

Doświadczenia z budowy i eksploatacji nawierzchni betonowej drogi wojewódzkiej

Dr inż. Andrzej Góral

21.10.2024

IV FORUM
BETON
W DROGOWNICTWIE



1

Założenia projektu



Droga wojewódzka nr 423

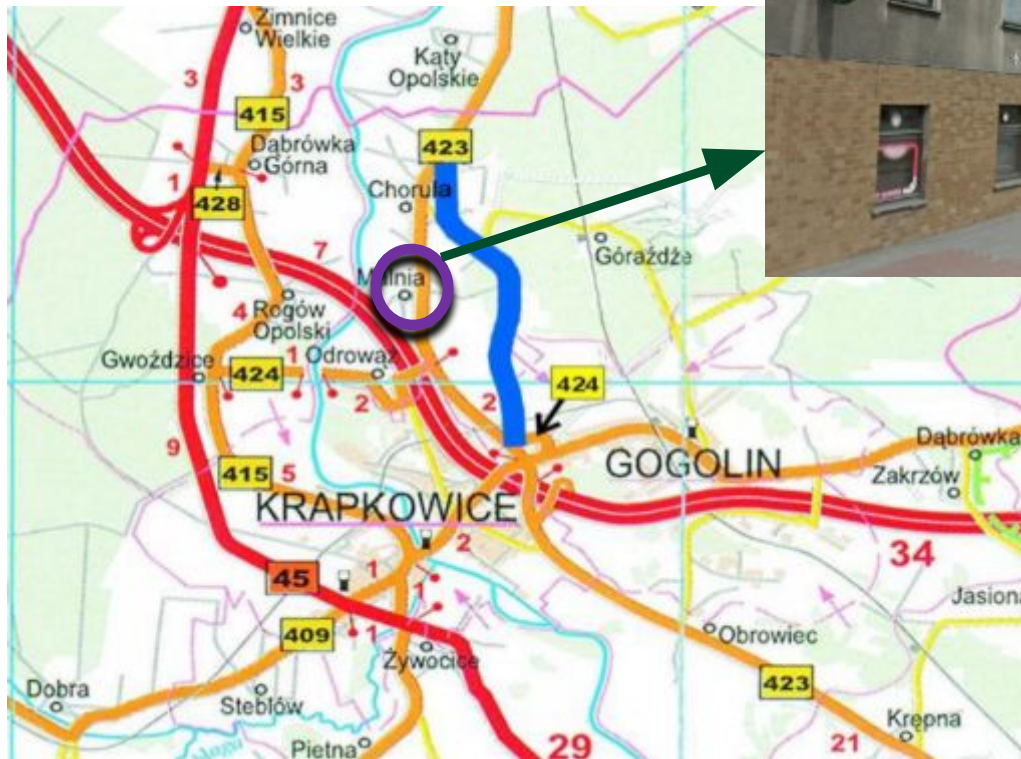


Droga wojewódzka nr 423 stanowi ważny szlak komunikacyjny w województwie opolskim, łączący dwie największe miejscowości Opolszczyzny, stolicę regionu Opole ze stolicą powiatu Kędzierzynom-Koźlem



Droga wojewódzka nr 423

Odcinek drogi wojewódzkiej nr 423 zlokalizowany pomiędzy miastami Opole oraz Gogolin jest jednym z najbardziej obciążonych ruchem odcinków drogi wojewódzkiej w Zarządzie Dróg Wojewódzkich w Opolu



W 2008 roku podjęte zostały działania dotyczące budowy obwodnicy Malni i Choruli w ciągu drogi wojewódzkiej 423.

Dokumentacja projektowa opracowana została, przez biuro projektowe „A-PROPOL” z Gliwic w 2015 roku.

W lutym 2018 roku rozpoczęte zostały pierwsze prace budowlane na obwodnicy.



Poprawa dostępności do węzłów autostrady A4
Gogolin i Olszowa. Etap II. Zadanie 5.

***Budowa obwodnicy m. Malni i Choruli w
ciągu drogi wojewódzkiej nr 423***

na odcinku od km 20+846,46 do km 27+010,10

Inwestor:

Zarząd dróg Wojewódzkich
w Opolu

Ul Oleska 127

45-231 Opole



Generalny Wykonawca:

Drog-Bud Sp. z o.o.

