoznanie przyczyny i jej zbadanie oraz późniejsza analiza oddziaływania ośrodka drgań na poszczególnych odbiorców jest gwarancją dobrania odpowiedniego rozwiązania technicznego. Z jednej strony likwidujemy przyczyny powstawania drgań, z drugiej chronimy środowisko przed skutkami ich oddziaływania. Wiedza, poparta praktycznym doświadczeniem, umożliwi inwestorom i użytkownikom realizację ich zamierzeń budowlanych, gwarantując osiągnięcie pożądanych parametrów spokoju. W mieście spotkań – jakim jest Wrocław – nastąpi wymiana doświadczeń, które przyczynią się do rozwoju przyjaznej technologii izolacji obiektów budowlanych przed drganiami w kolejnych dziesięcioleciach. Cieszę się, że udało nam się zaprosić do tej dyskusji najlepszych z najlepszych i że w tej dyskusji doświadczenia krajowe będą miały szansę konfrontacji – lub lepiej porównania z doświadczeniami naszych zachodnich sąsiadów. W takiej dyskusji rodzi się szansa na powstanie nowej, lepszej jakości. Pragnę wszystkich serdecznie zaprosić do udziału w dyskusji.



Lech CZARNECKI

**Ochrona przed drganiami i hałasem** – to jedno z podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych, zawarte w Dyrektywie Europejskiej 89/106/EEC i podyktowane przez Prawo budowlane. Jest to również wyzwanie cywilizacyjne, jakie niesie postulat zrównoważonego rozwoju budownictwa. Przesłanie to stanowi także tytułowe zawołanie wrocławskiej konferencji zorganizowanej staraniem firmy Jordahl & Pfeifer w 10-lecie pionierskiego wprowadzenia na polski rynek budowlany podkładek elastomerowych. **W tym wydaniu miesięcznika „Materiały Budowlane” prezentujemy referaty przygotowane na tę konferencję.** Redakcja „Materiałów Budowlanych” odczuwa z tego powodu wieloraką satysfakcję. Dzięki możliwości prezentacji materiałów konferencyjnych na łamach czasopisma, równocześnie z rozpoczynającą się konferencją, rozszerza się krąg zainteresowanych tą tematyką i przyspiesza dotarcie nowości technicznych do środowiska budowlanego. Jest to niemal bezpośrednia realizacja postulatu budowania opartego na wiedzy, w tym przypadku nowej wiedzy. Ponadto w 2001 r., właśnie w „Materiałach Budowlanych” (8/2001), został opublikowany artykuł traktowany jako wdrożenie podkładek elastomerowych do świadomości inżynierskiej – w 10 lat po kursorskiej pracy **W. Starosolskiego** i **I. Józwiaka** („Inżynieria i Budownictwo” 8/91). Artykuł „Podkładki elastomerowe – zapobieganie uszkodzeniom betonu w złączach” (str. 96 w tym numerze) kończył się dwoma stwierdzeniami:

• właściwy dobór podkładek elastomerowych staje się odrębnym zadaniem projektanta – to zadanie jest nadal aktualne i temu też służy wrocławska konferencja;

• korzyści wynikające z poprawnej pracy złącza przewyższają wielokrotnie nakłady związane z wbudowaniem podkładek elastomerowych, które szacuje się w promilach całkowitych kosztów budowy.

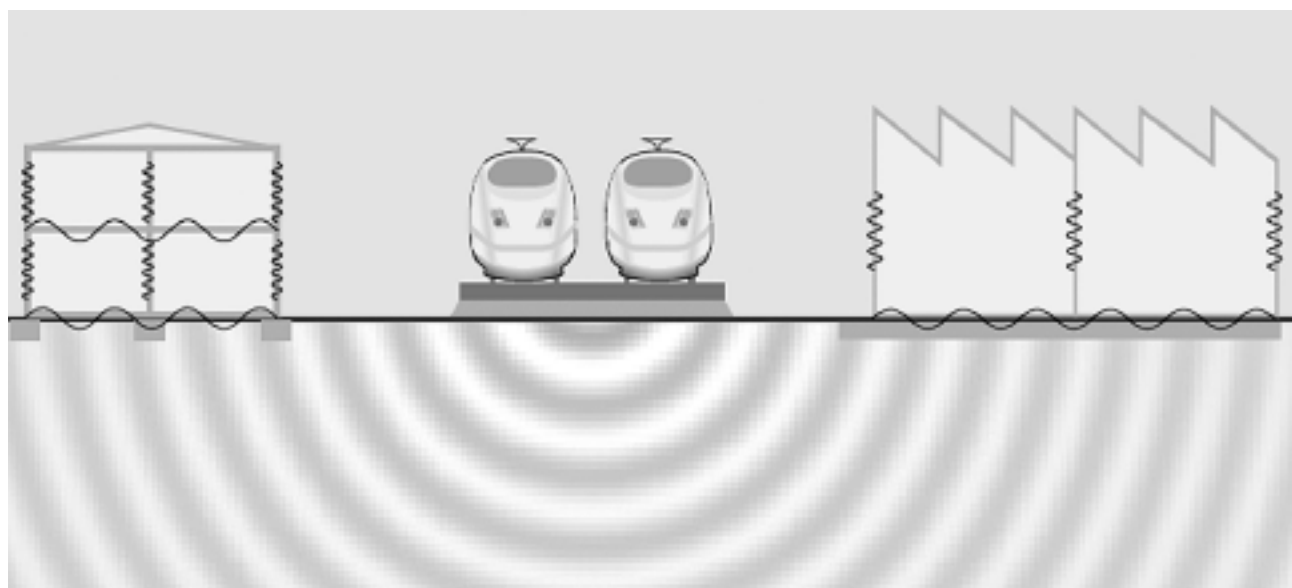
W kontekście tego drugiego stwierdzenia trudno nie okazać zadowolenia, że nie ma obecnie budowanego obiektu, w którym nie byłby uwzględniany problem elastycznej podpory. Początkowo podkładowi elastomerowemu przypisywano trzy funkcje: zapewnienie równomiernego rozkładu naprężeń w złączu; umożliwienie przemieszczeń elementu opieranego względem podpory; umożliwienie obrotu elementu (duże rozpiętości) na podporze. Obecna konferencja przynosi novum – **wibroizolacje**, rozpatrywane w kontekście wpływu drgań na ludzi i budynek (**K. Stypuła**). W 2002 r. podczas seminarium towarzyszącego Warsztatom Projektanta w Szczyrku, **W. Stühler** zauważył, że obecnie chronimy się przed wstrząsami, a istnieje potencjał do ochrony przed dźwiękami. W analitycznym studium temat ten rozwinął w publikacji zamieszczonej na str. 110 w tym numerze „Materiałów Budowlanych”. Ponadto przedstawiono kompleksowe ujęcie problematyki ochrony obiektu budowlanego przed drganiami (**M. Niemas**) oraz dwa przypadki szczególne: drgania a posadowienia w warunkach wód gruntowych (**F. Müller-Boruttau**) i drgania dużej konstrukcji przemysłowej (**Z. Wójcicki** i inni). Jest coś fascynującego w tym, że wszechstronność funkcjonalną i możliwość kształtowania odpowiednich właściwości zawdzięczamy mikrostrukturze podkładki elastomerowej (**H. R. Sasse**).

# Ochrona budowli przed drganiami

20 marca 2009 r. Wrocław

## Program seminarium

- 9.00 – 9.30 – Rejestracja uczestników
- 9.30 – 10.00 – Powitanie gości i otwarcie obrad seminarium: **Krzysztof Janczura**, Jordahl & Pfeifer  
– Słowo powitalne: **Peter Wisniewski**, Calenberg Ingenieure  
– Otwarcie i prowadzenie obrad: **prof. Lech Czarnecki**, Politechnika Warszawska
- 10.00 – 10.30 – *Niezbrojone podkładki elastomerowe w budownictwie – materiał i nośność. Właściwości mechaniczne elastomerów* – **prof. H. Rainer Sasse**, Sasse & Fiebrich Bauingenieur Sozietat, Aachen
- 10.30 – 11.05 – *Problemy ochrony przed drganiami w budynkach* – **dr inż. Marek Niemas**, Zakład Akustyki, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa
- 11.05 – 11.40 – *Redukcja wstrząsów i dźwięków materiałowych w obiektach budowlanych – podstawowe zagadnienia z zakresu izolacji drgań i dźwięków materiałowych* – **prof. Waldemar Stühler**, Instytut Mechaniki, TU Berlin
- 11.40 – 12.00 – Przerwa kawowa
- 12.00 – 12.35 – *Redukcja wstrząsów i dźwięków materiałowych w obiektach budowlanych: jak rozpoznać problem drgań i dźwięków materiałowych. Jak uwzględnić jego rozwiązanie na etapie projektowania obiektu budowlanego?* – **prof. Waldemar Stühler**, Instytut Mechaniki, TU Berlin
- 12.35 – 13.10 – *Ochrona budynku przed drganiami przez elastyczne posadowienie w warunkach wód gruntowych* – **dr inż. Frank Müller-Boruttau**, „imb-dynamik”, Inning-Buch/Monachium
- 13.10 – 14.00 – Przerwa na lunch
- 14.00 – 14.45 – *Diagnostyka wpływu drgań na budynki i przebywających w nich ludzi według polskich norm; przykłady prognozowania i redukcji drgań generowanych przejazdami pojazdów szynowych* – **dr hab. inż. Krzysztof Stypuła**, prof. Politechniki Krakowskiej
- 14.45 – 15.20 – *Badanie drgań dużej konstrukcji przemysłowej* – **dr hab. inż. Zbigniew Wójcicki**, Politechnika Wroclawska
- 15.20 – 16.30 – Panel dyskusyjny, podsumowanie i wnioski. Zakończenie seminarium i zaproszenie na Wieczór Inżynierski
- 18.00 – Wieczór Inżynierski – uroczysta kolacja w restauracji Gospoda Wroclawska
- 21.03.2009 – Zwiedzanie Starego Miasta w godzinach przedpołudniowych

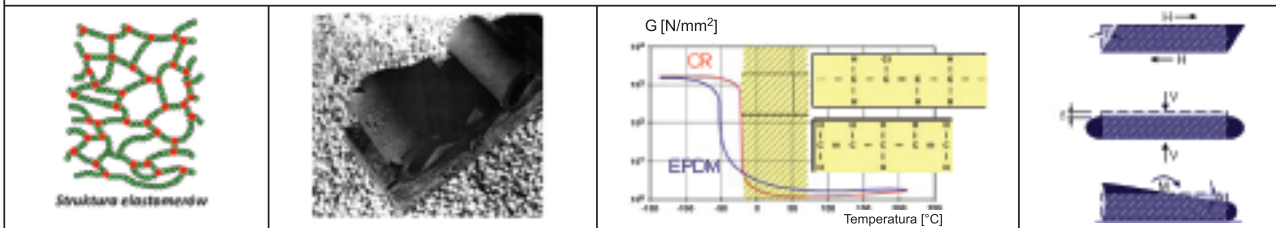


MATERIAŁY Z SEMINARIUM OPUBLIKOWANO NA STR. 95 – 136

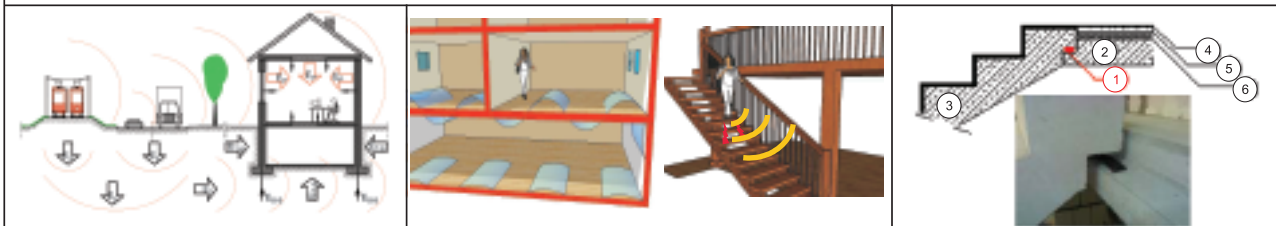


# Algorytm ochrony budowli przed drganiami

**Prof. H. Rainer Sasse** – Niezbrojone podkładki elastomerowe w budownictwie – materiał i nośność. Właściwości mechaniczne elastomerów



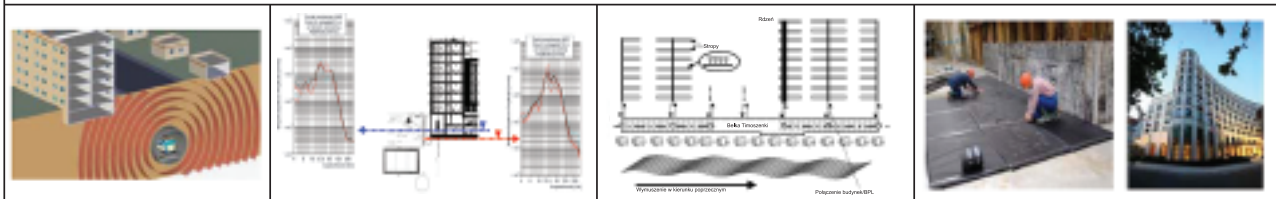
**Dr inż. Marek Niemas** – Problemy ochrony przed drganiami w budynkach



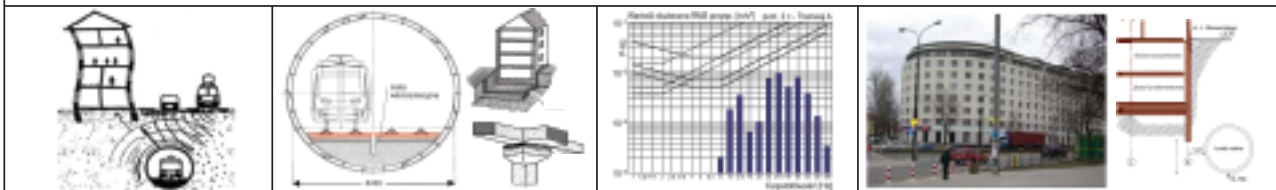
**Prof. W. Stühler** – Redukcja wstrząsów i dźwięków materiałowych w obiektach budowlanych



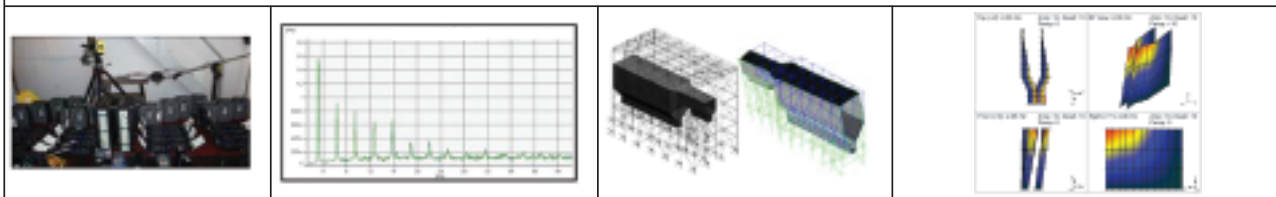
**Dr inż. F. Müller-Boruttau** – Ochrona budynku przed drganiami przez elastyczne posadowienie w warunkach wód gruntowych



**Dr hab. inż. Krzysztof Stypuła** – Diagnostyka wpływu drgań na budynki i przebywających w nich ludzi według polskich norm; przykłady prognozowania i redukcji drgań generowanych przejazdami pojazdów szynowych



**Dr hab. inż. Zbigniew Wójcicki** – Badanie drgań dużej konstrukcji przemysłowej

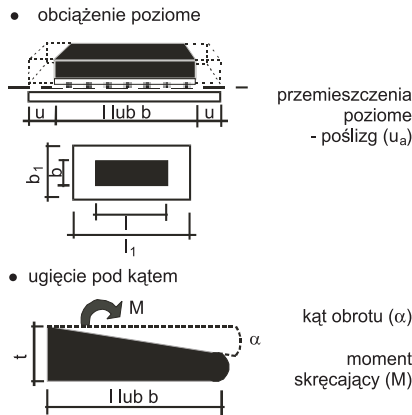
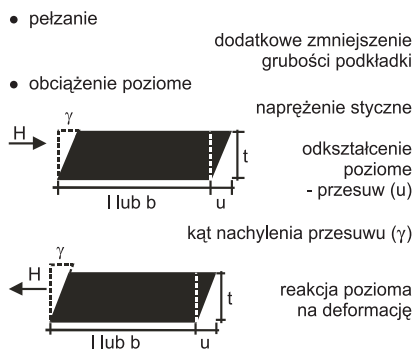
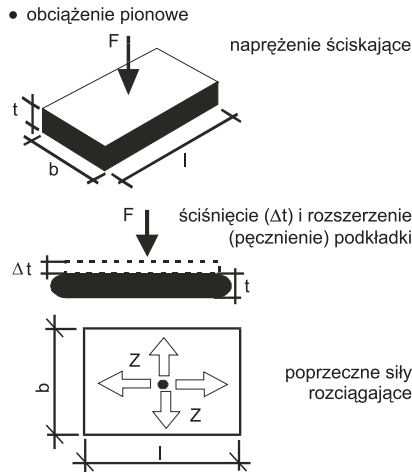


Opracowali: L. Czarnecki, K. Janczura, M. Knawa

prof. dr hab. inż. Lech Czarnecki\*  
dr Bogumiła Chmielewska\*

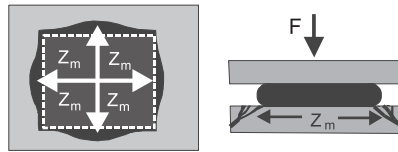
# Podkładki elastomerowe – zapobieganie uszkodzeniom betonu w złączach

W 2001 r. w „Materiałach Budowlanych” (8/2001) w artykule pod tym samym tytułem, kompleksowo omówiliśmy funkcje i rodzaje podkładek elastomerowych oraz ich charakterystykę materiałową. Oto skrót wybranych zagadnień.



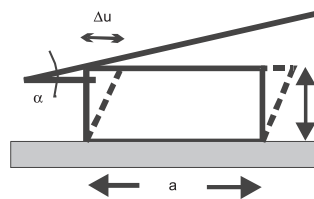
Rys. 1. Przykłady obciążeń i odpowiadających im odkształceń w trakcie użytkowania podkładek elastomerowych

\* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej



Rys. 2. Uszkodzenie podpory spowodowane poprzecznymi siłami rozciągającymi

**KATEGORIA 1 – podkładki elastomerowe lite;  $\Delta u$  – małe,  $\alpha$  – małe**

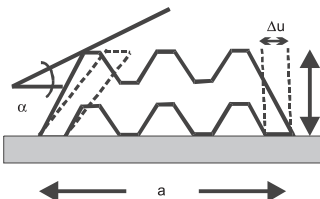


$$\Delta u \leq 0,6(t - 3) \text{ [mm]} \quad \alpha = 200 \text{ t/a}$$

$$\Delta u \leq 0,65t \text{ [mm]}$$

gdzie:  $t$  – małe ( $\leq 25$  mm)

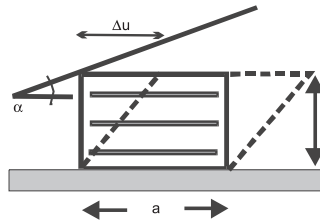
**KATEGORIA 2 – podkładki elastomerowe profilowane;  $\Delta u$  – małe,  $\alpha$  – duże**



$$\Delta u \leq 0,5(t - 1) \text{ [mm]} \quad \alpha = 300 \text{ t/a}$$

gdzie:  $t$  – małe ( $\leq 20$  mm)

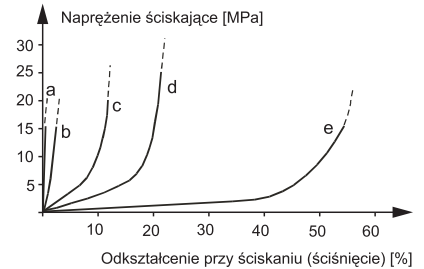
**KATEGORIA 3 – podkładki elastomerowe zbrojone;  $\Delta u$  – duże,  $\alpha$  – duże**



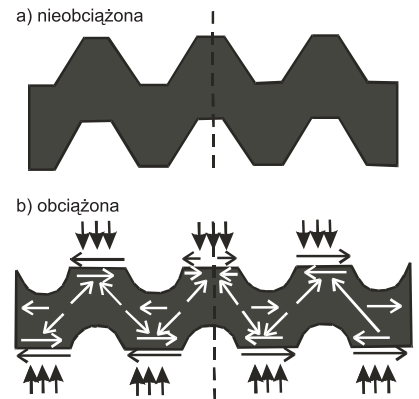
$$\Delta u \geq 0,6(t - 3) \text{ [mm]} \quad \alpha = 100(1,5t - 5)/a$$

gdzie:  $t$  – duże ( $\leq 40$  mm)

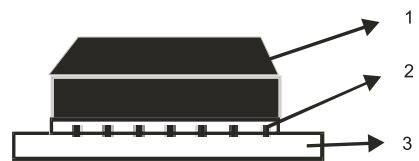
Rys. 3. Podział podkładek elastomerowych w zależności od budowy i wynikających z tego dopuszczalnych wielkości przesuwu ( $\Delta u$ ) i kąta obrotu ( $\alpha$ ) – zależności podano w sposób uproszczony



Rys. 4. Odkształcenie przy ściskaniu (ściśnięcie) dla zaprawy cementowej i podkładek: a – zaprawa cementowa; b – podkładka lite zbrojona; c – podkładka lite niezbrojona; d – podkładka perforowana; e – podkładka bitraperzowa



Rys. 5. Przykładowy przekrój pionowy podkładki profilowanej (bitraperzowej); schemat kompensacji sił poziomych



Rys. 6. Podkładka ślizgowa: 1 – elastomer zbrojony; 2 – warstwa poślizgowa; 3 – płyta poślizgowa

prof. dr inż. H. Rainer Sasse\*

# Niezbrojone podkłádki elastomerowe w budownictwie

**E**lastomery to polimery tworzywa sztuczne lub naturalne, które cechuje zdolność do odwracalnej deformacji pod wpływem sił mechanicznych z zachowaniem ciągłości ich struktury. Znalazły one szerokie zastosowanie m.in. w budownictwie jako materiał używany w tzw. podkładkach odkształcalnych. Podkłádki te pełnią dwie całkowicie różniące się od siebie funkcje, które jednak uzupełniają się w wielu zastosowaniach, a czasem nakładają:

- mają one za zadanie bezpieczne przeniesienie sił przekrojowych (siły, momenty), przewidzianych i uwzględnionych w obliczeniach elementu budowlanego dla danego punktu podporowego oraz umożliwienie występowania niewymuszonych ruchów względnych (przesunięcia, obroty) pomiędzy dwoma sąsiadującymi ze sobą elementami konstrukcji;

- dzięki tłumieniu wewnętrznemu powinny w dużej mierze zapobiegać transmisji dźwięków materiałowych i wstrząsów (mikrosejsmika).

W celu zrozumienia wymienionych funkcji podkładek wskazane jest zapoznanie się z założeniami materiałowo-technologicznymi elastomerów.

## Założenia materiałowe

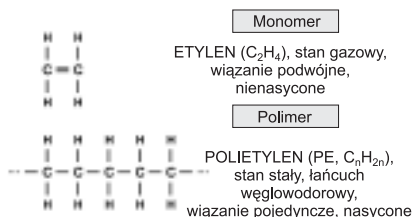
**Budowa molekularna.** Chemia tworzyw sztucznych bazuje na zdolności węgla (C) do tworzenia łańcuchów węglowodorowych bądź też form pierścieniowych związków. W ograniczonym zakresie dotyczy to również krzemu (Si). Budowa makrocząsteczki jest efektem połączenia się monomerów, które mają zdolność do polimeryzacji dzięki obecności wiązań wielokrotnych (najczęściej wiązania podwójne) pomiędzy atomami C, tzw. wiązań nienasyconych lub dzięki obecności reaktywnych grup na obu końcach cząsteczki.

Istnieją trzy podstawowe mechanizmy powstawania polimerów: polimeryzacja; polikondensacja; poliaddycja. W artykule przedstawione zostaną przykłady

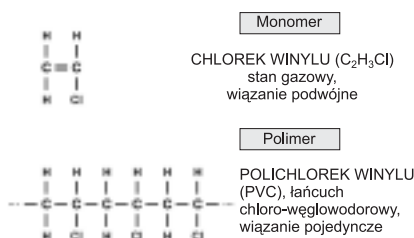
struktur cząsteczkowych i procesy ich tworzenia, które pozwalają zrozumieć główne powiązania między strukturą chemiczną i technicznymi właściwościami polimeru. Produkt polimeryzacji ma taki sam skład chemiczny jak monomer – substrat reakcji, choć zwielokrotnioną masę cząsteczkową. Substratami reakcji są nienasycone monomery, których podwójne wiązania są rozrywane przez dopływ energii i aktywowane do tworzenia wiązań łańcuchowych. Proces przebiega z oddawaniem ciepła, a nowo powstałe wiązania pojedyncze są energetycznie stabilniejsze od wiązań podwójnych. Reakcje mogą zostać przedstawione na przykładzie polietylenu – najprostszego pod względem struktury chemicznej tworzywa sztucznego.

Monomer jest substancją gazową, węglowodorem etylenu ( $C_2H_4$ ) o masie cząsteczkowej 28, w którym oba atomy węgla są połączone przez wiązanie podwójne (rysunek 1). Wiązanie podwójne zostaje rozerwane w procesie polimeryzacji i przez nasycenie wolnych wartościowości powstaje polimer, „stały” polietylen ( $C_nH_{2n}$ ), o masie cząsteczkowej 25000 ÷ 50000.

W analogiczny sposób tworzy się np. z chlorku winylu ( $C_2H_3Cl$ ) polichlorek winylu (PVC), co przedstawia rysunek 2.



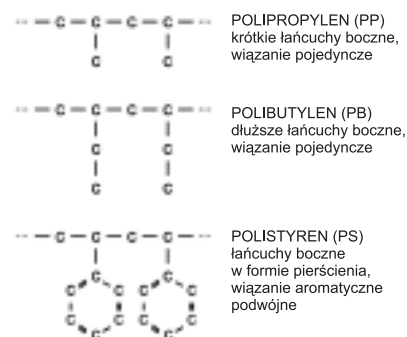
Rys. 1. Polimeryzacja etylenu, czyli powstawanie PE



Rys. 2. Polimeryzacja chlorku winylu, w wyniku której powstaje PVC

W wielu tworzywach sztucznych pojedyncze atomy wodoru są zastępowane krótkimi C – łańcuchami lub C – pierścieniami. Wtedy łańcuch główny wykazuje regularne rozmieszczenie rozgałęzienia, np. przy polipropylenie (PP), poliizobutylenie (PIB), polibutylenie (PB), a także przy polistyrenie (PS). W celu większej przejrzystości na rysunku 3 przedstawiającym wzory strukturalne zostały pominięte atomy wodoru.

Sterylna budowa makrocząsteczek (atomy wodoru nie są pokazane)



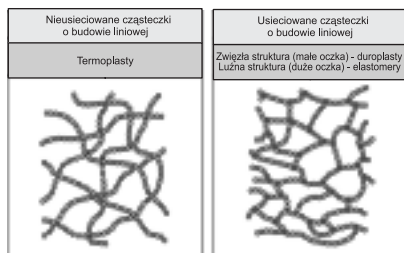
Rys. 3. Polimeryzacja PP, PB i PS

Technicznie ważne właściwości tworzywa sztucznego zależą w dużym stopniu od rodzaju i wielkości atomów przyporządkowanych głównemu łańcuchowi po jednej lub obu jego stronach, a także od ich rozmieszczenia. Kohezja pojedynczych łańcuchów polimerowych wewnątrz tworzywa następuje nie przez chemiczne siły walencyjne, ale przez międzycząsteczkowe siły przyciągania (siły van der Waalsa). Są one tym większe, im mniejsza jest wzajemna odległość pomiędzy cząsteczkami.

Polimery mogą się również składać z różnych monomerów. W takim przypadku mówi się o kopolimeryzacji (monomery A i B) lub o terpolimeryzacji (monomery A, B i C). Naprzemienna kopolimeryzacja wg schematu ...-A-B-A-B-A-B-... przedstawia szczególny przypadek. Najczęściej zachodzi statyczny podział monomerów, np. ...-A-A-B-A-A-B-B-A-B-A-A-A-A-B-... lub dąży się do polimeryzacji blokowej: ...-(A-A-A)<sub>n</sub>-(B-B-B)<sub>m</sub>-(A-A-A)<sub>n</sub>... Długie cząsteczki, posiadające struktury

\* RWTH w Aachen; Honorowy Profesor Politechniki Warszawskiej

rę włókna, układają się w bezładnie poplątaną, amorficzną lub częściowo krystaliczną strukturę jako tzw. termoplasty lub są usieciowane za pomocą wiązań chemicznych, tzw. duroplasty, elastomery (rysunek 4).



Rys. 4. Usieciowanie

**Stany skupienia.** Substancje o małej masie cząsteczkowej występują w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Przy prostych związkach chemicznych, np.  $H_2O$ , przejście w inne stany następuje w ściśle określonej temperaturze (temperatura krzepnięcia  $0\text{ }^{\circ}C$ , a wrzenia  $+100\text{ }^{\circ}C$ ). W przypadku substancji o małej masie cząsteczkowej zmiany stanu skupienia są całkowicie odwracalne, substancja nie zmienia się również w przypadku wielokrotnego przekraczania granicy międzyfazowej. W przypadku np. stopu może natomiast nastąpić jego rozpad, co ma istotny wpływ na właściwości tej materii.

Tworzywa sztuczne nie występują, jak wszystkie polimery o dużej masie cząsteczkowej, w stanie gazowym. W temperaturze przekraczającej pewne określone granice, tzw. temperaturze rozkładu, makrocząsteczki rozpadają się nieodwracalnie na cząstki o tak małej masie, że mogą przejść w postać gazową. Przyczyną takiego rozkładu jest narastający ruch drgający atomów i molekuł wokół ich położenia spoczynkowego – mikroruch Browna.

W niskiej temperaturze mikroruch Browna jest tak słaby, że mówi się o stanie „zamarznięcia” lub o stanie szklistym. W stanie tym znajdują się wszystkie makrocząsteczkowe substancje szklisto-twarde i kruche. Przy obciążeniu mechanicznym substancja odkształca się elastycznie. Elastyczno-energetyczny zakres, przy wzrastającej temperaturze, zostaje ograniczony przez zastosowanie nieuporządkowanych translatorycznych ruchów mechanicznych segmentu łań-

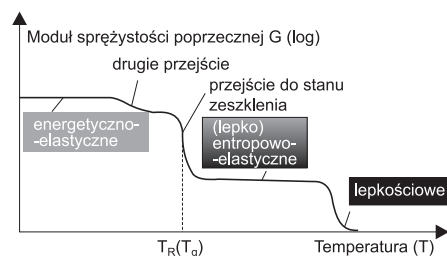
cuchowego. Mikroruchy Browna dokonują się bez przemieszczenia się środka ciężkości cząstki całkowitej. Stan szklisty załamuje się w obszarze przejściowym w temperaturze kilku kelwinów. Położenie tego obszaru zależy od struktury cząsteczkowej (zróżnicowane drgania różnorodnie zbudowanych elementów cząsteczkowych) i, w mniejszym stopniu, od czasu naprężenia. Określany jest on jako szklisty obszar przejściowy. W części środkowej znajduje się temperatura zeszklenia  $T_g$ . Przy dalszym wzrastaniu temperatury zmniejsza się kohezja cząsteczek polimerowych niepowiązanych ze sobą siecią, w takim stopniu, że mogą wystąpić nieodwracalne przesunięcia cząsteczek względem siebie, tzw. makroruchy Browna. Wartość modułu sprężystości poprzecznej spada do ok. zera i następuje płynięcie materii aż do osiągnięcia stanu ciekłego. W tym stanie nieusieciowane termoplastyczne tworzywa syntetyczne mogą zostać uformowane przez wytłaczanie lub odlewanie ciśnieniowe w element o dowolnej geometrii.

W zależności od stopnia usieciowania polimeru, powyżej granicy zeszklenia, kształtują się w elastomerach moduły sprężystości poprzecznej (a także inne parametry mechaniczne). W tym obszarze istnieje elastyczność entropowa, która charakteryzuje się gumowo-elastycznymi i elastycznie opóźnionymi odkształceniami. Zależne od czasu odkształcenia odwracalne, sprowadzane są do oddziaływania wiązań łańcuchowych przy dużych odległościach cząsteczkowych. Przez zakleszczanie się ze sobą cząsteczek zostaje opóźnione przesuwanie się wiązań cząsteczkowych. Powodem tak mocno obniżonego modułu sprężystości poprzecznej jest podwyższona entropia, tzn. możliwe w tej temperaturze ruchy atomów i odcinków wiązań łańcuchowych, które powiązane są zmniejszonymi siłami przyciągania międzycząsteczkowego. Skutkiem tego są duże odkształcenia przy niskich obciążeniach mechanicznych (rysunek 5).

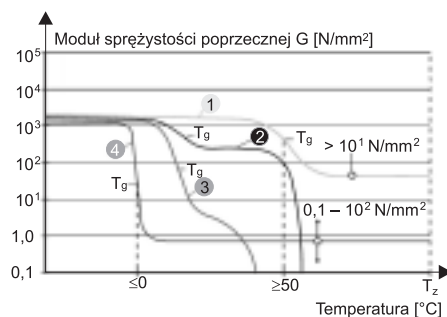
Definicje czterech podstawowych grup polimerów na podstawie ich właściwości termomechanicznych obrazuje rysunek 6.

Elastomery (gumy) to wszystkie chemicznie usieciowane polimery, których temperatura zamarzania (temperatura zeszklenia) jest poniżej  $\pm 0\text{ }^{\circ}C$ . Moduły sprężystości poprzecznej z obszaru entropii elastycznej są o 2 – 4 rzędy wielkości mniejsze od tych znajdujących się w energo-elastycznym obszarze. Elastyczność gum w dużej mierze zależy od:

- budowy sterycznej, tzn. od wielkości i liczby rozgałęzień łańcucha głównego;
- porządku, wg którego elementy są ze sobą przestrzennie powiązane;
- gęstości cząsteczkowej budowy usieciowanej, tzn. od liczby wiązań sieciowych w jednostce objętości;
- rodzaju i ilości domieszek mało-cząsteczkowych, np. sadza.



