



# Niskoemisyjne cementy i spoiwa w podbudowach drogowych

Przemysław Stałowski, Holcim Polska S.A.  
23.10.2024 r Kraków IV Forum Beton w Drogownictwie



# Agenda

- **Zrównoważony rozwój**
- **Ślad węglowy w budownictwie**
- **Spoiwa w podbudowach drogowych**
- **Spoiwa niskoemisyjne w praktyce wykonawczej**
- **Podsumowanie**



# Zrównoważony rozwój



# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

HOLCIM W POLSCE DO ROKU 2030

## Klimat i energia

### Redukcja emisji CO<sub>2</sub> w cemencie



o **55%** w porównaniu z rokiem 1990

Rozwiązania dla zrównoważonego budownictwa

- ECOPact
- ECOPlanet
- Airium
- Agilia Fibro

Rozwiązania dla źródła energii



**100%** zielonej energii

## Gospodarka Obiegu Zamkniętego

### Bezpieczne przetwarzanie odpadów komunalnych



**0,5 mln ton** odpadów niepoddających się recyklingowi jako paliwa alternatywne

### Oszczędzanie zasobów naturalnych



**1,7 mln ton** odpadów z innych gałęzi jako surowiec do produkcji cementu



**1 mln ton** kruszyw z recyklingu

## Środowisko

### Oszczędzanie zasobów wody



**Projekty retencji** wód opadowych na wszystkich kopalniach i zakładach kruszywowych



Maksymalizacja udziału wody z recyklingu i obniżenie o **15%** zużycia świeżej wody



**Bieżąca rekultywacja** wszystkich terenów poeksploatacyjnych oraz plany zarządzania bioróżnorodnością na wszystkich kopalniach

## Społeczności

### Bezpieczeństwo



**0 wypadków** dążymy do eliminacji wypadków wśród pracowników, podwykonawców

### Rozwój społeczności

**30%** pracowników zaangażowanych w wolontariat

Realizacja rocznie **100 projektów** zaangażowania społecznego przez Fundację Holcim WSPÓLNIE

**1 mln** beneficjentów objętych wsparciem

# ZIELONE ROZWIĄZANIA HOLCIM

ROZWIĄZANIA, KTÓRE PRACUJĄ DLA DOBRA PLANETY



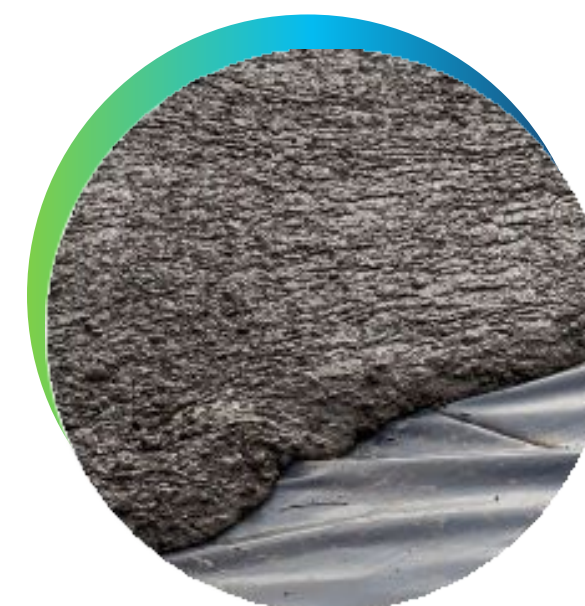
## ECOPlanet

Rodzina cementów produkowanych przy udziale materiałów z recyklingu. Posiadają ok 40% redukcji emisji CO<sub>2</sub> względem CEM I



## ECOPact

Beton niskoemisyjny z redukcją CO<sub>2</sub> między 30% a 50%.



## Agilia Fibro

Beton samozagęszczalny na fundamenty z włóknami stalowymi. Zapewnia szybkie wykonanie, zmniejsza o 50% ilość stali w fundamentach oraz obniża koszty. Mniej stali to mniej emisji.



## Agilia Sols A

Podkład podłogowy na bazie recyklingu reagipsu, o niższym śladzie węglowym i lepszych właściwościach cieplnych niż tradycyjne posadzki



## EcoSource

Kruszywa z recyklingu betonu można zastosować ponownie w budownictwie, dzięki czemu wpływają na oszczędność zasobów naturalnych kruszyw.



## Airium

Lekka piana izolacyjna na bazie cementu, która ma wysokie właściwości izolacyjne, jest bezpieczna, bez związków lotnych i niepalna. Pozwala na wykonanie ocieplenia w kilka godzin. Jest w 100% recyklingowalna.