Lubojenka, ul. Prosta 88/90

42-209 Częstochowa



Wykonawca nawierzchni betonowej:

Budpol Sp. z o.o.

ul. Kopalniana 12 J42-271 Częstochowa



Droga wojewódzka nr 423

Zakres inwestycji:

- **budowa obwodnicy o długości trasy 6,2 km nawierzchnia betonowa o nośności 115kN/ oś,**
- budowa drogi dojazdowej o długości 0,8 km nawierzchnia bitumiczna o nośności 115kN/ oś,
- budowa łącznika DW 424 o długości 0,4 km nawierzchnia bitumiczna o nośności 115kN/ oś,
- szerokość jezdni obwodnicy 8,0 m, w tym 2 pasy ruchu 3,5 m i 2 x opaska 0,5 m,
- spadek poprzeczny daszkowy 2%, na łukach jednostronny,
- budowa obiektów inżynierskich w tym 1 obiektu mostowego (wiadukt nad ul. Malińską) oraz murów oporowych,
- budowa 7 skrzyżowań z drogami przecinającymi obwodnicę, w tym 3 typu rondo (wykonane w technologii bitumicznej),
- budowa stanowiska kontroli pojazdów wraz z miejscem do ważenia i parkingiem dla podróżnych,

Wartość zadania : 45 mln w tym dofinansowanie 38 mln,



2

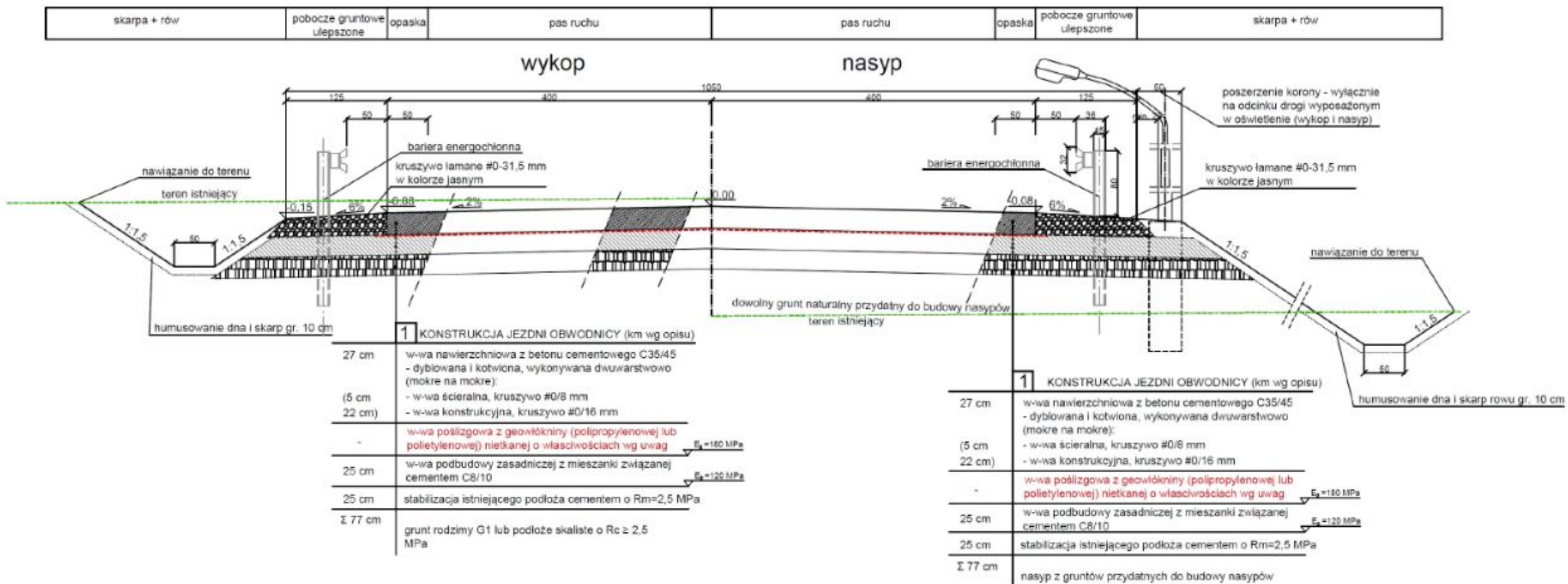
Wymagania



Droga wojewódzka nr 423 -

Przekrój typowy drogi głównej (obwodnicy) na prostej - podłoże G1 oraz droga w nasypie

