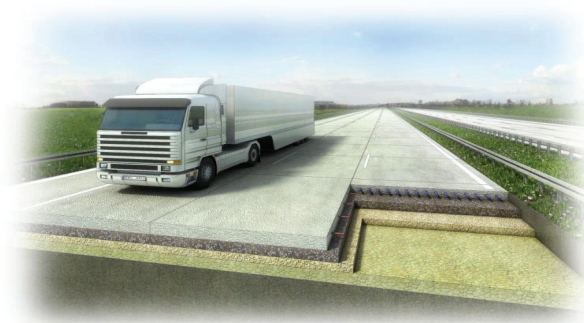




**BUDUJMY DROGI BETONOWE
– TO SIĘ OPŁACA!**



Badania i analizy kosztów budowy i utrzymania nawierzchni betonowych i asfaltowych

Spis treści

1. Wprowadzenie	4
2. Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów	6
3. Rodzaje konstrukcji przyjęte do analiz	13
4. Koszty budowy - założenia	16
5. Analiza zmian cen	20
6. Strategie utrzymania nawierzchni w ciągu 30 lat	21
7. Koszty utrzymania nawierzchni	23
8. Koszty całkowite po 30 latach	25
9. Podsumowanie	30

Wprowadzenie

W administracjach drogowych na świecie prowadzi się analizy:

- **LCA - Life Cycle Assessment - Ocena Cyklu Życia - proces oceny wpływu produktu lub usługi na środowisko w całym okresie życia produktu,**
- **LCC - Life Cycle Costing - Koszt Cyklu Życia - suma wszystkich kosztów ponoszonych podczas cyklu życia wyrobu - budowa-użytkowanie-likwidacja,**
- **LCI - Life Cycle Inventory - Analiza zbioru w cyklu życia - etap gromadzenia danych potrzebnych do realizacji LCA**

Wprowadzenie

W administracji drogowej amerykańskiej w 33 stanach od 2008 roku stosuje się analizy LCC.

Z analiz Texas Department of Transportation wynika, że w ciągu 50 lat koszt budowy nawierzchni betonowych obniżył się o około 20%, natomiast ceny asfaltu wzrosły o 95%.

W 2013 roku w USA koszty budowy nawierzchni betonowych były 10 do 20% niższe od nawierzchni podatnych.

Raport dotyczy kosztów budowy i utrzymania nawierzchni sztywnych i podatnych w Polsce

Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

Katalogi nawierzchni


**Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad**


POLITECHNIKA GDAŃSKA
Katedra Inżynierii Drogowej

KATALOG

TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
PODATNYCH I PÓLSZTYWNYCH



Gdańsk, 2012


**Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad**


Politechnika Wrocławska
Katedra Inżynierii Lądowej
Katedra Dróg i Lotnisk

KATALOG

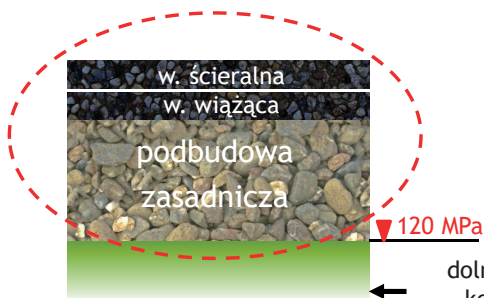
TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
SZTYWNYCH