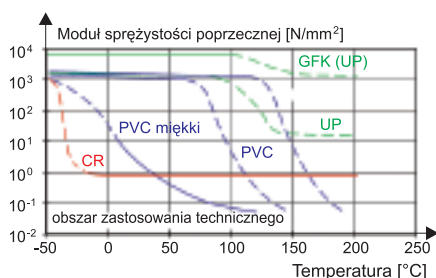
Rys. 5. Właściwości nieusieciowanych polimerów podczas odkształcenia



Rys. 6. Klasyfikacja polimerów na podstawie funkcji zależności modułu sprężystości poprzecznej od wpływu temperatury: 1 – duromer; 2 – częściowo krystaliczny termoplast; 3 – amorficzny termoplast; 4 – elastomer;  $T_g$  – temperatura przejścia w stan zeszklenia (= wskaźnik zimna  $T_R$ )

Właściwości techniczne takich samych rodzajów polimerów mogą się znacznie różnić. **Niewielkie zmiany w strukturze cząsteczkowej mogą – inaczej niż w przypadku substancji nieorganicznych – spowodować zaskakująco duże zmiany. Z tego też powodu obowiązuje zasada: ELASTOMER 1  $\neq$  ELASTOMER 2.**

Proces sieciowania jest w przemyśle gumowym określany także mianem wulkanizacji. W odróżnieniu od termoplastów i tworzyw utwardzalnych, obszar ich technicznego zastosowania znajduje się powyżej temperatury zeszklenia (rysunek 7). Poniżej temperatury przejściowej zeszklenia wszystkie elastomery są twarde i kruche.



Rys. 7. Zależność modułów sprężystości poprzecznej od temperatury (przykłady)

**Proces starzenia.** Tak jak wszystkie organiczne materie, procesowi starzenia podlegają także sztucznie wytworzone, organiczne polimery. Sens pojęcia „starzenie” jako wszystkich chemicznych i fizycznych procesów nieodwracalnie z biegiem czasu zachodzących w danym materiale definiuje norma DIN 50 035. Sformułowanie tej definicji, wywodzącej się z nauk przyrodniczych, jest zbyt obszerne do praktycznego zastosowania w budownictwie. Zawiera ona bowiem wiele procesów, dla których istnieje już od dawna terminologia inżynierska, i których oddziaływanie na właściwości materiałów budowlanych, a dokładniej na zachowanie elementów budowlanych, jest standardowo brane pod uwagę. Do tych procesów należą: wytrzymałość doraźna, wytrzymałość długotrwała; pełzanie, relaksacja; agresja chemiczna; rozkład termiczny.

Zgodnie z praktyką inżynierską, terminem starzenia określane są jedynie efekty zmiany odporności materiału pod wpływem oddziaływań atmosferycznych. W pierwszej kolejności interesującym zjawiskiem jest pogorszenie się mechanicznych właściwości materiałów budowlanych. W przypadku elastomerów istotna jest przede wszystkim utrata elastyczności (fotografie 1 i 2).

Jako wewnętrzne przyczyny procesu starzenia podawane są następujące

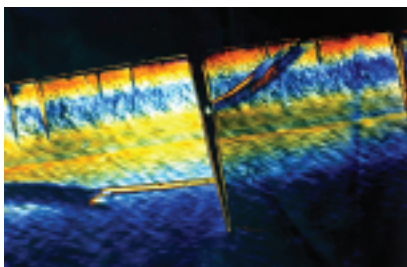
zjawiska wynikające z właściwości materiału poddanego wpływom atmosferycznym:

- niekompletna polimeryzacja;
- zróżnicowana morfologia (np. struktury krystalicznych termoplastów w zależności od parametrów przetwarzanych przy wytłaczaniu lub odlewaniu ciśnieniowym);
- naprężenie własne (na skutek odkształceń uwarunkowanych ochłodzeniem lub „zamrożeniem” orientacji molekularnej);
- domieszki o małej masie cząsteczkowej (działające niekorzystnie, np. środki impregnacji przeciwogniowej i środki zmiękczające lub korzystnie, jak inhibitory starzenia).

Wymienione parametry starzenia są przyczyną tego, że wewnątrz tego samego tworzywa sztucznego mogą występować znaczne różnice odporności na starzenie.



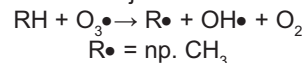
Fot. 1. Pęknięcia przy rozciąganiu powstałe na skutek procesu starzenia



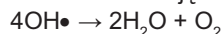
Fot. 2. Utrata elastyczności w obszarze przypowierzchniowym (badanie pod mikroskopem w świetle spolaryzowanym)

Oddziaływania zewnętrzne, mające wpływ na polimery, a tym samym na procesy starzenia materiałów, wywołane lub przyspieszone są przez dopływ energii (ciepło, promieniowanie ultrafioletowe, promieniowanie jonizujące), zmianę temperatury, wodę, ozon i obciążenia mechaniczne. Z racji tego, że podkładki elastomerowe wbudowy-

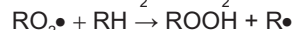
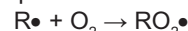
wane są z reguły z zachowaniem odporności na warunki atmosferyczne, największy wpływ ma na nie proces utleniania, polegający na tym, że najpierw dzięki oddziaływaniu ozonu (O<sub>3</sub>) zostaje odszczepiony atom wodoru (H) od cząsteczki polimerowej i wtedy pozostają: wolne rodniki (R•), jon grupy wodorotlenkowej i tlen:



Dopóki jest mało O<sub>3</sub>, a ma to zawsze miejsce w przypadku wolnej dyfuzji tlenu powietrza przez powierzchnię tworzywa sztucznego, mało jest węgłowodoru, co jest spowodowane ekstremalnie krótką żywotnością cząsteczki, której okres połowicznego rozpadu wynosi ok. 10<sup>-8</sup> s. Przez reakcję:



proces ten przechodzi w



W praktyce budowlanej i technice doświadczalnej występuje pewne utrudnienie, ponieważ proces przebiega niedostrzegalnie przez dłuższy okres (np. latami) i dopiero wtedy ulega przyspieszeniu.

Chemiczne i fizyczne zmiany substancji polimerowej, spowodowane wpływami atmosferycznymi, prowadzą najczęściej do niekorzystnych efektów ważnych z punktu widzenia właściwości techniczno-budowlanych materiałów elastomerowych. Z powodu ściśle kompleksowych powiązań pomiędzy wewnętrznymi i zewnętrznymi przyczynami procesu starzenia oraz wynikających z tego fizykochemicznych zjawisk, nie mogą zostać utworzone żadne proste funkcje potrzebne do zmian właściwości w zależności od czasu, jak to ma miejsce w przypadku odkształceń uwarunkowanych trwale (tabela 1).

Tabela 1. Zachowanie się elastomerów pod wpływem procesów starzenia

Tworzywo sztuczne	Stopień odporności
Kauczuk naturalny (NR)	2...3
Kauczuk polichloroprenowy (CR)	2
Kauczuk wielosiarczkowy (SR)	2
Kauczuk silikonowy (SI)	1...2
Kauczuk akrylowy	1
Kauczuk etyloowo-propylenowy (EPDM)	1...2
Chlorosulfonowy polietylen	1

Stopień wytrzymałości: 1 = bardzo odporny; 2 = średnio odporny; 3 = słabo odporny

W celu poprawy odporności na proces starzenia, do polimerów narażonych na oddziaływanie atmosferyczne są dodawane określone substancje o małej masie cząsteczkowej (w niewielkich ilościach), które działają jako stabilizator – cieplny, świetlny lub UV. Określane są one mianem antyoksydantów, środków przeciwstarzeniowych, antyozonantów itd. Grupa o szczególnie korzystnym oddziaływaniu są inhibitory.

Starzenie czystych polimerów, spowodowane warunkami atmosferycznymi, może być opóźnione przez polepszenie właściwości mechanicznych za pomocą odpowiednich wypełniaczy. W przypadku podkładek elastomerowych stosowane są w tym celu specjalne rodzaje sadzy. Czarna barwa elastomerowych podkładek budowlanych oraz opon samochodowych pochodzi właśnie z sadzy. Czyste elastomery są bezbarwne.

### Materiały potrzebne do wytworzenia podkładek elastomerowych

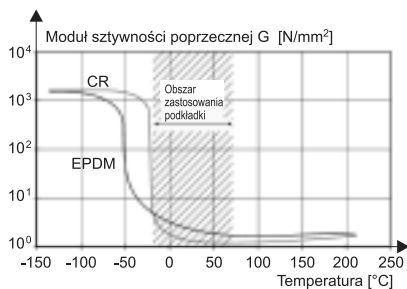
Zgodnie z normą DIN 7724: *Elastomery są polimerowym tworzywem, które w obszarze temperatury użytkowej zachowują się entropowo-elastycznie (gumowo-elastycznie). Odształcenie trwałe wynosi mniej niż 50%. Temperatura krzepnięcia  $T_R$  w przypadku elastomerów (temperatura zeszklenia  $T_g$ ) wynosi poniżej  $0^\circ\text{C}$ , a powyżej obszaru temperatury użytkowej aż do temperatury ich rozpadu nie wchodzi one w zakres odkształceń plastycznych. Elastomery, w mowie potocznej nazywane również kauczukiem wulkanizowanym lub gumą (z pominięciem ebonitu), powstają przez usieciowienie kauczuków (wiązania podwójne) lub przez kopolimeryzację (środki sieciujące o małej masie cząsteczkowej). Sieć ta ma duże oczka. Z tego też powodu elastomery są w istocie nierozpuszczalne, ale mają zdolność pęcznienia.*

W przypadku elastomerów przeznaczonych do produkcji podkładek budowlanych, odkształcenie trwałe wynosi znacznie mniej niż 50%, a temperatura zeszklenia jest niższa od  $-20^\circ\text{C}$  (rysunek 8).

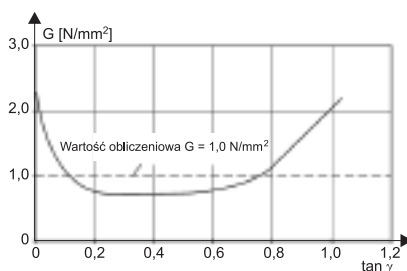
W obszarze temperatury użytkowej, aż do rozpoczęcia procesu ter-

micznego rozkładu, elastomery mają w przybliżeniu stałe wartości modułu sprężystości poprzecznej. Między naprężeniem a odkształceniem nie istnieje żadne liniowe powiązanie (rysunek 9).

Współczynnik Poissona wynosi ok. 0,5, co oznacza, że elastomery są praktycznie nieściśliwe (jak ciecze)



Rys. 8. Zależność modułu sprężystości poprzecznej od temperatury

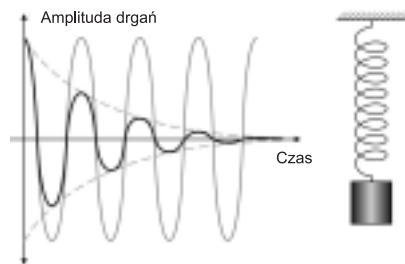


Rys. 9. Zależność modułu sprężystości poprzecznej od  $\tan \gamma$

i wykazują, w porównaniu z innymi ciałami stałymi, bardzo duże odkształcenia poprzeczne. Usieciowana struktura cząsteczkowa o dużych oczkach jest w stanie bardzo silnie wytłumić drgania mechaniczne na skutek zamiany energii mechanicznej w ciepło (rysunek 10).

Przy obciążeniach udarowych elastomery ulegają znacznemu usztywnieniu. Poniżej temperatury zeszklenia ma miejsce silna odwracalna utrata elastyczności, która sprawia, że zastosowanie elastomerów w tym obszarze temperaturowym staje się niemożliwe. Pojedyncze typy elastomerów zachowują się zróżnicowanie (rysunek 8).

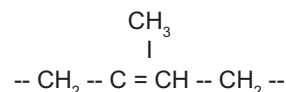
Technologia produkcji materiałów elastomerowych do podkładek budowlanych umożliwia zmianę ich parametrów technicznych. Z tego też powodu, w przypadku tego samego typu elastomeru, budowa steryczna makrocząsteczek (uporządkowanie



Rys. 10. Nietłumione i tłumione drgania

łańcuchów bocznych) może się różnić. Duże znaczenie ma szczelność sieci, użyta sadza (rodzaj, ziarnistość, kształt ziarna i udział ilościowy), a także rodzaj i ilość stosowanych domieszek. Podkładki elastomerowe powinny spełniać swoje funkcje podczas całego okresu żywotności budynku, dlatego też obligatoryjne są długotrwałe badania.

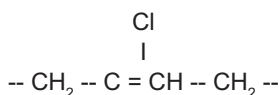
**Kauczuki naturalne (NR).** Kauczuk (z indyjskiego cahuchu = płaczące drzewo) jest, zgodnie z obowiązującymi normami, określeniem dla niesieciowanych, ale posiadających możliwość usieciowania polimerów, które w temperaturze pokojowej mają właściwości gumowo-elastyczne. Kauczuk naturalny jest prawie wyłącznie pozyskiwany z lateksu, który wyływa podczas strugania drzew z gatunku *Hewea*. Pod względem chemicznym lateks jest poliizoprenem o strukturze:



Usieciowanie prowadzące do technicznie używalnego elastomeru kauczuku naturalnego (gumy naturalnej, NR) następuje przez wulkanizację siarką, która przy wiązaniach podwójnych stwarza łączniki/mostki do cząsteczek sąsiednich (rysunek 11).

NR różni się od innych elastomerów, stosowanych w podkładkach budowlanych, niską temperaturą zeszklenia, a także mniejszą odpornością na starzenie. Niektóre ważne wymagania podane są w tabeli 2 (wg projektu norm europejskich). W Europie Środkowej NR spełnia tylko rolę podrzędną jako tworzywo stosowane w podkładkach budowlanych.

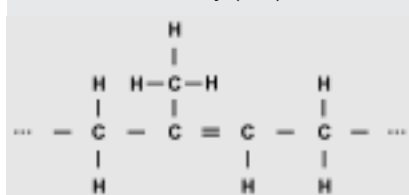
**Polichloropren (CR).** CR jest syntetycznym polimerem chloroprenu o następującej jednostce monomerycznej.



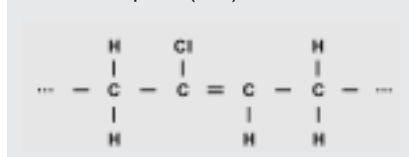
Substancja ta stosowana w podkładkach wyróżnia się przede wszystkim dużą odpornością na procesy starzenia i wysoką wytrzymałością mechaniczną. Przy długotrwałych zimowych warunkach (wiele tygodni poniżej  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) następuje odwracalna krystalizacja CR, a w efekcie usztywnienie. W związku z tym czasami należy sięgnąć po NR (tabela 2).

**Etylenowo-propylenowy – terpolimer (EPDM).** Jest to wytwarzany syntetycznie terpolimer etylenowo-propylenowo-dienowy (rysunek 12). Wulkanizacja (usieciowanie) następuje z siarką. W związku z tym, że w terpolimerach nienasycone miejsca

#### ■ Kauczuk naturalny (NR)



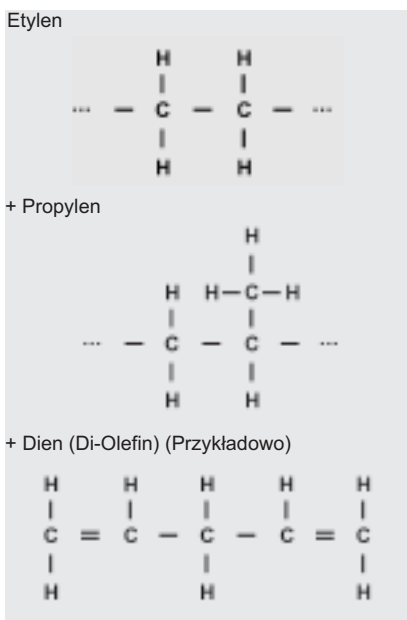
#### ■ Polichloropren (CR)



Rys. 11. Formy strukturalne NR i CR

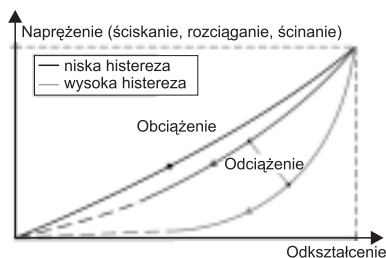
Tabela 2. Elastomery stosowane w podkładkach budowlanych (skala twardości Shore A = 60 +/- 5). Wymagania wg pr EN 1337 (wybór)

Właściwość	Polichloropren (CR)	Kauczuk naturalny (NR)
Moduł sprężystości poprzecznej [N/mm <sup>2</sup> ]	> 0,9±0,15	
Wytrzymałość na rozrywanie [N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 16	
Wydłużenie przy zerwaniu [%]	≥ 425	
Wytrzymałość na rozdzielanie [N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 10	≥ 8
Trwałe odkształcenia przy ścisnieniu (24h/70°) [%]	≤ 15	≤ 30
Odporność na działanie ozonu [pphm]	100 (200)	25



Rys. 12. Forma strukturalna EPDM

znajdują się poza wiązaniem głównym, wykazują one odporność na odczynniki chemiczne, a także odpowiednio ustabilizowaną, dobrą odporność na działanie czynników atmosferycznych (na wpływ ozonu oraz procesy starzenia). Usieciowanie w stosunku do NR i CR ma względnie duże oczka. Prowadzi to do znacznie większej histerezy w stanie naprężeniowo-odkształceniowym i do porównywalnie mniejszego odciążenia mechanicznego (rysunek 13). EPDM umożliwia niedrogi wytworzenie podkładek budowlanych przez wytłaczanie.

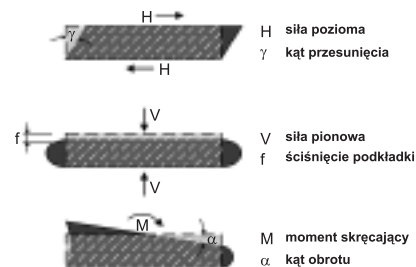


Rys. 13. Histereza – wykres naprężenie – odkształcenie dla elastomerów

W przypadku specjalnego przeznaczenia elastomerów brano są pod uwagę specjalne typy z rodziny polimerów: poliuretan (PUR) i kauczuk butadienowo-styrenowy (SBR). Dla podkładek przekazujących obciążenie nie mają one żadnego znaczenia w sensie EN 1337 i normy DIN 4141.

## Mechanika odciążania

Podkładki stosowane w budownictwie mają za zadanie w sposób bezpieczny przenieść siły, wynikające z obliczeń elementu konstrukcji dla danego punktu podporowego oraz umożliwić tym elementom wykonanie niewymuszonych, planowanych ruchów względnych, takich jak przesunięcia czy obroty (rysunek 14). Ruch obrotowy i ruch postępowy są możliwe dzięki mechanizmowi „toczenia się”, „ślizgania się” lub też realizowane są przez „odkształcenie”. W wyniku zmian w budownictwie, wdrażania nowych materiałów i przeprowadzania analiz dotyczących opłacalności, rozwój stalowych łożysk przegubowych i stalowych podpór wałkowych został zaniechany i przeniesiony w stronę opracowywania różnych ty-



Rys. 14. Odkształcenia podkładek elastomerowych (zasada)

pów podkładek, w przypadku których umożliwienie ruchów odbywa się przez ślizganie i odkształcanie się tworzyw sztucznych. Porównywalna, a od niedawna obowiązująca, technika elastycznego oparcia w budowlach wielokondygnacyjnych, wiąże się ze stosowaniem podkładek z tworzywa sztucznego.

#### Przyczyny ruchów podkładki:

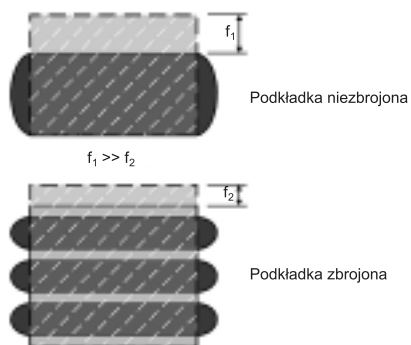
- **jednorazowych** – obciążenie własne wzrastające podczas wbudowywania; koncentracja naprężeń własnych; pełzanie i skurcz elementów budowlanych; ruch gruntu budowlanego;

- **wielokrotnych** – obciążenie w stanie spoczynku, obciążenie zmienne; zmiany temperatury; wiatr; mikrosejsmika (np. wstrząsy spowodowane ruchem).

Elastomery charakteryzują się: niewielkimi modułami sprężystości poprzecznej; wysokimi odkształceniami poprzecznymi; znacznym wydłuże-

niem przy rozciąganiu. Pozwala to na odkształcenia poziome (w płaszczyźnie podkładki) o kąt przesunięcia  $\gamma$  i obrót łączonych elementów budowlanych o kąt  $\alpha$  przy początkowo niewielkich siłach ścinających lub momentach (rysunek 14). Przy narastających kątach przesunięcia i obrotu siły reakcji wzrastają znacznie, dlatego muszą zostać określone ich maksymalne wartości dopuszczalne. W przypadku, gdy użyte muszą być wysokie podkładki, w celu przejścia dużych przesunięć poziomych i kątów obrotu, pionowe odkształcenia pod naciskiem mogą osiągnąć wysokie wartości, przekraczające wartości dopuszczalne. W tym celu użyte zostają podkładki elastomerowe zbrojone blachą stalową. Blachy mają za zadanie skutecznie utrudnić odkształcenie poprzeczne i ograniczyć ścisnięcie podkładki (rysunek 15). Przy narastających obciążeniach ściskających podkładów wytrzymałe blachy stalowe narażone są na wysokie naprężenia rozciągające, które ostatecznie prowadzą do rozerwania blach (fotografia 3). Funkcjonalność podkładu zostaje po tym ograniczona.

Materiał, wymiarowanie i wbudowanie podkładek są uregulowane



Rys. 15. Ścisnięcie podkładek elastomerowych przy równomiernej sile pionowej



Fot. 3. Zbrojona podkładka elastomerowa po pęknięciu przekładki stalowej

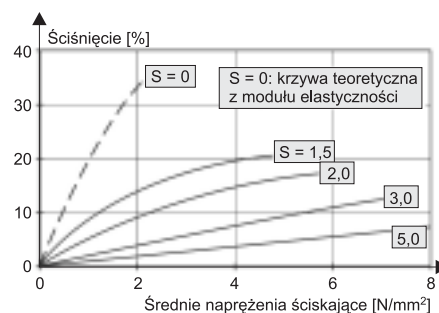
w EN 1337, DIN 4141, wg ogólnych zezwoleń nadzoru budowlanego lub też wg ogólnych Świadectw Technicznych. Z powodu niezbyt ściśle ujętych zależności dotyczących tarcia pomiędzy elastomerem a elementem konstrukcji, podane są dopuszczalne wymagania (także pod względem dopuszczalnej środkowej siły nacisku) z zachowaniem marginesu bezpieczeństwa. Należy zwrócić uwagę, że zwiększenie powierzchni podkładki w celu spełnienia wymagania maksymalnego dopuszczalnego nacisku nie przynosi żadnej poprawy zachowania warunku nośności podkładki, jeśli w obliczeniach nie jest brana pod uwagę tolerancja wykonawcza i montażowa przy występujących odstępstwach w wykonaniu szczeliny montażowej. W takich przypadkach nie pomagają również specjalne formy, takie jak otwory lub powierzchnie profilowane. Należy się zdecydować na wyższe naciski przy mniejszych wymiarach podkładki, przy czym musi być brane pod uwagę naprężenie rozwarstwiające na powierzchni kontaktu z elementami budowlanymi.

Pionowe ugięcie elementu sprężystego jest w niewielkim stopniu funkcją modułu sprężystego, z powodu trójosiowego stanu naprężenia na pierwszy plan wysuwa się geometria podkładki. Stosuje się przy tym tzw. współczynnik kształtu (shape-factor), który wyznacza stosunek powierzchni obciążanej (powierzchnia oparcia podkładu) do wolnej powierzchni bocznej.

$$S = \frac{a \cdot b}{2t(a + b)}$$

Zależność ta dotyczy podkładki prostokątnej o grubości  $t$  i powierzchni rzutu  $(a \cdot b)$ . Wpływ geometrii podkładki na jej ścisnięcie przedstawiono na rysunku 16.

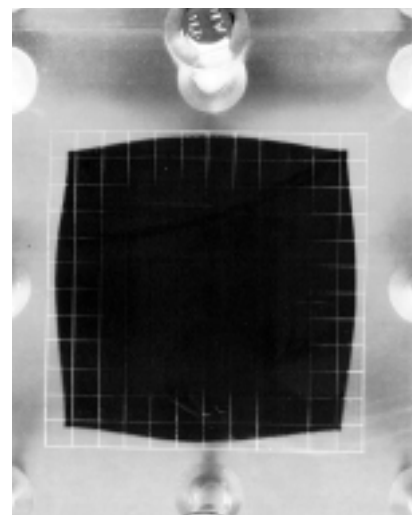
Pod wpływem obciążenia pionowego zwiększa się powierzchnia oparcia podkładu w wyniku odkształcenia poprzecznego i częściowego przekroczenia tarcia statycznego na powierzchni styku podkładki i elementu budowlanego. Mówi się o „płynięciu” lub o „rozszerzeniu się podkładu” (fotografia 4). Pomiar różnych powierzchni styku wykazują znacznie zmniejszające się rozszerzenia podkładu wraz z wzrastającą chropowatością powierzchni styku.



Rys. 16. Ugięcie nieuzbrojonych podkładek elastomerowych jako funkcja współczynnika kształtu S

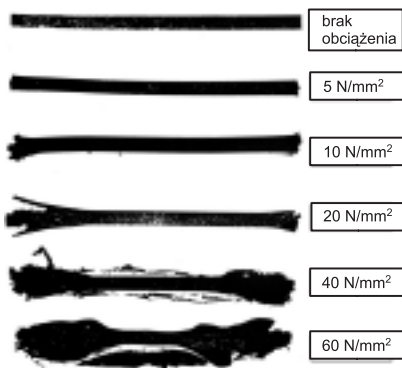
Bardzo wysokie wartości występują przy mokrych lub zaolejonych powierzchniach. Tego typu połączenia są więc niedopuszczalne.

Pęknięcie nieuzbrojonych podkładek elastomerowych nie jest możliwe. Przy przeciążeniu tworzywo podkładki zostaje wyciskane ze szczeliny podkładki. Spowodowane tym bardzo wysokie wartości pełzania mogą prowadzić do całkowitego rozprężenia struktury elastomeru (rysunek 17 i fotografia 5). Rysunki 18, 19, 20 przedstawiają wyniki prób pełzania na nieuzbrojonych podkładkach elastomerowych, z różnej jakości CR i EPDM, pod wpływem wycelowanych i niewspółśrodkowych wysokich naprężeń ściskających (20 – 60 N/mm<sup>2</sup>). Wyraźnie widać, że CR podczas wszystkich prób wykazuje stabilne pełzanie, natomiast podkładki z EPDM wykazały przy wysokich naciskach wyraźnie zwiększające się pełzanie, prowadzące

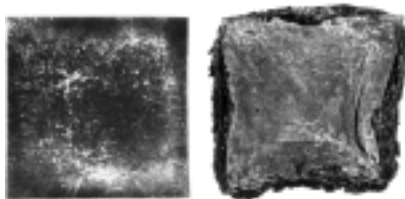


Fot. 4. Rozszerzenie się (płynięcie) nieuzbrojonych podkładek elastomerowych pod wpływem obciążenia

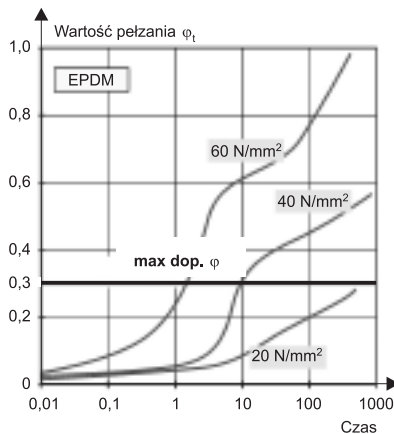
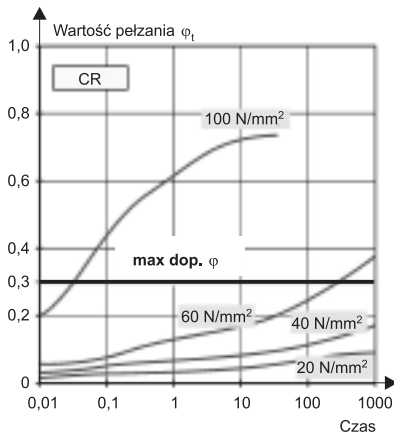




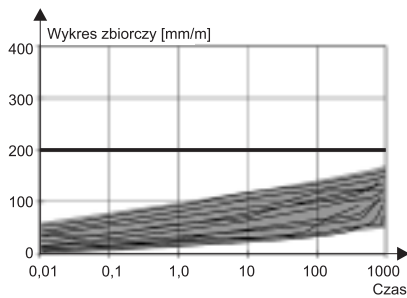
Rys. 17. Postępujące zniszczenie struktury (EPDM 1,5 mm)



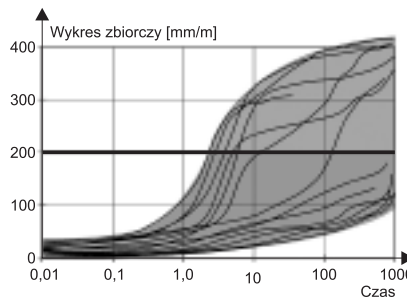
Fot. 5. Stan podkładki po 1 roku przy napięciach ściskających 40 N/mm<sup>2</sup>



Rys. 18. Wpływ średniego nacisku na pelzanie



Rys. 19. Odształcenia w wyniku pelzania nieuzbrojonych podkładek z CR

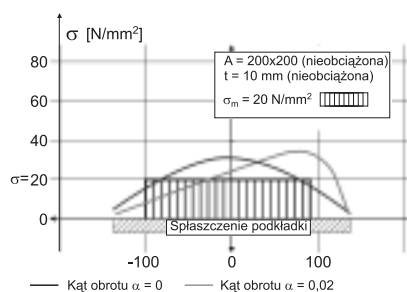


Rys. 20. Odształcenia w wyniku pelzania nieuzbrojonych podkładek z EPDM

do strukturalnego zniszczenia danego tworzywa podkładowego. Z tego powodu dopuszczalne naciski dla EPDM, wg zezwoleń nadzoru budowlanego, są mniejsze od stosowanych w przypadku CR.

### Naprężenia w łączonych elementach budowlanych

Na wolnych krawędziach podkładki nacisk nie jest rozłożony równomiernie z powodu braku utrudnienia odształceń poprzecznych. W przypadku nacisku wycelowanego rozkład naprężeń opisuje symetryczna funkcja paraboliczna. Przy niewspółśrodkowym nacisku rozkład jest niesymetryczny (rysunek 21). Z tego też powodu oraz na skutek utrudnienia od-

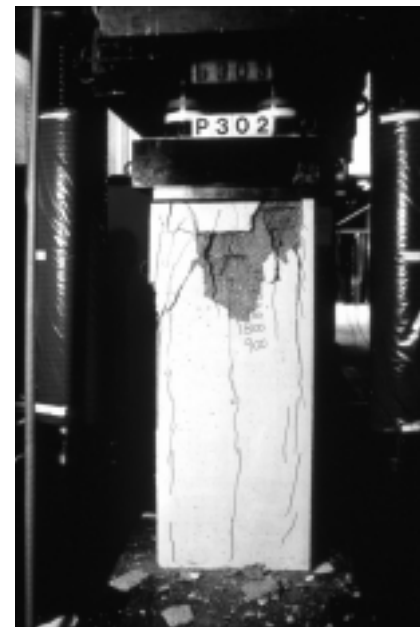


Rys. 21. Obliczeniowe i rzeczywiste rozłożenie naprężeń, podkładka elastomerowa nieuzbrojona

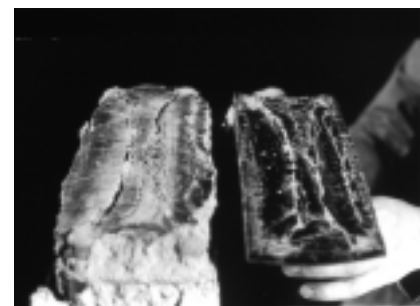
kształceń, w sąsiadujących elementach budowlanych powstają siły rozwarstwiająca. Nie mogą one przekroczyć wytrzymałości muru na rozciąganie lub wytrzymałości nieuzbrojonego betonu. W przypadku żelbetu musi zostać ewentualnie przewidziane zbrojenie na siły rozwarstwiająca.

Fotografie 6 i 7 pokazują różne, silnie zbrojone, żelbetowe podpory po obciążeniu aż do ich rozłupania. Podkładki elastomerowe są zupełnie nieuszkodzone (fotografia 7).

Niekompletna jeszcze norma EN 1337 obejmuje wszystkie podkładki przenoszące obciążenia stosowane w budownictwie. W Niemczech obowiązuje dodatkowo, aż do odwołania, norma DIN 4141.



Fot. 6. Podpora po osiągnięciu obciążenia niszczącego



Fot. 7. Podpora i podkładka elastomerowa po próbie niszczącej

dr inż. Marek Niemas\*

# Problemy ochrony przed drganiami w budynkach

**D**rgania oddziałują na budynki w całym cyklu ich życia, począwszy od procesu budowy przez okres eksploatacji po ich utylizację. Większość drgań jest wytwarzana przez urządzenia techniczne w budynku i poza nim, a także w wyniku działalności użytkowników budynku. Na etapie eksploatacji budynki i ludzie w nich przebywający są narażeni na drgania:

- przenoszone na budynek przez podłoże, będące wynikiem oddziaływania ruchu komunikacyjnego, zwłaszcza ciężkiego (autobusy, tramwaje, kolej naziemna, kolej podziemna, samochody ciężarowe);
- spowodowane pracą urządzeń technicznych zamontowanych w budynku i poza nim (tj. stacje transformatorowe, kotłownie, hydrowęzły, dźwigi, urządzenia wentylacyjne i klimatyzacyjne itp.);
- spowodowane przebywaniem ludzi w budynku i wykonywaniem przez nich czynności wynikających z funkcji budynku; odnosi się to do pobudzania do drgań stropów i elementów klatek schodowych podczas przemieszczania się ludzi (niekiedy zwierząt) lub przesuwania ciężkich przedmiotów (mebli).