43



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Beton

- DWN (16mm) i GWN (8mm + odkryte kruszywo): C35/45, XF4, V3,
- DWN – grubość 22 cm (ok. 12 tys. m³),
- GWN – grubość 5 cm (ok. 2 tys. m³),
- profil drogi: spadek poprzeczny daszkowy 2%.

Zalety

- większa trwałość,
- brak zjawiska koleinowania,
- większe bezpieczeństwo – jaśniejszy kolor nawierzchni,
- niższy koszt eksploatacji w cyklu życia,
- możliwość wykonania z lokalnych, dostępnych surowców,
- droga lokalna Zimna Wódka – Ujazd (ok. 5 km),
- droga gminna Otmice – Izbicko (ok. 1,5 km).



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Ogólna Specyfikacja Techniczna

D – 05.03.04

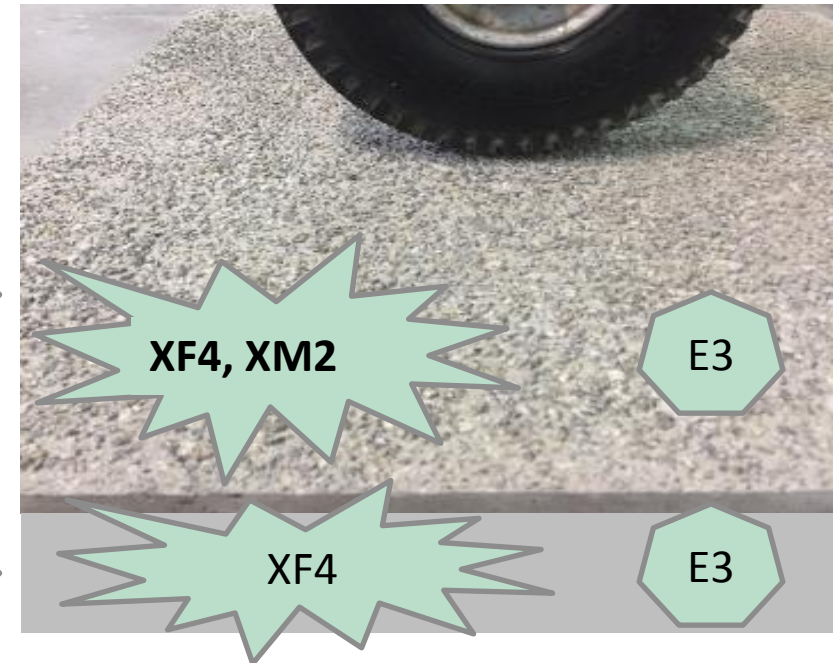
NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad

Załącznik Nr 1 do Zarządzenia Nr
23 Generalnego Dyrektora Dróg
Krajowych
i Autostrad
z dnia 7 czerwca 2018 r.

GWN
(górną warstwą
nawierzchni)

DWN
(dolną warstwą
nawierzchni)



E3 – Kategoria Środowiskowa
wg CEN/TR 16349



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Klasyfikacja (E1- E3) Środowiska w odniesieniu do możliwości wystąpienia w betonie zagrożenia destrukcyjną reakcją alkalia- kruszywa AAR