# LIDER INNOWACYJNYCH I ZRÓWNOWAŻONYCH ROZWIĄZAŃ

DEKARBONIZUJEMY BUDOWNICTWO OD PRODUKCJI PO BUDYNKI I MIASTA

## ZIELONA PRODUKCJA

Jesteśmy liderem dekarbonizacji budownictwa, która zaczyna się od zrównoważonej produkcji.



## BUDOWAĆ LEPIEJ ZUŻYWAJĄC MNIEJ

Inteligentne projektowanie przy użyciu niskoemisyjnych materiałów zwiększających efektywność.



## RECYKLING MATERIAŁÓW

Napędzamy gospodarkę obiegu zamkniętego aby wykorzystać ponownie dostępne materiały.



## ZRÓWNOWAŻONE BUDYNKI

Dekarbonizujemy nasze miasta, poprzez tworzenie zrównoważonych budynków.

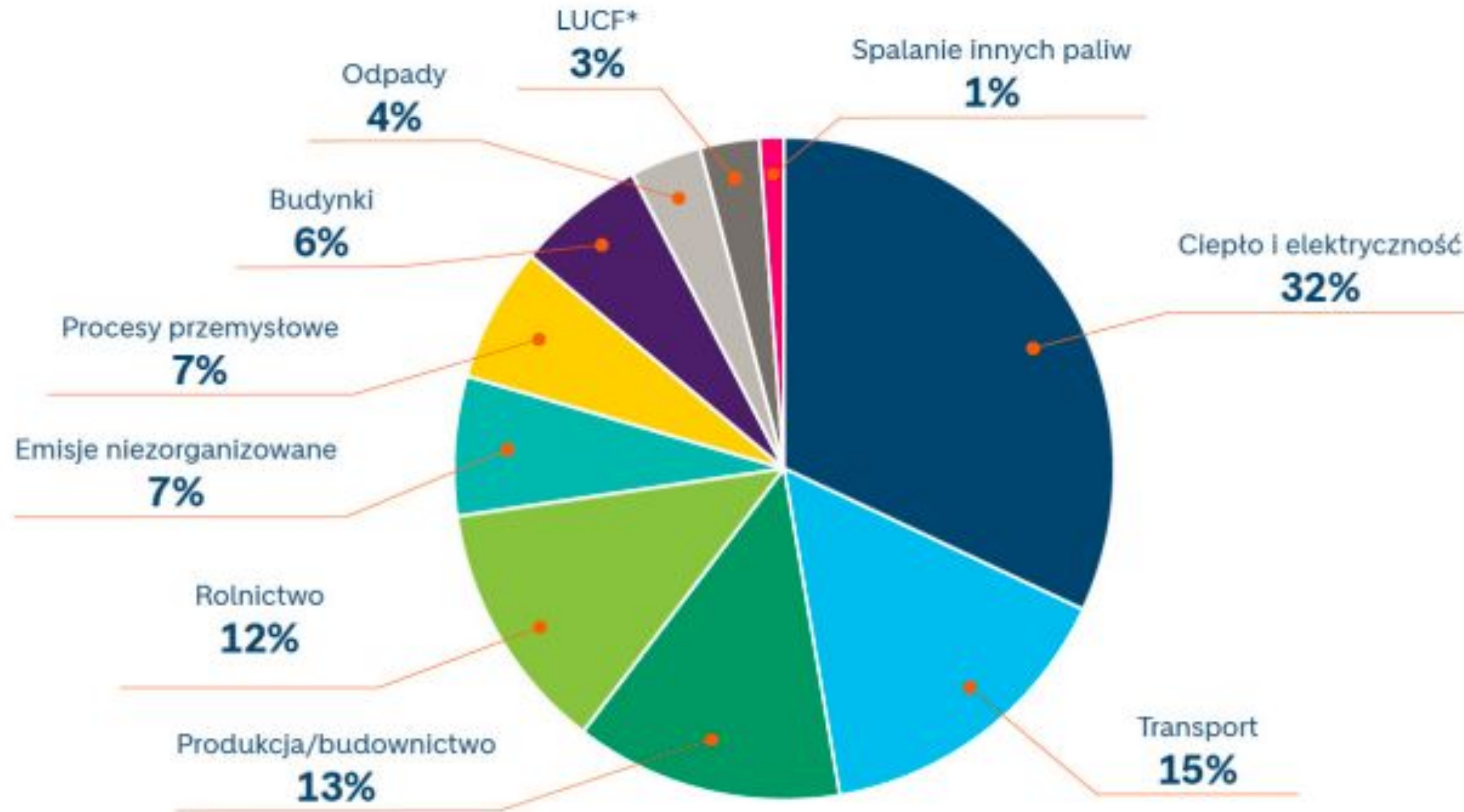




# Ślad węglowy w budownictwie



# Emisja CO2 dla poszczególnych sektorów przemysłu



\*Land use Change and Forestry – emisja związana użytkowania gruntów  
Źródło – Climate Watch, Historyczne emisje gazów cieplarnianych, Statista 2023