Z punktu widzenia oceny zjawiska fizycznego, w pierwszych dwóch przypadkach mamy do czynienia z drganiami w zakresie częstotliwości do 50 Hz, które mogą wpływać destrukcyjnie na konstrukcję budynku i być uciążliwe dla ludzi w nim przebywających. Badania wykazały, że drgania mogą przyczynić się także do wzrostu poziomu hałasu w pomieszczeniu w zakresie niskich częstotliwości. W trzecim przypadku mamy do czynienia z drganiami rozprzestrzeniającymi się po konstrukcji budynku i powodującymi powstawanie w pomieszczeniu hałasu, który ze względu na rodzaj źródła nazywa się hałasem uderzeniowym, a drgania wywołujące go – dźwiękami uderzeniowymi (ang. *impact sound*).

Ochrona przed drganiami w budynkach polega na ich właściwej diagnostyce oraz określeniu metod zabezpieczeń w celu ograniczenia destrukcyjnego wpływu na konstrukcję oraz zapewnienia odpowiedniego klimatu wibroakustycznego ludziom przebywającym w budynku (m. in. odpowiednia ochrona przed dźwiękami uderzeniowymi oraz przed hałasem emitowanym do pomieszczeń przez przegrody budowlane pobudzone do drgań przez zewnętrzne źródła parasejsmiczne).

Stan uregulowań prawnych i normalizacyjnych ochrony przed drganiami odnoszący się do wyszczególnionych trzech przypadków jest różny. Dotyczy to zarówno wymagań i metod kontroli warunków wibroakustycznych w budynku, jak i metod oceny jakości akustycznej stosowa-

nych zabezpieczeń wibroakustycznych. Można więc mówić o przypadkach standardowych, w odniesieniu do których istnieją pełne podstawy prawne ochrony przed drganiami i hałasem wywołanym drganiami oraz o przypadkach niestandardowych, kiedy te podstawy prawne nie są kompletne.

## Obowiązujące w Polsce podstawy prawne ochrony przed hałasem i drganiami oraz ich wpływem na klimat wibroakustyczny w budynkach

**Obowiązek ochrony przed hałasem i drganiami budynku (pomieszczeń w budynku) i jego otoczenia wynika z następujących dokumentów prawnych wchodzących w skład systemu legislacyjnego w budownictwie:**

■ **ustawy – Prawo budowlane z 7 lipca 1994 r. (Dz.U. nr 89 z 1994 r. poz. 414) wraz z późniejszymi zmianami** – obowiązek ochrony przed hałasem ujęty jest w ustawie zarówno jako obowiązek ochrony interesów osób trzecich w procesie projektowania, wykonywania i eksploatacji obiektu budowlanego, a także jako jedno z sześciu podstawowych wymagań użytkowych, jakim powinny odpowiadać budynki;

■ **rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690 wraz z późniejszymi zmianami)** – zagadnieniu ochrony przed hałasem i drganiami poświęcony jest Dział IX, w którym określono w sposób opisowy cel, zakres i sposób ochrony budynku i jego otoczenia ze wskazaniem na wymagania ujęte w Polskich Normach. W rozporządzeniu Ministra Infrastruktury przywołane są m.in. PN zawierające wymagania, metody pomiaru i oceny drgań, jak również dźwięków uderzeniowych.

## Drgania

Ludzie oraz obiekty budowlane mogą być poddawani różnego rodzaju oddziaływaniom dynamicznym, które powinny być uwzględnione w obliczeniach projektowych i w diagnostyce budowli. Uwzględniając bierny sposób odbioru drgań przez ludzi znajdujących się w budynkach oraz bezpośredni (źródła drgań w budynku) i pośredni (drgania przekazy-

\* Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Akustyki

wane przez podłoże) sposób przekazywania drgań na budynek, można stwierdzić, że głównymi polskimi dokumentami normatywnymi są następujące normy przywołane w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie:

- **PN-85/B-02170** Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki;
- **PN-88/B-02171** Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.

Przedmiotem normy **PN-85/B-02170** jest ocena szkodliwości drgań przekazywanych na budynki traktowane jako całość oraz na urządzenia i aparaturę umieszczoną w budynkach. Przyczyną drgań przekazywanych na budynki przez podłoże są źródła parasejsmiczne. Normę stosuje się przy diagnostyce szkodliwości drgań na istniejące budynki przy znanym lub prognozowanym narażeniu wibracyjnym oraz przy projektowaniu budynków, jeżeli przewiduje się, że będą one narażone na drgania przekazywane przez podłoże. W normie pomija się wpływ drgań przekazywanych przez oceniany obiekt na podłoże. Do oceny szkodliwości drgań stosuje się skalę wpływów dynamicznych (SWD) określającą strefy tych wpływów. Skala I SWD odnosi się do budynków zwartych o małych wymiarach rzutu poziomego, o jednej lub dwóch kondygnacjach oraz wysokości nieprzekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego. Skala II SWD dotyczy budynków kilkukondygnacyjnych (do 5 kondygnacji) o konstrukcji murowanej lub mieszanej, w których  $h/b_{min} \leq 2$ , gdzie  $h$  to wysokość budynku, a  $b_{min}$  to jego najmniejsza szerokość.

Przedmiotem normy **PN-88/B-02171** są metody oceny wpływu drgań na ludzi znajdujących się w budynkach oraz dopuszczalne wartości parametrów tych drgań. Ocenie podlegają drgania w paśmie od 1 do 80 Hz. Norma określa dopuszczalne wartości parametrów drgań mechanicznych dla ludzi odbierających drgania w sposób bierny w celu zapewnienia wymaganego komfortu w różnych warunkach przebywania ludzi w pomieszczeniach mieszkalnych, biurach, warsztatach pracy oraz w pomieszczeniach o charakterze specjalnym (szpitale, precyzyjne laboratoria).

## Dźwięki uderzeniowe

Zgodnie z § 323 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie: *Budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach.*

To sformułowanie jest bardzo bliskie sformułowaniu zawartemu w Dokumencie Interpretacyjnym do Dyrektywy

EEC/89/106 *Wymaganie podstawowe nr 5 – Ochrona przed hałasem*. W § 323 rozporządzenia podany jest zakres ochrony przed hałasem w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej:

- przenikającym spoza budynku;
- pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku;
- powietrznym i uderzeniowym wytwarzanym przez użytkowników innych mieszkań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych;
- pogłosowym.

Źródła dźwięków uderzeniowych nie podlegają ocenie i nie mogą być ani ograniczane, ani eliminowane z budynku. **Jedynym sposobem ochrony przed dźwiękami uderzeniowymi jest zapewnienie właściwej izolacyjności przegród poziomych w budynku.** Podane w rozporządzeniu wymagania odnośnie do przedstawionych zakresów ochrony mają charakter ogólny, natomiast odwołują się do wymagań szczegółowych określonych w Polskich Normach. W przypadku wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych oraz uderzeniowych jest to PN-B-02151-3:1999.

**Właściwości akustyczne przegród budowlanych i wymagania dotyczące tych właściwości odnoszą się do izolacyjności od dźwięków powietrznych (ściany, stropy, okna, drzwi) oraz do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych (stropy).** Parametry akustyczne stropów w budynku muszą więc spełniać jednocześnie dwa wymagania. Większe wartości wymaganej izolacyjności od dźwięków powietrznych oznaczają wyższy poziom wymagań, natomiast wymagania w stosunku do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych, ponieważ wyrażane są za pomocą znormalizowanego poziomu uderzeniowego, są tym większe, im mniejsza jest wartość poziomu dopuszczalnego.

W zestawie Polskich Norm są normy, które określają metody pomiaru i oceny izolacyjności od dźwięków uderzeniowych w budynkach (PN-EN ISO 14-7:1999), jak również normy odnoszące się do metod pomiaru i oceny w warunkach laboratoryjnych izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów i konstrukcji podłogowych (PN-EN 140-6:1999 oraz PN-EN ISO 140-8). Wskaźniki określające izolacyjność od dźwięków uderzeniowych, zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w budynku, określa się zgodnie z PN-EN ISO 717-2:1999.

W przypadku oceny izolacyjności od dźwięków uderzeniowych na podstawie wyników badań laboratoryjnych stropów wyrażonej za pomocą jednoliczbowego wskaźnika znormalizowanego poziomu uderzeniowego  $L_w$  lub podłóg wyrażonej za pomocą jednoliczbowego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego  $\Delta L_w$  stosuje się, zgodnie z normą PN-B-02151-3:1999, poprawki korekcyjne, które stanowią formę „współczynnika bezpieczeństwa”, a odpowiednie wskaźniki uwzględniające tę korektę nazywa się wskaźnikami projektowymi. I tak:

$$L_{wR} = L_w + 2 \text{ dB}$$

$$\Delta L_{wR} = \Delta L_w - 2 \text{ dB}$$

Żaden z powszechnie stosowanych stropów nie ma wystarczającej izolacyjności akustycznej, zwłaszcza od dźwięków uderzeniowych. W celu zapewnienia wymaganych przez PN-B-02151-03:1999 właściwości akustycznych stropów w budynkach, konieczne jest stosowanie właściwie dobranych podłóg, których zadaniem jest zwiększenie izolacyjności akustycznej stropów. Doboru stropu i podłogi należy dokonać już na etapie projektowania budynku. Rodzaj podłogi zależy od przeznaczenia budynku, parametrów akustycznych stropu, na którym ma być zastosowana oraz od wielkości przewidzianego w budynku przenoszenia bocznego, na które ma wpływ konstrukcja i układ ścian działowych oraz ściany zewnętrznej w pomieszczeniu.

W rozporządzeniu Ministra Infrastruktury wprowadzono zapis, że izolacyjność akustyczna przegród w budynkach mieszkalnych powinna być uzyskana za pomocą takich rozwiązań, które zapewniają wymagane właściwości akustyczne niezależnie od wykonywanych w mieszkaniu robót budowlanych, na które nie jest wymagana zgoda odpowiedniego organu nadzoru budowlanego. Wynika z niego, że stropy w budynkach powinny spełniać określone wymagania akustyczne, niezależnie od rodzaju nawierzchni podłogowych, układanych przez użytkowników. Zatem zwłaszcza w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych, w celu zapewnienia wymaganej izolacyjności od dźwięków uderzeniowych, niezbędne jest wykonywanie podłóg na stropach międzymieszkaniowych. Ze względu na konstrukcję podłóg i ich właściwości akustyczne wyróżnia się:

- PP – podłogi pływające;
- PL – lekkie konstrukcje podłogowe (tzw. posadzki pływające);
- PW – wykładziny podłogowe.

**Podłogi pływające (PP)** składają się z warstwy sprężystej (czyli warstwy izolacji akustycznej) i masywnej płyty dociążającej (jastrych). Warstwę sprężystą wykonuje się najczęściej z płyt ze styropianu elastycznego, wełny mineralnej lub też ostatnio wprowadzonych mat polietylenowych. Na warstwę izolacji akustycznej, zabezpieczonej folią wodoszczelną, wylewa się na budowie jastrych cementowy, najczęściej grubości 40 mm. Prawdopodobnie wykonane podłogi pływające (konieczna izolacja przyścienna) zwiększają izolacyjność stropów od dźwięków uderzeniowych. Przyrost izolacyjności od dźwięków uderzeniowych zależy od rodzaju materiału, jego sztywności dynamicznej i grubości.

**Lekkie konstrukcje podłogowe (PL)** wykonuje się z warstwy sprężystej oraz wierzchniej warstwy podłogowej. Warstwę sprężystą stanowią najczęściej maty grubości 2 – 5 mm z pianki polietylenowej, z polistyrenu ekstrudowanego, płyty drewnopochodne, a czasami nawet tektura falista. Warstwę wierzchnią mogą być deski drewniane, parkiet, mozaika drewniana czy panele z drewna. Podłogi te charakteryzują się stosunkowo dobrym tłumieniem dźwięków uderzeniowych, zwłaszcza w zakresie średnich i wysokich częstotliwości. W związku z tym mogą być stosowane na stropach w celu poprawy izolacji od dźwięków uderzeniowych.

**Wykładziny z warstwą izolacyjną lub wykładziny dywanowe (PW)** stosuje się w celu poprawy izolacyj-

ności od dźwięków uderzeniowych. Nie poprawiają one jednak izolacyjności od dźwięków powietrznych, a w niektórych przypadkach mogą wręcz spowodować nieznaczny jej spadek. W związku z tym, z akustycznego punktu widzenia, zaleca się stosowanie wykładzin z warstwą izolacyjną lub wykładzin dywanowych na stropach, które mają min. 2 dB zapasu izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych, w stosunku do wymagań normowych.

Mimo stosunkowo dużego tłumienia dźwięków uderzeniowych przez wykładziny lub podłogi lekkie, ze względu na fakt, że podłogi takie praktycznie nie zwiększają izolacyjności stropów od dźwięków uderzeniowych, a ponadto mogą być demontowane i wymieniane przez użytkowników mieszkań, powinny być, zwłaszcza w przypadku budynków mieszkalnych wielorodzinnych, traktowane jako ewentualne dodatkowe zabezpieczenia akustyczne. W przypadku stropów z podłogami pływającymi ułożenie posadzki pływającej (lekkiej konstrukcji podłogowej) czy innej nawierzchni praktycznie nie ma wpływu na wskaźniki akustyczne, co oznacza, że posadzki nie powodują dodatkowego tłumienia dźwięków uderzeniowych i na podłodze pływającej można stosować dowolne nawierzchnie.

W celu ochrony przed dźwiękami uderzeniowymi w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych, niezbędne jest stosowanie na stropach międzymieszkaniowych podłóg pływających jako rozwiązania najbardziej odpowiedniego. Należy zwracać szczególną uwagę na wykonanie izolacji przyściennej. Jakikolwiek mostki akustyczne zdecydowanie pogarszają parametry akustyczne stropu.

W normie PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002 określono obliczeniowe metody przewidywania izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów w budynkach na podstawie określonych w warunkach laboratoryjnych parametrów akustycznych wzorców tych stropów z podłogami (norma używa pojęcia – element budowlany). Modele i algorytmy obliczeniowe nie są w pełni zweryfikowane, zwłaszcza w odniesieniu do stropów innych niż płytowe pełne oraz ścian zewnętrznych i wewnętrznych o konstrukcji murowej z elementami drażnionymi. Obliczenia wg wymienionych norm należy traktować jako wstępne. Ostateczna ocena powinna być przeprowadzona na podstawie badań, a zbadane sytuacje, dla których uzyskano wyniki spełniające wymagania akustyczne wg PN-B-02151-3:1999, powinny być traktowane jako wzorcowe.

Omówiłem powszechne przypadki, dla których określono znormalizowane metody pomiaru i oceny, a teraz przedstawię warunki rzeczywiste niepodlegające ocenie wg ogólnie przyjętych do stosowania norm pomiarowych.

## Hałas generowany przez drgania pochodzące od źródeł komunikacyjnych

Budynki usytuowane blisko arterii komunikacyjnych o dużym udziale w strumieniu ruchu: pojazdów ciężarowych, autobusów i innych ciężkich pojazdów, narażone są na oddziaływanie drgań generowanych przez te pojazdy.

Podobnie budynki położone blisko linii kolejowych, a także znajdujące się przy ulicach z liniami tramwajowymi są obiektami absorbującymi drgania wytwarzane przez przejeżdżające pojazdy. W literaturze jest wiele przykładów wyników pomiarów hałasu i drgań w budynkach pochodzących od przejeżdżających pojazdów wytwarzających drgania podłoża pobudzające konstrukcje obiektów budowlanych, które znajdują się na drodze propagacji drgań. Nie bez znaczenia dla istniejących budynków w dużych aglomeracjach miejskich jest również sąsiedztwo tuneli podziemnych metra. Podziemna komunikacja miejska ze względu na konstrukcję tuneli i podtorzy jest źródłem drgań w przypadku budynków sąsiadujących z liniami podziemnymi.

Pojazdy poruszające się po drogach są źródłem hałasu (rysunek) w zakresie niskich częstotliwości przenoszonego na duże odległości, a także generują fale do gruntu, które w zależności od rodzaju gruntu (miękki lub zwarty) przyjmują postać fal: giętnych, wzdłużnych, poprzecznych, powierzchniowych wzdłużnych – Rayleigha, rozchodząc się w gruncie, przenoszą się do konstrukcji budynków, pobudzając je do drgań (zbliżonych do drgań własnych). Drgania przenoszone przez konstrukcję budynku na ściany ograniczające pomieszczenia mieszkalne powodują emisję dodatkowej energii akustycznej do pomieszczenia. Zakres występowania drgań na przegrodach, wywołanych przejazdem ciężkiego pojazdu, obejmuje niskie częstotliwości (do 50 Hz), dla których odpowiadające im widmo hałasu nie jest tłumione przez konstrukcję budynku. Końcowy efekt występowania drgań na przegrodach pomieszczenia zależy od następujących zjawisk akustycznych:

- rozprzestrzeniania się drgań po konstrukcji budynku  $E_{B-B}$ ;
- pobudzenia do drgań konstrukcji budynku przez interakcję podłoża i fundamentu budynku  $E_{T-B}$ ;
- propagacji fali w podłożu na drodze źródło → budynek  $E_T$ ;
- wzbudzenia podłoża do drgań przez przejeżdżający pojazd ciężki (tramwaj, pociąg, autobus, ciągnik siodłowy z naczepą, samochód ciężarowy), czyli wygenerowania fali drganiowej, która w zależności od właściwości geologicznych podłoża przyjmuje różną postać (fale giętny, wzdłużny, po-

przezne, powierzchniowe wzdłużne – Rayleigha, powierzchniowe poprzeczne)  $E_z$ .

W ramach pracy doktorskiej opracowałem metodę oceny jednoczesnego występowania hałasu i drgań od ciężkiego ruchu kołowego.

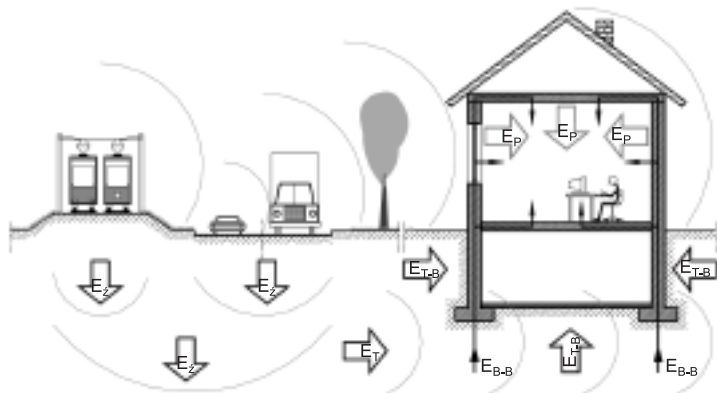
## Dźwięki uderzeniowe z klatek schodowych

Hałasy wywołane dźwiękami uderzeniowymi powstającymi podczas przemieszczania się ludzi i zwierząt na klatkach schodowych przenikają do mieszkań drogami materiałowymi przez, pobudzone do drgań (podczas chodzenia), elementy poziome klatek schodowych (podesty, biegi schodowe, stropy korytarzy), połączone konstrukcyjnie z przegrodami (ścianami, stropami) przyległych mieszkań. Norma PN-B-02151-3:1999 nie stawia wymagań odnośnie do ograniczania poziomu dźwięków uderzeniowych przenikających z klatek schodowych do pomieszczeń chronionych. Istnieją jedynie wymagania dotyczące ograniczenia przenoszenia dźwięków uderzeniowych z korytarzy do mieszkań w budynkach wielorodzinnych o układzie korytarzowym. W założeniach do nowelizacji normy PN-B-02151-3, które przewidują wprowadzenie trzech klas akustycznych budynków mieszkalnych, uwzględniono wymagania dotyczące klatek schodowych w budynkach klasy II (wyższej) i klasy III (najwyższej) wynoszące odpowiednio  $\Delta L_w \leq 53$  dB i  $\Delta L_w \leq 48$  dB. W budynkach klasy II wymaganie nie dotyczy przenoszenia dźwięków uderzeniowych z biegów schodowych w budynkach z dźwigami oraz budynków bez dźwigów z klatkami schodowymi, z których na jednej kondygnacji jest wejście do 1 lub 2 mieszkań.

W wielu krajach europejskich wymagania dotyczące ograniczenia przenikania dźwięków uderzeniowych z klatek schodowych do pomieszczeń chronionych wprowadzone zostały już przed wieloma laty. Poziom tych wymagań jest bardzo zróżnicowany. Jako przykład mogą posłużyć normy: niemiecka, austriacka i wiele norm państw skandynawskich. Wymagania tych norm przedstawiono w tabeli. Wymaganie dotyczące ograniczenia przenikania dźwięków uderzeniowych z klatek schodowych do pomieszczeń chronionych wyraża się za pomocą maksymal-

nej dopuszczalnej wartości ważonego wskaźnika znormalizowanego poziomu uderzeniowego  $\Delta L_w$ . Jest to więc taki sam parametr, za pomocą którego formułuje się wymagania w stosunku do izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów.

Poszukując analogii między rozprzestrzenianiem się w budynku dźwięków uderzeniowych powstających na klatkach schodowych a izolacyjnością od dźwięków uderzeniowych stropów w budynku, należy stwierdzić, że w przypadku klatek schodowych mamy do czynienia wyłącznie z transmisją dźwięku drogami bocznymi. Na stopień tej transmisji wpływa konstrukcja elementów tworzących klatkę schodową (podesty, spoczniki, biegi schodowe), rodzaj ścian klatki schodowej, rodzaj węzłów, w tym sposób zamocowania w ścianach podestów, spoczników i biegów schodowych, ale



Schemat propagacji drgań wzbudzanych ruchem komunikacyjnym do budynku mieszkalnego

Przegląd wymagań akustycznych, dotyczących ograniczenia przenikania dźwięków uderzeniowych z klatki schodowej do mieszkań w budynkach wielorodzinnych wg norm zagranicznych

Państwo/nr normy	Wartość $L_{w,max}$ [dB] w zależności od kategorii akustycznej budynku		
	standard najwyższy	standard wyższy	standard podstawowy
Austria/ÖNORM B 8115-2 (wydanie 2002 r.)	... <sup>1)</sup>	... <sup>1)</sup>	50 <sup>2)</sup>
Dania, DS 490:2001	48	53	58
Finlandia, SFS 5907:2004	49	53	58
Islandia, IST 45:2003	48	53	58
Niemcy, DIN 4109 (1989) oraz E-DIN 4109-10 (2002)	46	58	58 <sup>3)</sup>
Norwegia, NS 8175:1997	43	48	53
Szwecja, SS 25267:2004	54	58	62

<sup>1)</sup> norma nie przewiduje kategoryzacji akustycznej budynków;  
<sup>2)</sup> wymaganie odnosi się także do budynków szpitalnych, hotelowych, szkolnych i o podobnym przeznaczeniu;  
<sup>3)</sup> wymaganie to nie dotyczy budynków z windami oraz budynków, w których liczba mieszkań z jednej klatki schodowej nie przekracza 2

także wewnętrzne przegrody pomieszczeń przyległych. W przenoszeniu dźwięków uderzeniowych bierze więc udział cały układ przestrzenny obejmujący klatkę schodową i powiązane z nią inne przegrody budynku (zarówno ściany wewnętrzne i zewnętrzne, jak i stropy). Z tego względu bardzo trudno jest dokładnie określić przewidywany poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczenia z klatki schodowej, w której nie zastosowano żadnych zabezpieczeń wibroakustycznych. Z badań przeprowadzanych przez Zakład Akustyki ITB w budynkach o konstrukcji masywnej przy sztywnym powiązaniu elementów klatki schodowej między sobą i z otaczającą konstrukcją wynika, że poziom dźwięków uderzeniowych (wartość ważonego wskaźnika dźwięków uderzeniowych  $L'_{n,w}$ ) mierzony w mieszkaniach przy działaniu stukacza znormalizowanego ustawianego na podestach lub biegach schodowych klatek schodowych przekracza 65 dB.

Wskazówki dotyczące przewidywanego poziomu uderzeniowego przenikającego do pomieszczeń chronionych z klatek schodowych o różnej konstrukcji zawarte są w normie DIN 4109 *Schallschutz im Hochbau. Anforderungen und Nachweise. Beiblatt 1*. Wskaźnik ważony równoważnego poziomu uderzeniowego przenikającego do pomieszczeń chronionych w przypadku masywnych ścian klatki schodowej ( $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$ ) i przy sztywnym połączeniu elementów klatki schodowej między osobą i ze ścianami wynosi  $L_{n,w,eq,R} = 61 - 66 \text{ dB}$ . Jest to wartość bardzo zbliżona do wyników pomiarów uzyskanych w Zakładzie Akustyki ITB. Znajomość wyjściowego poziomu uderzeniowego  $L_{n,w,eq,R}$  umożliwia obliczeniowe prognozowanie poziomu dźwięków uderzeniowych w budynku po zastosowaniu odpowiednich zabezpieczeń przeciwdrganiovych klatki schodowej, jeżeli tylko znane są parametry akustyczne tych zabezpieczeń określone w warunkach laboratoryjnych.

Istnieją dwa modele systemów zabezpieczeń akustycznych przeciwdziałających rozprzestrzenianiu się dźwięków uderzeniowych z klatek schodowych do pomieszczeń chronionych:

- **model A** – potraktowanie biegów schodowych oraz podestów i spoczników jako scalonego sztywnego układu przestrzennego, który zostaje całkowicie oddylatowany od konstrukcji budynku; zamocowanie podestów i spoczników w ścianach klatki schodowej następuje za pomocą specjalnych konstrukcji mocujących, zaopatrzonych w elementy tłumiące drgania (dźwięki uderzeniowe) w zakresie częstotliwości minimum 100 – 3150 Hz; w modelu tym biegi schodowe połączone są w sposób sztywny z podestami i spocznikami,
- **model B** – zastosowanie odrębnych izolacji akustycznych biegów schodowych oraz podestów i spoczników; biegi schodowe są całkowicie oddylatowane od ścian klatki schodowej, a połączenie ich z podestami i spocznikami następuje przez zastosowanie specjalnych elementów tłumiących drgania (dźwięki uderzeniowe); podesty i spoczniki są sztywno połączone z konstrukcją budynku (ścianami klatki schodowej oraz stropami międzykondygnacyjnymi), a zabezpieczenie przed przeniesieniem dźwięków uderzeniowych z podestów i spoczników do pomieszczeń chronionych wykonane jest w postaci specjalnych podłóg izolacyjnych, np. typu podłogi pływającej.

Warunkiem uzyskania właściwej efektywności akustycznej w budynku z zastosowaniem rozwiązań **wg modelu A** jest wykonanie **dylatacji między ścianą klatki schodowej a krawędziami bocznymi biegów schodowych oraz płyt podestowych i spocznikowych**. W tym celu **stosuje się wkładki izolacji akustycznej** (paski z elastycznego tworzywa), które stanowią istotne uzupełnienie rozwiązań systemowych poszczególnych firm. Ważne jest również, aby podczas wykonywania robot wykończeniowych nie spowodować powstania mostków akustycznych przez np. powierzchniowe pokrycie dylatacji warstwą tynku.

W przypadku zastosowania rozwiązań **wg modelu B** elementem izolacji akustycznej są najczęściej **podkładki elastomerowe stosowane w miejscach podparcia biegu schodowego na płytach podestowych i spocznikowych**. Producenci oferują podkładki różnej grubości (10 – 20 mm) i o różnych wymiarach powierzchni dostosowanych do różnych obciążeń biegu schodowego. Są także inne rozwiązania w postaci specjalnych **łączników sprężynujących**, łączących bieg schodowy z płytą podestu (spocznika). W opisanych rozwiązaniach istotne jest zachowanie dylatacji między ścianą klatki schodowej a biegiem schodowym zabezpieczonej jak w przypadku modelu A paskiem izolacji akustycznej. Bardzo ważne jest również, aby połączenie między biegiem schodowym a podestem lub spocznikiem następowało wyłącznie za pośrednictwem elementów z izolacją akustyczną (podkładek lub łączników), co oznacza bezwzględnie

ne wymaganie zachowania i zabezpieczenia dylatacji między biegiem schodowym a podestem lub spoczniem.

Zabezpieczenie pod względem akustycznym żelbetowych płyt podestu i płyt spocznikowych zamocowanych w sposób sztywny w ścianie klatki schodowej polega na zastosowaniu analogicznych podłóg izolacyjnych, jakie stosuje się do izolacji akustycznej stropów międzypiętrowych. Konstrukcja takich podłóg jest znana. Są to podłogi pływające składające się z warstwy izolacji akustycznej i jastrychu cementowego. Izolacja akustyczna powinna być tak dobrana, aby częstotliwość rezonansowa podłogi wynosiła  $f_0 < 100$  Hz, co zapewni ich właściwą skuteczność w całym rozpatrywanym przedziale częstotliwości. Zastosowanie tego rodzaju podłóg na płytach podestu nie jest łatwe ze względu na znaczną grubość podłogi oraz konieczność odizolowania konstrukcji podłogowej nie tylko od ścian klatki schodowej, ale także od biegu schodowego. W tym przypadku sposób rozwiązania tego szczegółu zależy od geometrii podparcia biegu schodowego na podście (spocznika).

Omawiane zabezpieczenia klatek schodowych przed rozprzestrzenieniem się dźwięków uderzeniowych jeszcze w niewielkim stopniu znajdują zastosowanie w polskim budownictwie. W związku z tym nie ma wielu doświadczeń świadczących o ich skuteczności. Wyrwkowe badania przeprowadzone w dwóch budynkach przez Zakład Akustyki Instytutu Techniki Budowlanej potwierdzają ogromne znaczenie przestrzegania reżimów wykonawczych. Odrębnym problemem jest określenie, na podstawie badań laboratoryjnych, właściwości tłumienia dźwięków uderzeniowych przez konkretne rodzaje zabezpieczeń akustycznych. Prawidłowym podejściem jest przeprowadzenie pomiarów na modelu fragmentu klatki schodowej wykonanego (w skali 1 : 1) bez zabezpieczeń i z badanymi zabezpieczeniami wibroakustycznymi. Badane zabezpieczenie powinno być zastosowane w modelu w identyczny sposób, jak przewidziano w budynku. Warunek ten odnosi się także do obciążenia statycznego, pod którym pracuje dane zabezpieczenie w budynku.

Obecnie nie ma norm odnoszących się do metod pomiaru zabezpieczeń wibroakustycznych stosowanych w konstrukcjach klatek schodowych. W badaniach tego rodzaju rozwiązań stosuje się normę EN ISO 140-8 (w Polsce PN-EN ISO 140-8:1999) dostosowaną do pomiaru i oceny wartości zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogi. Pomiar polega na określeniu w pomieszczeniu odbiorczym poziomu uderzeniowego przed zastosowaniem i po zastosowaniu badanego zabezpieczenia i wyznaczeniu różnicy poziomu dźwięków uderzeniowych. Na podstawie tych danych pomiarowych przelicza się, wg normy PN-EN ISO 717-2:1999, wskaźniki jednoliczbowe, które charakteryzują właściwości tłumienia dźwięków uderzeniowych przez badane rozwiązanie. W przypadku badania zabezpieczeń wibroakustycznych klatek schodowych odstępstwo od normy EN ISO 140-8 polega jedynie na przyjęciu innej konstrukcji odniesienia, którą w przypadku badania podłóg jest strop wzorcowy (żelbetowy, płytowy grubości 12 – 16 cm),

a w przypadku badania elementów zabezpieczeń wibroakustycznych klatek schodowych – model w skali 1:1 fragmentu klatki schodowej wraz z przyległym do niej pomieszczeniem odbiorczym. Budowa takiego modelu nie jest prosta, ponieważ musi być zapewniony warunek, aby dźwięki uderzeniowe były przenoszone do pomieszczenia odbiorczego wyłącznie przez badaną drogę transmisji: *element klatki schodowej (bez, a następnie z zabezpieczeniami tłumiącymi dźwięki uderzeniowe) – ściana oddzielająca pomieszczenie chronione – pomieszczenie chronione pełniące w badanym układzie rolę pomieszczenia odbiorczego*). Ocena podkładek tłumiących przeznaczonych do stosowania podparć elementów klatki schodowej badanych nie na modelach klatki, tj. w ułożeniu odpowiadającym warunkom rzeczywistym, a wg zasad stosowanych przy badaniach np. podłóg pływających (tj. po ułożeniu podkładki na stropie wzorcowym i odpowiednim dociążeniu płytami lub blokami betonowymi) daje nieprawidłowe wyniki, co potwierdzają doświadczenia Zakładu Akustyki ITB.

## Podsumowanie

- Problemy ochrony przed drganiami w budynkach muszą być rozpatrywane z uwagi na:
  - bezpośredni wpływ drgań na budynki i ludzi przebywających w budynkach;
  - rozprzestrzenianie się drgań w budynku w postaci dźwięków materiałowych, co jest przyczyną wzrostu poziomu hałasu w pomieszczeniach chronionych;
  - drgania mające formę dźwięków uderzeniowych rozprzestrzeniające się w budynku w postaci dźwięków materiałowych i odbierane przez człowieka analogicznie jak dźwięki powietrzne.
- Różny jest stan unormowań prawnych dotyczących ochrony przed drganiami z uwzględnieniem zróżnicowanej formy drgań.
- Nie są kompletne obowiązujące w Polsce przepisy dotyczące ochrony przed dźwiękami uderzeniowymi, ponieważ nie obejmują one wymagań odnoszących się do zabezpieczeń akustycznych klatek schodowych, jak również znormalizowanych metod pomiaru parametrów wibroakustycznych zabezpieczeń stosowanych w klatkach schodowych. Brak odpowiedniej normy pomiarowej nie odnosi się tylko do warunków polskich; nie ma też właściwych norm EN i nic nie wiadomo, aby prace normalizacyjne w tym zakresie były prowadzone przez któryś z Komitetów CEN.
- Przy nowelizacji normy PN-B-02151-3:1999 przewiduje się wprowadzenie klasyfikacji akustycznej budynków, zwłaszcza budynków mieszkalnych, przy czym w budynkach klas wyższych będą wprowadzone wymagania odnoszące się do ograniczenia transmisji dźwięków uderzeniowych z klatek schodowych do pomieszczeń chronionych.

prof. dr inż. Waldemar Stühler\*

# Redukcja wstrząsów i dźwięków materiałowych w obiektach budowlanych

OCHRONA BUDOWLI PRZED DRGANIAMI

**W**artykule omówione zostaną następujące zagadnienia: izolacja drgań; izolacja dźwięków materiałowych w celu redukcji odgłosów; tłumienie drgań; amortyzacja drgań; redukcja wzbudzenia.