Kategoria Środowiskowa	Opis	Ekspozycja betonu ^{a,b,c)}
E1	Środowisko suche osłonięte przed wilgocią z zewnątrz	Beton wewnątrz budynku w suchych ^{a)} warunkach eksploatacyjnych
E2	Narażone na działanie wilgoci z zewnątrz ^{b)}	Beton wewnątrz budynku, w których wilgotność jest wysoka np. pralnie, zbiorniki, baseny Beton wystawiony na działanie wilgoci z zewnątrz, na nieagresywny gruncie lub zanurzony w czystej wodzie lub trwale zanurzony w wodzie morskiej ^{c)}
E3	Narażone na działanie wilgoci z zewnątrz plus dodatkowe czynniki obciążające	Beton narażony na działanie soli odładzających, Beton narażony na zwilżanie i suszenie przez wodę morską ^{c)} lub rozpylonych soli, Beton narażony na zamarzanie i rozmrażanie w warunkach wilgotnych, Beton poddany długotrwałym podwyższonym temperaturom w warunkach wilgotnych Betonowe drogi podlegające zmiennym obciążeniom dynamicznym o charakterze zmęczeniowym

a) Środowisko suche odpowiada warunkom średniej względnej wilgotności otoczenia niższej niż 75% (zwykle spotykana tylko w środku budynków) i braku narażenia na zewnętrzne źródła wilgoci.

b) Niebezpieczeństwo powstania szkodliwej reakcji ASR może wystąpić w przypadku betonu, który prawdopodobnie nie wyschnie w znacznym stopniu w trakcie jego użytkowania, nawet w środowisku suchym. Odpowiednie betonowe elementy konstrukcyjne należy zaliczyć do kategorii E, a ich wymiary powinny być określone w specyfikacjach krajowych.

c) Beton stale zanurzony w wodzie morskiej nie podlega większemu ryzyku ASR niż podobny element narażony na wilgotne powietrze, zakopany w ziemi lub zanurzony w czystej wodzie, ponieważ stężenie alkaliów w wodzie morskiej jest niższe niż stężenie alkaliów w cieczy porowej większości betonów.



Droga wojewódzka nr 423 -

wymagania

Klasyfikacja kruszyw do betonu i kryteria ich oceny ze względu na ich podatności na ryzyko reakcji z alkaliami zawartymi w betonie



Metoda badawcza	Jednostka	klasyfikacja kruszywa naturalnego w stosunku do jego podatności na ryzyko reakcji AAR (wartości wyznaczone eksperymentalnie)			
		Niereaktywne R0	Umiarkowanie reaktywne R1	Silnie reaktywne R2	Bardzo silnie reaktywne R3
		Dylatometryczna przyspieszona metoda pomiaru ekspansji zaprawy wg ASTM C1260-14[10] i RILEM AAR-2 ¹⁾ [11]	% długości	≤ 0,100	> 0,100 ≤ 0,300
Dylatometryczna długoterminowa metoda pomiaru ekspansji betonu wg ASTM C1293[12] i RILEM AAR-3 ²⁾ [13]	% długości	≤ 0,040	> 0,040 ≤ 0,120	> 0,120 ≤ 0,240	> 0,240 ²⁾
Analiza petrograficzna kruszywa wg ASTM 295 [14]	-	Dokładny opis petrograficzny wszystkich pobranych próbek			

1) opis metodyki badań stanowi załącznik nr 1 do OST „Nawierzchnia z betonu cementowego”

2) opis metodyki badań stanowi załącznik nr 2 do OST „Nawierzchnia z betonu cementowego”



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Warunki zastosowania naturalnego kruszywa do betonu w zależności od poziomu ryzyka E (klasy Środowiska), reaktywności kruszywa R i zawartości alkaliów ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$) w betonie



Poziom ryzyka w przypadku kruszywa		Niereaktywne R0	Umiarkowanie reaktywne R1 ^{*)}	Silnie reaktywne R2	Bardzo silnie reaktywne R3
			zawartość $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ na 1 m ³ betonu		
Klasa-Środowiska	E2	maks. 3,0 kg/m ³	maks. 2,4 kg/m ³	Nie ma zastosowania	
	E3	maks. 3,0 kg/m ³	maks. 1,8 kg/m ³ + SCM ^{**)} kg/m ³	Nie ma zastosowania	

* - wymaganą przy stosowaniu kruszyw umiarkowanie reaktywnych R1 obniżoną zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ w betonie zapewnia stosowanie cementów specjalnych niskoalkalicznych NA wg normy PN-B-19707 [7], w tym cementów portlandzkich CEM I NA, cementów portlandzkich wieloskładnikowych z grupy CEM II NA i cementów hutniczych CEM III/A NA z dodatkiem granulowanego żużla wielkopiecowego.