# Podstawowe terminy



## Ślad węglowy (**CO<sub>2</sub> footprint / carbon footprint**)

to całkowita suma emisji gazów cieplarnianych wywołanych bezpośrednio lub pośrednio przez daną osobę, organizację, wydarzenie lub produkt)



**Emisja CO<sub>2</sub> netto** to emisja procesowa (rozkład węglanów w surowcach). Obejmuje ona:

- Transport surowców i paliw pierwotnych do bram zakładu
- Spalanie wszelkich paliw w procesach produkcyjnych
- Energię elektryczną niezbędną do działania cementowni

  
**Instytut Techniki Budowlanej**  
00-611 Warszawa, Fibrowa 1

Thermal Physics, Acoustics and Environment Department  
02-656 Warszawa, Koszów 21

**CERTIFICATE No 427/2023**  
**of TYPE III ENVIRONMENTAL DECLARATION**

Products:  
Cement ECOPlanet 5A CEM V/A (S-V) 42,5 N - LH/HSR/NA from Małogoszcz Cement Plant,  
Cement ECOPlanet 2C: CEM II/C-M (V-LL) 32,5 R from Małogoszcz Cement Plant  
and CEM II/C-M (V-LL) 32,5 R from Kujawy Cement Plant

Manufacturer:  
**Lafarge Cement S.A.**  
ul. Warszawska 110, 28-366 Małogoszcz, Polska

confirms the correctness of the data included in the development of  
Type III Environmental Declaration and accordance with the requirements of the standard

**EN 15804+A2**

Sustainability of construction works.  
Environmental product declarations.  
Core rules for the product category of construction products.

This certificate, issued on 16<sup>th</sup> March 2023 is valid for 5 years  
or until amendment of mentioned Environmental Declaration

Head of the Thermal Physic, Acoustics  
and Environment Department  
  
Agnieszka Winkler-Skalna, PhD



Deputy Director  
for Research and Innovation  
  
Krzysztof Kuczyński, PhD

Warsaw, March 2023



## **Deklaracja Środowiskowa Produktu (Environmental Product Declaration – EPD)** jest świadectwem

oceny oddziaływania produktu na środowisko na poszczególnych etapach jego wytwarzania i cyklu życia. Od pozyskania materiałów, przez etap produkcji, transport, montaż, użytkowanie, aż do utylizacji i recyklingu. Wielkość emisji CO<sub>2</sub> (inaczej śladu węglowego) potwierdzona Deklaracją Środowiskową Typu III = EPD wyrażony w kg jako ekwiwalent CO<sub>2</sub> na tonę produktu. W EPD ślad węglowy zdefiniowany jest jako potencjał globalnego ocieplenia (*global warming potential – GWP*)



## **Ocena cyklu życia (life cycle assessment – LCA)**

- Od kotyski aż po grób (*from cradle to grave*)
- Od kotyski po bramę (*from cradle to gate*)



# Spoiwa w podbudowach



# Podbudowa drogowa





# Podbudowy drogowe - konstrukcje

## Stabilizacje wg normy PN-S 96012:1997 Drogi samochodowe -- Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem

- Ulepszone podłoża;
- Wzmocnienia gruntu
- Podbudowy pomocnicze
- Podbudowy zasadnicze

PN-S 96012:1997

← *Deklaracja wyrobu budowlanego*

## Mieszanki związane wg: PN-EN 14227-1:2013-10 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym -- Specyfikacje -- Część 1: Mieszanki związane cementem; WT-5; WWiORB D-04.05.00 i WWiORB D-04.05.01

- Ulepszone podłoża - **WWiORB D-04.05.00**
- Wzmocnienia gruntu - **WWiORB D-04.05.00**
- Podbudowy pomocnicze - **WWiORB D-04.05.01**
- Podbudowy zasadnicze - **WWiORB D-04.05.01**

PN-EN 14227-1:2013-10

WT-5

↑  
*Deklaracja wyrobu budowlanego*



# Spoiwa wg wytycznych

## Norma PN-S 96012:1997

### 2.1.2 Cement

Do stabilizacji gruntu należy stosować cementy powszechnego użytku klasy 32,5 lub 32,5 R według [PN-B-19701:1997](#).

## WWiORB D-04.05.00 Warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem v02

### 2.2.2. Spoiwa hydrauliczne

2.2.2.1. Cement do stabilizacji gruntu cementem powinien spełniać wymagania PN-EN 197-1.

2.2.2.4. Hydrauliczne spoiwo drogowe do stabilizacji gruntu hydraulicznym spoiwem drogowym powinno spełniać wymagania:

- PN-EN 13282-1 w przypadku stosowania hydraulicznego spoiwa drogowego szybko wiążącego,
- PN-EN 13282-2 w przypadku stosowania hydraulicznego spoiwa drogowego normalnie wiążącego.