Definicje używanych pojęć

**Drgania mechaniczne** – drgania ciał stałych; zakres częstotliwości < 1 Hz... 100 Hz... 1000 Hz ...

**Drgania o oddziaływaniu ogólnym** – drgania działające na ludzkie ciało, przez stopy w pozycji stojącej, przez pośladki w pozycji siedzącej, przez plecy w pozycji leżącej; zakres częstotliwości: 1 – 80 Hz.

**Drgania o oddziaływaniu miejscowym** – drgania działające na układ ręce – ramiona lub głowę; zakres częstotliwości: 1– 1000 Hz.

**Wibracje** – drgania całego ciała; zakres częstotliwości: 1 – 80 Hz.

**Wtórnie wyemitowany dźwięk powietrzny** – w wyniku dźwięku materiałowego. Na skutek drgań ciał stałych dźwięk materiałowy zostaje wzbudzony i wyemitowany. Zakres częstotliwości: 1 – 10 kHz.

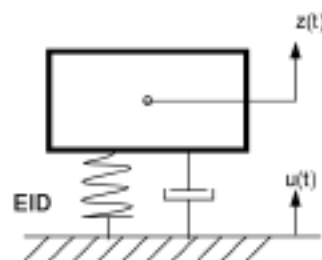
**Dźwięk materiałowy** – drgania ciał stałych (jak przy drganiach mechanicznych), jednak w tym przypadku interesuje nas tylko wtórnie wyemitowany dźwięk powietrzny.

**Izolacja drgań (ID).** ID stanowi zawsze wyrównanie sił masowych, przy czym siły te działają na masę, w którą ingeruje także wzbudzenie (jak przy wyważaniu: siły odśrodkowe powstałe w wyniku niewyważenia są wyrównywane przez siły masowe na skutek istnienia mas wyrównawczych). Istnieją dwa rodzaje ID: izolacja źródła inaczej zwana czynną i izolacja odbiorcy zwana bierną.

\* Uniwersytet Techniczny w Berlinie

**Izolacja źródła.** Stosowane są elementy izolujące drgania (EID) (rysunek 1) oraz rozpatrywane są siły  $F_U$  i  $F_E$ , przy czym powinien być spełniony warunek  $\hat{F}_U < \hat{F}_E$ , a przy harmonicznym wzbudzeniu drgań  $F_E = \hat{F}_E \cos(2\pi ft)$  (rysunek 2). EID, jakimi są m.in. maty podtorzowe, zostały zastosowane np. w tunelu na Starym Mieście w Berlinie-Spandau, na przejazdach pod budynkami między placem Ryszarda Wagnera a ulicą Wilmsdorfer. Inne przykłady zastosowania to: elastyczne ułożenie szyn (np. Kölner Ei) lub przekładki pośrednie, tor bezpodsypekowy (np. kolejka miejska w Berlinie).

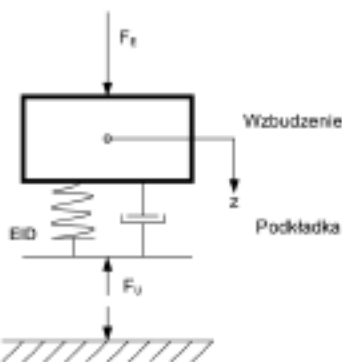
**Izolacja odbiorcy.** Rozpatrywane są drogi przenoszenia drgań (prędkość drgań lub przyspieszenie drgań), przy czym obowiązuje zależność  $\hat{z} < \hat{u}$ , a przy harmonicznym wzbudzeniu drgań  $u = \hat{u} \cos(2\pi ft)$  (rysunek 3). Przykłady: hotel Adlon w Berlinie; Steigenberger Hotel w Hamburgu;



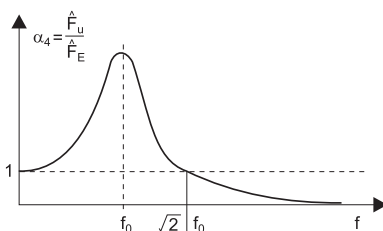
Rys. 3.

biurowce Fleet w Hamburgu; Międzynarodowe Centrum Kongresowe ICC w Berlinie.

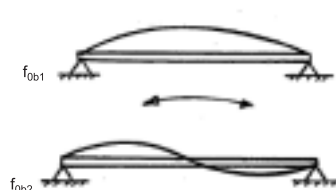
**Izolacja dźwięków materiałowych (IDM).** W tym przypadku powinna być przestrzegana zasada  $IDM \equiv ID!$  Ponadto dźwięk materiałowy powstający przy drganiach mechanicznych ciał stałych musi być mniejszy od niższej wtórnej emisji dźwięków powietrznych (mniejsze odgłosy!). Znaczenie sprzężenia akustycznego przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 1.



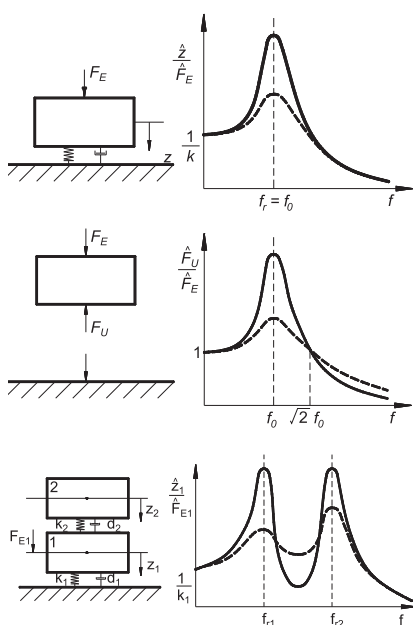
Rys. 2.



Rys. 4. Częstotliwość drgań własnych belki w przypadku zginania

**Tłumienie drgań (TD)** jest to zmniejszenie energii ruchu występującej w określonym układzie (energii kinetycznej i energii potencjalnej) przez przekształcenie w inną formę energii (np. ciepło) i/lub rozproszenie. Na ogół uważa się, że: im większe TD w układzie, tym mniejsze ruchy oscylacyjne! Ruchy oscylacyjne mogą się jednak zwiększyć wraz ze zwiększonym tłumieniem! Przykłady pokazano na rysunku 5. Jest to np. kolej nadziemna między placem Nollendorf a ulicą Bülow, gdzie blachy nieckowe zostały wytłumione.





Rys. 5.

**Amortyzatory drgań (AD).** Zastosowanie amortyzatora drgań (element dodatkowy) przedstawiono na rysunku 6. Przykładem może być elektryczna maszyna do strzyżenia włosów. Natomiast działanie wytłumionych amortyzatorów drgań (linia przerywana) przedstawiono na rysunku 7.

Przykłady: most Millenium w Londynie; anteny w Dubaju; wieżowiec w Indonezji; wieżowce w Nowym Jorku; restauracja na wieży w Berlinie-Steglitz.

**Redukcję wzbudzenia drgań** (izolację źródła) uzyskuje się np. dzięki lepszemu wyważeniu, stosowaniu mat podtłuczniowych (Stare Miasto w Spandau, ulica Wilmersdorfer w Berlinie) oraz sprężystemu mocowaniu szyn (Kölnier Ei); stosowaniu elastycznych podkładek oraz konstrukcji torowiska bezpodsytkowego w postaci „lekkiego”, „średniego” i „ciężkiego” układu masowo-sprężystego.

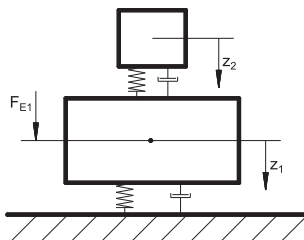
**Elementy izolujące drgania (EID).** Elementy te mogą działać:

- **biernie** – dzięki właściwościom sprężystym i tłumiącym lub z tłumieniem dodatkowym bez zewnętrznego zasilania w energię;

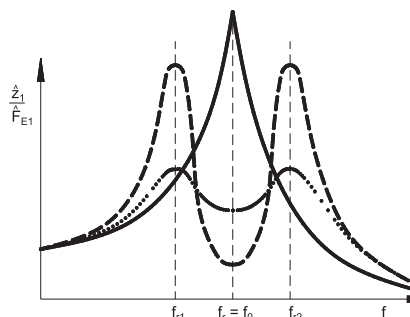
- **czynnie** – z użyciem czujnika, obwodu regulacji, zewnętrznego źródła energii; przede wszystkim w wyjątkowo wrażliwych na wstrząsy urządzeniach, takich jak mikroskopy elektronowe, urządzenia do wyciągania monokryształów, produkcja chipów, a także w celu ochrony budynków przed

trzęsieniami ziemi lub wzbudzeniem na skutek działania wiatru (np. w Nowym Jorku, Japonii, Korei, Berlinie). Obecnie pojawiły się rozwiązania z zastosowaniem liniowych elementów prowadzenia.

Właściwości sprężyste i tłumiące biernych EID są bardziej lub mniej zależne od: częstotliwości, wielkości amplitud drgań, obciążenia statycznego, temperatury, ognioodporności, wytrzymałości zmęczeniowej, odporności na działanie ozonu, absorpcji wody itp. **Sprężyny stalowe** – bez/lub z dodatkowym tłumieniem zastosowano np. w pięciokondygnacyjnych budynkach mieszkalnych w Berlinie, użytkowanych nad starym tunelem metra, hotelu Sofitel w Paryżu, a także na elementach tłumiących wahania podłużne, np. w budynku mieszkalnym



Rys. 6.



Rys. 7.

w Zurychu. Natomiast **elementy elastomerowe** m.in. w hotelu Adlon oraz hotelu Max w Monachium. **Elementy elastomerowe (EID)** montuje się: pod fundamentem; pod stropem powyżej kondygnacji podziemnej; na całej powierzchni; pasmami; metodą szalunku traconego.

### Drgania, które należy uwzględnić przy projektowaniu

Podczas wykonywania projektu budowlanego obiektu należy uwzględnić zewnętrzne i wewnętrzne wzbudzenia drgań. **Wzbudzenia zewnętrzne**

(w budynku, pomieszczeniu pomiarowym, laboratorium akustycznym) spowodowane są przez:

- komunikację szynową (tramwaj, metro, kolej miejską, kolej dalekobieżną). Na intensywność wzbudzenia ma wpływ m.in.: podłoże, nawierzchnia, odległość miejsca emisji, instalacje pod trasami przejazdu (np. kanały), prędkość pojazdu, rodzaj pojazdu;

- ruch drogowy. Parametry wpływające na intensywność wzbudzenia to: podłoże, sytuacja geologiczna, stan wód gruntowych, odległość miejsca emisji, instalacje w jezdniach (nawierzchnia drogi, np. z kostki brukowej, stan drogi, nawierzchnia z płyt, pokrywy włazów do kanałów, kanalizacja, dylatacje mostów itp.), prędkość pojazdu, rodzaj pojazdu;

- eksploatację maszyn i urządzeń w okolicy: prasy, tłoczniaki, maszyny tekstylne, obrabiarki, stanowiska pomiarowe, elektrownie z turbinami, generatorami, pompami, dużymi wentylatorami, maszyny tłoczące do gazu, wody, urządzenia do rozdrabniania, urządzenia tokarskie, w tym do zaciskania, zginania, wiązania, cięcia itp.

**Wzbudzenia wewnętrzne** (dotyczące pomieszczeń mieszkalnych, biurowych, pomiarowych) spowodowane są przez: urządzenia grzewcze, palniki, elektrociepłownie blokowe, pompy, wentylatory, windy, swobodnie drgające schody, obrabiarki, ruch i praca wózków widłowych, ruchome schody.

### Wpływ wzbudzeń zewnętrznych i wewnętrznych na obiekt budowlany

**Wzbudzenia zewnętrzne** mogą doprowadzić do wstrząsów w stropach poszczególnych kondygnacji i mieć negatywny wpływ na samopoczucie ludzi przebywających w mieszkaniach, pomieszczeniach biurowych i innych podobnych pomieszczeniach, spowodować zakłócenia w pracy urządzeń pomiarowych wrażliwych na wstrząsy, obrabiarek, maszyn kalibrujących, a także drżenie, stukanie i przemieszczanie się szklanek itp. Może również dojść do pobudzenia dźwięku materiałowego w stropach i ścianach, wtórnej emisji dźwięku powietrznego i zakłócających pogłosów.

**Wzbudzenia wewnętrzne** mogą oddziaływać w ten sam sposób jak wzbudzenia zewnętrzne (wstrząsy, dźwięk

materiałowy → wtórny dźwięk powietrzny).

**Czy jesteśmy w stanie rozpoznać, czy spodziewane imisje mogą spowodować zakłócenia również w eksploatacji projektowanego budynku bądź pomieszczeń budynku?** Nie każdy wstrząs czy dźwięk materiałowy względnie wtórnie emitowany dźwięk powietrzny prowadzi do zakłóceń. Konieczna jest w tym wypadku ocena, która obejmuje:

- określenie odpowiednich parametrów oceny;
- określenie wartości orientacyjnych do dokonania oceny – czyli jakie wartości prowadzą do zakłóceń;
- przeprowadzenie procesu oceny;
- podanie wyniku, a więc stwierdzenie, czy zakłócenia występują czy nie, ewentualnie uwzględnienie wymagań dodatkowych, np. dotyczących komfortu lub związanych ze stosowaniem w przyszłości przyrządów jeszcze bardziej wrażliwych na wstrząsy.

W celu określenia parametrów oceny potrzebne są wyniki pomiarów. W związku z tym, że często trzeba je uzyskać na etapie projektu wstępnego bądź projektu zasadniczego, jedynym sposobem jest sięgnięcie do wartości pomiarowych w porównywalnych sytuacjach. Zarówno ocenę (często kompleksową), jak i uzyskanie wartości doświadczalnych czy pomiarowych może przeprowadzić tylko specjalista z dziedziny drgań.

### Metody badań do celów prognozowania oddziaływania drgań na obiekty budowlane

Najważniejsze jest przeprowadzenie pomiarów drgań w planowanej lokalizacji (jeszcze bez zabudowy), w porównywalnych lokalizacjach o podobnej zabudowie, przy istotnych wzbudzeniach drgań bądź w porównywalnych lokalizacjach z podobnymi wzbudzeniami drgań.

Inne metody prognozowania oddziaływania drgań na te obiekty to:

- pomiar przebiegów czasowych – utworzenie widm amplitudowych, najlepiej w formie widm wąskopasmowych, w celu łatwiejszego rozpoznania częstotliwości właściwych wzbudzenia względnie zakresów częstotliwości wzbudzenia;
- obliczeniowa analiza dynamiczna projektowanego budynku (charaktery-

styczne częstotliwości własne, przynależne postaci drgań z uwzględnieniem miejsc oddziaływania wzbudzenia drgań);

- na podstawie wyników pomiarów i obliczeń wykonania prognozy oczekiwanych wstrząsów – bez uwzględnienia zabiegu redukcji drgań.

### Ocena prognozowanych oddziaływań drgań i koncepcja ich redukcji

Podstawę oceny stanowią: uregulowania, zalecenia inwestora oraz wyniki badań (wstrząsy dopuszczalne przy eksploatacji niektórych przyrządów i urządzeń, obliczone ewentualnie na podstawie własnych pomiarów).

#### Działania zmierzające do redukcji drgań są następujące:

- selekcja wstępna;
- wstępna kalkulacja kosztów;
- ocena, jakie zabiegi budowlane są potrzebne i czy konieczne są zmiany w statyce konstrukcji nośnej?

Ponadto konieczne są uzgodnienia specjalisty z dziedziny drgań z projektantem konstrukcji nośnej, użytkownikami, kierownikiem projektu i inwestorem.

#### Kontrola skuteczności podejmowanych działań powinna obejmować:

- uzupełnienie prognozy i ostatecznej oceny z uwzględnieniem wybranych działań prowadzących do redukcji drgań;
- ponowną ocenę spodziewanych drgań szczytkowych;
- ewentualne zmiany charakteru podejmowanych działań;
- nadzór nad realizacją przewidywanych prac;
- kontrolę techniką pomiarową po ukończeniu budynku.

### Rozwiązania, jakie można zastosować

**W przypadku budynków mieszkalnych**, w których występują wstrząsy, dźwięki materiałowe (wtórne dźwięki powietrzne) oraz hałas (pierwotne dźwięki powietrzne), powstające w wyniku oddziaływania metra, kolei miejskiej, tramwaju czy komunikacji drogowej na etapie projektowania należy:

- wykonać prognozę dotyczącą spodziewanych wstrząsów i hałasu na podstawie obowiązujących uregulowań;
- podjąć decyzję, czy potrzebne są działania zmierzające do redukcji dźwięków, których źródłem są wstrzą-

sy i dźwięki materiałowe oraz w jakim stopniu;

- wykonać koncepcję i ocenę działań pod względem finansowym i architektonicznym oraz z punktu widzenia wykonalności technicznej, czasowej, konstrukcyjnej;

- określić szczegółowo we współpracy z firmą Calenberg zakres i sposób realizacji konkretnego działania.

W celu **redukcji emisji** drgań pochodzących z metra można zastosować:

- maty podtorzowe oraz układ „masowo-sprężysty”, np. firmy Calenberg;
- zęstsze szlifowanie szyn oraz smarowanie;
- tor bezpodsypankowy ze sprężystymi podkładkami, np. firmy Calenberg;
- torowisko z wypełnieniem z trawy.

W przypadku konieczności redukcji drgań pochodzących od komunikacji drogowej zaleca się:

- asfaltowanie dróg;
- wyeliminowanie odpływów wody opadowej, pokryw włazów kanałów, łączów itp. na pasach ruchu;
- zmniejszenie prędkości pojazdów;
- przeniesienie przystanków (ze względu na hałas przy uruchamianiu pojazdów).

**Redukcja transmisji** polega m.in. na:

- nieumieszczeniu trwałych instalacji między źródłem emisji a miejscem imisji;
- oddzieleniu bruku od budynku;
- zastosowaniu elastycznych mat między gruntem a budynkiem.

**Redukcja imisji** obejmuje m.in. następujące działania:

- rozwiązanie konstrukcyjne budynku w budynku (box in box) jako izolacja drgań, np. we współpracy z firmą Calenberg;
- oddzielenie stopni schodów od podestu, np. we współpracy z firmą Calenberg;
- wyposażenie okien w szyby warstwowe;
- sprężyste oddzielenie całego budynku pod stropem powyżej kondygnacji podziemnej lub w obszarze ścian piwnic, np. sprężynami stalowymi (ewentualnie z tłumikami wiskotycznymi) lub elementami elastomerowymi firmy Calenberg. Zastosowano je m.in. w Brunnenstraße w Berlinie, hotelu Steigenberger i Fleet Center w Hamburgu, hotelu Adlon w Berlinie.

W przypadku maszyn i urządzeń (sprężarki, wentylatory, chłodnie komi-

nowe, pompy olejowe, urządzenia dźwigowe, klimatyzatory, wytwornice sprężonego powietrza, elektrociepłowne blokowe, awaryjne zespoły prądotwórcze, urządzenia do skraplania powietrza) problemy do rozwiązania to: P1 – emisja wstrząsów; P2 – emisja pierwotnych dźwięków powietrznych; P3 – emisja dźwięków materiałowych (wtórnych dźwięków powietrznych). Podobnie jak w przypadku budynków mieszkalnych należy przede wszystkim zasięgnąć opinii specjalisty, czy w ogóle konieczne są jakiegokolwiek działania eliminujące drgania, a następnie (jeśli okaże się to niezbędne) wykonać ich pomiar lub prognozy występowania wg wcześniej przedstawionego programu.

Redukcja emisji wstrząsów (działania w zakresie P1) powinna polegać na:

- izolacji przed drganiami fundamentu pod maszyną, np. przy użyciu stalowych sprężyn czy elementów elastomerowych firmy Calenberg;

- zabiegach przeprowadzanych na maszynie (unikanie rezonansu przez zmianę częstotliwości własnej maszyny lub zwiększenie tłumienia rezonansu, ewentualnie można podejmować jednocześnie kilka działań);

- zastosowaniu amortyzatorów drgań (np. z użyciem stalowych sprężyn, w pojedynczych przypadkach również w połączeniu z tłumikami wiskotycznymi firmy Calenberg);

- zredukować niewyważenia i luzy.

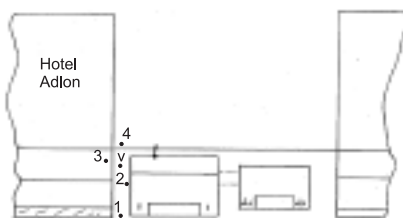
**Redukcja pierwotnych dźwięków powietrznych** (działania w zakresie P2) dotyczy zabiegów przeprowadzanych na maszynie, a w szczególności redukcji rezonansu bądź przy wzbudzeniu szerokopasmowym, np. przy uderzeniach, nierównościach, szorstkich powierzchniach, zwiększenia tłumienia rezonansu oraz izolacji dźwięków materiałowych.

**Redukcja dźwięków materiałowych** (działania w zakresie P3). Zalecane jest zastosowanie np. produktów firmy Calenberg Ingenieure oraz wzmocnienie miejsca ustawienia maszyny, np. wykonanie warstwy nadbetonu.

**Przykład 1.** Hotel Adlon w Berlinie (Pariser Platz przy Bramie Brandenburskiej) mający 2 kondygnacje podziemne (ze względu statycznych zaprojektowano fundament płytowy).

Źródłami wstrząsów są: kolej miejska (stara konstrukcja tunelu); metro

(linia U5); dworzec jako „wzmocniacz” (rezonator); komunikacja drogowa (rysunek 8).



Rys. 8.

#### Właściwości wzbudzenia:

- wstrząsy pochodzące od kolei miejskiej, o niskiej częstotliwości 10 – 35 Hz na skutek drgań własnych oraz ślepego pułapu dworca;

- wstrząsy pochodzące od kolei miejskiej i dźwięki materiałowe o wyższej częstotliwości 55 – 75 Hz ze względu na współdziałanie układu koło i szyna;

- dźwięki materiałowe pochodzące od metra, o wyższej częstotliwości 55 – 75 Hz ze względu na współdziałanie układu koło i szyna;

- komunikacja drogowa na skutek nierówności jezdni na stropie dworca stacji Unter den Linden ok. 3 – 5 Hz i 12 Hz.

W tej sytuacji stwierdzono, że wystąpią mocno słyszalne i odczuwalne drgania w pokojach hotelowych i zaproponowano następujące sposoby rozwiązania problemu:

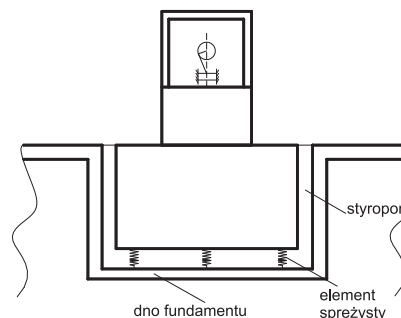
- pierwszy krok – wyeliminowania częstotliwości własnych pochodzących od elementów konstrukcyjnych oraz dróg przenoszenia wstrząsów, a w szczególności dźwięków materiałowych (np. brak kotew, usunąć wszystkie odpady budowlane);

- drugi krok – podjęcie działań ochronnych przed wstrząsami (maszynny fundament) oraz działań w zakresie izolacji dźwięków materiałowych (pionowe sprężyste oddzielenie gruntu od budynku oraz poziome oddzielenie pod stropem nad kondygnacją podziemną).

W wyniku przeprowadzonych zabiegów w żadnym pomieszczeniu hotelu **nie słysząc i nie czując drgań** (wstrząsów ani wtórnie emitowanych dźwięków powietrznych) wywołanych wzbudzeniami.

**Przykład 2.** Maszyna do perforowania znajdująca się w nowej hali produkcyjnej. Maszyna została ustawiona na sprężysto posadowionym fundamencie i względnie miękkim podłożu (rysunek 9).

Obiekt budowlany znajduje się w pobliżu biur i dlatego konieczne jest uwzględnienie warunków ochrony pracy w zakresie oddziaływania drgań na stanowisku pracy. Silne odgłosy w czasie używania urządzenia występują powyżej 60 suwów/min (1,0 Hz), przy czym normalna prędkość robocza to 150 suwów/min (2,5 Hz), a w przypadku maszyny do perforowania jest to maks. 180 suwów/min (3,0 Hz częstotliwość generatora podstawowego).



Rys. 9.

**Właściwości wzbudzeń** – okresowe pionowe siły masowe z powodu ruchu stempli o częstotliwości wzbudzenia 2,5 Hz.

**Drgania na posadzce hali i w biurach:**

- bardzo wyraźne udziały drgań wyższych harmonicznych o częstotliwościach 1, 2, 3, 4, ..., n x 2,5 Hz;

- wyjątkowo rzadko przy danym wzbudzeniu;

- występują dopiero powyżej 60 suwów/min<sup>-1</sup> (1,0 Hz);

- potem występują bardzo silne odgłosy.

**Przyczyny:** styropor jako szalunek tracony między sprężystymi matami nie był czysto przyklejony, dlatego beton przedostał się przez niektóre szczeliny. Sprężysto posadowiony fundament uderzał o mostki betonowe.

**Zalecane środki zaradcze:** nie stosować sprężystego posadowienia! Usunąć je, wstrzykując beton. Maty sprężyste albo sprężyny stalowe z tłumikami wiskotycznymi czy amortyzator powietrzny nie są dobrym rozwiązaniem, ponieważ w celu uniknięcia wzmocnień efektów dynamicznych trzeba by było uzyskać pionową izolacyjną niską częstotliwość własną ok. 1 Hz.

Po wykonaniu zalecanych zabiegów uzyskano bardzo dobry efekt: brak zakłóceń, maszyna pracuje względnie cicho.

dr inż. Frank Müller-Borutta\*

# Ochrona budynku przed drganiami przez elastyczne posadowienie w warunkach wód gruntowych

**W** śródmieściu Monachium, koło Starego Ogrodu Botanicznego, w latach 2005 – 2007 wznoszony był kompleks wysokiej klasy budynków o nazwie Lenbach Gärten. Obecnie mieści się w nim luksusowy hotel, biura i apartamenty prywatne. Obok tej działki budowlanej przebiegają 4 tory metra (fotografia 1 i 2).

## Problematyka dynamiki budowli

W zadaniach stawianych firmie imb-dynamik istotne były następujące sprawy:

- luksusowy hotel, biurowiec i apartamenty powinny spełniać bardzo wysokie wymagania w zakresie ochrony przed szkodliwym oddziaływaniem

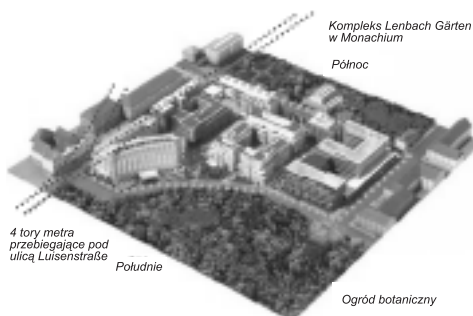
budynku sporządzony przez zewnętrzną firmę. Projekt ten zakładał posadowienie całego budynku na elementach elastycznych (wibroizolacja na całej powierzchni zabudowy), ale ze względu na wysokie koszty (kilka mln €) został odrzucony przez inwestora. W konkursie na „częściowe podparcie elastyczne” firma Calenberg Ingenieure udzieliła firmie imb-dynamik zlecenia na przeprowadzenie badań i opracowanie alternatywnego rozwiązania, które będzie korzystniejsze dla inwestora.

Badanie alternatywnych możliwości wykazało:

- niemożliwe jest elastyczne podparcie budynku na poziomie powyżej zwierciadła wody gruntowej;
- nie można wykonać zewnętrznej konstrukcji uszczelniającej typu „biała wanna”;
- jedyną możliwością to elastyczne podparcie części budynku:
  - pod płytą fundamentową (w celu redukcji kosztów),
  - w sposób, który nie będzie ingerował w projekt konstrukcji nośnej (ze względu na wiążące się z tym opóźnienia i zwiększenie kosztów, nie do zaakceptowania przez inwestora);
- szczególne utrudnienie budowlane: dno wykopu budowlanego na poziomie -12 m znajduje się 6 – 8 m poniżej zwierciadła wody gruntowej (rysunek 1).



Fot. 1. Plan sytuacyjny Lenbach Gärten, Monachium (stan obecny)



Fot. 2. Użytkowana linia metra

czynników otoczenia (łączna wartość inwestycji ok. 300 mln €);

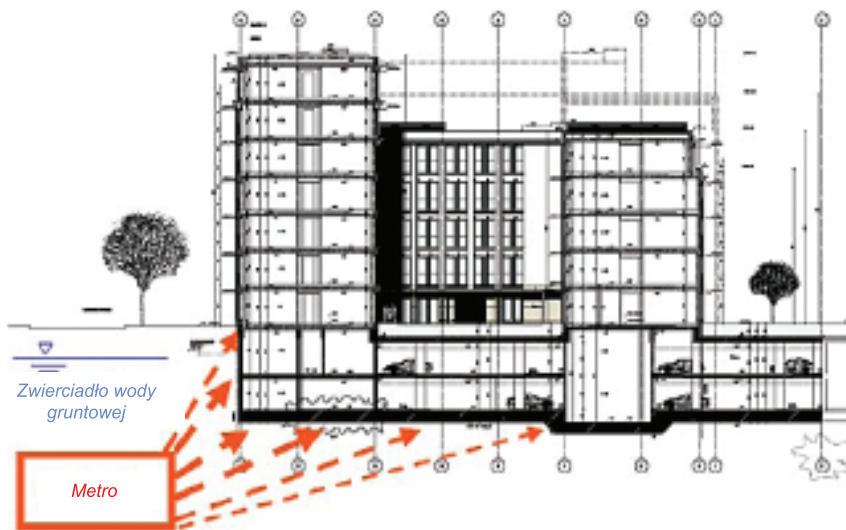
- daleko zaawansowany projekt budynku bez wcześniejszego uwzględnienia ochrony przed imisjami;
- prognoza stanu bez zastosowania działań zapobiegających emisji drgań, zgodnie z planem: średnia drgań KB = 0,5 (próg odczuwania 0,1), średni maksymalny poziom dźwięku wtórnego = 45 dB (A);
- wytyczne inwestora: „wykonać tak, aby niczego się nie odczuwało i nie słyszało”.

W efekcie konieczny okazał się projekt elastycznego posadowienia bu-

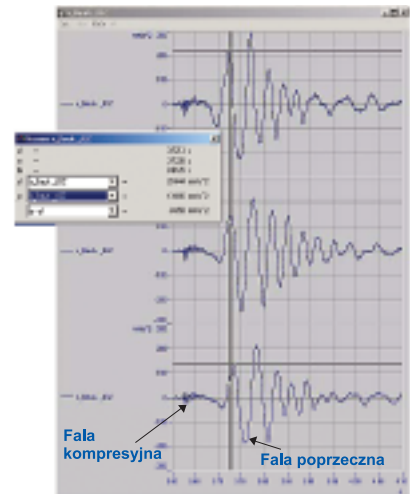
## Pomiary przed rozpoczęciem i w trakcie trwania inwestycji budowlanej

Teren w obszarze oddziaływania linii metra został objęty badaniami pomiarowymi (fotografia 3). W celu dalszego ciągłego opracowywania i ewentualnego dostosowywania prognoz przeprowadzono wielokrotne pomiary drgań podczas wykonywania wykopu (rysunek 2 i 3).

\* Biuro Inżynierskie „imb-dynamik”, Niemcy



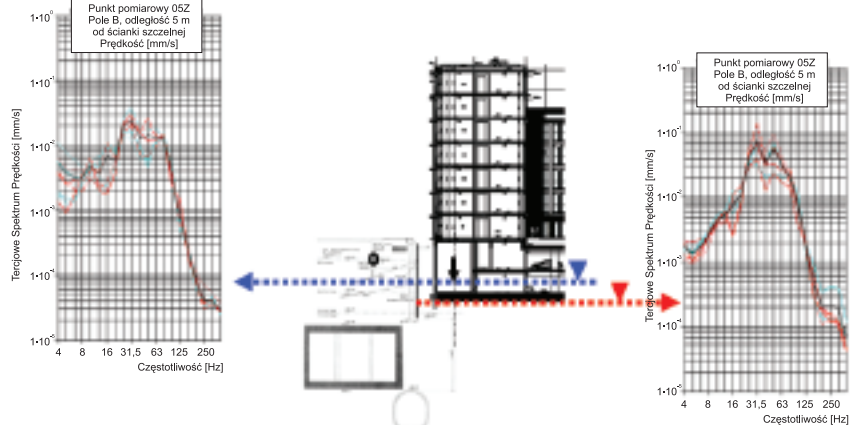
Rys. 1. Schemat usytuowania metra i budynku



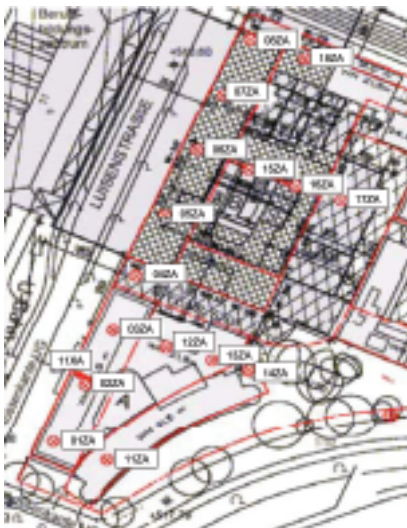
Rys. 5. Przyspieszenia drgań w różnych odległościach od miejsca przyłożenia siły impulsowej



Fot. 3. Wóz ze sprzętem do pomiarów w wykopie pod budowę



Rys. 3. Porównanie prędkości drgań na różnych głębokościach wykopu



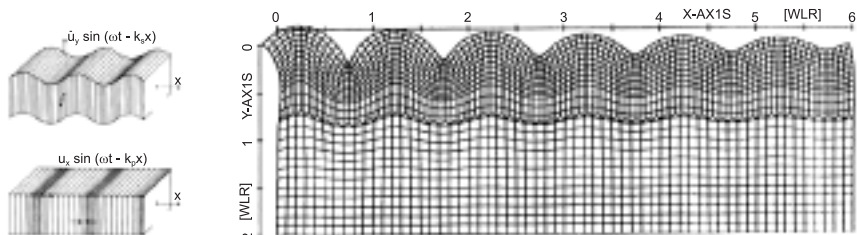
Rys. 2. Rzut poziomy z rozmieszczonymi punktami pomiarowymi

**Prędkości propagacji fal.** Za pomocą metody sejsmicznej zbadano lokalne właściwości podłoża budowlanego. Z wyników w postaci czasów rozchodzenia się różnych rodzajów fal – pierwotnych, wtórnych i fal Rayleigha

(tj. fal kompresyjnych, poprzecznych i powierzchniowych o właściwościach podobnych do fal wodnych) oraz zmniejszania się amplitud można uzyskać dane na temat modułu sprężystości wzdłużnej, modułu sprężystości poprzecznej, współczynnika odkształcenia poprzecznego (tzw. współczynnika Poissona) oraz tłumienia podłoża przeznaczonego pod zabudowę, jak również zmian zachodzących wraz ze zwiększającą się głębokością (rysunek 4 i 5).