** - SCM – dodatki hydrauliczno-pucolanowe np. popiół lotny



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Właściwości betonu nawierzchniowego	Wymagania
Gęstość, tolerancja w stosunku do betonu wg zatwierdzonej recepty oznaczana zgodnie z PN-EN 12390-7	± 3,0 %
Klasa wytrzymałości na ściskanie w 28 dniu ¹⁾ wg PN-EN 206 [9] oznaczana wg PN-EN 12390-3: <ul style="list-style-type: none"> dla kategorii ruchu KR1÷KR4 dla kategorii ruchu KR5÷KR7 	≥ C30/37 ≥ C35/45
Wytrzymałość betonu na zginanie w 28dniu ¹⁾ twardnienia (średnia z trzech próbek) oznaczana zgodnie z PN-EN 12390-5: <ul style="list-style-type: none"> dla kategorii ruchu KR1÷KR4 dla kategorii ruchu KR5÷KR7 	≥ 4,5 MPa ≥ 5,5 MPa
Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu w 28 dniu ¹⁾ twardnienia (średnia z trzech próbek sześciennych) oznaczana zgodnie z PN-EN 12390-6: <ul style="list-style-type: none"> dla kategorii ruchu KR1÷KR4 dla kategorii ruchu KR5÷KR7 	≥ 3,0 MPa ≥ 3,5 MPa
Kategoria mrozoodporności w 28 dniu ¹⁾ wg PN-EN 13877-2 (dla GWN oraz JWN) oznaczana zgodnie z PKN-CEN/TS EN 12390-9, nie niższa niż: <ul style="list-style-type: none"> dla betonów w klasie ekspozycji XF4 dla nawierzchni z innym rodzajem uszorstnienia niż kruszywo odkryte (Tabela – kolejny slajd) dla betonów w klasie ekspozycji XF4 dla nawierzchni z kruszywem odkrytym (w poszczególnych strefach) 	FT2 Tabele na kolejnych slajd.
Charakterystyka porów powietrznych w betonie: <ul style="list-style-type: none"> - zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (A300), % - wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie, \bar{L} mm 	≥ 1,5 % ≤ 0,200 mm
Odporność na wnikanie benzyny i oleju ²⁾ oznaczana wg PN-EN 13877-2 zał. B	≤ 30mm
Mrozoodporność F150, przy badaniu odporności betonu na działanie mrozu w 28 dniu ¹⁾ (dla DWN i JWN w kategoriach ruchu KR4÷KR7) oznaczana zgodnie z PN-B-06265: <ul style="list-style-type: none"> ubytek masy próbki, spadek wytrzymałości na ściskanie. 	≤ 5 % ≤ 20 %



¹⁾ lub w czasie równoważnym w stosunku do 28 dni twardnienia, wynikającym z charakterystyki użytego cementu.

²⁾ wymaganie odnosi się tylko do nawierzchni betonowych o wysokim ryzyku pojawienia się na nich paliwa lub oleju np. punkty poboru opłat, stacje benzynowe, parkingi, miejsca obsługi podróżnych.

