

Wyzwania dla technologii betonowych nawierzchni drogowych w obliczu cementów niskoemisyjnych

Kacper Hima

Cemex Polska Sp. z o. o.



Wymagania

Lp.	Warstwa betonu nawierzchniowego	Klasa ekspozycji wg: PN-EN 206	Kategoria środowiskowa wg CEN/TR 16349
1	Górna	XF4, XM2	E3
2	Dolna	XF4	E3

[Źródło: WWiORB D-05.03.04: 2019 Nawierzchnia z betonu cementowego]

Klasa ekspozycji:	Maksymalne w/c:	Minimalna klasa wytrzymałości:	Minimalna zawartość cementu [kg/m ³]:	Minimalna zawartość powietrza (%):	Inne wymagania:
XF4	0,45	C30/37	340	Do 16mm ≥ 4,5 % Do 32mm ≥ 4,0 %	F _{NaCl} 6*
XM2	0,50	C30/37	300		- dla 2/8 M _{DE} ≤ 25 - dla 8/16 M _{DE} ≤ 20

[Źródło: PN-B-06265:2022-08 Beton- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność- krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08]

*Kruszywo o mrozoodporności w roztworze NaCl (F_{NaCl}) odpowiadającej wartości deklarowanej, określonej na podstawie badania wg PN-EN 1367-6

Wymagania

- CEM I 42,5R-SR5/NA
- CEM II/A-LL 42,5R-NA
- CEM II/B-S 42,5N-NA
- CEM III/A 42,5R-LH/HSN/NA
- CEM II/A-V 52,5R-NA

Cement Klasa Ekspozycji	CEM I	CEM II/B-S	CEM II/A-V	CEM II/A-LL	CEM III/A
XF4	X	X	X	X	X*
XM2	X	X	X	X	X

[Źródło: PN-B-06265:2022-08 Beton- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność- krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08]

*Klasa wytrzymałości cementu $\geq 42,5$ lub klasa wytrzymałości cementu $\geq 32,5R$ z zawartością granulowanego żużla wielkopieczowego $\leq 50\%$ (masowo). Zgodnie z oświadczeniami producenta cementu



Wymagania

Rodzaj cementu:	Wymagania normowe:	Wymagania dodatkowe:	Kategorie ruchu:
Cement portlandzki: - CEM I 42,5R - CEM I 42,5N	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> Początek wiązania wg PN-EN 196-3 ≥ 90minut Stopień zmielenia wg PN-EN 196-6: $\leq 3800\text{cm}^2/\text{g}$ Zawartość alkaliów jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$ 	KR1 – KR4
Cement portlandzki wapienny: CEM II/A-LL		<ul style="list-style-type: none"> Zawartość alkaliów jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$ 	KR1 – KR3
Cement portlandzki popiołowy: CEM II/A-V		<ul style="list-style-type: none"> Zawartość alkaliów jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 1,20\%$ 	KR1 – KR3
Cement portlandzki żużlowy: CEM II/B-S		<ul style="list-style-type: none"> Zawartość alkaliów jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,90\%$ 	KR1 – KR4
Cement hutniczy: CEM III/A		<ul style="list-style-type: none"> Zawartość alkaliów jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 1,05\%$ 	KR1 – KR4

[Źródło: WWiORB D-05.03.04: 2019 Nawierzchnia z betonu cementowego]



Wymagania

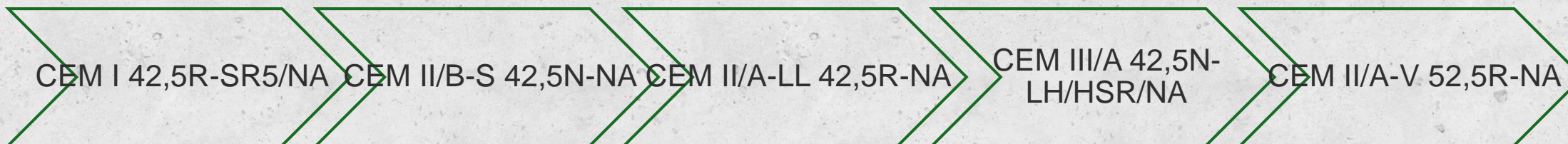
	Zawartość powietrza w mieszance betonowej:	Klasa wytrzymałości na ściskanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Kategoria odporności na zamrażanie/rozmrężanie z udziałem soli odladzających:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie,	Stopień mrozoodporności:
KR1-KR4	4,5-6,0%	C30/37	3,0MPa	FT1/FT2	$\geq 1,5$	$\leq 0,200$	F150
KR5-KR7	4,5-6,0%	C35/45	3,5MPa	FT2/FT2	$\geq 1,5$	$\leq 0,200$	F150