### Obliczenia

**Metodologia analiz obliczeniowych elastycznego posadowienia budynków.** Podczas opracowywania tego rodzaju zagadnień biuro imb-dynamik nie bazuje na modelu elementów skończonych, gdyż ze względu na przejściowy i stochastyczny charakter siły wzbudzającej tego typu rozwiązanie nie jest odpowiednie. W przypadku stworzenia modelu dostatecznie dobrze opisującego proces silnie rozproszone-



Rys. 4. Fale: poprzeczne, kompresyjne, Rayleigha [Haupt, Bodendynamik]

go, chwilowego oddziaływania drgań, czas obliczeń, nawet z zastosowaniem nowoczesnych komputerów, jest bowiem niezwykle długi (zazwyczaj modele budynków oparte na metodzie elementów skończonych są bardzo skomplikowane i mają dziesiątki tysięcy węzłów). Natomiast zbadanie parametrów na podstawie kilku rozproszonych wielkości jest całkowicie niemożliwe. Imb-dynamik stosuje do badań elastycznego podparcia budynków własny, niestandardowy model impedancji iSEG (imb-dynamik Simulationsmodell für Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude – Model Symulacji Oddziaływania Drgań na Budynek), opracowany przez dr. Norberta Breitsamtera i Holgera Molzbergera – uczniów profesora Grundmanna z Katedry Mechaniki Budowli Uniwersytetu Technicznego w Monachium i pracowników firmy imb-dynamik. Precyzja – albo jak mawiają czasem przeciwnicy takich modeli nieprecyzyjność – stosowanego modelu impedancji jest bardzo dobrze dostosowana do jakości danych wejściowych, które pomimo wszystkich pomiarów eksperymentalnych oraz innych dodatkowych informacji, w wielu wypadkach są bardzo niejednoznaczne. Wystarczy podać przykład modułu sprężystości wzdłużnej betonu. Z literatury fachowej wynika, że statyczny moduł sprężystości wzdłużnej może wahać się pomiędzy +20% a -20%. W jeszcze większym stopniu dotyczy to dynamicznego modułu sprężystości wzdłużnej. W tym przypadku wahania w granicach  $\pm 20\%$  odpowiadają wahaniom np. częstotliwości drgań własnych stropu o wartości  $\pm 10\%$ .

Tłumienia drgań budynku nie da się określić precyzyjnie. Trzeba mieć na uwadze trzy główne czynniki wpływające na ogólne tłumienie budynku: tłumienie wewnętrzne materiału, tłumienie konstrukcyjne bądź tłumienie w połączeniach oraz tłumienie przez rozpraszanie energii drgań do otoczenia (wg Ch. Petersena). W tym przypadku jednak tłumienie wchodzi linowo-zwrotnie w przewyższenia dynamiczne, co pociąga za sobą poważne skutki.

Najczęściej spotykane tłumienie drgań w budowl żelbetowej wynosi kilka procent. Jeśli jest to 2%, to wówczas współczynnik wzmocnienia (współczynnik zwielokrotnienia drgań)

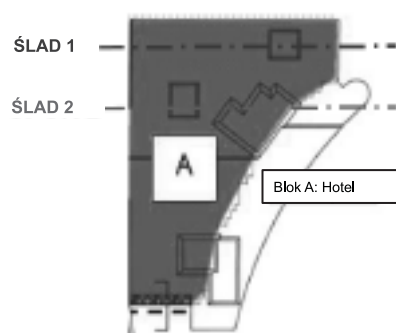
wynosi 25, natomiast jeśli jest to 4%, współczynnik wzmocnienia wynosi już połowę tej wartości, czyli 12,5. Ma to oczywiście swoje konsekwencje. Wartość KB (wskaźnik określający oddziaływanie drgań na ludzi znajdujących się w budynkach) wynosząca 0,15 oznacza, że dla człowieka o normalnej wrażliwości na drgania takie oddziaływanie jest odczuwalne. Jeżeli natomiast wartość KB wynosi 0,07, to jest bardzo prawdopodobne, że niemal nikt nie będzie odczuwał występujących drgań. Nawiasem mówiąc, w odniesieniu do akustyki, zmiana ta odpowiada 6 dB (jest to również dość istotna wielkość). Jeśli przyjrzeć się tym wielu czynnikom mającym wpływ na wyniki analiz, można stwierdzić, że większa dokładność obliczeniowa nie jest konieczna.

Biuro imb-dynamik, podobnie jak inne renomowane biura, uważa, że prawidłowo sformułowane modele impedancji to najlepiej wybrane rozwiązanie w przypadku tego rodzaju badań.

**Określenie modelu dla projektu Lenbach Gärten.** W tym przypadku wykorzystanie modelu impedancji dla układu drgającego o jednym stopniu swobody jako modelu zastępczego obiektu o tak złożonej, rozproszonej bryle nie do końca załatwia sprawę. Z pewnością można to zrobić dokładniej. Kiedy tylko zbliżymy się do wartości pierwszej częstotliwości drgań własnych stropu (przy rozpiętości stropu wynoszącej np. 10 m może to być w zakresie bardzo niskich częstotliwości) upada koncepcja układu drgającego o jednym stopniu swobody. Dla wszystkich częstotliwości znajdujących się powyżej tych wartości tworzenie modeli układu drgającego o jednym stopniu swobody jest bezwartościowe. Zaprezentuję więc kolejne kroki, na które składa się badanie obiektu Lenbach Gärten zgodnie z procedurą iSEG.

**Wybór reprezentatywnych fragmentów budynku.** Badanie budynku na reprezentatywnych fragmentach, tzw. śladach, przedstawiono na rysunku 6.

**Sformułowanie modelu.** Pod uwagę brane są tylko stopnie swobody układu w kierunku pionowym (w praktyce jest to zupełnie wystarczające). Płyta fundamentowa jest modelowa-



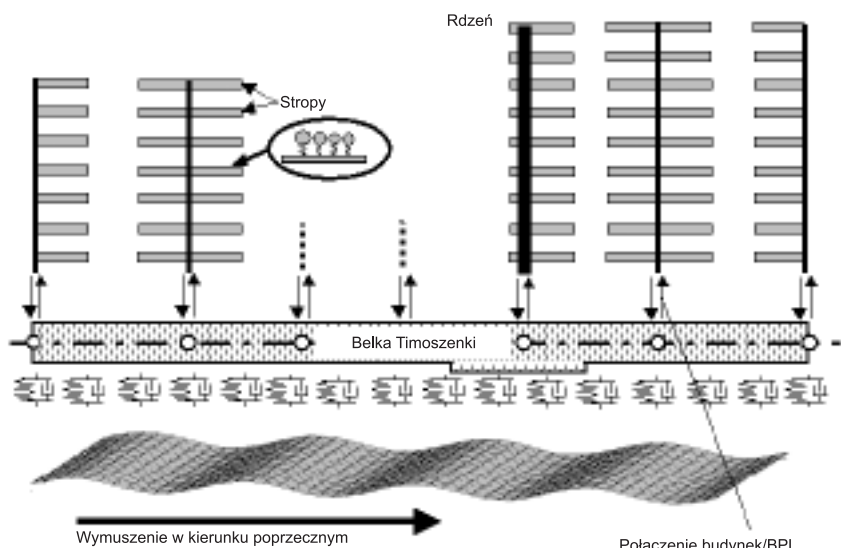
Rys. 6. Przykładowe „ślady” – przekroje poprzeczne budynku do obliczeń dynamicznych

na w postaci belki Timoszenki, w której uwzględnia się wpływ sił poprzecznych na ugięcie. Pionowe wsporniki to układ ciągły, drgający wzdłużnie. Płyty stropowe stanowią belki zginane reprezentowane przez impedancję działającą przy każdym wsporniku. Należy pamiętać, że wszystkie te elementy są kontinuumami materialnymi, a zatem ich częstotliwości własne są uwzględniane w obliczeniach. Schemat modelu budynku wg iSEG przedstawiono na rysunku 7.

**Kształtowanie ostatecznych rozwiązań na podstawie form własnych.** Jest to metoda dobrze znana fachowcom zajmującym się dynamiką budowli, polegająca na kształtowaniu rozwiązań na podstawie częstotliwości własnych.

**Wnioski w postaci prognozy drgań i dobór właściwych działań ochronnych.** Szczególna funkcjonalność i efektywność opisanego postępowania polega na tym, że nie zachodzi potrzeba inwersji wielkiego układu równań czy nawet realizacji nieskończonego wielu przebiegów czasowych, ponieważ po wykonaniu modelowania budynku i oznaczeniu impedancji (z zestawu gotowych wzorów) rozwiązanie dla układu jest już praktycznie wiadome. Obliczenia wg modelu impedancji wykonuje się niezwykle szybko. W związku z tym możliwy jest duży zakres wariacji parametrów, a fachowiec badający dynamikę budowli zyskuje wgląd w zachowanie się modelu przy czynnikach wykazujących odchylenia. Może on bardzo szybko stwierdzić, które czynniki będą miały najważniejszy wpływ na wyniki końcowe.

Podczas sporządzania prognozy trzeba na podstawie wielu rozbieżnych



Rys. 7. Schemat modelu budynku wg iSEG

wyników sformułować wnioski, które umożliwią inwestorowi lub jego doradcy podjęcie decyzji. Należy mieć na uwadze, że prognoza decyduje o poważnych konsekwencjach finansowych.

**Uwaga:** Za pomocą małego eksperymentu inwestor miał możliwość doprecyzowania swojego wymagania, aby „niczego się nie słyszało”. W piwnicy znajdującego się naprzeciwko budynku Wyższej Szkoły Zawodowej nasłuchiowano wraz z inwestorem odgłosów przejazdu wielu pociągów metra, jednocześnie wykorzystując przy tym miernik ciśnienia akustycznego. Dzięki temu inwestor miał nieco dokładniejsze wyobrażenie o tym, co kryje się pod pojęciem dźwięku wtórnego i jego poziomu (poziomu ciśnienia akustycznego wyrażanego w dB). Przeprowadzone doświadczenia były okazją, aby inwestor mógł osobiście fizycznie odczuć wpływy spowodowane funkcjonowaniem metra oraz na ich podstawie samodzielnie podjąć decyzję o wyznaczeniu wartości granicznej.

Reprezentatywny przykład prognozowanego wyniku pokazano na rysunku 8. Przedstawiono na nim graficznie spektrum drgań płyty fundamentowej pod całym budynkiem, w zależności częstotliwość – odległość, odpowiadające obliczeniom wg modelu iSEG.

**Decyzja o sposobie wykonania elastycznego podparcia budynku: częstotliwość dostrojca i po-**

**wierzchnia izolacji fundamentu.** Badania przeprowadzone przez imbdynamik wykazały, że rozwiązanie polegające na częściowym podparciu budynku na elastycznym podłożu jest wykonalne. Powierzchnię, na której miała zostać ułożona warstwa tłumiąca, można było zredukować praktycznie o połowę.

### Elementy tłumiące drgania układu w środowisku wodnym

Elementy elastyczne pod płytą fundamentową znajdują się na głębokości poniżej 6 – 8 m pod poziomem zwierciadła wody gruntowej. Nie dysponowano odpowiednimi elementami, nadającymi się do takiego podparcia

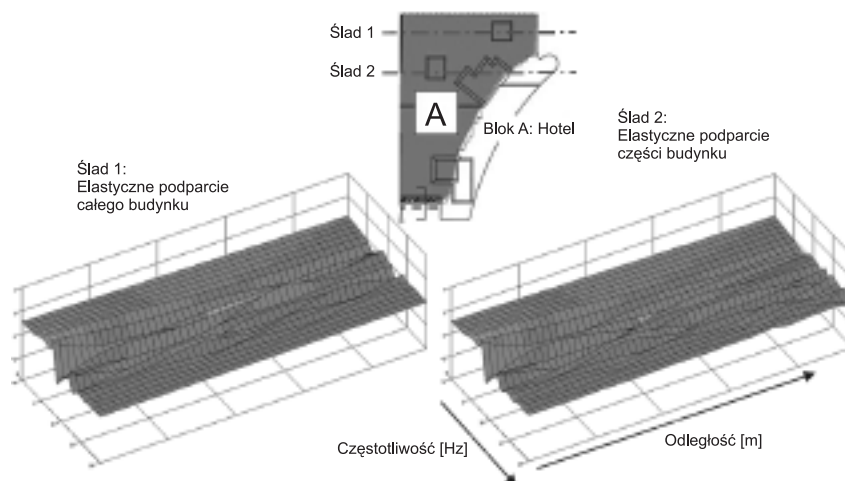
budynku. Oczywiście skonstruowanie takiego elementu nie jest zadaniem trudnym, trzeba jednak wziąć pod uwagę dwa zasadnicze problemy:

- ryzyko finansowe w razie ewentualnego niepowodzenia, które jest dla inwestora niezwykle wysokie. Budynek może bowiem stracić drastycznie na wartości, jeśli zbyt często będą odczuwalne drgania lub będzie słychać głucho dudnienie, których źródłem jest metro;
- koszty muszą być względnie niskie.

Szczególnie problem pierwszy stawiał inwestora w trudnej sytuacji, która zmuszała go do podjęcia ryzyka zastosowania nigdzie wcześniej niewypróbowanych elementów. W przypadku wbudowania mat tłumiących ewentualny remont po zakończeniu budowy jest całkowicie wykluczony. Ostatecznie przyjętym rozwiązaniem było połączenie wypróbowanego elementu elastycznego ze względnie mało ryzykowną modyfikacją. Sam element elastyczny stanowiły **maty wibroizolacyjne Cibatur firmy Calenberg Ingenieure** (fotografia 4).

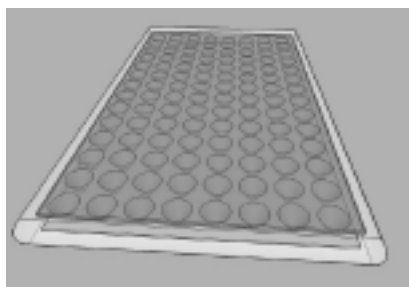


Fot. 4. Profileowana mata Cibatur z wypustkami w kształcie ściętych stożków firmy Calenberg Ingenieure standardowo dostarczana w rolkach bez foliowej powłoki



Rys. 8. Spektrum drgań płyty fundamentowej pod całym budynkiem w zależności od wzrastającej odległości od toru

Maty te są stosowane z powodzeniem w technologii elastycznego posadawiania budynków w normalnych warunkach gruntowych. Przy ich użyciu można uzyskać częstotliwość dostrojczą o wartości ok. 10 Hz, która w przypadku opisywanej sytuacji jest zupełnie wystarczająca. Maty zostały pocięte w fabryce na pojedyncze elementy i zapakowane w specjalnie skonstruowaną powłokę wodoszczelną z kauczuku syntetycznego EPDM (rysunek 9). Uwzględniono również usztywnienie elementów za pomocą „amortyzacji powietrznej” uzyskane przez powietrze zamknięte w powłoce.



Rys. 9. Schemat elementów elastomerycznych Cibatur w osłonie foliowej z materiału EPDM

W celu zagwarantowania długotrwałego użytkowania tych elementów należy unikać:

- wnikania wody;
- utraty ciśnienia w elementach na skutek dyfuzji gazowej;
- rozszczelnienia elementów.

Wszystkie te zagrożenia udało się przewidzieć i uwzględnić w rozwiązaniu. Nawet bardzo wysoka utrata wodoszczelności elementów na poziomie 50% (w układzie szachownicowym) powoduje jedynie niewielką stratę w tłumieniu. Decydujące jest jednak to, że element całkowicie wypełniony wodą nie tworzy mostka akustycznego, natomiast woda wypierana przez minimalne ruchy warstwy wyrównawczej oraz płyty fundamentowej, które znajdują się ponad elementami wibroizolacyjnymi może być dodatkowo włączana z boku do sąsiednich elementów wypełnionych jeszcze powietrzem. Po odpowiednim długim przekonywaniu inwestor oraz Lokalna Komisja Nadzoru Budowlanego i Ochrony Zabytków ostatecznie udzieliły zezwolenia na proponowane rozwiązanie.

Montaż mat wibroizolacyjnych pokazano na fotografiach 5 – 12.



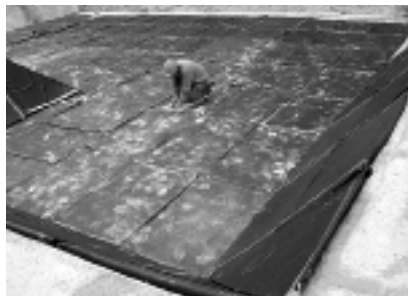
Fot. 5. Układanie elementów prostokątnych



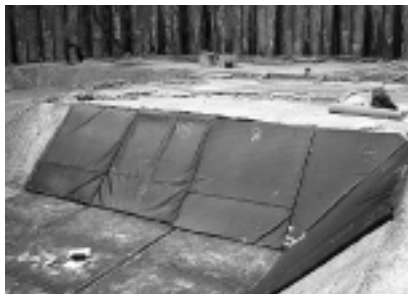
Fot. 6. Ułożona mata wibroizolacyjna Cimax. Szalunek na warstwę wyrównawczą



Fot. 7. Świeża lub gotowa warstwa wyrównawcza



Fot. 8. Obniżona część centralna – zjazd windy



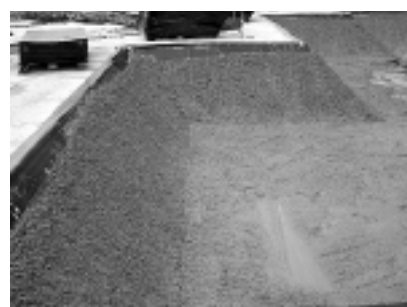
Fot. 9. Elementy dopasowane przy punktach wiążących



Fot. 10. Elementy dopasowane na powierzchni bocznej



Fot. 11. Ułożenie siatki żebrowanej na powierzchni bocznej



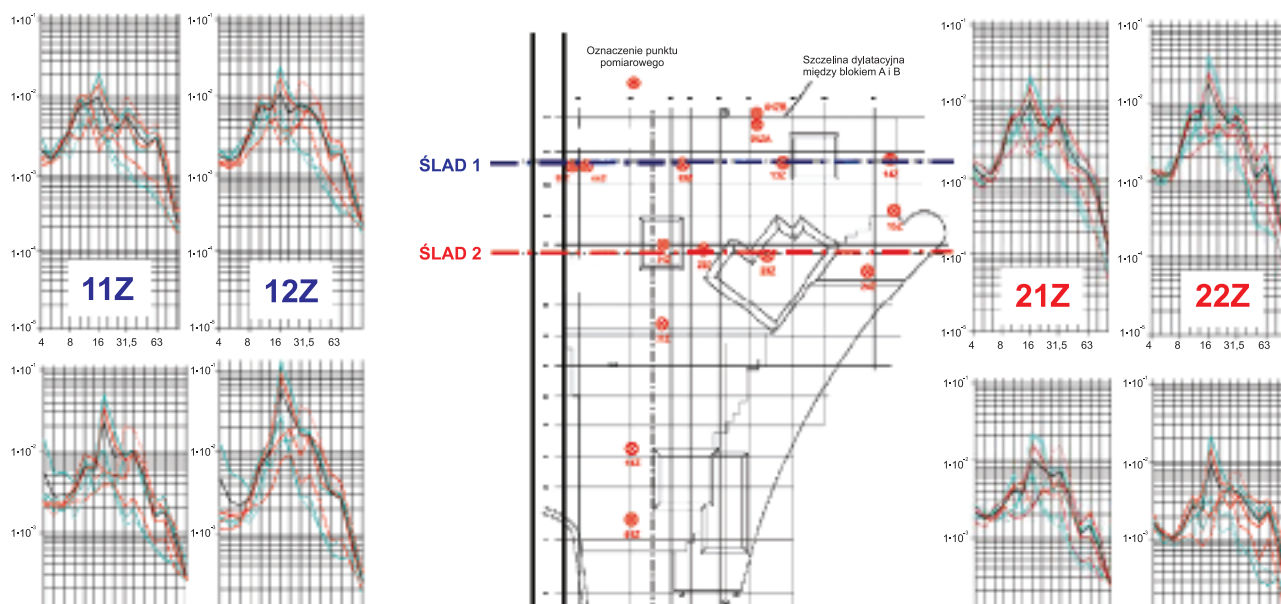
Fot. 12. Ułożenie wierzchniej warstwy wyrównawczej

### Pomiary kontrolne podczas wykonywania płyty fundamentowej

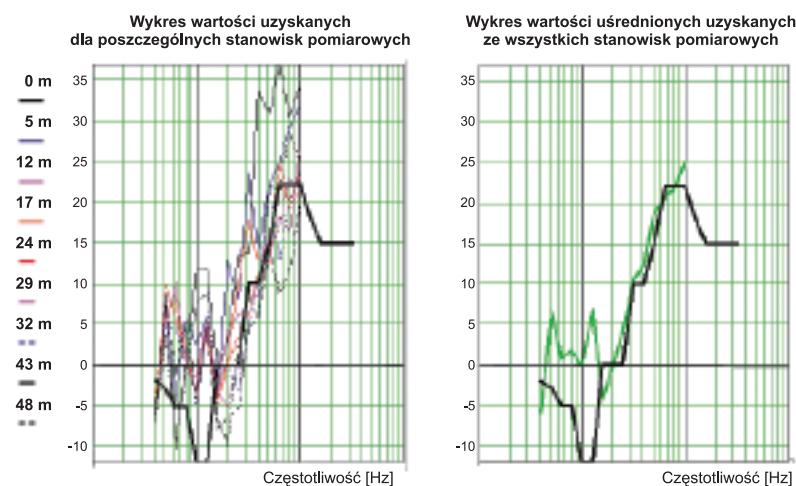
Na tym etapie budowy sporządzono prognozy skuteczności podparcia elastycznego oraz wyznaczono wymagane tłumienie wtrącenia (algebraiczna różnica poziomu ciśnienia akustycznego emisji danego źródła dźwięku w trójwymiarowym paśmie częstotliwości z zastosowaniem ustroju tłumiącego i bez niego, wyrażona w dB). Wynik pierwszego pomiaru kontrolnego po wykonaniu płyty fundamentowej przedstawiono na rysunku 10.

Na podstawie średniej odległości stwierdzono, że żądane tłumienia wtrącenia zostały osiągnięte w optymalny sposób (rysunek 11). Uśrednienie jest dopuszczalne, ponieważ dźwięk mate-





Rys. 10. Wynik pierwszego pomiaru kontrolnego po wykonaniu płyty fundamentowej



Rys. 11. Uzyskane tłumienia wtrącenia w różnych odległościach od toru (po lewej), tłumienie wtrącenia uśrednione na podstawie poszczególnych wartości (po prawej), za każdym razem w porównaniu z wartością minimalną wymaganego tłumienia wtrącenia (ciągła czarna linia)

riałowy rozprasza się w budynku. Wynik kontroli był bardzo wartościowy dla wszystkich zainteresowanych. Dzięki niemu nie tylko można było pokazać inwestorowi, że zastosowane działania odnoszą właściwy, zamierzony skutek, ale także uwidocznili, że nie było potrzeby inwestowania zbyt dużych środków w zabiegi o większym działaniu ochronnym.

### Stan obecny

Kompleks budynków obejmujący hotel, biura i apartamenty został

w międzyczasie ukończony i oddany do użytkowania. Niedawno przeprowadzono końcowy pomiar weryfikacyjny. **Zaprojektowane i zrealizowane elastyczne posadowienie budynku (łącznie z wykonaniem ospoinowania zewnętrznych ścian piwnic) przynosi oczekiwane efekty** (fotografia 13). Określone wartości graniczne emisji drgań oddziałujących na użytkowników budynku nie są przekraczane. **Dzięki zastosowaniu częściowego podparcia elastycznego wykonanego w warunkach**



Fot. 13. Stan obecny kompleksu budynków Lenbach Garten

wód gruntowych udało się uniknąć:

- niezwykle kosztownego przeprojektowania posadowienia lub górnych kondygnacji budynku;
- powiększenia wykopu lub redukcji liczby dolnych kondygnacji;
- opóźnień w pracach i kar umownych.

**Maty wibroizolacyjne Cimax** użyte do elastycznego podparcia budynku zostały od tamtego czasu zastosowane w podobnych warunkach na kilku budowach. Nie są więc już potrzebne konstrukcje uszczelniające fundamenty typu „biała wanna”. Przy odpowiednich obliczeniach konstrukcyjnych częściowe elastyczne podparcie budynku może stanowić wystarczające rozwiązanie.

dr hab. inż. Krzysztof Stypuła, prof. P.K.\*

# Wpływ drgań komunikacyjnych na budynki i przebywających w nich ludzi

OCHRONA BUDOWLI PRZED DRGANIAMI

**D**rgania mechaniczne zwane wibracjami stanowią dla środowiska drugą obok hałasu uciążliwość związaną z budową i eksploatacją transportu szynowego. Przenoszą się one przez podłoże do budynku, wzbudzając drgania konstrukcji budynku oraz znajdujących się w nim ludzi (rysunek 1). Różnią się od fal akustycznych (hałasu) zakresem rozważanych częstotliwości drgań, sposobem pomiaru i analizy oraz zasadami ocen diagnostycznych.

W przypadku budowy/modernizacji linii kolejowych, tramwajowych lub metra oraz projektowania nowych budynków w sąsiedztwie takich linii należy na podstawie danych pomiarowych zaczerpniętych z odpowiednich baz:

- określić spodziewany poziom drgań generowanych przez pojazdy szynowe;
- ocenić wpływ prognozowanych drgań na konstrukcję budynków i ludzi przebywających w budynkach;
- wskazać (zaprojektować) skuteczne środki redukujące nadmierny wpływ drgań, jeżeli istnieje taka potrzeba.

Do takich analiz zobowiązują:

- Ustawa – *Prawo ochrony środowiska* z 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. z 2001, nr 62, poz. 627);
- rodzina norm ISO-14000 dotyczących tzw. zarządzania środowiskowego;
- Ustawa o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie z 13 kwietnia 2007 r. (Dz.U. z 26 kwietnia 2007 r., nr 75, poz. 493);
- Ustawa o dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie oraz o ocenach oddziaływania na środowisko z 9 listopada 2000 r. (Dz.U. z 2000 r. nr 109, poz. 1157);



Rys. 1. Przenoszenie się drgań komunikacyjnych na budynek

- Dyrektywa Rady 85/337/EWG z 27 czerwca 1985 r., w sprawie oceny skutków niektórych publicznych i prywatnych przedsięwzięć dla środowiska;
- Dyrektywa Rady 97/11/WE z 3 marca 1997 r., zmieniająca Dyrektywę 85/337/EWG w sprawie oceny wpływu wywieranego przez niektóre publiczne i prywatne przedsięwzięcia na środowisko;
- Dyrektywa 2001/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 27 czerwca 2001 r., w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko;
- Dyrektywa 2003/35/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 26 maja 2003 r., przewidująca udział społeczeństwa w sporządzaniu niektórych planów i programów w zakresie środowiska oraz zmieniająca w odniesieniu do udziału społeczeństwa i dostępu do wymiaru sprawiedliwości Dyrektywę Rady 85/337/EWG i 96/61/WE.

Zgodnie z art. 5 Ustawy – *Prawo budowlane* z 7 lipca 1994 r. obiekt budowlany należy projektować i budować, zapewniając ochronę przed hałasem i drganiami.

## Diagnostyka wpływu drgań na budynki i ludzi w budynkach wg polskich norm

W Polsce podstawy prawne oraz szczegółowe uregulowania dotyczące wykonywania ocen wpływu drgań na środowisko zawarte są w:

- PN-85/B-02170 *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki;*
- PN-88/B-02171 *Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.*

Oceny te obejmują: wpływ drgań na konstrukcję budynków i innych obiektów inżynierskich (np. mosty, maszty, kominy, kolektory kanalizacyjne, gazociągi); wpływ drgań na ludzi przebywających w budynku, a także, o ile to potrzebne, na urządzenia wrażliwe na drgania, jeżeli takie urządzenia znajdują się lub będą się znajdować w budynku. Ocenie podlegają drgania zmierzone w odpowiednich punktach konstrukcji lub otrzymane w wyniku obliczeń symulacyjnych na podstawie danych wejściowych pochodzących z takich pomiarów. Wyróżnia się trzy składowe drgania: dwie we wzajemnie prostopadłych kierunkach poziomych oznaczonych x i y oraz składową pionową z.

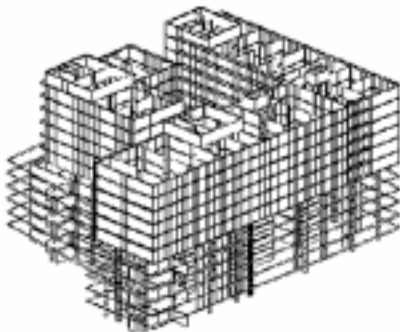
Specyfiką wpływów dynamicznych jest to, że stanowią one dodatkowe obciążenie budowli, które w określonych przypadkach musi być uwzględnione przez konstruktora w obliczeniach wytrzymałościowych jej konstrukcji. Dobór punktów pomiaru drgań w budynku, w celu określenia wpływu drgań na konstrukcję budynku i na przebywających w nim ludzi, wymaga również znajomości pracy dynamicznej tej konstrukcji. W związku z tym pomiary i oceny wpływów dynamicznych na środowisko powinny być wykonywane przez wyspecjalizowane zespoły z udziałem inżynierów konstruktorów budowlanych – specjalistów z zakresu dynamiki budowli.

\* Politechnika Krakowska, Instytut Mechaniki Budowli

**Diagnostyka wpływu drgań na budynki.** Norma PN-85/B-02170 określa dwa sposoby oceny wpływu drgań na konstrukcję budynku:

- **ocenę pełną** – stosowaną w odniesieniu do budynku każdego typu;
- **ocenę przybliżoną** (za pomocą skal wpływów dynamicznych SWD-I i SWD-II) stosowaną jedynie w przypadku dwóch określonych klas budynków.

Pełna ocena wpływu drgań na konstrukcję budynku powinna być wykonana zgodnie z zasadami dynamiki budowli. Wymaga zbudowania modelu konstrukcji budynku do obliczeń dynamicznych (rysunek 2) i wymuszenia jego drgań przez przyłożenie do fundamentów przebiegów czasowych drgań (zmierzonych lub prognozowanych drgań fundamentów) albo w postaci tzw. spektrów



Rys. 2. Przestrzenny model konstrukcji do obliczeń dynamicznych MES

odpowiedzi. Ocena wpływu drgań polega na sprawdzeniu możliwości wystąpienia rezonansu, wyznaczeniu sił bezwładności działających dodatkowo na konstrukcję pod wpływem drgań, obciążeniu modelu obliczeniowego konstrukcji wszystkimi obciążeniami statycznymi i dynamicznymi (siłami bezwładności) i sprawdzeniu tak obciążonej konstrukcji pod względem wytrzymałościowym zgodnie z wymaganiami obowiązujących norm na obliczenia statyczne i projektowanie konstrukcji. **Szczegółowe zasady obliczeń dynamicznych konstrukcji podane są w normie PN-85/B-02170 oraz w podręcznikach z zakresu dynamiki budowli.**

Biorąc pod uwagę pracochłonność obliczeń oraz fakt, że decydujący wpływ na konstrukcję budynków mają drgania poziome, w normie PN-85/B-02170 podano przybliżony sposób oceny wpływów dynamicznych (ściślej wpływu poziomych składowych drgań) na budynek za pomocą tzw. skal wpływów dy-

namicznych: SWD-I i SWD-II. Skale te dotyczą dwu najczęściej spotykanych klas budynków niskich i średniowysokich (do 5 kondygnacji nadziemnych włącznie) wykonanych z elementów murowych (przeznaczonych do ręcznego układania, jak cegła, pustaki itp.), wieloblokowych oraz wielokopułowych:

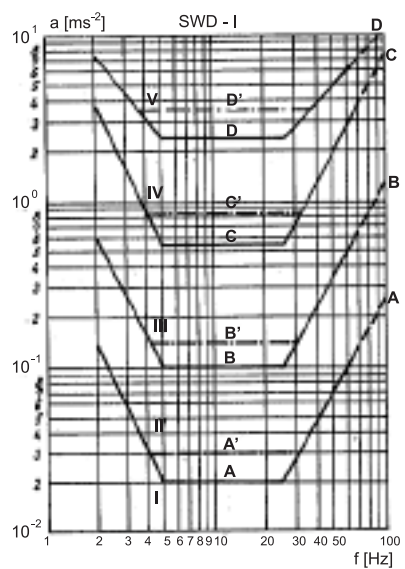
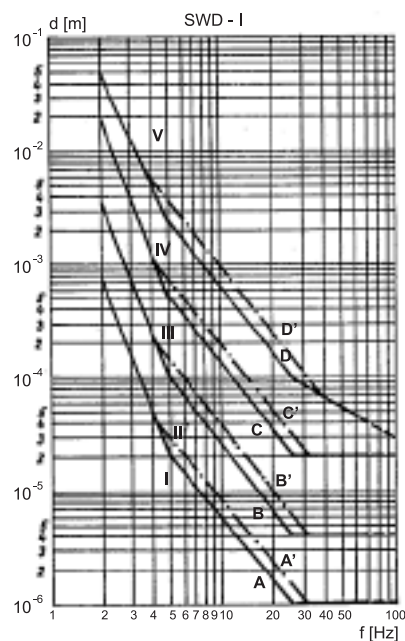
- skala SWD-I (rysunek 3) odnosi się do budynków o kształcie zwartym, małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego (nieprzekraczających 15 m), jedno- lub dwukondygnacyjnych i o wysokości nieprzekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego;

- skala SWD-II (rysunek 4) odnosi się do budynków nie wyższych niż pięć kondygnacji, których wysokość jest

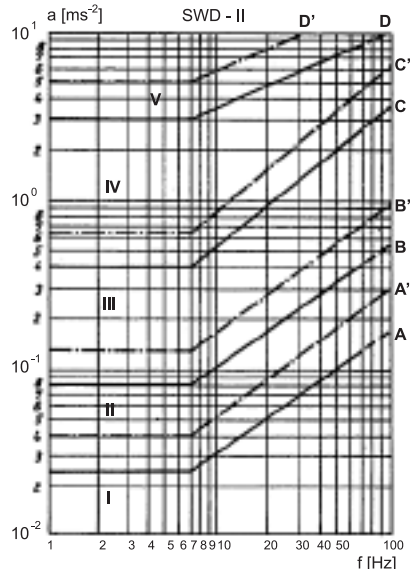
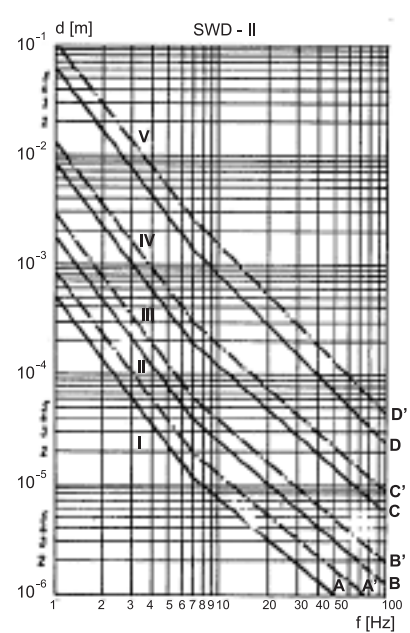
mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości budynku w rzucie poziomym oraz do budynków niskich (do dwóch kondygnacji), lecz niespełniających warunków podanych dla skali SWD-I.