Hydrauliczne spoiwo drogowe do stabilizacji gruntu, które jako wyrób budowlany jest dopuszczone do stosowania na podstawie europejskiej oceny technicznej lub krajowej oceny technicznej lub aprobaty technicznej, powinno spełniać wymagania podane w dokumencie dopuszczającym.



# Spoiwa wg wytycznych

**WWiORB D-04.05.01 Podbudowa i warstwa mrozochronna z mieszanki związanej cementem v03**

## **2.2.1 Cement**

Należy stosować cement wg PN-EN 197-1.

**PN-EN 14227-1:2013-10 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym -- Specyfikacje -- Część 1: Mieszanki związane cementem**

## **5.2 Cement**

Cement shall comply with EN 197-1 or a European Technical Approval.



# Spoiwa hydrauliczne – Krajowa Ocena Techniczna a norma PN-EN 13282-2:2015-06

- **KOT – Indywidualne rozpatrzenie dopuszczenia produktu;**
- **Właściwości zgodne z normą;**
- **Przeznaczenie zgodne z normą;**
- **Dokładna weryfikacja dopuszczenia produktu przez jednostki zatwierdzające;**
- **Możliwość wykorzystania do produkcji surowców dostępnych lokalnie, zapewniających stałość i jakość produktu.**

 **INSTYTUT  
BADAWCZY  
DRÓG I MOSTÓW**  
03-302 Warszawa, ul. Instytutowa 1

Warszawa, 12 stycznia 2024 r.

**KRAJOWA OCENA TECHNICZNA**  
Nr IBDiM-KOT-2021/0700 wydanie 5

Na podstawie art. 9 ust. 2 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Lj. Dz. U. z 2021 r. poz. 1213), po przeprowadzeniu postępowania zgodnie z przepisami rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie krajowych ocen technicznych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1968), na wniosek:

**Lafarge Cement S.A.**  
z siedzibą: **ul. Warszawska 110, 28-366 Małogoszcz**

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów**  
stwierdza pozytywną ocenę właściwości użytkowych wyrobu budowlanego:

**Spoiwa hydrauliczne do mieszanek stosowanych na podbudowy dróg  
oraz do stabilizacji podłoża**

o nazwie handlowej: **Hydrauliczne spoiwo drogowe  
GRUNTAR 22,5 HRB E3, GRUNTAR 5 HRB N1**

do zamierzonego zastosowania w budownictwie komunikacyjnym w zakresie podanym  
w niniejszej Krajowej Ocenie Technicznej IBDiM.

    
**DYREKTOR**  
Instytutu Badawczego Dróg i Mostów

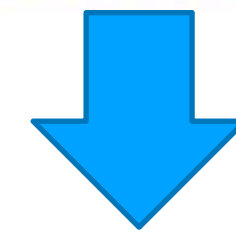


# Podsumowanie – stosowane spoiwa

## Norma PN-S 96012:1997

### 2.1.2 Cement

Do stabilizacji gruntu należy stosować cementy powszechnego użytku klasy 32,5 lub 32,5 R według [PN-B-19701:1997](#).



**Zapis powszechnie kopiowany lub ignorowany  
w przypadku powołania się na przedmiotową  
normę w SST dla konkretnej inwestycji**