JWN – nawierzchnia jednowarstwowa

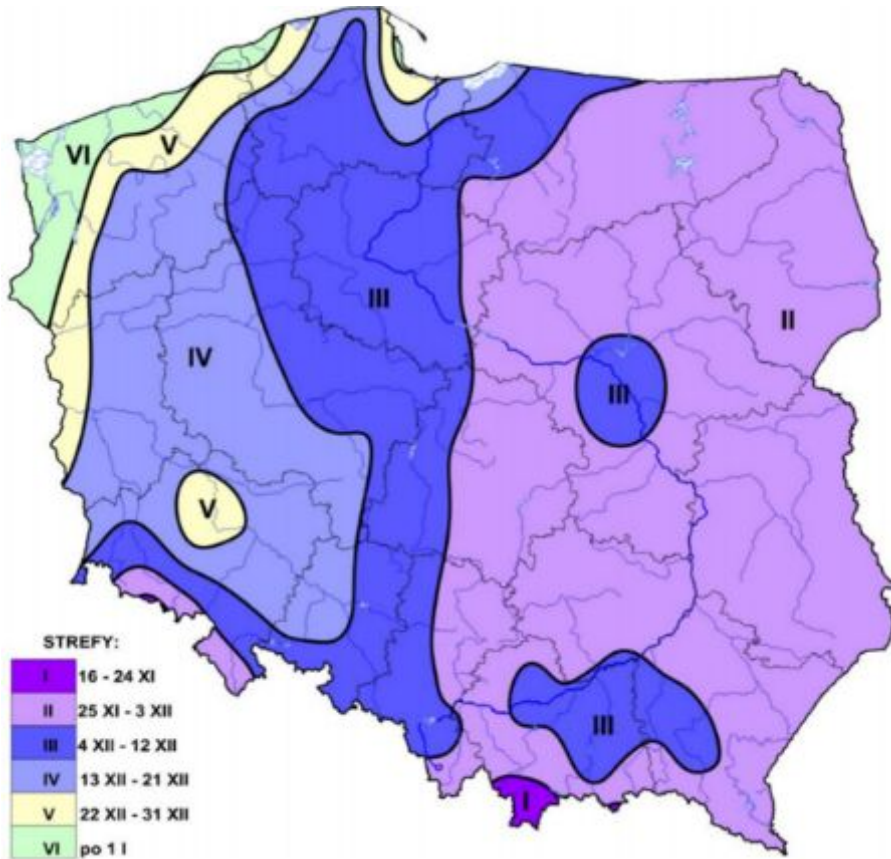
GWN – górna warstwa nawierzchni

DWN – dolna warstwa nawierzchni



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Strefy rozpoczęcia sezonu zimowego w Polsce



Wymagania dla GWN z odkrytym kruszywem

Lokalizacja nawierzchni betonowej z „odkrytym kruszywem”	Ubytek masy po 28 cyklach (m_{28})	Ubytek masy po 56 cyklach (m_{56})	Stopecz uchytku m_{56}/m_{28}
nawierzchnia betonowa w strefie I÷II	wartość średnia $\leq 0,2 \text{ kg/m}^2$, przy czym żaden pojedynczy wynik $> 0,4 \text{ kg/m}^2$	wartość średnia $\leq 0,4 \text{ kg/m}^2$ przy czym żaden pojedynczy wynik $> 0,8 \text{ kg/m}^2$	brak wymagań
nawierzchnia betonowa w strefie III÷VI	wartość średnia $\leq 0,250 \text{ kg/m}^2$, przy czym żaden pojedynczy wynik $> 0,5 \text{ kg/m}^2$	wartość średnia $\leq 0,50 \text{ kg/m}^2$, przy czym żaden pojedynczy wynik $> 1,0 \text{ kg/m}^2$	≤ 2



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Składy betonów

Składnik	Warstwa konstrukcyjna C35/45 XF4, V3, 0-16 mm	Warstwa ścieralna C35/45 XF4, V3, 0-8 mm
Piasek 0/2	tak	tak
Amfibolit 2/5	tak	tak
Amfibolit 5/8	tak	tak
Amfibolit 8/16	tak	
CEM I 42,5N-NA Górażdże	380	425
Plastyfikator	0,63	0,9%
Domieszka napowietrzająca	0,26	0,21%
Zawartość powietrza	5,0%	6,0%
W/C	0,37	0,38



3

Produkcja i zabudowa



Droga wojewódzka nr 423 - produkcja

Do produkcji mieszanki wykorzystano mobilną wytwórnię betonu wyposażoną w dwuwąłowy mieszalnik o pojemności 4500 dm³. Wydajność wytwórni wynosiła 150m³ betonu na godzinę.

Transport mieszanki betonowej odbywał się z zastosowaniem ciężarówek samowyładowczych trzy- i czteroosiowych ze skrzyniami stalowymi o ładownościach odpowiednio 8 i 12 m³. Maksymalna odległość, na którą transportowano mieszankę betonową wynosiła ok. 6,5 km.