Znając wartości amplitud przemieszczeń lub przyspieszeń (oś pionowa skali) oraz odpowiadających im częstotliwości drgań poziomych (oś pozioma skali) budynku (pomierzonych w poziomie terenu lub na fundamencie) można zakwalifikować drgania do jednej z pięciu stref szkodliwości:

- **strefa I** – drgania nieodczuwalne przez budynek;
- **strefa II** – drgania odczuwalne przez budynek, ale nieszkodliwe dla jego konstrukcji;



Rys. 3. Skala SWD-I wg PN-85/B-02170



Rys. 4. Skala SWD-II wg PN-85/B-02170

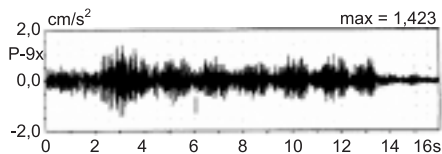
• **strefa III** – drgania szkodliwe dla budynku, powodują lokalne zarysowania i spękania;

• **strefa IV** – drgania o dużej szkodliwości dla budynku, stanowiące zagrożenie bezpieczeństwa ludzi;

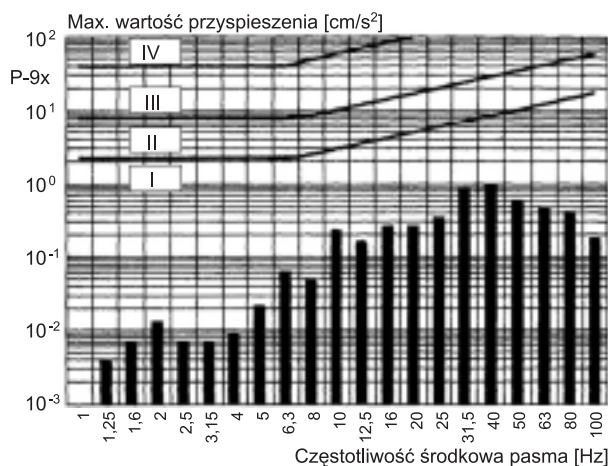
• **strefa V** – drgania powodujące awarię budynku przez walenie się murów, spadanie stropów itp., budynek nie może być użytkowany.

Na rysunku 5 przedstawiono przebieg czasowy poziomych drgań budynku (pomierzonych w poziomie terenu) wywołanych przejazdem pociągu w tunelu kolei średnicowej w Warszawie, a na rysunku 6 przykładowe wyniki przybliżonej metody oceny wpływu tych drgań na konstrukcję budynku (poszczególne słupki reprezentują maksymalne wartości amplitud przyspieszenia drgań, określone w tercjowych pasmach częstotliwości).

**Diagnostyka wpływu drgań na ludzi przebywających w budynkach.** W przypadku drgań komunikacyjnych, czy spowodowanych pracami budowlanymi – ludzie przebywający w budynkach odbierają drgania w sposób bierny, ponieważ nie mają bezpośredniego wpływu na źródło tych drgań. Diagnostyka wpływu drgań na ludzi wykonywana jest w Polsce na podstawie normy **PN-88/B-02171** (zgodnej



Rys. 5. Przebieg czasowy drgań poziomych budynku (w poziomie terenu)



Rys. 6. Przybliżona ocena wpływu drgań na budynek (składowej poziomej x)

ze standardami ISO). Określa ona dopuszczalne wartości parametrów drgań mechanicznych w celu zapewnienia wymaganego komfortu przebywania ludzi w pomieszczeniach, w zależności od:

• przeznaczenia pomieszczenia w budynku (mieszkalne, biura, warsztaty pracy, szpitale, precyzyjne laboratoria itp.);

• pory występowania drgań (dzień, tj. od godz. 6 do 22 lub noc, tj. od godz. 22 do 6);

• charakteru i powtarzalności drgań, • kierunku działania drgań (drgania poziome lub pionowe) i pozycji człowieka podczas odbioru drgań (stojąca lub leżąca).

Podstawą oceny są wyniki analizy częstotliwościowej drgań zarejestrowanych w miejscu odbioru ich przez człowieka. Analizuje się wartości skuteczne przyspieszeń drgań, tzw. RMS (*root mean square*) w tercjowych pasmach częstotliwości i porównuje je z dopuszczalnymi wartościami tych parametrów. Na rysunku 7 przedstawiono wyniki analizy wpływu drgań stropu na ludzi (w porównaniu z krzywymi dopuszczalnego komfortu). Krzywe zaznaczone linią przerywaną dotyczą drgań pionowych (wzdłuż podłużnej osi ciała człowieka), a linią ciągłą oznaczono progi komfortu w przypadku drgań poziomych (prostopadłych do podłużnej osi ciała człowieka). Krzywe najniższe, oznaczone cyfrą 1, reprezentują progi odczuwalności przez ludzi drgań pionowych (linia przerywana) i poziomych (linia ciągła).

**Ocena wpływu drgań na urządzenia znajdujące się w budynkach.**

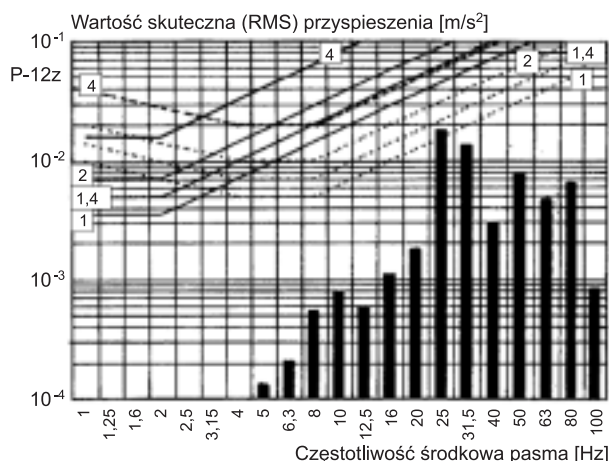
Zasady oceny zawarte są w normie **PN-85/B-02170**. Podstawą oceny wpływu drgań na poszczególne urządzenia jest porównanie wyników pomiaru drgań z wartościami dopuszczalnymi amplitud drgań podanymi przez producenta lub użytkownika urządzenia. Jeżeli wymagania te nie są znane, to można posłużyć się orientacyjnymi dopuszczalnymi wartościami skutecznymi prędkości drgań podanymi w normie **PN-85/B-02170**.

### Prognozowanie wpływów dynamicznych od transportu szynowego

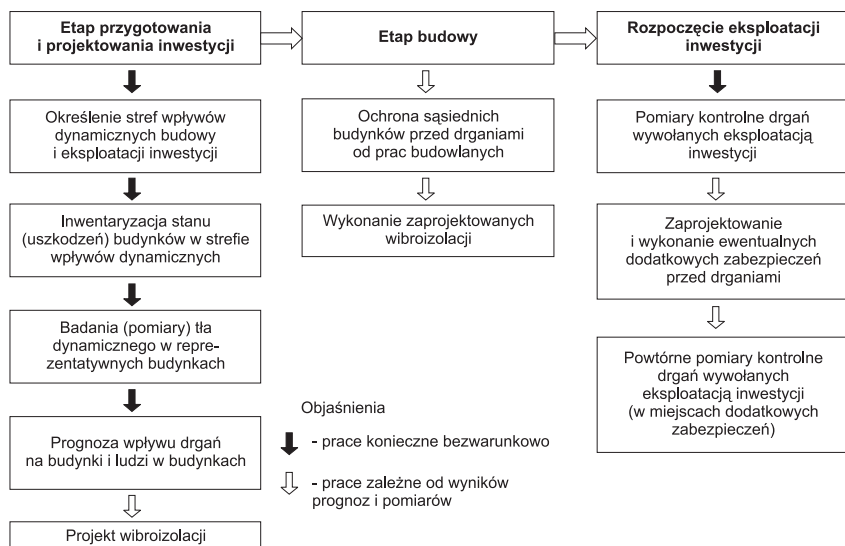
Obszar, na którym zabudowa wymaga uwzględnienia (analiz, pomiarów, prognoz) wpływów dynamicznych wywołanych przez dane źródło drgań, a przenoszonych przez grunt, nazywa się **strefą wpływów (oddziaływań) dynamicznych tego źródła**. Orientacyjne wartości zasięgu strefy wpływów dynamicznych wynoszą: linia kolejowa – 25 ÷ 50 m, linia tramwajowa 15 ÷ 25 m, linia metra – 40 m, zagęszczenie gruntu walcem wibracyjnym – 20 ÷ 60 m, wbijanie ścianki szczelnej młotem wibracyjnym lub udarowym 20 ÷ 30 m.

**Prognozowanie drgań w przypadku inwestycji transportu szynowego.** Ochrona przed drganiami w przypadku inwestycji transportu szynowego obejmuje następujące działania, które powinny być wykonane w odpowiedniej kolejności (rysunek 8):

• na etapie przygotowania i projektowania inwestycji:



Rys. 7. Wyniki analizy wpływu drgań na ludzi w budynku



Rys. 8. Harmonogram prac z zakresu ochrony przed drganiami w przypadku inwestycji transportu szynowego

- określenie stref wpływów dynamicznych przewidywanych prac budowlanych (wbijanie w grunt pali i ścianek szczelnych, stosowanie walców wibracyjnych, ruch ciężkich pojazdów) i eksploatacji inwestycji;

- inwentaryzacja stanu (uszkodzeń) budynków w strefie wpływów dynamicznych;

- badania tła dynamicznego (wykonuje się w wybranych budynkach reprezentatywnych dla pozostałej zabudowy w strefie wpływów dynamicznych); obejmujące pomiar drgań pochodzących ze źródeł istniejących przed rozpoczęciem inwestycji wraz z oceną wpływu tych drgań na konstrukcję budynków oraz na ludzi w budynkach;

- wykonanie, na podstawie wyników pomiarów oraz obliczeń symulacyjnych, prognozy wpływu drgań na budynki i ludzi w budynkach, obejmującej wpływ drgań budowlanych na konstrukcję budynku oraz drgań wywołanych przyszłą eksploatacją inwestycji na budynki i ludzi w budynkach z ewentualnym wskazaniem obiektów, w których drgania powinny być monitorowane przez pomiary dynamiczne prowadzone w sposób ciągły lub jako okresowe pomiary kontrolne;

- wykonanie projektu zabezpieczeń wibroizolacyjnych, jeśli potrzeba taka wynika z wykonanej wcześniej prognozy;

- na etapie budowy:

- ochrona sąsiednich budynków przed drganiami wywołanymi pracami budowlanymi, obejmująca m.in.

- kontrolne pomiary drgań podczas prowadzenia tych prac i określenie „bezpiecznych” parametrów pracy urządzeń generujących drgania (młoty wibracyjne do wbijania ścianek szczelnych, drogowe walce wibracyjne itp.);

- wykonanie zabezpieczeń wibroizolacyjnych, jeśli takie zostały zaprojektowane,

- po rozpoczęciu eksploatacji:

- pomiary kontrolne drgań wywołanych eksploatacją inwestycji; opracowanie wyników tych badań stanowi dokument potwierdzający spełnienie wymagań w zakresie ochrony środowiska przed drganiami. W miarę możliwości pomiary powinny zostać wykonane w tych samych obiektach i punktach pomiarowych, w których wykonano wcześniej badania tła dynamicznego, co pozwala na porównanie wyników oceny wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach sprzed i po wykonaniu inwestycji;

- zaprojektowanie i wykonanie ewentualnych dodatkowych zabezpieczeń przed drganiami, jeżeli pomiary kontrolne nie potwierdzą spełnienia wymagań normowych, a następnie sprawdzenie skuteczności rozwiązania powtórными pomiarami kontrolnymi.

Obliczenia symulacyjne obejmują z reguły:

- wybór budynków najbardziej narażonych na wpływy dynamiczne wywołane przyszłą eksploatacją nowej inwestycji;

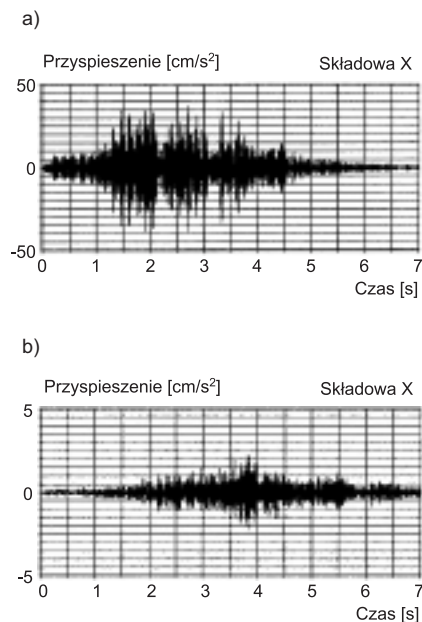
- sporządzenie modeli do obliczeń dynamicznych budynków oraz jeżeli to potrzebne również modeli do obliczeń propagacji drgań od torowiska do budynku;

- weryfikację modeli obliczeniowych budynków na podstawie wyników pomiarów tła dynamicznego w tych budynkach;

- obliczenie prognozowanych drgań wywołanych przyszłą eksploatacją nowej inwestycji i na tej podstawie sporządzenie ocen wpływu drgań na budynki i na ludzi w nich przebywających.

Jeżeli prognoza wykaże, że wymagane warunki w zakresie ochrony przed drganiami budynku, a szczególnie ludzi w nim przebywających nie zostaną spełnione, to należy przystąpić do zaprojektowania wibroizolacji, przeprowadzając obliczenia symulacyjne dla różnych wariantów i parametrów wibroizolacji, aż otrzyma się zadowalający wynik.

**Prognozowanie drgań w przypadku budynku projektowanego w strefie wpływów dynamicznych istniejącej linii transportu szynowego.** Konieczne jest wykonanie prognozy wpływu drgań na projektowany budynek na podstawie pomiarów drgań wywołanych przez istniejące źródło drgań w budynkach podobnych do projektowanego (pod względem konstrukcji, usytuowania względem źródła drgań, warunków posadowienia itp.). Jeżeli nie ma możliwości skorzystania z wyników takich pomiarów (np. nie istnieje porównywalny budynek), należy wykonać pomiary drgań gruntu w miejscu przyszłego posadowienia projektowanego budynku, a następnie sporządzić prognozę, uwzględniając redukcję drgań na styku grunt – budynek. Nieuwzględnienie zjawiska redukcji drgań przekazujących się z gruntu na budynek grozi znacznym przewymiarowaniem konstrukcji budynku oraz ewentualnym wykonaniem zbędnych, a kosztownych zabezpieczeń wibroizolacyjnych (rysunek 9). Prognoza powinna zawierać ocenę wpływu przewidywanych drgań na konstrukcję budynku, a także na ludzi (i ewentualnie urządzenia) w budynku, obliczenia dynamiczne w celu określenia sił bezwładności obciążających konstrukcję (jeśli to konieczne



Rys. 9. Przebiegi czasowe składowej poziomej radialnej (X) drgań swobodnej powierzchni gruntu (a) oraz drgań budynku (b) wywołanych przejazdem pociągu metra

do uwzględnienia w projekcie budynku), zalecenia konstrukcyjne wraz z proponowanymi w uzasadnionych przypadkach środkami technicznymi mającymi obniżyć poziom drgań budynku do wartości spełniających wymagania komfortu przebywania w budynku.

**Prognozowanie drgań w przypadku budynku projektowanego w strefie wpływów dynamicznych projektowanej linii transportu szynowego.** Należy wykonać prognozę drgań jak w przypadku istniejącej linii transportu szynowego, przy czym podstawą prognozy powinny być pomiary wykonane w istniejącym budynku, podobnym (pod względem konstrukcji, usytuowania względem źródła drgań, warunków posadowienia itp.) do projektowanego, który jest poddany wpływom dynamicznym z podobnego do projektowanego źródła drgań. Podstawą prognozowania są otrzymane doświadczalnie wyniki pomiarów. Prognoza będzie tym lepsza, im szerszą bazą danych pomiarowych dysponują jej wykonawcy, pod warunkiem, że są to dane uzyskane przez zespół gwarantujący jakość pomiarów i analizy ich wyników (np. przez akredytowane laboratorium pomiarowe).

## Sposoby redukcji wpływu drgań komunikacyjnych na środowisko

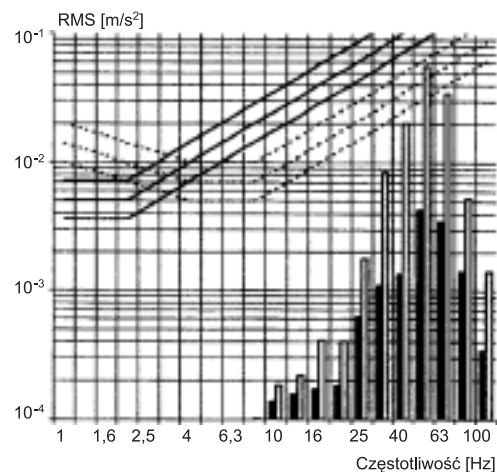
**Ograniczenie emisji drgań w ich źródle.** Podstawowym i najbardziej skutecznym sposobem jest ograniczenie emisji w źródle drgań przez:

- dobór taboru szynowego o niskiej dynamiczności;
- regulacje parametrów pracy źródła drgań, np. prędkości pojazdów;
- utrzymywanie właściwego stanu technicznego źródła drgań (zlikwidowanie nierówności nawierzchni, reprofilacja kół itd.) w powiązaniu z kontrolą tego stanu;
- wprowadzenie wibroizolacji

w konstrukcji nawierzchni szynowej.

Jeżeli dysponuje się taborem (np. tramwajowym) o różnej dynamiczności, to do obsługi tych linii komunikacyjnych, przy których znajdują się budynki bardziej wrażliwe na drgania (z powodu ich niewielkiej odległości od linii, podatnej na drgania konstrukcji, złego stanu technicznego, zbyt wysokiego charakteru, niekorzystnych warunków gruntowo-wodnych itp.), należy kierować pojazdy generujące mniej intensywne drgania. Nie zawsze jednak pojazd wywołujący hałas o mniejszym natężeniu będzie również źródłem mniej intensywnych drgań. W związku z tym dynamiczność pojazdu można ocenić jedynie na podstawie pomiarów drgań generowanych przez niego do środowiska (najlepiej drgań sąsiednich budowli).

Istnieje przekonanie, że wzrost prędkości pojazdu powoduje wzrost poziomu drgań wzbudzanych przez pojazd. W rzeczywistości zależność ta jest bardziej złożona, gdyż poziom drgań jest efektem wpływu prędkości pojazdu, stopnia jego obciążenia i nierówności nawierzchni. W transporcie szynowym duże znaczenie ma stan kół. Niewłaściwa ich geometria (zbyt duże bicie promieniowe, lokalne spłaszczenia itp.) może spowodować zwielokrotnienie poziomu amplitud drgań budowli. Na rysunku 10 przedstawiono wyniki pomiarów drgań budynku w sąsiedztwie warszawskiego metra podczas przejazdu dwóch pociągów tego samego typu, różniących się jedynie stanem (kształtem) kół. Zmierzono bicie promieniowe, czyli różnicę pomiędzy naj-



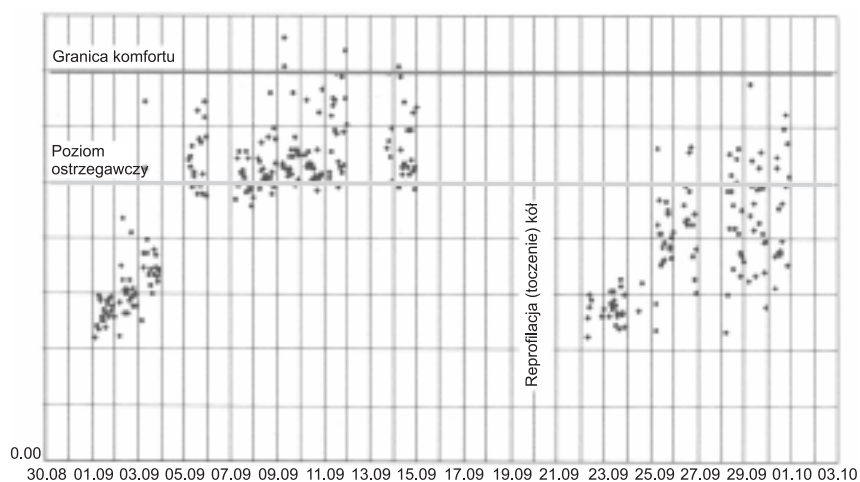
Rys. 10. Porównanie wyników analizy wpływu na ludzi drgań pionowych stropu budynku podczas przejazdów pociągu A (słupki czarne) i pociągu B (słupki białe)

mniejszym i największym promieniem kół pociągów. Maksymalne wartości wynosiły: w pociągu A (po przetoczeniu kół) – 0,09 mm; w pociągu B – 1,2 mm. Z rysunku 10 wynika, że analizy wpływu drgań pionowych stropu na ludzi wykazały kilkunastokrotny wzrost tego wpływu w przypadku pociągu B.

Kontrola stanu kół powinna być prowadzona przede wszystkim w transporcie miejskim, a więc w metrze i w przedsiębiorstwach tramwajowych. Rozwiązaniem może być stały monitoring drgań w odpowiednio dobranym, reprezentatywnym budynku lub budynkach. System takiego monitoringu dla warszawskiego metra został opracowany pod kierunkiem autora w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej (rysunek 11) i wdrożony w trzech budynkach. Wskazania monitoringu pozwalają eliminować z eksploatacji wadliwe zestawy kołowe, których koła powinny zostać poddane reprofilacji. Na rysunku 12 przedstawiono wyniki monitoringu w postaci rozkładu wyników analizy wpływu drgań na ludzi (maksymalnych wartości RMS przyspieszeń drgań), jaki wystąpił w monitorowanym budynku w ciągu ok. 1 mie-



Rys. 11. Schemat systemu monitoringu w metrze w Warszawie



Rys. 12. Rozkład wyników analiz wpływu na ludzi (wartości skutecznych przyspieszeń –  $RMS_{max}$ ) drgań w monitorowanym budynku podczas przejazdów pociągu Y

siąca podczas przejazdów tego samego pociągu. Zwraca uwagę spadek poziomu drgań po reprofilacji (przetoczeniu) kilku zestawów kołowych znajdujących się w najgorszym stanie pod względem geometrii kół.

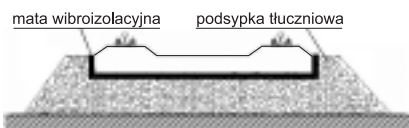
Istotnym czynnikiem ograniczenia poziomu drgań komunikacyjnych jest utrzymanie właściwego stanu nawierzchni, po której porusza się pojazd, w tym szlifowanie szyn, a szczególnie dbanie o stan rozjazdów i skrzyżowań torów. Poziom drgań powodowanych przejazdem pociągu lub tramwaju przez rozjazd lub skrzyżowanie wzrasta co najmniej kilkakrotnie w stosunku do przejazdu po prostym odcinku toru. Istotne jest również zachowanie ciągłości podparcia szyny tak, aby nie było przemieszczających się w pionie, niepodbitych podkładów, niesprawnych przytwierdzeń szyny czy też wyrw w ciągłym jej podparciu (np. w torach tramwajowych).

Ważne znaczenie ma konstrukcja nawierzchni szynowej. Tradycyjnie w nawierzchniach podsypkowych wykorzystywano właściwości tłumiące tłucznia oraz drewnianych podkładów. W nowych konstrukcjach duże możliwości ograniczenia drgań daje stosowanie wibroizolacji w postaci podkładek, mat i zalewowych mas wibroizolacyjnych. Pierwsze zastosowania w nawierzchniach kolejowych dotyczyły z reguły wprowadzenia wibroizolacji w postaci podkładki w węzle mocującym szynę. Później zaczęto wprowadzać maty wibroizolacyjne pod podkładami (rysunek 13), a także maty podtłuczniowe (podtorowe), które można

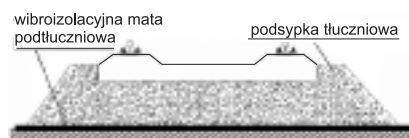
stosować po uzyskaniu odpowiedniego zagęszczenia podłoża bezpośrednio na gruncie lub na obiektach inżynierskich (rysunek 14).

Kolejnym krokiem na drodze do obniżenia poziomu generowanych drgań w przypadku nawierzchni bezpodsynekowych było stosowanie podpór blokowych w otulinie (rysunek 15a) lub różnych konstrukcji szyn pływających (zwanymi też szynami w otulinie – rysunek 15b), szczególnie w nawierzchniach tramwajowych, w tunelach oraz na przejazdach kolejowych.

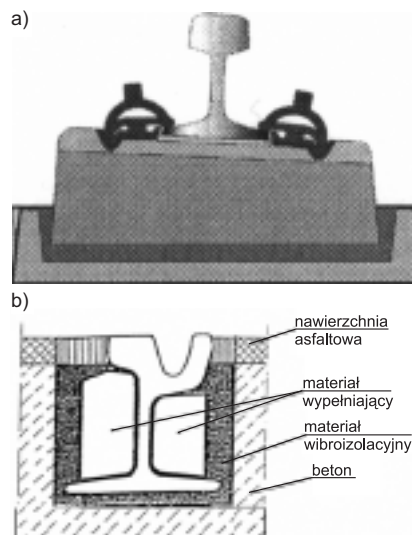
Coraz częściej stosuje się rozwiązania wielostopniowe, np. w przypadku nawierzchni bezpodsynekowych oprócz podpory blokowej lub szyny pływającej wprowadza się wibroizolację pomiędzy płytą podtorową a konstrukcją podbudowy. Czasami są to wibroizolatory sprężynowe (szczególnie skuteczne w przypadku bardzo niskiej częstotliwości drgań), czasem płyty z wełny mineralnej, a najczęściej maty wibroizolacyjne (tzw. płyta pływająca – rysunek 16), które zaprojekt-



Rys. 13. Schemat zastosowania maty podkładowej



Rys. 14. Schemat zastosowania maty podtłuczniowej



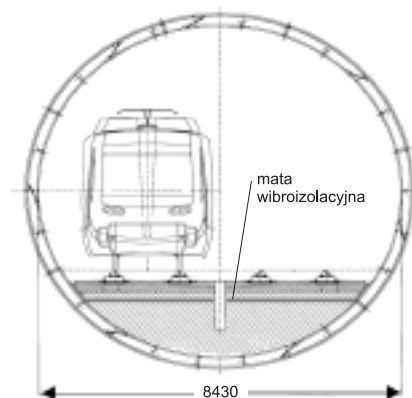
Rys. 15. Schemat podpory blokowej w otulinie (a) oraz szyny pływającej (b)



Rys. 16. Schemat nawierzchni kolejowej z trójstopniową wibroizolacją (podkładka w węzle mocującym szynę, podpora blokowa w otulinie, pływająca płyta podtorowa)

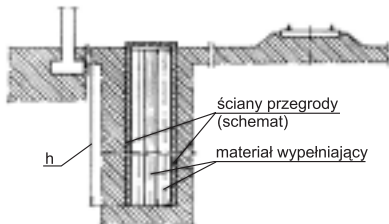
towano w ramach modernizacji nawierzchni w kolejowym tunelu średnicowym w Warszawie oraz na bieleńskim odcinku I linii warszawskiego metra. Na rysunku 17 przedstawiono schemat podobnego rozwiązania konstrukcji nawierzchni, stosowanego w metrze w Madrycie.

**Ograniczenie propagacji drgań w podłożu.** Uzyskuje się je przez odsunięcie linii komunikacyjnej od chronionego obiektu (jeśli to możliwe) lub wykonanie w gruncie przegrody wibro-



Rys. 17. Schemat zastosowania maty wibroizolacyjnej i systemu EBS Edilon w konstrukcji nawierzchni szynowej metra w Madrycie

izolacyjnej pomiędzy źródłem drgań a budynkiem (rysunek 18). W odróżnieniu od poprzednich sposobów, rozwiązania te nie chronią całego otoczenia, lecz wybrane obiekty.



Rys. 18. Schemat wibroizolacyjnej przegrody warstwowej w podłożu gruntowym (R. Ciesielski, J. Domski, K. Stypuła – patent nr 168171)

Rodzaj przegrody wibroizolacyjnej, a więc jej konstrukcja (cechy materiału), wymiary i usytuowanie względem źródła drgań i chronionego budynku zależą od charakteru izolowanych drgań (spektrum częstotliwościowego i długości fali). Istotna jest również budowa podłoża (w tym statyczne i dynamiczne cechy gruntów). Trudność stanowi również fakt, że z jednej strony konstrukcja przegrody musi wytrzymać parcie gruntu, z drugiej zaś nie można stosować klasycznych elementów rozporających szczelinę w gruncie ze względu na przenoszenie przez nie drgań (już niewielka liczba rozpór może zniweczyć wibroizolacyjne działanie przegrody). Przegroda musi być także zabezpieczona przed przedostaniem się wody do jej wnętrza. Podobnie jak w przypadku projektowania innych rozwiązań wibroizolacyjnych, przed zastosowaniem przegrody wibroizolacyjnej w gruncie powinna zostać określona jej skuteczność w poszczególnych pasmach częstotliwości. W tym celu należy wykonać badania doświadczalne lub obliczenia symulacyjne. Niewłaściwie zaprojektowana przegroda może być całkowicie nieskuteczna.

**Ograniczenie drgań w budynku.**

Trzecia grupa zabezpieczeń dotyczy samego budynku. Odbiór drgań przez budynki, a więc również wpływ drgań na budynki i ludzi w budynkach, zależy od konstrukcji, a szczególnie od cech dynamicznych obiektu. Na rysunku 19 porównano, uzyskany z prognozy, wpływ na ludzi drgań na dwóch najniższych kondygnacjach dwóch budynków o konstrukcji murowej i stropach

gęstożebrowych, ale o różnych rozpiętościach stropów na I piętrze.

Jeden z nich to budynek biurowy o trzech kondygnacjach, a drugi mieszkalny o pięciu kondygnacjach. Przedstawione wykresy dotyczą tego samego prognozowanego wymuszenia kinematycznego. Odbiór drgań na parterze jest podobny, natomiast na I piętrze widoczny jest wpływ różnic w konstrukcji budynku na poziom drgań. W związku z tym w przypadku budynku nowo budowanego, należy przede wszystkim sprawdzić możliwość obniżenia poziomu drgań w budynku przez zmiany konstrukcyjne, np. zmianę sztywności konstrukcji obiektu, szczególnie dotyczy to jej sztywności w kierunku poziomym oraz sztywności płyt stropowych. Jeżeli te działania nie są wystarczające, to możliwe jest wprowadzenie wibroizolacji do konstrukcji budynku najczęściej pomiędzy podłożem lub fundamentami (podporami) a konstrukcją budynku. Stosowane są:

- maty wibroizolacyjne z różnych materiałów (elastomery, guma, granulaty gumowe, granulaty korkowe itp.);

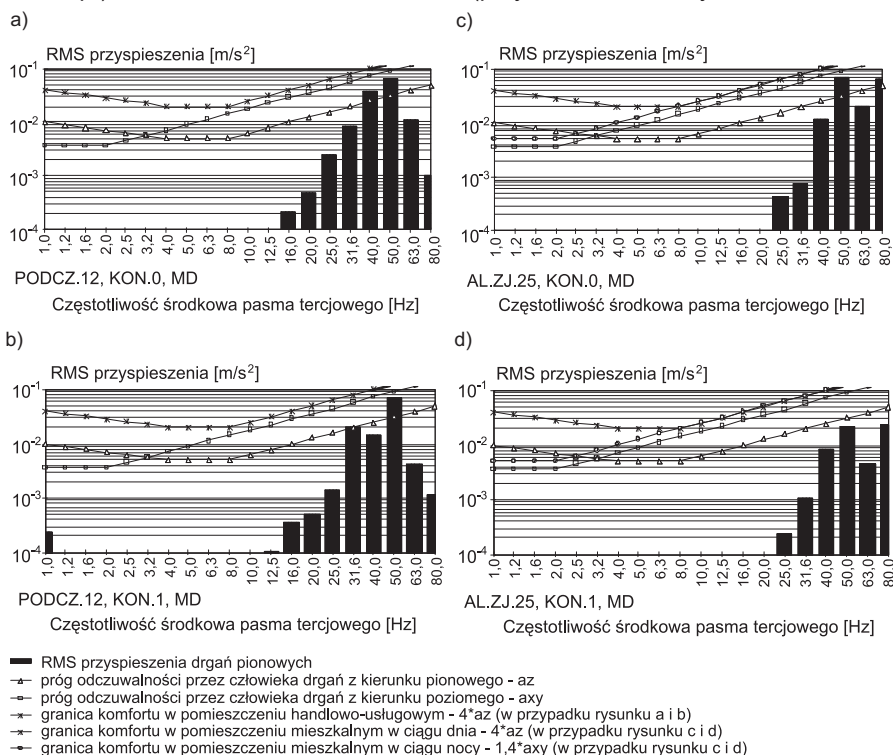
- wibroizolatory elastomerowe lub sprężynowe, a także kombinacje elastomerów i sprężyn;

- poduszki powietrzne.