WWiORB D-04.05.00; WWiORB D-04.05.01;  
PN-EN 14227-1:2013-10



**PN-EN 197-1:2012 lub KOT**



# A co z normą PN-EN 197-5:2021-07?

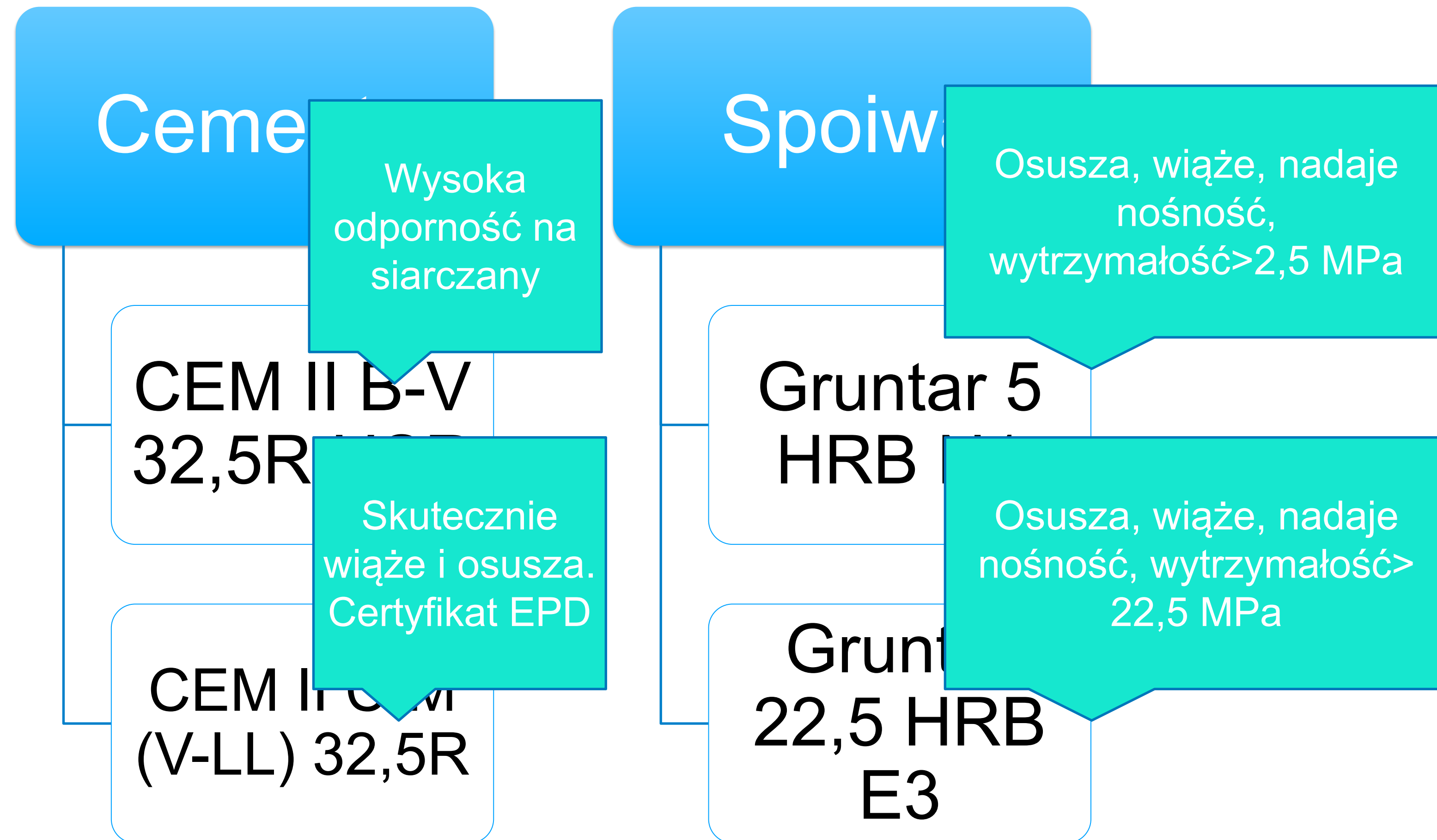
Główne rodzaje	Nazwa wyrobów (rodzaje cementów)		Skład (w procentach masy <sup>a)</sup> )										
			Składniki główne										Składniki drugorzędne
			Klinkier	Żużel wielkopiecowy	Pył krzemionkowy	Pucolana		Popiół lotny		Łupek palony	Wapień		
naturalna	naturalna wypalana	krzemionkowy				wapienny	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>					
	Nazwa rodzaju	Oznaczenie rodzaju	K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>	
CEM II	Cement portlandzki wieloskładnikowy <sup>d</sup>	CEM II/C-M	50-64	←-----36-50-----→								0-5	

PN-EN 197-5:2021-07 Cement -- Część 5: Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/C-M i cement wieloskładnikowy CEM VI