[Źródło: WWiORB D-05.03.04: 2019 Nawierzchnia z betonu cementowego]



Założenia

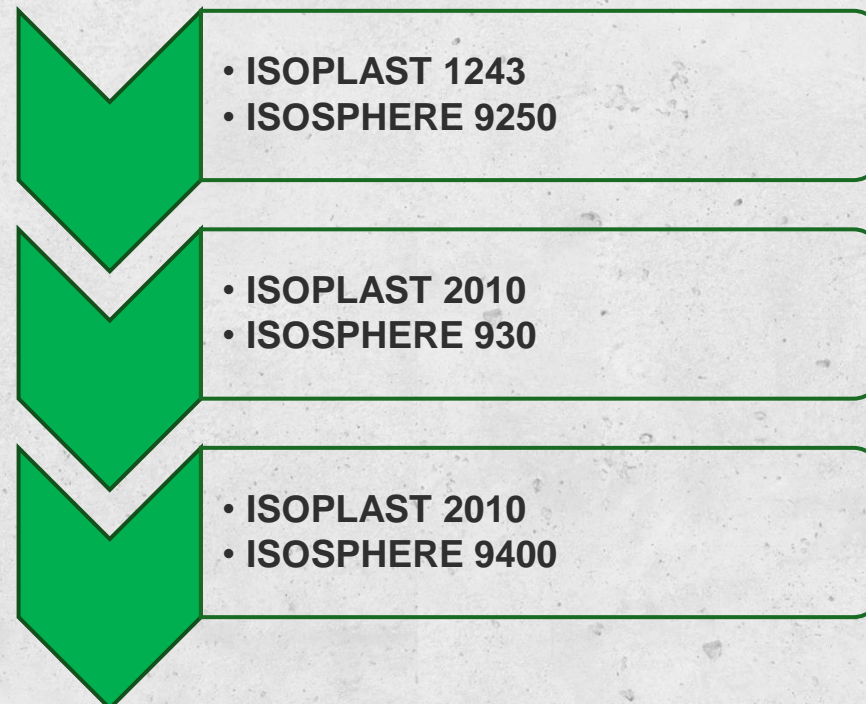
	Klasa wytrzymałości na ściskanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Wytrzymałość na zginanie:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie:
Metoda badania:	PN-EN 12390-3	PN-EN 12390-6	PN-EN 12390-5	PN-EN 480-11	PN-EN 480-11
Wymaganie:	C30/37	$\geq 3,0$ MPa	$\geq 4,5$ MPa	$\geq 1,5$	$\leq 0,200$



Założenia

Domieszka:	Baza surowcowa:	Zgodność:
ISOPLAST 1243	lignosulfoniany	EN 934-2:T2
ISOPLAST 2010	glukonian	EN 934-2:T2
ISOSPHERE 9250	żywica syntetyczna	EN 934-2:T5
ISOSPHERE 9400	żywica syntetyczna	EN 934-2:T5
ISOSPHERE 930	żywica naturalna	EN 934-2:T5

Charakterystyka:	Zaw. powietrza:	Czas Vebe:
Metoda badania:	PN-EN 12350-8	PN-EN 12350-3
Wymaganie:	4,5-6,0%	11-20s



CEM I 42,5R-SR5/NA

Dozowanie ISOPLAST 1243:	Dozowanie ISOSPHERE 9250:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,65% m.c.	0,35% m.c.	11s ✓	14s ✓	5,5% ✓	5,0% ✓



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 930:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,45% m.c.	0,35% m.c.	13s ✓	17s ✓	6,2% ✓	5,5% ✓



CEM I 42,5R-SR5/NA

	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,24h}$ [MPa]:	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,28d}$ [MPa]:	Wytrzymałość na zginanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie:
ISOPLAST 1243+ ISOSPHERE 9250	28,5	✓	✓	✓	2,03%	0,131
ISOPLAST 2010+ ISOSPHERE 930	35,0	✓	✓	✓	2,27%	0,126



CEM II/B-S 42,5N-NA

Dozowanie ISOPLAST 1243:	Dozowanie ISOSPHERE 9250:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,65% m.c.	0,65% m.c.	20s ✓	27s ✗	3,6% ✗	3,5% ✗



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 930:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,50% m.c.	0,60% m.c.	11s ✓	15s ✓	3,8% ✗	4,2% ✗



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 9400:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,50% m.c.	0,60% m.c.	14s ✓	17s ✓	5,8% ✓	5,4% ✓



CEM II/B-S 42,5N-NA

	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,24h}$ [MPa]:	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,28d}$ [MPa]:	Wytrzymałość na zginanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie:
ISOPLAST 2010+ ISOSPHERE 9400	29,3	✓	✓	✓	2,88	0,113
ISOPLAST 2010 + ISOSPHERE 930	28,1	✓	✓	✓	1,93	0,180