Elementy tłumiące wibroizolatorów elastomerowych i sprężynowych mogą być wstępnie sprężone. Wibroizolatory sprężynowe skutecznie obniżają poziom drgań w paśmie częstotliwości 3 ÷ 5 Hz, podczas gdy materiały elastomerowe efektywnie redukują drgania o częstotliwości powyżej 6 Hz.

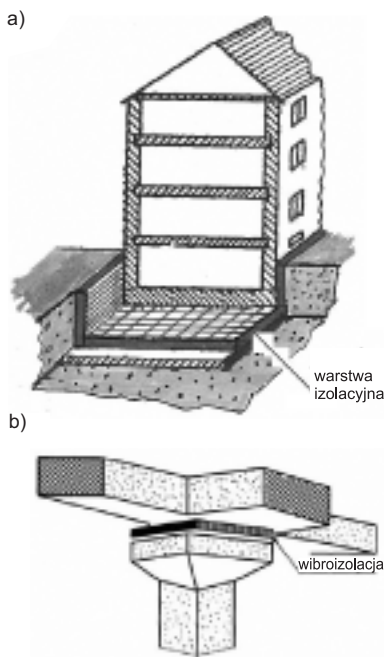
W przypadku drgań od transportu szynowego najczęściej stosuje się całkowite lub częściowe podcięcie budynku matą wibroizolacyjną (rysunek 20a) lub też układa kawałki maty (względnie wibroizolatorów) w miejscach oparcia konstrukcji budynku na fundamencie, np. punktowo pomiędzy rusztem budynku a poszczególnymi palami, na których jest on posadowiony (rysunek 20b).

Jeżeli konstrukcja budynku będzie znajdowała się bezpośrednio na konstrukcji tunelu komunikacyjnego (np. metra), możliwe jest skuteczne zabezpieczenie budynku przez wprowadzenie wibroizolacji na styku obu konstrukcji (przykładem może być zastosowane



Rys. 19. Wpływ drgań pionowych wywołanych przejazdami metra na ludzi przebywających: a) na parterze budynku P12; b) na I piętrze budynku P12; c) na parterze budynku AZ25; d) na I piętrze budynku AZ25 [Ekspertyza wpływu drgań i obciążeń dynamicznych na konstrukcje budynków i ludzi wzdłuż projektowanej I linii metra na odcinku bielańskim w Warszawie. Instytut Mechaniki Budowlanej Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]

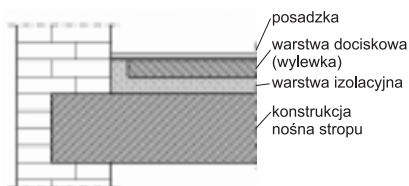




Rys. 20. Zastosowanie mat wibroizolacyjnych do ochrony budynku przed drganiami (opis w artykule)

przez autora wprowadzenie wibroizolacji pomiędzy zeskalonym podłożem budynku a konstrukcją stacji Politechnika w warszawskim metrze). Jeżeli drgania nie są szkodliwe dla konstrukcji budynku, a konieczne jest niewielkie kilku- lub kilkunastoprocentowe obniżenie poziomu wpływu drgań na ludzi, to możliwe jest (zarówno w budynkach nowych, jak i już istniejących) zastosowanie warstwy wibroizolacyjnej w konstrukcji tzw. podłogi pływającej (rysunek 21).

W przypadku budynków już istniejących czasami odsuwa się trasy toru od obiektu. Dotyczy to szczególnie obiektów zabytkowych. Przykładem może być zamknięcie stacji metra w Rzymie i wykonanie nowej bardziej oddalonej od zabytkowego obiektu Villa Ruffo. W Warszawie, po wykonaniu prognozy wpływów dynamicznych, odsunięto o 2,5 m projektowaną trasę tunelu metra od budynku Hotelu Saskiego.



Rys. 21. Schemat konstrukcji podłogi pływającej

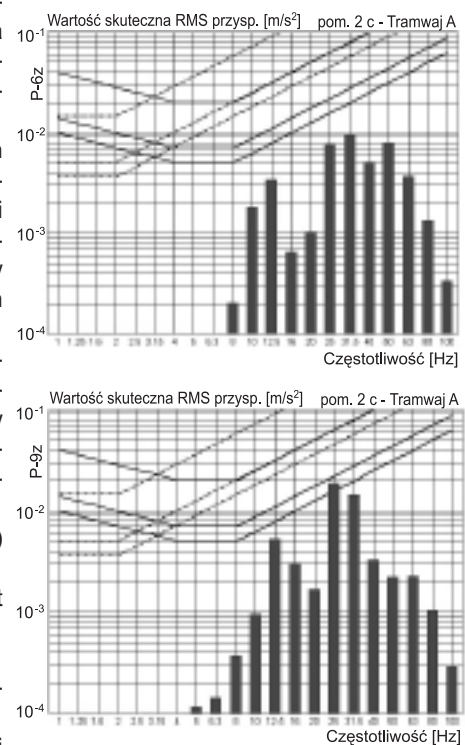
## Projektowanie wibroizolacji – przykłady zastosowania

Wprowadzenie wibroizolacji powinno być poprzedzone obliczeniami dynamicznymi (symulacją numeryczną) potwierdzającymi skuteczność wybranego wariantu wibroizolacji. Podstawą obliczeń symulacyjnych są dane materiałowe dostarczone przez producenta materiału wibroizolacyjnego, obejmujące m.in. wartości modułu odkształcenia podłużnego (moduł Younga) i postaciowego, współczynnika Poissona i tłumienia drgań w poszczególnych pasmach częstotliwości. Dobierając wibroizolację, należy zwrócić uwagę na jej skuteczność w niskich pasmach częstotliwości (w diagnostyce dynamicznej budowli bierze się pod uwagę zakres od 1 do 100 Hz), szczególnie w zakresie do 30 Hz. Z reguły w wyższych pasmach częstotliwości wytłumienie drgań jest łatwiejsze i bardziej skuteczne, stąd informacje handlowe często dotyczą głównie tego zakresu częstotliwości lub podają jeden współczynnik tłumienia, co nie jest wystarczające. Istotna jest także informacja na temat starzenia się materiału wibroizolacyjnego, tj. w jakim stopniu zmieniają się jego właściwości w czasie.

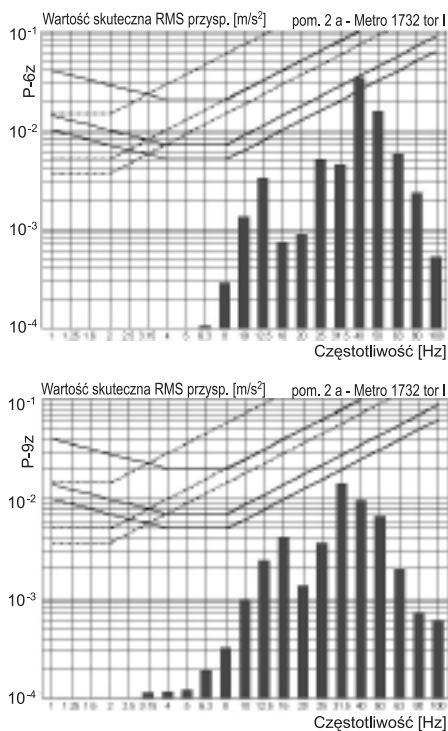
Konieczność wykonania obliczeń (lub badań doświadczalnych) potwierdzających skuteczność wibroizolacji w przypadku konkretnego jej zastosowania wynika z uzależnienia efektów wibroizolacyjnych od następujących czynników:

- sztywności i właściwości tłumiących materiału wibroizolacyjnego (masy zalewowej, mat itp.) oraz wymiarów zastosowanych elementów, np. grubości mat wibroizolacyjnych (z uwzględnieniem odkształceń nawierzchni);
- rozstawu podpór (np. blokowych) i wynikających z niego ugięć szyny;
- konstrukcji i wymiarów (masy) płyt podtorowych;
- sztywności podbudowy;
- konstrukcji obudowy tunelu w przypadku komunikacji podziemnej;
- różnego spektrum częstotliwości drgań w przypadku różnych rodzajów pojazdów (tramwaj, metro, wagon kolejowy);
- warunków gruntowo-wodnych na drodze propagacji od toru do budynku;
- konstrukcji i stanu technicznego budynku odbierającego drgania;

• różnic w odbiorze drgań przez ten sam budynek w zależności od tego, czy drgania pochodzą od komunikacji podziemnej czy powierzchniowej. To zagadnienie ilustrują, uzyskane z pomiarów, wyniki analizy wpływu na ludzi drgań pionowych na I i III piętrze budynku I-10 wywołanych przejazdem tramwaju (rysunek 22) oraz pociągu metra w tunelu (rysunek 23). Dolna linia ciągła i dolna linia przerywana oznaczają odpowiednio progi odczuwalności przez ludzi drgań pionowych i poziomych. Widoczna jest różnica w reakcji budynku na poszczególnych kondygnacjach. W przypadku tramwaju poziom drgań na dolnej kondygnacji mieści się poniżej progu odczuwalności drgań przez ludzi, a na III piętrze wyraźnie wzrasta. Odbiór drgań wywołanych przejazdami pociągów metra jest odmienny: największy wpływ na ludzi odnotowano na dolnej kondygnacji, a na wyższych poziomach drgań na ogół maleje. Wobec tak wielu zależności, przewidywania co do skuteczności wibroizolacji wymykają się intuicyjnej



Rys. 22. Analiza wpływu na ludzi drgań pionowych posadzki I (P-6z) i III (P-9z) piętra budynku I-10, wywołanych przejazdami tramwaju (w odległości 9 m) [Badania kontrolne wraz z analizą i oceną wpływu drgań wywołanych przejazdami metra na odcinku B18 na wybrane budynki i ludzi w budynkach. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]



Rys. 23. Analiza wpływu na ludzi drgań pionowych posadzki I (P-6z) i III (P-9z) piętra budynku I-10, wywołanych przejazdami metra w tunelu (w odległości 25 m) [Badania kontrolne wraz z analizą i oceną wpływu drgań wywołanych przejazdami metra na odcinku B18 na wybrane budynki i ludzi w budynkach. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]

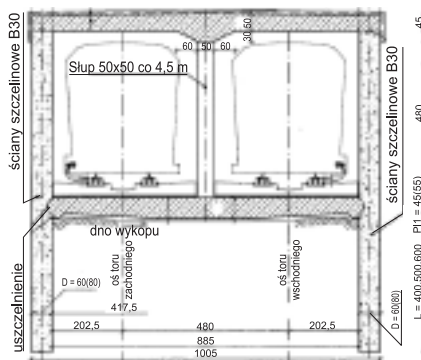
ocenie. Na podstawie odczuć akustycznych panuje np. przekonanie, że im mniej sztywna (bardziej „miękką”) wibroizolacja, tym większa jej skuteczność, tymczasem w określonych rozwiązaniach może ona gorzej spełniać swoją rolę od materiału o większej sztywności. W skrajnych przypadkach źle zaprojektowana wibroizolacja może być nieskuteczna lub nawet powodować wzrost poziomu wpływów dynamicznych w stosunku do sytuacji sprzed jej zastosowania (takie doświadczenia znane są np. z niektórych rozwiązań konstrukcji szyny pływającej).

Prawidłowo wykonane obliczenia symulacyjne, uwzględniające wymienione czynniki, pozwalają dobrać konstrukcję warstw nawierzchni szynowej oraz wymiary i właściwości elementów wibroizolacyjnych w taki sposób, aby osiągnąć wymagane obniżenie poziomu drgań przekazywanych na budowlę.

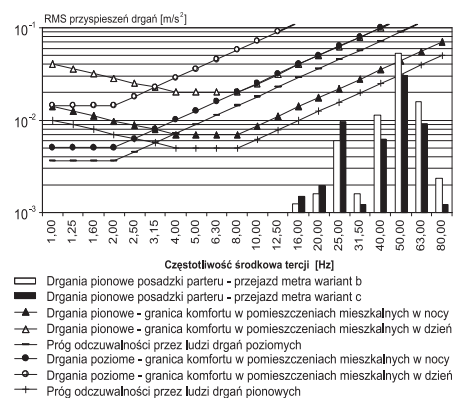
Zastosowanie wibroizolacji w konstrukcji nawierzchni szynowej na bieleńskim odcinku I linii metra w Warszawie. Procedury dotyczące ochrony śro-

dowiska przed drganiami zostały z powodzeniem zastosowane na bieleńskim odcinku I linii metra w Warszawie. W strefie oddziaływań dynamicznych metra, której zasięg został w Warszawie (metro płytkie) określony na 40 m (w rzucie poziomym) od ścian zewnętrznych tunelu, znalazło się 129 budynków, z których 36 wybrano jako reprezentatywne. We wszystkich budynkach wykonano inwentaryzację stanu technicznego ich konstrukcji (wraz z fotograficzną dokumentacją uszkodzeń), a następnie w budynkach reprezentatywnych kolejno: pomiary tła dynamicznego (wszystkie opisywane pomiary drgań wykonano Laboratorium Badania Odształceń i Drgań Budowli w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej – posiadające obecnie akredytację nr AB846 wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji) oraz prognozę wpływu drgań na budynek i ludzi przebywających w budynku. W związku z tym, że w znacznej liczbie budynków prognozowany poziom wpływu drgań na ludzi był zbyt wysoki (znaczące przekroczenia progu odczuwalności drgań przez ludzi) zaprojektowano w tunelu (rysunek 24), na odcinkach gdzie usytuowane są budynki, nową nawierzchnię bezpodsypkową z zastosowaniem bloków w otulinie systemu EBS (Embedded Block System) firmy Edilon oraz tam gdzie to było konieczne także mat wibroizolacyjnych.

Projektowanie rozpoczęto od optymalizowania konstrukcji tunelu z punktu widzenia ochrony sąsiedniej zabudowy przed drganiami. W tym celu dokonano analizy wpływu drgań na ludzi przebywających w wybranym budynku w zależności od wariantu konstrukcji obudowy tunelu (grubości ścian szczelinowych i ich zagłębienia, grubości płyty dennej, stosunku masy płyty podtorowej do płyty dennej itd.). Na rysunku 25



Rys. 24. Przekrój tunelu warszawskiego metra na odcinku bieleńskim

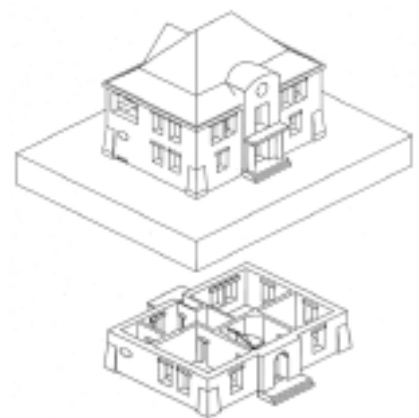


Rys. 25. Porównanie wpływu drgań na ludzi na parterze budynku K61 w przypadku ścian szczelinowych o grubości 60 cm i o długości 4 m (wariant b) lub 6 m (wariant c) – grubość płyty dennej 60 cm [Wstępna analiza konieczności zastosowania rozwiązań wibroizolacyjnych w konstrukcji nowej nawierzchni szynowej na bieleńskim odcinku metra od stacji A20 do A23. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007]

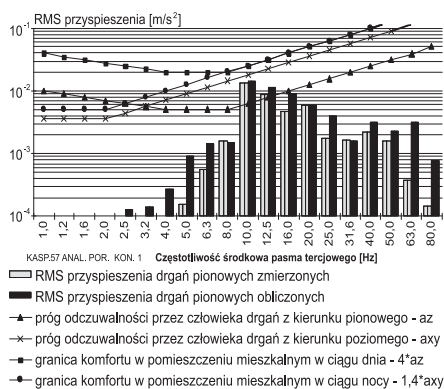
przedstawiono wyniki analizy takiej zależności w odniesieniu do dwóch różnych zagłębień ścian szczelinowych.

Całość procedury prognozowania drgań i projektowania wibroizolacji można prześledzić na przykładzie budynku K57, którego model obliczeniowy przedstawiono na rysunku 26.

Przed budową tuneli metra jedynym istniejącym źródłem drgań były pojazdy samochodowe. Drgania wywołane podczas ich przejazdów zostały pomierzone przy pomiarach tła dynamicznego. Z przedstawionej na rysunku 27 analizy widać, że drgania przekraczają próg odczuwalności

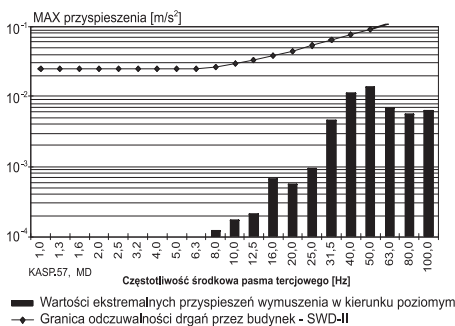


Rys. 26. Wizualizacja modelu obliczeniowego budynku K57 (całość i pojedyncza kondygnacja) [Ekspertyza wpływu drgań i obciążeń dynamicznych na konstrukcje budynków i ludzi wzdłuż projektowanej I linii metra na odcinku bieleńskim w Warszawie. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]



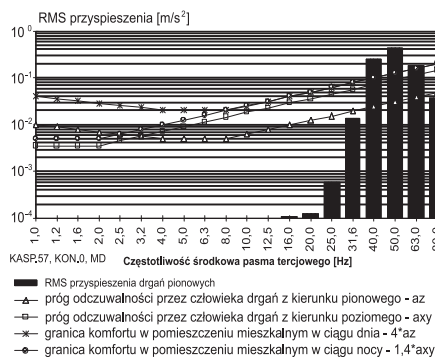
**Rys. 27.** Analiza porównawcza wpływu na ludzi drgań pionowych na I piętrze budynku K57 w przypadku przejazdu samochodu ciężarowego (pomiar 4) – wg badań *in situ* i symulacji numerycznej [Ekspertyza wpływu drgań i obciążeń dynamicznych na konstrukcję budynków i ludzi wzdłuż projektowanej I linii metra na odcinku białańskim w Warszawie. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]

drgań przez ludzi. Na rysunku 27 zamieszczono porównania wyników otrzymanych z pomiarów z rezultatami obliczeń symulacyjnych, w celu oceny poprawności modelu przyjętego do obliczeń symulacyjnych budynku. Po stwierdzeniu poprawności modelu wykonano obliczenia symulacyjne wpływu prognozowanych drgań wywołanych przejazdami metra na analizowany budynek. Prognozę wykonano, przyjmując dotychczas stosowaną w metrze warszawskim konstrukcję nawierzchni szynowej. Wyniki oceny wpływu prognozowanych drgań na konstrukcję budynku przedstawia rysunek 28, a najbardziej niekorzystne rezultaty analiz wpływu drgań metra na ludzi przebywających na parterze budynku K57 zamieszczono na rysunku 29. Z ry-



**Rys. 28.** Prognozowany wpływ drgań wywołanych przejazdami metra na budynek K57 [Ekspertyza wpływu drgań i obciążeń dynamicznych na konstrukcję budynków i ludzi wzdłuż projektowanej I linii metra na odcinku białańskim w Warszawie. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]

sunku 28 wynika, że prognozowany wpływ drgań na konstrukcję budynku będzie nieodczuwalny. Natomiast przewidywany wpływ drgań na ludzi w budynku (rysunek 29) jest bardzo wysoki nie tylko powyżej progu odczuwalności drgań przez ludzi, ale znacznie powyżej granic komfortu zarówno w ciągu dnia, jak i nocy. Konieczne było więc podjęcie prac nad zaprojektowaniem nawierzchni szynowej z zastosowaniem wibroizolacji (w postaci bloków EBS Edilon i mat wibroizolacyjnych). W tym celu wykonano obliczenie symulacyjne dla kilku wariantów elementów konstrukcji obudowy tunelu, rozstawów i rodzajów podpór blokowych, grubości i parametrów materiałowych mat wibroizolacyjnych. Wybrano wariant spełniający wymagania stawiane przez Metro Warszawskie Sp. z o.o. (inwestor I linii metra), a dotyczące uzyskania obniżenia poziomu drgań poniżej progu odczuwalności drgań przez ludzi. Uzyskany z prognoz efekt przedstawiono na rysunku 30.



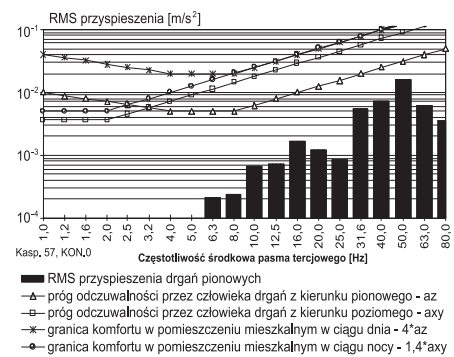
**Rys. 29.** Prognozowany wpływ drgań pionowych na ludzi przebywających na parterze budynku K57 podczas przejazdu metra [Ekspertyza wpływu drgań i obciążeń dynamicznych na konstrukcję budynków i ludzi wzdłuż projektowanej I linii metra na odcinku białańskim w Warszawie. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005]

**Modernizacja nawierzchni kolejowej w tunelu średnicowym w Warszawie.** W 2007 r. po raz pierwszy w Polsce wykonano nawierzchnię kolejową z dwustopniową wibroizolacją w postaci systemu podpór blokowych w otulinie EBS firmy Edilon oraz mat wibroizolacyjnych firmy Phoenix w tunelu średnicowym w Warszawie, znajdującym się pod jezdnią Alej Jeruzolimskich. Przygotowania do modernizacji nawierzchni w tunelach linii średnicowej rozpoczęto od wykonania pomiarów tła dynamicznego, poziomu dotychczasowych drgań, jakim podlegały sąsiadujące z tunelem budynki. Źródłami tych drgań były:

- ruch pojazdów samochodowych wzdłuż Alej Jeruzolimskich;
- przejazdy tramwajów wzdłuż Alej Jeruzolimskich;

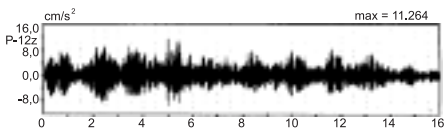
- ruch pociągów po starej nawierzchni w obu tunelach: podmiejskim – południowym i dalekobieżnym – północnym.

Do badań tła dynamicznego wybrano 8 budynków reprezentatywnych dla zabudowy znajdującej się wzdłuż trasy tunelu średnicowego. Pomiar wykazały, że w przypadku wszystkich badanych budynków drgania komunikacyjne z innych źródeł są pomijalnie małe, a głównym źródłem drgań mających wpływ na budynki są przejazdy pociągów w obu tunelach linii średnicowej. Drgania te były, co prawda, nieodczuwalne dla konstrukcji budynków, natomiast wpływały na mieszkańców budynków usytuowanych w północnej pierzei Alej Jeruzolimskich. Szczególnie dotyczyło to budynku S9 położonego najbliżej tunelu. Dla przykładu na rysunku 31

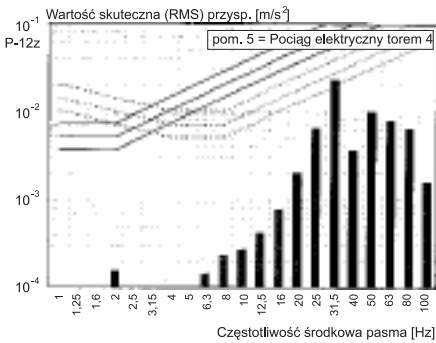


**Rys. 30.** Prognozowany wpływ drgań pionowych na ludzi przebywających na parterze budynku K57 podczas przejazdu metra po nawierzchni z zaprojektowaną wibroizolacją [Analiza rozwiązań wibroizolacyjnych w konstrukcji nowej nawierzchni szynowej dla tuneli szlakowych B21 i B22 oraz stacji A21 „Stare Bielany” i stacji A22 „Wawrzyszew” z uwagi na ograniczenie wpływu drgań na budynki i ludzi przebywających w budynkach. Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008]

przedstawiono przebieg czasowy drgań pionowych stropu budynku S9, wywołanych przejazdem pociągu EZT po torze 4 (tunel podmiejski), a na rysunku 32 wyniki analizy wpływu tych drgań na ludzi w porównaniu z krzywymi dopuszczalnego komfortu. Krzywe zaznaczone linią przerywaną dotyczą drgań pionowych (wzdłuż podłużnej osi ciała człowieka), a linią ciągłą oznaczono progi komfortu w przypadku drgań poziomych (prostopadłych do podłużnej osi ciała człowieka). Krzywe najniższe reprezen-



Rys. 31. Przebieg czasowy drgań pionowych stropu parteru budynku S9



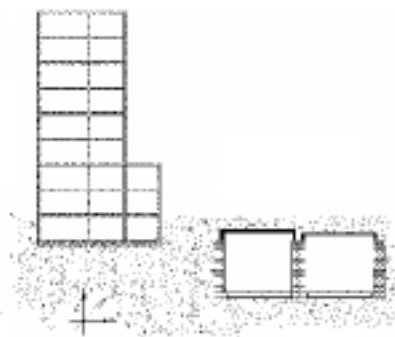
Rys. 32. Wpływ drgań pionowych stropu budynku S9 wywołanych przejazdem pociągu EZT po torze 4 w 2003 r. (tradycyjna nawierzchnia tłuczniowa) na ludzi przebywających na parterze budynku

tują progi odczuwalności przez ludzi drgań pionowych (linia przerywana) i poziomych (linia ciągła).

Obliczenia symulacyjne przeprowadzono na modelu budynku S9, przyjmując jako kryterium skuteczności wibroizolacyjnej obniżenie poziomu wpływu drgań na ludzi w tym budynku poniżej progu odczuwalności drgań. Uwzględniono różne warianty rozwiązań, przyjmując maty wibroizolacyjne dwu różnych firm i zmieniając grubość i sztywność oraz właściwości tłumiące tych mat aż do uzyskania założonej skuteczności. W przypadku każdego wariantu rozwiązania obliczenia wykonywano dwuetapowo:

- w I etapie przyjęto najpierw i przetestowano (na podstawie wykonanych wcześniej pomiarów drgań) model przedstawiony schematycznie na rysunku 33; a następnie wykorzystując ten model, analizowano propagację drgań od tunelu do fundamentów budynku i określano prognozowane przebiegi czasowe drgań fundamentu budynku;
- uzyskane w I etapie przebiegi czasowe drgań przykładano jako wymuszenie do fundamentu w przestrzennym modelu budynku i analizowano wpływ prognozowanych drgań na ludzi przebywających na poszczególnych kondygnacjach, w szczególności na parterze, gdzie wpływ ten był największy.

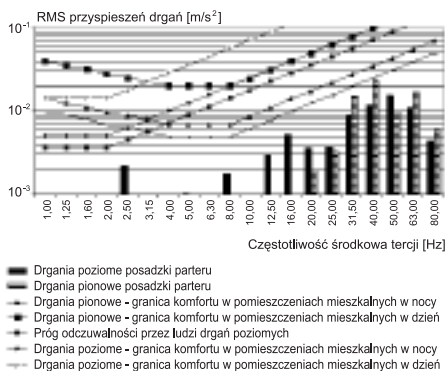
Podstawą obliczeń symulacyjnych były dane materiałowe dostarczone przez producentów EBS i mat wibroizo-



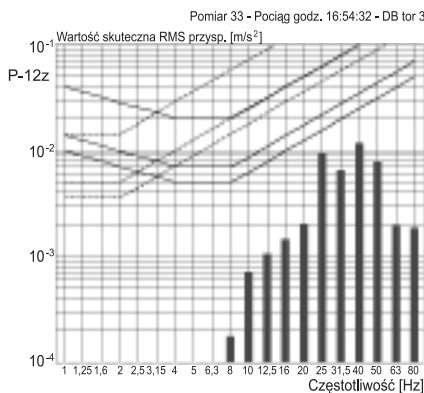
Rys. 33. Model do obliczeń propagacji drgań z tunelu do fundamentów budynku S9

lacyjnych. Prognozowane efekty wpływu drgań na ludzi, otrzymane z obliczeń symulacyjnych w przypadku przyjętego do realizacji wariantu rozwiązania zamieszczono na rysunku 34.

Po wykonaniu nowej nawierzchni, w budynku S9 przeprowadzono pomiary kontrolne. Najbardziej niekorzystne wyniki uzyskane z tych pomiarów podano na rysunku 35. Potwierdziły one skuteczność zastosowanych rozwiązań wibroizolacyjnych.

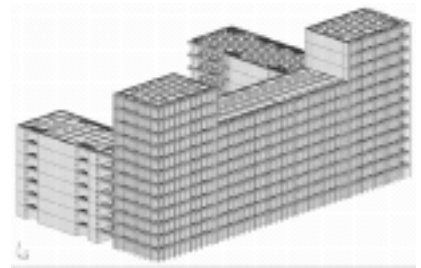


Rys. 34. Prognozowany wpływ drgań na ludzi w budynku S9 w przypadku docelowo zaprojektowanej konstrukcji nawierzchni z wibroizolacją

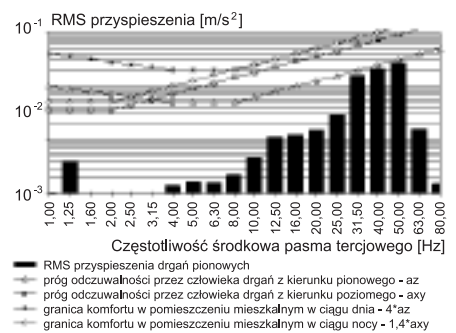


Rys. 35. Zarejestrowany podczas pomiarów kontrolnych w budynku S9 wpływ na ludzi drgań pionowych wywołanych przejazdem pociągu dalekobieżnego po torze 3 (nawierzchnia z EBS i matą wibroizolacyjną)

Przykłady budynków projektowanych w strefie wpływów dynamicznych metra lub linii kolejowych. Pod kierunkiem autora wykonano obliczenia dynamiczne i projekty zabezpieczeń przed drganiami kilkudziesięciu budynków mieszkalnych (o VII, IX i XII kondygnacjach) projektowanych w odległości ok. 20 m od tunelu metra. Przeprowadzone zostały całodobowe pomiary drgań w miejscu przyszłego posadowienia budynków. Z zarejestrowanych przebiegów czasowych drgań wybrano najbardziej niekorzystne i na ich podstawie określono prognozowane wymuszenie. Sporządzono model obliczeniowy obiektu (rysunek 36). Obliczono siły dynamiczne obciążające konstrukcję budynków oraz wprowadzono zmiany konstrukcji stropów. Prognozowany po tych zmianach poziom wpływu drgań na ludzi przebywających na parterze obiektu przedstawiono na rysunku 37.

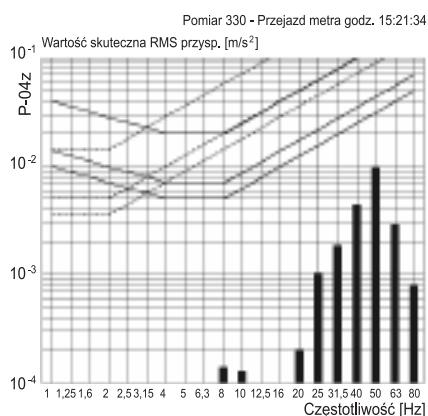


Rys. 36. Model obliczeniowy analizowanej konstrukcji



Rys. 37. Prognozowany wpływ drgań pionowych na ludzi na parterze budynku

Jednym z warunków pozwolenia na budowę było przeprowadzenie całodobowych kontrolnych pomiarów drgań podczas budowy (po wybudowaniu dolnych kondygnacji). Pomiary te zostały wykonane. Otrzymane wyniki badania wpływu drgań na ludzi uzyskane z pomiaru drgań na parterze budynku zamieszczono na rysunku 38. Pomierzony poziom tego wpły-

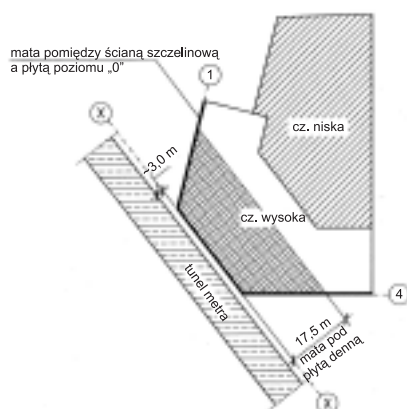


Rys. 38. Uzyskane z pomiarów najniekorzystniejsze wyniki analizy wpływu drgań pionowych na ludzi przebywających na parterze budynku (pomiar 330)

wu jest niższy od prognozowanego (jest to uzasadnione, gdyż prognoza dotyczy przypadku najbardziej niekorzystnego).

Inny przypadek to budynek biurowca o dwu kondygnacjach podziemnych otoczonych ścianą szczelinową i ośmiu nadziemnych, o konstrukcji płytowo-słupowej, projektowany w odległości ok. 3 m od tunelu metra. Z uwagi na zwiększoną rozpiętość płyt stropowych oraz zagłębienie ścian szczelinowych do poziomu posadowienia tunelu metra konieczne było zastosowanie podścielenia części budynku matą wibroizolacyjną (rysunek 39) oraz oparcie płyty przekrywającej część podziemną na ścianach szczelinowych za pomocą przekładek z mat wibroizolacyjnych.

Inne zrealizowane obiekty, dla których wykonano prognozy wpływu drgań i zaprojektowano rozwiązania redukujące ten wpływ:

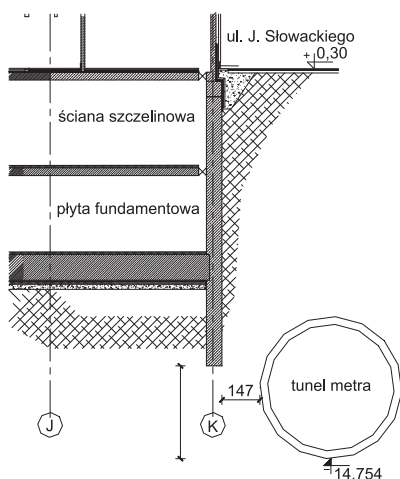


Rys. 39. Zastosowanie maty wibroizolacyjnej pod budynkiem biurowca

- budynek mieszkalny WAN w odległości ok. 1,5 m od ściany tunelu metra (rysunek 40 i fotografia 1);
- budynek hotelowy przy ul. Towarowej w Warszawie w odległości kilkunastu metrów od torów kolejowych (fotografia 2),
- budynek biurowca BTC przylegający do stacji metra (fotografia 3).