# Propozycja stosowania – właściwy dobór





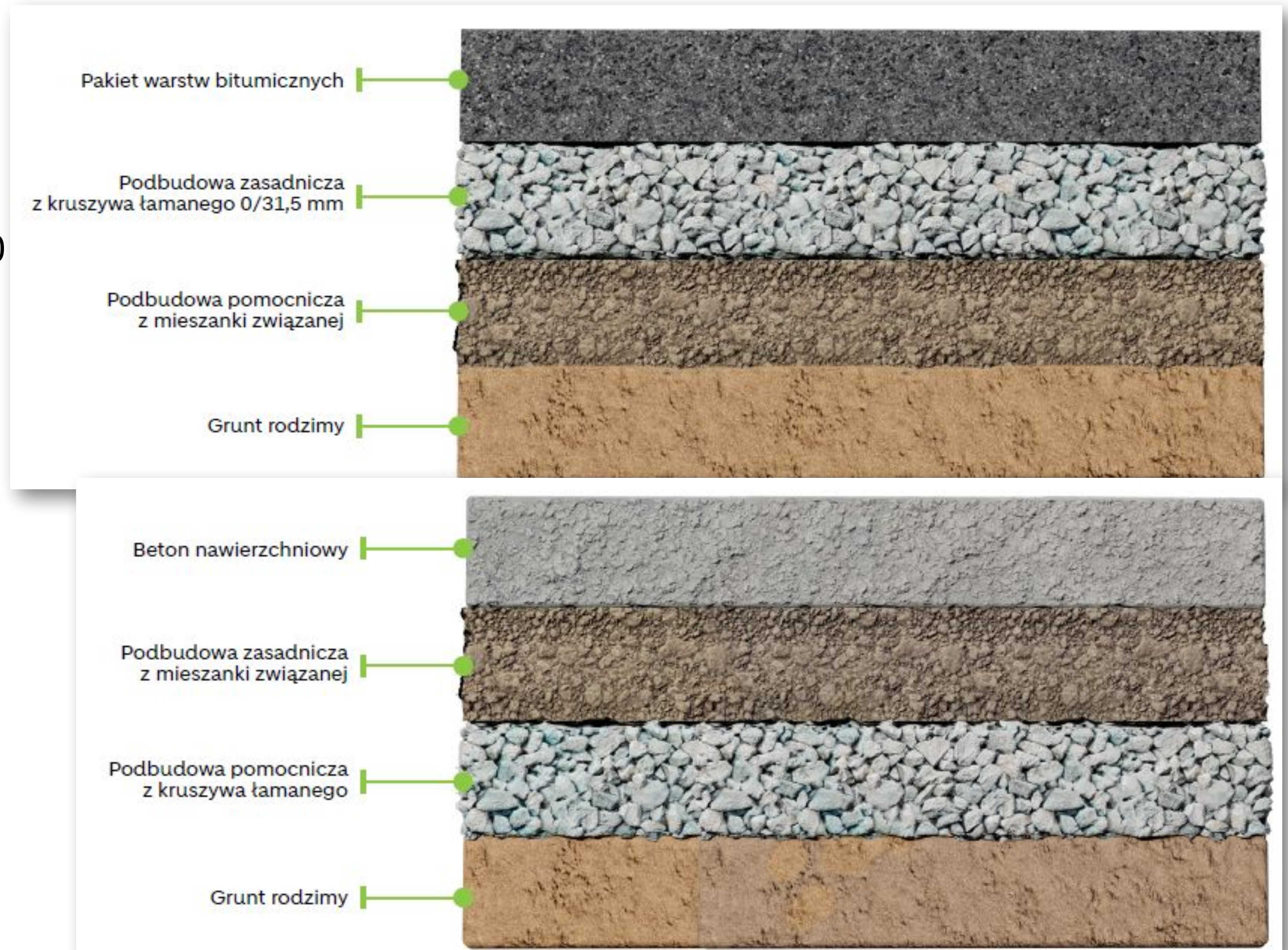
# Spoiwa i cementy niskoemisyjne – właściwy dobór