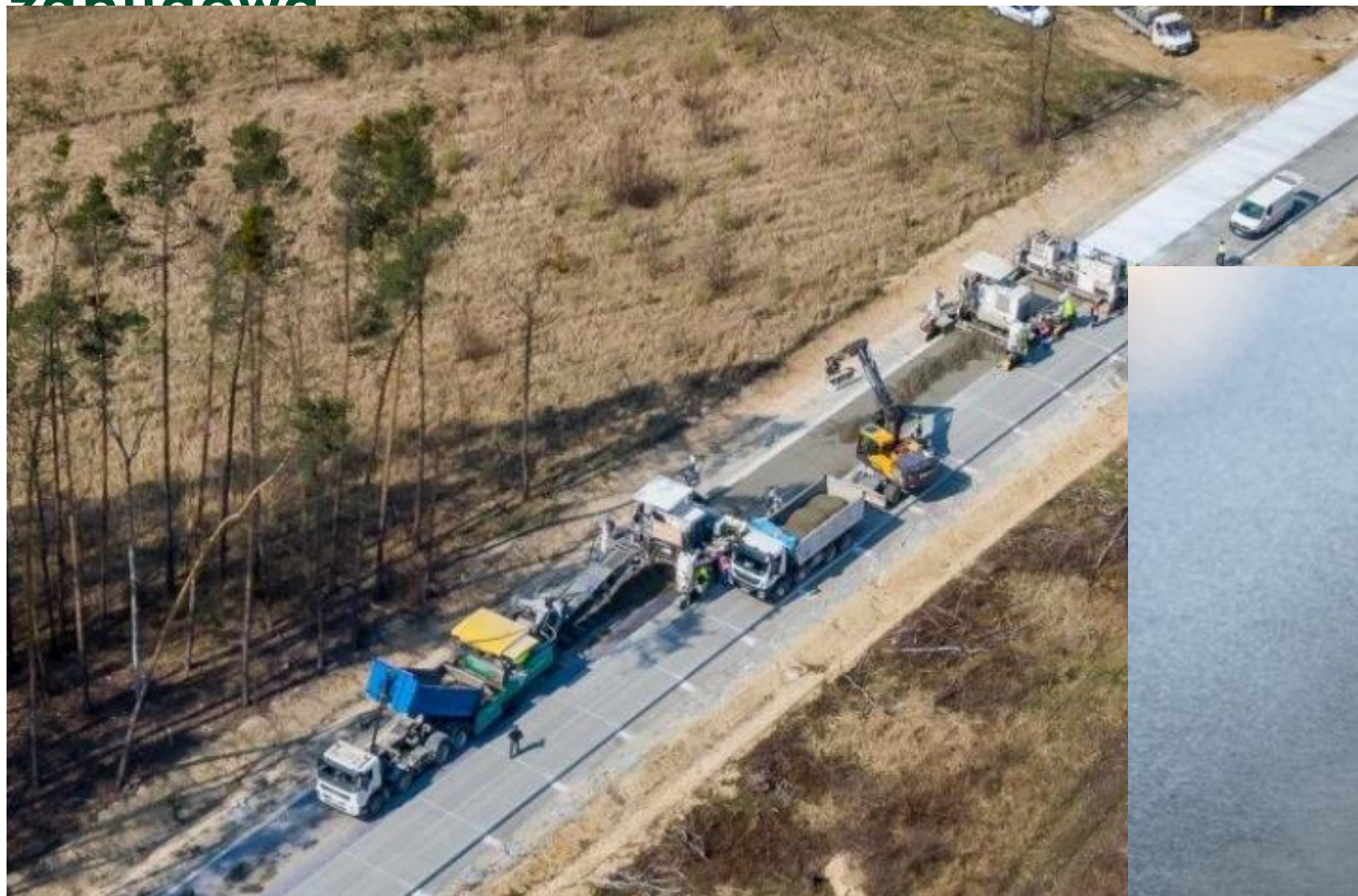
Podczas produkcji mieszanki betonowej przez cały okres betonowań kontrolę nad właściwym stopniem napowietrzenia, jak również odpowiednią konsystencją mieszanki betonowej sprawowało Centrum Technologiczne BETOTECH Sp. z o.o. oraz laboratorium firmy BUDPOL.