## Zakończenie

Wymagania stawiane przez społeczeństwo dotyczące komfortu życia znalazły odzwierciedlenie w regulacjach prawnych zobowiązujących projektantów arterii komunikacyjnych i budynków lokalizowanych w pobliżu takich arterii do uwzględnienia w procesie projektowania aspektów ochrony budynków i ludzi w nich przebywających przed nadmiernym wpływem drgań. Z tego też powodu konieczne jest prognozowanie wpływów drgań i projektowanie zabezpieczeń przed nimi.



Rys. 40. Budynek WAN – usytuowanie względem tunelu metra i widok budynku



Fot. 1. Budynek WAN

Jedną z zasadniczych form ochrony przed drganiami jest stosowanie wibroizolacji. Jej zastosowanie w konstrukcji nawierzchni szynowych i w konstrukcji budynków powinno zawsze odbywać się po wykonaniu obliczeń symulacyjnych, które na podstawie danych doświadczalnych określają skuteczność proponowanego rozwiązania.



Fot. 2. Budynek Hotelu Premiere Classe przy ul. Towarowej w Warszawie



Fot. 3. Budynek biurowca BTC przy Al. Niepodległości w Warszawie

Obszerne bazy danych pomiarowych będące w dyspozycji Instytutu Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej oraz opracowana metodyka obliczeń symulacyjnych pozwalają na wiarygodne prognozowanie wpływu drgań na budynki i ludzi w nich przebywających i w razie potrzeby projektowanie poprawnych rozwiązań obniżających ten wpływ. Badania kontrolne potwierdzają skuteczność rozwiązań zastosowanych w poszczególnych przypadkach.

Sporządzenie wiarygodnych prognoz chroni inwestora przed skutkami niewykonania zabezpieczeń przed drganiami, jeśli są one konieczne, a także przed zastosowaniem rozwiązań nieskutecznych lub zbyt kosztownych.

dr hab. inż. Zbigniew Wójcicki\*, dr inż. Jacek Grosel\*,  
dr hab. inż. Władysław Mironowicz, prof. P.Wr.\*,  
dr inż. Wojciech Sawicki\*,  
mgr inż. Aneta Brząkała\*\*,  
mgr inż. Krzysztof Majcher\*\*,  
mgr inż. Wojciech Pakos\*\*

## Badanie drgań dużej konstrukcji przemysłowej

Obiektem badań była konstrukcja nośna kotła pieca zawieszinowego i odzysknicowego (szczególnie część radiacyjna) oraz hala metalurgiczna huty ze szczególnym uwzględnieniem nawy kotła odzysknicowego oraz nawy pieców elektrycznego i zawieszinowego. Konstrukcja hali i urządzeń procesu technologicznego była bardzo duża, ciężka i skomplikowana. Hala ma konstrukcję stalową i wymiary w planie ok. 300 x 90 m, natomiast nawy kotła odzysknicowego oraz nawy pieców elektrycznego i zawieszinowego wymiary ok. 90 x 70 m i wysokość ok. 40 m. Kocioł miał stalową konstrukcję nośną o wymiarach ok. 50 x 8 x 26 m i masie ok. 200 t, a z wyposażeniem ok. 400 t.

### Cel i zakres badań

Podstawowym celem badań było określenie warunków bezpiecznej eksploatacji konstrukcji hali metalurgicznej oraz kotła odzysknicowego, przez rozpoznanie przyczyn i zakresu drgań oraz ich wpływu na stan techniczny konstrukcji. Duże drgania w konstrukcji pojawiły się niespodziewanie i występowały nieregularnie podczas realizacji standardowego procesu technologicznego. Określenie warunków bezpiecznej eksploatacji wymagało ustalenia dopuszczalnych poziomów bezpiecznych drgań konstrukcji kotła i hali. Realizacja tego celu wymagała m.in. wytypowania istotnych węzłów i połączeń elementów konstrukcji, oceny ich stanu technicznego i oceny ich stanu wyężenia z uwzględnieniem wpływu obciążeń dynamicznych występujących podczas drgań. Ze względu na złożoność badanej konstrukcji oraz trudności z określeniem rozkładu masy, niezbędnego do prawidłowego wyznaczenia obciążeń dynamicznych, zaistniała potrzeba działania dwutorowego. Po pierwsze, opracowania teoretycznego modelu dynamicznego badanej konstrukcji, a po drugie eksperymentalnej weryfikacji (walidacji) i aktualizacji tego modelu. Pomiar eksperymentalny wykonano w celu ustalenia przyczyn, charakteru, poziomu oraz zakresu drgań konstrukcji, a także weryfikacji dotychczas wykonanych pomiarów drgań oraz podanie poziomów drgań, poniżej których eksploatacja hali metalurgicznej i kotła oraz obydwu hal będzie bezpieczna. Kolejnym celem było przedstawienie propozycji zmiany lub rozszerzenia układu ciągłej rejestracji drgań.

### Aparatura pomiarowa

Do badań zastosowano aparaturę badawczą stanowiącą wyposażenie Zakładu Dynamiki Budowli w Instytucie Inżynierii Łądowej na Politechnice Wrocławskiej, tj. 34-ka-

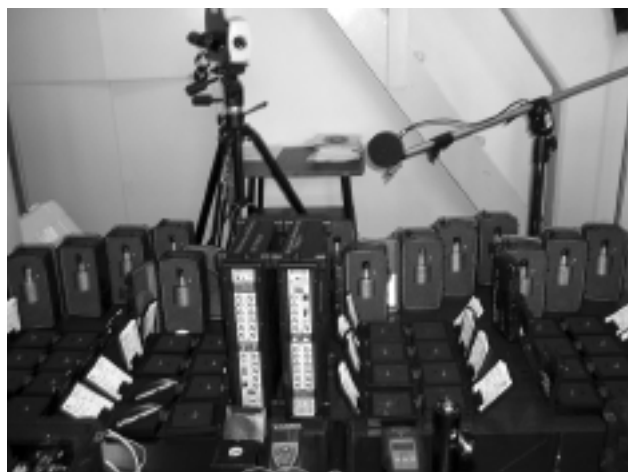
nałowy system PULSE firmy Brüel & Kjær, przeznaczony do pomiarów i analiz dynamicznych dużych konstrukcji inżynierskich (fotografia 1). Pojedynczy moduł zawiera:

- 17 kanałów wejściowych o zakresie częstotliwości  $0 \div 25,6$  kHz;
- 12 kanałów dla sygnałów wolnozmiennych;
- moduły akwizycji wykonane w technice Dyn-X, tzn. zawierające dwie 24-bitowe karty pomiarowe.

Wejścia osiągają: dynamikę 160 dB (po 80 dB na każdą kartę); idealną liniowość oraz zgodność fazową.

Zastosowano technikę TEDS. Sensory zawierają automatycznie czytaną informację o: sobie samym (producent, typ, nr seryjny); ostatniej kalibracji i miejscu montowania.

System zawiera rozbudowaną diagnostykę stanu kanałów wejściowych, co pozwala na bezobsługową akwizycję sygnałów i nie wymaga regulacji zakresów pomiarowych. Jest podzielny na 2 niezależne moduły. Dzięki wyposażeniu ich w osobne źródła zasilania mogą one korzystać z napięcia zmiennego 110 – 240 V, napięcia stałego 10 – 32 V, własnych akumulatorów, dodatkowych stacji zasilających oraz przenośnych agregatów prądotwórczych. Stacje wyposażono ponadto w układy transmisji sprzężone z linią światłowodową (fotografia 2), dzięki czemu zestawy oddalone nawet o kilkadziesiąt metrów mogą być łączone w jeden wspólny system o 34 kanałach i pełnej synchronizacji wszystkich wejść. System uzupełniają laptopy, wyróżniające się m.in. specjalnymi ekranami, widocznymi w każdych warunkach (w tym w pełnym słońcu), dwa zestawy akcelerometrów różnych typów (fotografia 3 i 4) oraz wysokiej klasy mikrofony pomiarowe z urządzeniami kalibracyjnymi firmy Brüel & Kjær, wibrometr laserowy z lunetą celowniczą oraz specjalny system do pomiarów wpływu drgań na ludzi i komfortu drganiowego



Fot. 1. System Pulse Brüel & Kjær do pomiaru i analizy drgań podzielny na 2 niezależne zestawy po 17 kanałów każdy

\* Politechnika Wroclawska, Instytut Inzynierii Lądowej, Zakład Dynamiki Budowli;

\*\* doktoranci Politechniki Wroclawskiej

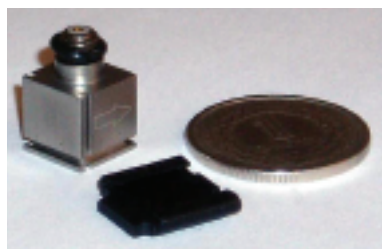
budynków, pojazdów i stanowisk pracy (fotografia 5). W tabeli przedstawiono charakterystyki parametrów akcelero-  
metrów i mikrofonu pomiarowego.



Fot. 2. Dodatkowe stacje zasilające sprzężone linią światłowodową



Fot. 3. Akcelrometr sejsmiczny DeltaTron 8340



Fot. 4. Miniaturowy akcelrometr THETASHEAR 4507



Fot. 5. Wibrometr laserowy z lunetą celowniczą (a) i system do badania wpływu drgań na ludzi (b)

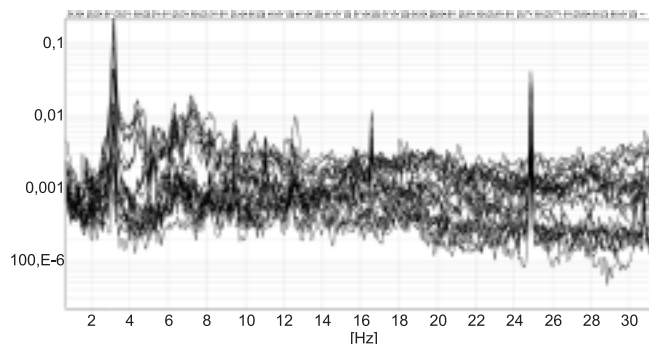
**Charakterystyka parametrów akcelero-  
metrów i mikrofonu pomiarowego**

Charakterystyka	Akcelrometr sejsmiczny DeltaTron 8340 (fotografia 3)	Miniaturowy akcelrometr THETASHEAR 4507 (fotografia 4)	Mikrofon klasy I 4189 z TEDS
Masa	775 g	4,8 g	
Zakres	0,1 – 1500 Hz do 4,9 ms <sup>-2</sup>	0,4 Hz – 6 kHz do 700 ms <sup>-2</sup>	do 20 kHz
Czułość	1000 mV/ms <sup>-2</sup> 25 µg	100 mV/ms <sup>-2</sup> 150 µg	50 mV/Pa, 26 dB ±1,5 dB re 1 V/Pa
Liczba urządzeń do dyspozycji	16	32	3

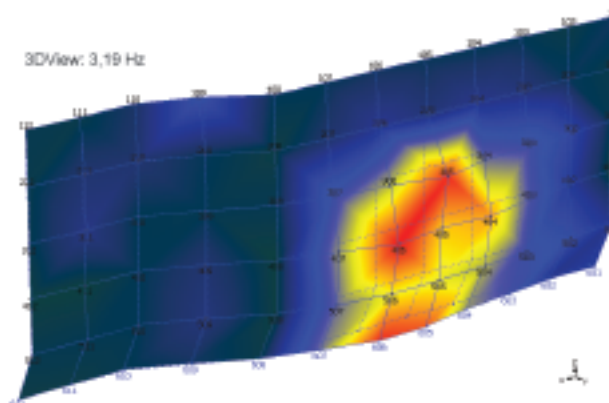
## Analizy dynamiczno-wytrzymałościowe

**Zastosowane oprogramowanie** umożliwia rejestrację mierzonych sygnałów wraz z ich pomiarem lub tylko w formie nagrania do dalszej obróbki. Można również wykonywać różnego rodzaju analizy dotyczące pomiaru i monitorowania drgań: analizę modalną, pomiary i monitorowanie hałasu, określać moc akustyczną urządzeń, wpływ drgań na człowieka oraz diagnostykę maszyn (w tym metoda śledzenia rzędów drgań bez sygnału tachometrycznego i z sygnałem tachometrycznym). Możliwości pakietu do analizy modalnej obejmują wszystkie metody analizy operacyjnej (OMA), animacji drgań strukturalnych (ODS) oraz pakietu klasycznej analizy modalnej (wzbudnik, młotek) z modyfikacją obiektu i pracami symulacyjnymi. Pakiet OMA wyposażono w najnowsze osiągnięcia w tej dziedzinie, w tym automatyczne wyszukiwanie i wskazywanie postaci drgań własnych oraz samoczynną eliminację zakłóceń od sygnałów harmonicznyc.

**Analiza ODS konstrukcji wsporcej kotła odzysknicowego.** Zarejestrowano przyspieszenia drgań w formie przebiegów czasowych i wykorzystano je jako podstawę do obliczenia zestawu funkcji ODS FRF (response Auto Spectrum & phase relative to a Reference response), co przedstawiono na rysunku 1. Widma własne odpowiedzi fazowo wiązano z odpowiedzią w punkcie referencyjnym. Szczegółowa inspekcja zestawu funkcji ODS FRF w powiązaniu z geometrią pozwoliła uzyskać obraz deformacji obiektu podczas drgań z częstotliwością 3,19 Hz (rysunek 2).

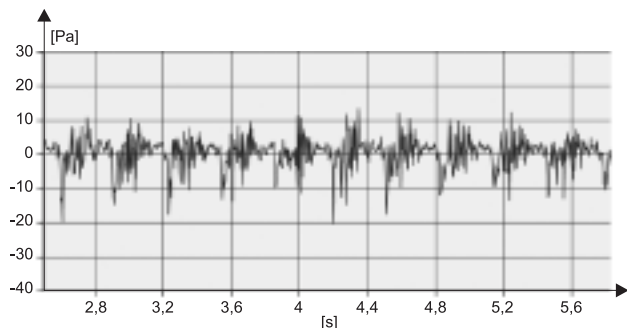


Rys. 1. Zbiorcze widmo 52 funkcji ODS FRF



Rys. 2. Postać drgań konstrukcji wsporcej kotła odzysknicowego z częstotliwością 3,19 Hz

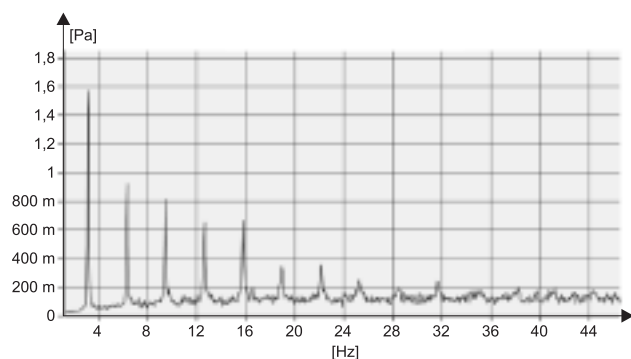
**Analiza przyczyn drgań.** Na rysunku 3 przedstawiono fragment zarejestrowanego przebiegu czasowego pomiaru ciśnienia w dyszy zasypowej (fotografia 6), a jego analizę fourierowską – na rysunku 4. Z analizy tej wynika, że ciśnienie w części reakcyjnej pieca zawieszinowego zmienia się okresowo z częstotliwością podstawową 3,125 Hz. Ujawniają się również wyższe częstotliwości, ale z coraz mniejszą amplitudą. Dokładniejsza analiza wykresu pokazuje, że wyższe częstotliwości są kolejnymi harmonicznymi będącymi całkowitymi wielokrotnościami częstotliwości podstawowej, tzn. 6,25 Hz, 9,375 Hz itd.



Rys. 3. Fragment przebiegu czasowego pomiaru ciśnienia w dyszy zasypowej

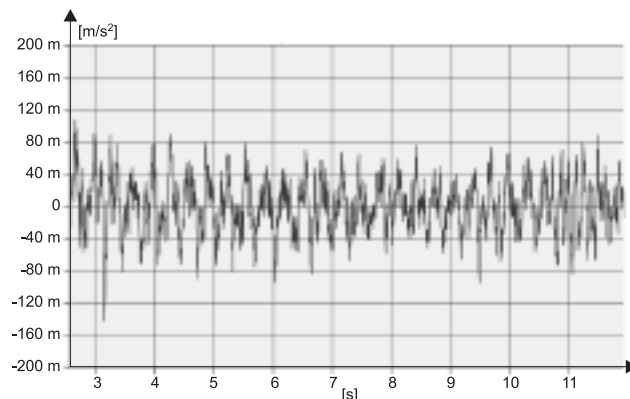


Fot. 6. Pomiar ciśnienia przy uchylonej osłonie otworu rewizyjnego dyszy zasypowej

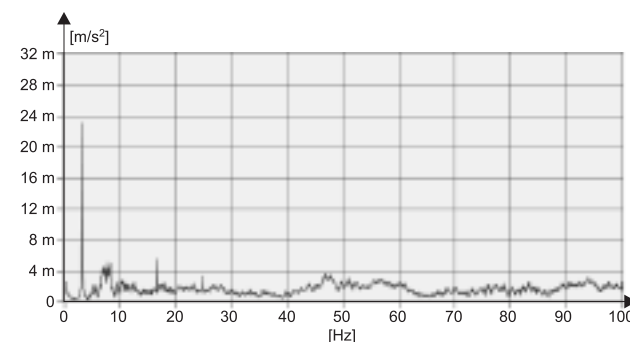


Rys. 4. Analiza fourierowska sygnału ciśnienia w dyszy zasypowej

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono zarejestrowany przebieg czasowy przyspieszenia i jego transformatę Fouriera w wybranym punkcie pomiarowym konstrukcji. Bardzo wyraźnie ujawnia się częstotliwość 3,125 Hz, a więc zgodna z częstotliwością podstawową pulsacji ciśnienia zarejestrowaną w dyszy zasypowej. Z tak wyraźnej korelacji pomiędzy pulsacją ciśnienia i odpowiedzią układu jednoznacznie wynika, że **bezpośrednią przyczyną drgań konstrukcji wspanoczej kotła odzysknicowego i hali są drgania wymuszone wywołane okresową zmianą ciśnienia w kotle z częstotliwością 3,125 Hz.**



Rys. 5. Przebieg czasowy przyspieszenia w punkcie 2Y słupa 2 na wysokości 19,8 m



Rys. 6. Przyspieszenie w funkcji częstotliwości w punkcie 2Y słupa 2 na wysokości 19,8 m (maksymalna wartość przyspieszenia wynosi 23,1 mm/s<sup>2</sup> przy częstotliwości 3,125 Hz)

**W klasycznej analizie modalnej** jako wzbudnik drgań zastosowano młot modalny 8210 o masie głowicy 5,448 kg (fotografia 7) z wbudowanym w głowicę czujnikiem do pomiaru siły uderzenia z możliwością podłączenia go do systemu PULSE 3560. Badania cech modalnych obiektu metodą klasycznej analizy modalnej skończyły się jednak niepowodzeniem ze względu na kłopoty ze wzbudzeniem drgań tak masywnej, skomplikowanej i dużej konstrukcji. Metoda ta wymaga wzbudzania drgań przez uderzenie młotem w miejsce każdego punktu pomiarowego, a więc takiego, w którym zamocowany jest akcelerometr. Mierzy się siłę uderzenia i odpowiedź układu na to uderzenie. Zbyt silne uderzenia w pobliżu czujników powodowały ich przesterowanie, a takie uderzenia, których siła nie powodowała przesterowania, dostatecznie nie wzbudzały drgań konstrukcji. Mimo że stosowano akcelerometry sejsmiczne





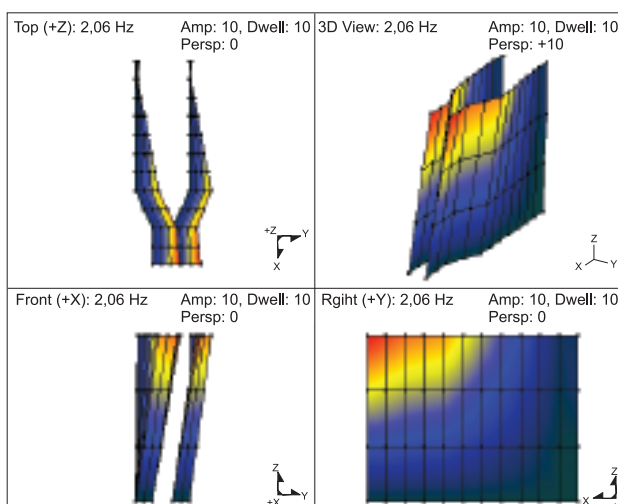
Fot. 7. Młot modalny z nakładką na głowicę podłączony do kasyety PULSE

o bardzo dużej czułości, nie wykryto rejestrowanych odpowiedzi układu w bardziej oddalonych od punktu uderzenia punktach pomiarowych.

**Operacyjna analiza modalna (OMA).** W związku z niepowodzeniem identyfikacji cech modalnych obiektu za pomocą klasycznej analizy modalnej podjęto próbę zastosowania operacyjnej analizy modalnej (OMA) zawierającej animację drgań strukturalnych (ODS) z modyfikacją obiektu i pracami symulacyjnymi. Zaletą tej metody, w porównaniu z klasyczną analizą modalną, jest przede wszystkim brak konieczności wzbudzenia drgań konstrukcji znaną siłą. Algorytm OMA funkcjonuje na bazie pomiaru jedynie odpowiedzi układu wywołanej dowolnym losowym obciążeniem. Wzbudzenie konstrukcji nie wymagało więc stosowania młota modalnego, następowo na skutek działania naturalnie istniejących na obiekcie wymuszeń. Wykorzystano tę samą bazę punktów pomiarowych jak w przypadku klasycznej analizy modalnej. Dwukrotnie rejestrowano przebieg czasowy i dwukrotnie przeprowadzono analizę modalną. W obu przypadkach udało się zidentyfikować podstawową częstotliwość własną układu i odpowiadającą jej podstawową antysymetryczną formę drgań (rysunek 7). Do walidacji teoretycznego modelu dynamicznego obiektu, opracowanego z wykorzystaniem systemu COSMOS/M, przyjęto, że wartość wyznaczonej w ten sposób najniższej częstotliwości własnej układu wynosi ok. 2,0 Hz. Wyniki tej analizy potraktowano jako wiarygodne i wykorzystano je do walidacji teoretycznego modelu dynamicznego konstrukcji.

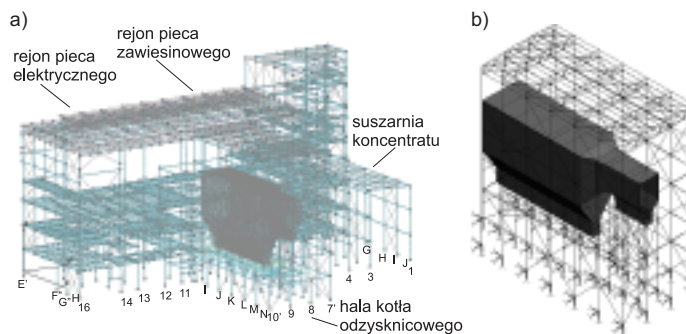
Na rysunku 8 przedstawiono widok przestrzenny modelu hali i kotła odzysknicowego opracowany na podstawie **Metody Elementów Skończonych (MES)**.

**Drgania harmoniczne wymuszone pulsacją ciśnienia.** Na podstawie danych pomiarowych przyjęto, że harmoniczna zmiana ciśnienia wewnątrz kotła odzysknicowego (o amplitudzie ok. 50 Pa i częstotliwości wymuszenia 3,125 Hz), stanowi wymuszenie dynamiczne działające

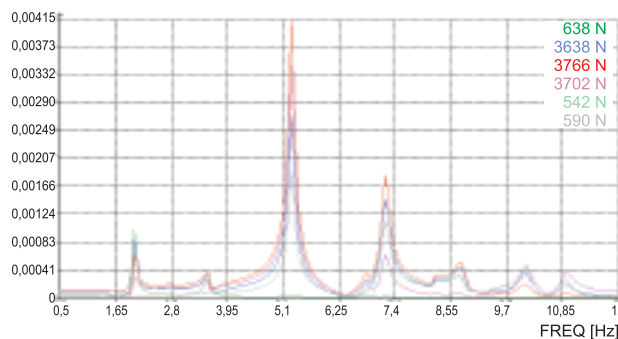


Rys. 7. Podstawowa forma własna kotła (2,06 Hz) zidentyfikowana za pomocą OMA

ce na konstrukcję kotła odzysknicowego podczas standardowego cyklu technologicznego. W analizie dynamicznej założono, że należy sprawdzić, jak może zachować się obiekt przy innych wartościach częstotliwości wymuszenia. Przyjęto, że amplituda zmienności ciśnienia wynosi 50 Pa i zmienia się harmonicznie. Ze względu na symetrię w budowie kotła i jego konstrukcji wsporczej, wymuszenie to jest symetryczne względem pionowej płaszczyzny symetrii obiektu. Wynika to z faktu, że ciśnienie działa prostopadle do powierzchni kotła, który jest symetryczny. Sporządzone przy tych założeniach charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe pokazano na rysunku 9. Dotyczą one wy-



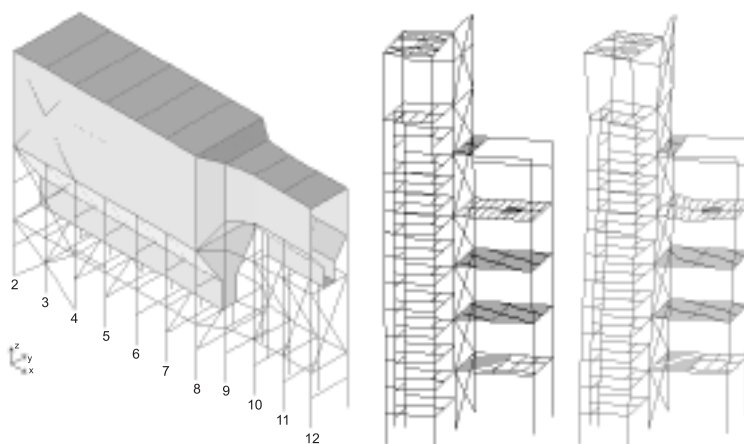
Rys. 8. Widok przestrzenny modelu hali (a) i kotła odzysknicowego (b)



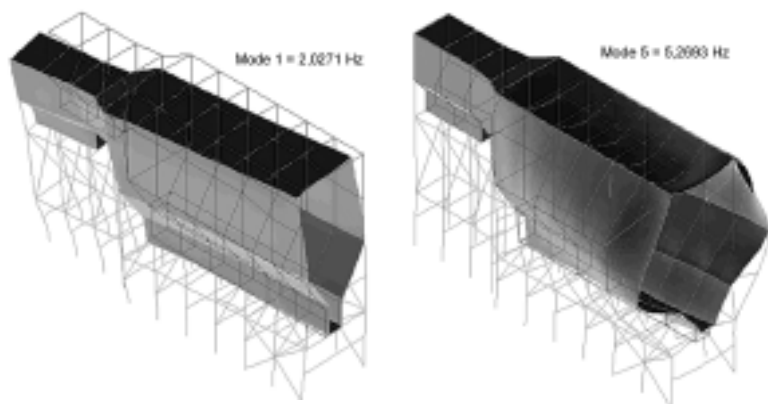
Rys. 9. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa wybranych punktów konstrukcji

branych punktów konstrukcji wsporczej kotła odzysknicowego. W przypadku wymuszenia symetrycznego najistotniejsza jest piąta forma własna o częstotliwości ok. 5,27 Hz (rysunek 10), gdyż jest to pierwsza symetryczna forma własna, a zmienne okresowo ciśnienie działające na symetryczną konstrukcję kotła wymusza drgania jedynie o symetrycznej postaci.

Z analizy wykresów charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych wynika, że w procesie walidacji modelu dynamicznego należy przyjąć amplitudę ciśnienia gazu ok. 1,5 – 2 hPa, aby otrzymać poziom drgań rejestrowanych na kotle w pomiarach eksperymentalnych.



Rys. 11. Numeracja słupów przy analizie zmęczeniowej



Rys. 10. Pierwsza ( $f_1 = 2,0271$  Hz) i piąta ( $f_5 = 5,269$  Hz) forma własna

**Analiza zmęczeniowa** została wykonana na podstawie załącznika 3 *Zasady sprawdzania nośności konstrukcji ze względu na zmęczenie materiału (wysokocyklowe)*, do PN-90/B-0320 *Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie*. Analizowano elementy obudowy pieca odzysknicowego oraz ramę przestrzenną (rysunek 11), stanowiącą część konstrukcji hali pieca zawieszinowego i elektrycznego, w rejonie zbiorników na wodę i zbiorników koncentratu. Na podstawie przyspieszeń wyznaczono przemieszczenia wszystkich jedenastu słupów na poszczególnych poziomach.

Przeprowadzone obliczenia i analizy dynamiczno-wytrzymałościowe pozwoliły na określenie dopuszczalnego, bezpiecznego dla konstrukcji poziomu drgań obiektu. Zalecono stały monitoring drgań w wytypowanych punktach konstrukcji oraz przestrzeganie dopuszczalnych poziomów drgań. Dla każdego punktu, w którym realizowane będą pomiary kontrolne, podano wartości dopuszczalnych poziomów przyspieszeń. Zalecono także mierzenie amplitud i częstości drgań, także ich zależności fazowych. Zasugerowano rozpatrzenie możliwości pomiaru ciśnienia gazu w kotle odzysknicowym. Wyniki pomiaru ciśnienia mogłyby w przyszłości służyć do jeszcze precyzyjniejszej walidacji modelu dynamicznego kotła oraz przyszłej diagnostyki obiektu.

## Podsumowanie

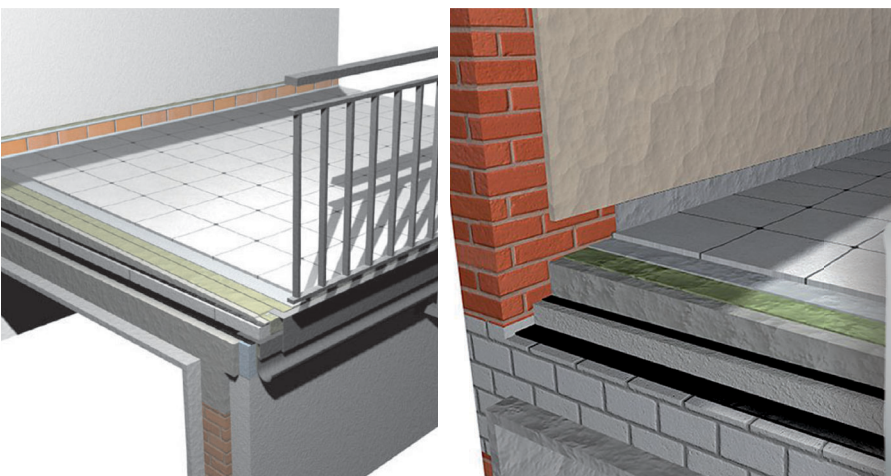
Badając bardzo duży i skomplikowany obiekt inżynierski pod kątem jego cech dynamicznych i w celu określenia powodu okresowo pojawiających się bardzo dużych drgań, przeprowadzono pomiary dynamiczne o szerokim zakresie zarówno pod względem liczby i czasu trwania pomiarów, jak i liczby oraz lokalizacji czujników pomiarowych. Sesje pomiarowe wykonano podczas normalnej pracy obiektu, a także podczas przerwy konserwacyjno-remontowej i na wezwanie właściciela po informacji o pojawieniu się dużych drgań obiektu. Pomiary te pozwoliły na określenie poziomu i struktury drgań konstrukcji oraz były pomocne przy budowie teoretycznych dynamicznych modeli obiektu.

Stwierdzono, że stan techniczny analizowanych konstrukcji jest dobry. Przyczyną dużych drgań jest harmoniczna (o częstotliwości wymuszenia 3,125 Hz) zmiana ciśnienia powietrza wewnątrz kotła odzysknicowego, która podczas standardowego cyklu technologicznego stanowi wymuszenie dynamiczne działające na konstrukcję kotła. Ze względu na symetrię w budowie kotła i jego konstrukcji wsporczej, wymuszenie to jest symetryczne względem pionowej płaszczyzny symetrii obiektu. Wynika to z faktu, że ciśnienie działa prostopadle do powierzchni kotła, a kocioł jest symetryczny. Ze względu na symetrię wymuszenia najbardziej istotną okazała się piąta forma własna o częstotliwości ok. 5,27 Hz. Jest tak dlatego, że jest to pierwsza symetryczna forma własna, a zmienne okresowo ciśnienie działające na symetryczną konstrukcję kotła wymusza drgania jedynie o symetrycznej postaci.



# Torggler

## SKUTECZNE USZCZELNIENIE TARASÓW



## Antol Flex 2K

Elastyczna polimerowo-  
-cementowa zaprawa  
hydroizolacyjna  
na budowlane  
podłoża mineralne.

System Torggler to  
gwarancja jakości  
i niezawodności na lata.



Torggler Polska Sp. z o.o. 95-100 Zgierz, ul. Sadowa 6  
tel. 0 42 717 27 37, 717 27 47, fax 0 42 717 10 58, e-mail: [biuro@torggler.pl](mailto:biuro@torggler.pl)

[www.torggler.pl](http://www.torggler.pl)

# Pierwszy komplementarny, specjalistyczny system zabezpieczania fundamentów

**99** wieczysta  
**LAT** gwarancja



Siplast Primer®  
Szybki Grunt SBS



Siplast Fundament®  
Szybka Izolacja SBS



Siplast Klej®  
Szybki Styk SBS



Papa Fundament  
Szybki Profil® SBS



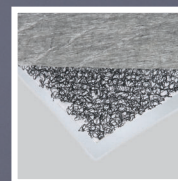
Siplast Kit®  
Szybka Izolacja SBS



Izolacja termiczna  
Termo PIR



Papa Fundament  
Antyradon  
Szybki Profil® SBS



Mata drenarska  
ICODREN 10  
Szybki Drenaż® SBS



Grzybo-Izol Mur  
Ochrona przed  
grzybami pleśniowymi



## 64 rozwiązania systemowe dla:

- każdego budynku jednorodzinnego
- wszystkich warunków gruntowo-wodnych



**ICOPAL S.A. Zduńska Wola**  
Bezpieczny Fundament Icopal

[www.fundament.icopal.pl](http://www.fundament.icopal.pl)  
[www.gwarancje.icopal.pl](http://www.gwarancje.icopal.pl)



Laureat Wielkiego Złotego Medalu  
Międzynarodowych Targów Poznańskich  
i tytułu „Najlepszy z Najlepszych”  
za produkcję osiągnającą światowe standardy