# Skala wielkości zużycia spoiw w podbudowach

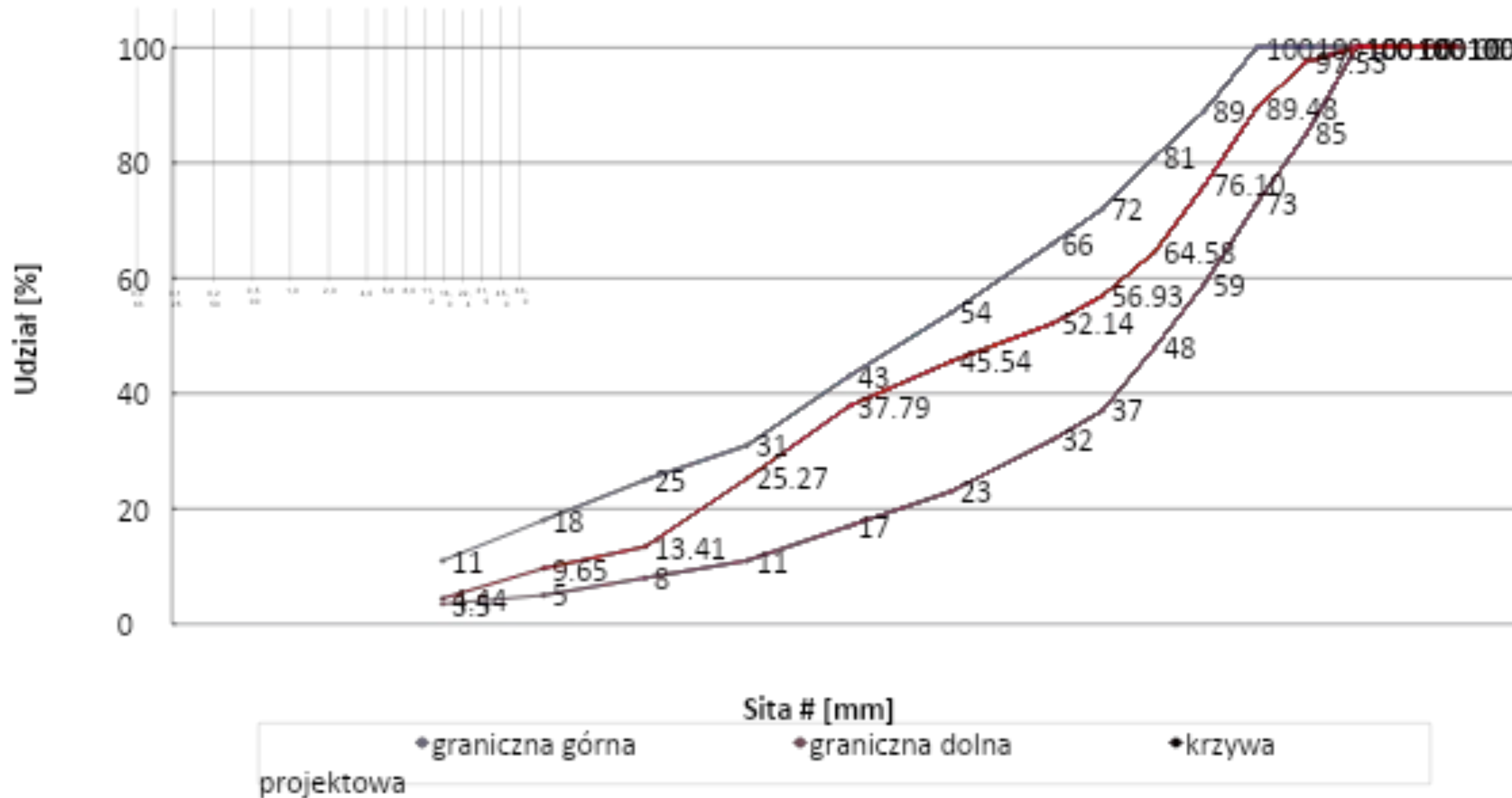
## Zużycie cementu – odcinek drogi ekspresowej S11:

- Obiekty mostowe – ok 23 000 ton cementu
- Podbudowa z mieszanki związanej – 22 000 ton cementu





# Prawidłowy dobór ilości spoiw



Beton C8/10 – 127 zł/m<sup>3</sup> – ilość cementu w 1 m<sup>3</sup> – **ok 180 kg**

CBGM C5/6 – 115 zł/m<sup>3</sup> ilość cementu w 1 m<sup>3</sup> – **ok 135 kg**





# Prawidłowy dobór ilości spoiw



Po 4h od wymieszania  
 $E_{vd} \geq 40$  MPa

Po 24h  $E_{v2} \geq 60$  MPa

- Dozowanie około 3% spoiwa Gruntar HRB E3 22,5 w stosunku do gruntu;
- Uzyskanie nośności mieszanki grunto-spoiwowej już po kilku godzinach;
- Skuteczne osuszanie gruntów przekraczających wilgotność optymalną;
- Dopuszczenie do stosowania wg KOT