Droga wojewódzka nr 423 - zabudowa



Droga wojewódzka nr 423 - zabudowa



Droga wojewódzka nr 423 - zabudowa



Droga wojewódzka nr 423 - zabudowa



4

Właściwości



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Właściwości betonów

Właściwości	DWN wartości średnie	GWN wartości średnie
Klasa zaw. chlorków	Cl 0,2	Cl 0,2
Punkt piaskowy	29,6 %	28,7 %
Konsystencja Ve-Be po 5 min	8 s	8 s
po 20 min	10 s	9 s
Zawartość powietrza po 5 min	5,5 %	6,5 %
po 20 min	5,0 %	5,5 %



Właściwości	DWN wartości średnie	GWN wartości średnie
Gęstość	2424 kg/m ³	2383 kg/m ³
Całkowita zaw. powietrza	6,78 %	5,84 %
Powierzchnia właściwa systemu porów powietrznych	30,26 mm ⁻¹	35,44 mm ⁻¹
Wskaźnik rozmieszczenia	0,149 mm	0,145 mm
Zawartość mikroporów (A ₃₀₀)	3,21 %	2,94 %



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Właściwości betonów

Parametr	DWB C35/45 XF4, V3, 0-16 mm	GWB C35/45 XF4, V3, 0-8 mm
Śr. wytrz. na ściskanie po 7 d	51,8 MPa	50,3 MPa
Śr. wytrz. na rozłupywanie po 7 d	3,8 MPa	3,8 MPa
Śr. wytrz. na ściskanie po 28 d	58,6 MPa	58,5 MPa
Śr. wytrz. na rozłupywanie po 28 d	4,5 MPa	3,8 Mpa
Śr. wytrz. na zginanie po 28 d	6,1 MPa	6,1 MPa
Głębokość penetracji wody	10,3 mm	13,8 mm



Droga wojewódzka nr 423 - wymagania

Właściwości betonów

Parametr	DWB C35/45 XF4, V3, 0-16 mm	GWB C35/45 XF4, V3, 0-8 mm
Mrozoodporność betonu po 150 cyklach – metoda zwykła: — ubytek masy — ubytek wytrzymałości	0,0 % (kryt. F150 spełnione) 4,1 % (kryt. F150 spełnione)	0,0 % (kryt. F150 spełnione) 3,9 % (kryt. F150 spełnione)
Odporność betonu na cykliczne zamrażanie-odmrażanie w obecności soli odladzających po 7d — ilość cykli 28 — ilość cykli 56 — stopień ubytku m56/m28	złuszczenie 0,06 kg/m2 (kryt. ≤ 0,5 kg/m2 spełnione) złuszczenie 0,06 kg/m2 (kryt. ≤ 1,0 kg/m2 spełnione) 1,0 (kryt. ≤ 2,0 spełnione) Spełnia wymagania klasy FT2	złuszczenie 0,19 kg/m2 (kryt. ≤ 0,5 kg/m2 spełnione) złuszczenie 0,23 kg/m2 (kryt. ≤ 1,0 kg/m2 spełnione) 1,2 (kryt. ≤ 2,0 spełnione) Spełnia wymagania klasy FT2
Odporność betonu na cykliczne zamrażanie-odmrażanie w obecności soli odladzających po 28d — ilość cykli 28 — ilość cykli 56 — stopień ubytku m56/m28	złuszczenie 0,04 kg/m2 (kryt. ≤ 0,5 kg/m2 spełnione) złuszczenie 0,05 kg/m2 (kryt. ≤ 1,0 kg/m2 spełnione) 1,0 (kryt. ≤ 1,2 spełnione) Spełnia wymagania klasy FT2	złuszczenie 0,08 kg/m2 (kryt. ≤ 0,5 kg/m2 spełnione) złuszczenie 0,14 kg/m2 (kryt. ≤ 1,0 kg/m2 spełnione) 1,7 (kryt. ≤ 2,0 spełnione) Spełnia wymagania klasy FT2



Dziękuję za uwagę