CEM II/A-LL 42,5R-NA

Dozowanie ISOPLAST 1243:	Dozowanie ISOSPHERE 9250:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,70% m.c.	0,65% m.c.	21s ❌	30s ❌	4,6% ✅	3,3% ❌



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 930:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,40% m.c.	0,60% m.c.	18s ✅	22s ❌	3,2% ❌	3,2% ❌



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 9400:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,50% m.c.	0,65% m.c.	14s ✅	16s ✅	5,0% ✅	5,2% ✅

STOWARZYSZENIE
PRODUCENTÓW
CHEMII BUDOWLANEJ



CEM II/A-LL 42,5R-NA

	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,24h}$ [MPa]:	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,28d}$ [MPa]:	Wytrzymałość na zginanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie:
ISOPLAST 2010+ ISOSPHERE 9400	34,2	✓	✓	✓	3,86	0,088



CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA

Dozowanie ISOPLAST 1243:	Dozowanie ISOSPHERE 9250:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,70% m.c.	0,60% m.c.	11s ✓	15s ✓	6,0% ✓	5,2% ✓



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 930:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,50% m.c.	0,60% m.c.	13s ✓	16s ✓	5,5% ✓	5,0% ✓



CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA

	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,24h}$ [MPa]:	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,28d}$ [MPa]:	Wytrzymałość na zginanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie:
ISOPLAST 1243+ ISOSPHERE 9250	15,6	✓	✓	✓	1,93	0,180
ISOPLAST 2010+ ISOSPHERE 930	19,8	✓	✓	✓	2,41	0,135



CEM II/A-V 52,5R-NA

Dozowanie ISOPLAST 1243:	Dozowanie ISOSPHERE 9250:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,75% m.c.	0,65% m.c.	26s ❌	38s ❌	3,3% ❌	3,0% ❌



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 930:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,60% m.c.	0,60% m.c.	14s ✓	23s ❌	2,8% ❌	3,0% ❌



Dozowanie ISOPLAST 2010:	Dozowanie ISOSPHERE 9400:	Czas Vebe 5':	Czas Vebe 30':	Zawartość powietrza 5':	Zawartość powietrza 30':
0,60% m.c.	0,62% m.c.	11s ✓	16s ✓	5,7% ✓	5,0% ✓



CEM II/A-V 52,5R-NA

	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,24h}$ [MPa]:	Wytrzymałość na ściskanie $f_{c,28d}$ [MPa]:	Wytrzymałość na zginanie:	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu:	Zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A_{300}):	Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie:
ISOPLAST 2010+ ISOSPHERE 9400	38,2	✓	✓	✓	2,37	0,131



Podsumowanie

		Cement	CEM I 42,5R-SR5/NA	CEM II/B-S 42,5N-NA	CEM II/A-LL 42,5R-NA	CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA	CEM II/A-V 52,5R-NA
		Domieszka					
Domieszki uplastyczniające	ISOPLAST 1243	✓	✗	✗	○	✗	
	ISOPLAST 2010	✓	✓	✓	✓	✓	
Domieszki napowietrzające	ISOSPHERE 9250	✓	✗	✗	○	✗	
	ISOSPHERE 9400	✗	✓	✓	✗	✓	
	ISOSPHERE 930	✓	○	✗	✓	✗	



rozwiązanie rekomendowane







rozwiązanie dopuszczalne



rozwiązanie niezalecane



Znaczenie dla środowiska

	CEM I 42,5R-SR5/NA	CEM II/A-LL 42,5R-NA	CEM II/A-V 52,5R-NA	CEM III/A 42,5N-LH/HSR/NA	CEM II/B-S 42,5N-NA
Ślad węglowy netto [kg/t]	512	447	449	231	327
Ślad węglowy netto [kg/m ³]	207	181	182	94	132
Bilans śladu węglowego netto [kg/km] [*]		-56 160  400 drzew	-54 000  385 drzew	-244 080  1750 drzew	-162 000  1150 drzew

*Przy założeniu grubości nawierzchni 24cm i jednej jezdni dwupasmowej.



Wnioski

- ➔ Nie istnieją uniwersalne rozwiązania domieszkowe, które mogłyby być zastosowane do wszystkich typów cementu w technologii betonu nawierzchniowego,
- ➔ Dla każdego cementu należy przeprowadzić szereg testów, aby znaleźć najbardziej odpowiednie zestawienie domieszkowe,
- ➔ Negatywne efekty stosowania niewłaściwych domieszek mogą obejmować spadek konsystencji, niestabilność napowietrzenia oraz gorszą strukturę porów powietrznych w betonie,



Dziękuję za uwagę

Kacper Hima

Adres e-mail: kacper.hima@cemex.com

Numer telefonu: 887 113 304