# Stosowanie składników niskoemisyjnych w spoiwach

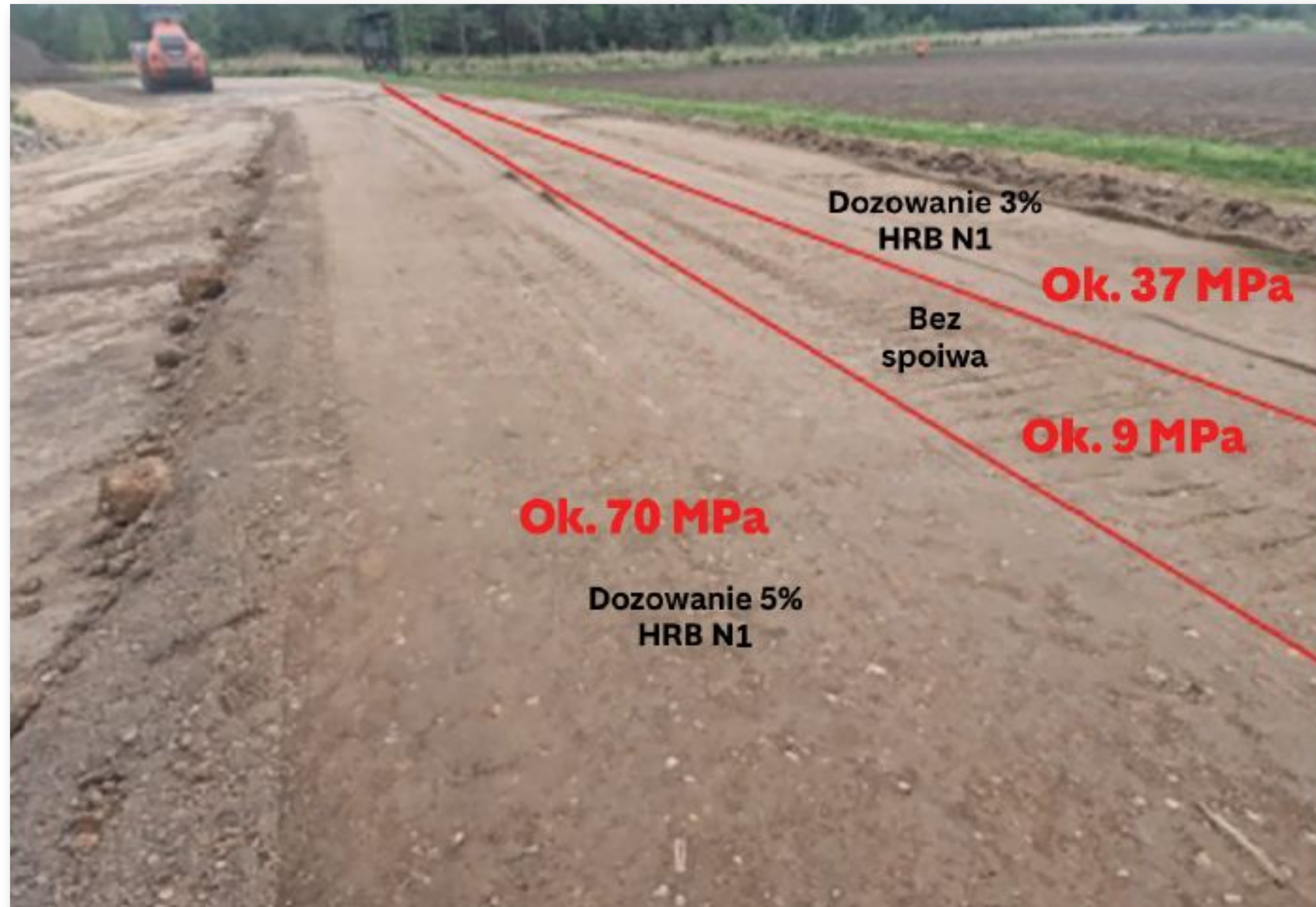


Pierwsze przemysłowe  
zastosowanie spoiwa  
**GRUNTAR 5 HRB N1 z**  
dodatkiem pyłu z recyklingu

- **Wilgotność gruntu – 16% - powyżej wilg. opt.**
- **Dozowanie ok 3,0% oraz ok 5,0% spoiwa.**
- **W środku pasek bez spoiwa**



# Stosowanie składników niskoemisyjnych w spoiwach



Badanie płytą dynamiczną LDP po 3h od wymieszania stabilizacji





# Właściwości spoiw – prawidłowe zastosowanie



Warstwy ulepszonego podłoża



Warstwy podbudowy pomocniczej i zasadniczej



W budowie nasypów z materiałów trudnych do zagęszczenia

## GRUNTAR 5 HRB N1

- Wodożądność na poziomie ok 60%
- Wytrzymałość po 7 dniach > 5 MPa
- Wytrzymałość po 56 dniach >15 MPa

## GRUNTAR 22,5 HRB E3

- Wodożądność na poziomie ok 50%
- Wytrzymałość po 2 dniach >10 MPa
- Wytrzymałość po 7 dniach – 18-22 MPa
- Wytrzymałość po 28 dniach – 30-32 MPa
- Wytrzymałość po 56 dniach – 35-40 MPa



W budowie nasypów z gruntów spoistych



W budowie nasypów z gruntów przekraczających wilgotność optymalną



Osuszenie z jednoczesną poprawą parametrów fizykochemicznych gruntu



# Podsumowanie

1. Cementy i spoiwa niskoemisyjne są powszechnie wykorzystywane w budownictwie;
2. Na każdym etapie konstrukcji drogowej można wykorzystać spoiwo, które znacznie zredukuje ślad węglowy produktu końcowego;
3. Świadome projektowanie i dobór odpowiedniego spoiwa do stabilizacji w konstrukcji drogowej pozwala na obniżenie śladu węglowego końcowej warstwy;
4. Stabilizacje występują praktycznie w każdej konstrukcji drogowej – są tanie i uniwersalne.





# DZIĘKUJĘ

mgr inż. Przemysław Stałowski  
Kierownik Produktu – Spoiwa do Infrastruktury  
tel. 781 797 879  
mail: [przemyslaw.stalowski@holcim.com](mailto:przemyslaw.stalowski@holcim.com)