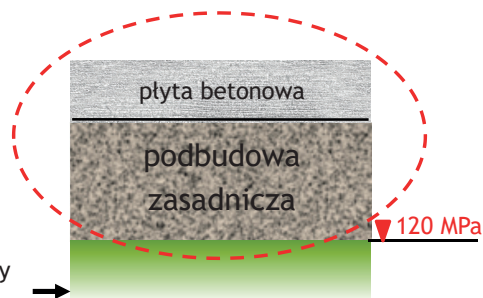
Wrocław, 2014

Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

nawierzchnia
podatna



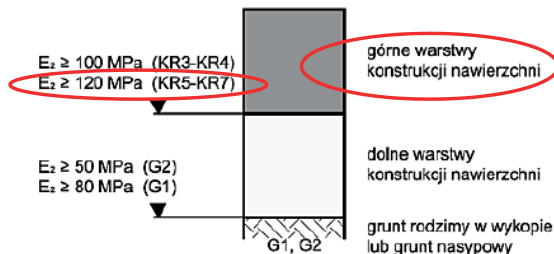
nawierzchnia
sztywna



dolne warstwy
konstrukcji
(ulepszone podłoże +
grunt rodzimy)
- typ G1

Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

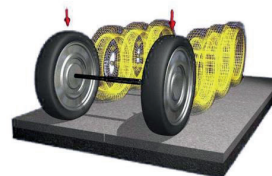
- Przyjęto typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji i warstwy ulepszonego podłoża są takie same.
- Przyjęto, że wtórny moduł na górnej powierzchni podbudowy pomocniczej wynosi 120 MPa.
- Przyjęto rodzaj podłoża jako TYP 1-G1. Dlatego nie obliczano kosztów budowy dla tego typu wzmocnienia podłoża.
- Przyjęto dla obu rodzajów konstrukcji nawierzchni okres eksploatacji równy 30 lat. W analizach obciążenia ruchem przyjęto dwie opcje: KR6 - podatne, KR6 i KR7 - sztywne.



Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

- Opcja 1

Przyjęto, że przez obie konstrukcje przejdzie 90 000 000 osi standardowych o nacisku 100 kN.



nawierzchnia podatna

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym [w milionach osi 100 kN na pas obliczeniowy]
1	2
KR1	$0,03 < N_{100} \leq 0,09$
KR2	$0,09 < N_{100} \leq 0,50$
KR3	$0,50 < N_{100} \leq 2,50$
KR4	$2,50 < N_{100} \leq 7,30$
KR5	$7,30 < N_{100} \leq 22,00$
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00 \rightarrow 90 \text{ mln}$

nawierzchnia sztywna

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym (30 lat) [milion osi 100 kN na pas obliczeniowy]
1	2
KR1	$0,045 < N_{100} \leq 0,15$
KR2	$0,15 < N_{100} \leq 0,75$
KR3	$0,75 < N_{100} \leq 6,39$
KR4	$6,39 < N_{100} \leq 15,99$
KR5	$15,99 < N_{100} \leq 42,63$
KR6	$42,63 < N_{100} \leq 101,25$
KR7	$N_{100} > 101,25 \rightarrow 220 \text{ mln}$

Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

• Opcja 2

Przyjęto, że przez konstrukcje nawierzchni przejdzie określona liczba sylwetek pojazdów.

- samochody ciężarowe bez przyczep-**1200** na dobę na pas,
- samochody ciężarowe z przyczepami-**3300** na dobę na pas,
- autobusy-**200** na dobę na pas.

Samochody ciężarowe bez przyczep C	
Samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami C+P	
Autobusy A	

nawierzchnia podatna	
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00 \rightarrow 90 \text{ mln}$

79.670 mln

nawierzchnia sztywna	
KR6	$42,63 < N_{100} \leq 101,25$
KR7	$N_{100} > 101,25 \rightarrow 220 \text{ mln}$

148.360 mln

Po 30 latach \
po przeliczeniu na osie 100 kN

Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

Parametry materiałowe dla konstrukcji podatnych:

-Warstwy nawierzchniowe:

MMA - SMA oraz beton asfaltowy typu - AC (wg WT-2 2014)

-Podbudowy:

kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie (wg WT-4 2010)

mieszanki związane C5/6 (wg WT-5 2010)



Przyjęte założenia techniczne do analizy kosztów

Parametry materiałowe dla konstrukcji sztywnych

-Warstwa nawierzchniowa:

beton cementowy C35/45, wytrzymałość na zginanie 5,5 MPa.
Klasa ekspozycji XF4, beton jest dwuwarstwowy, górna warstwa z tzw. odkrytym kruszywem.

-Podbudowy:

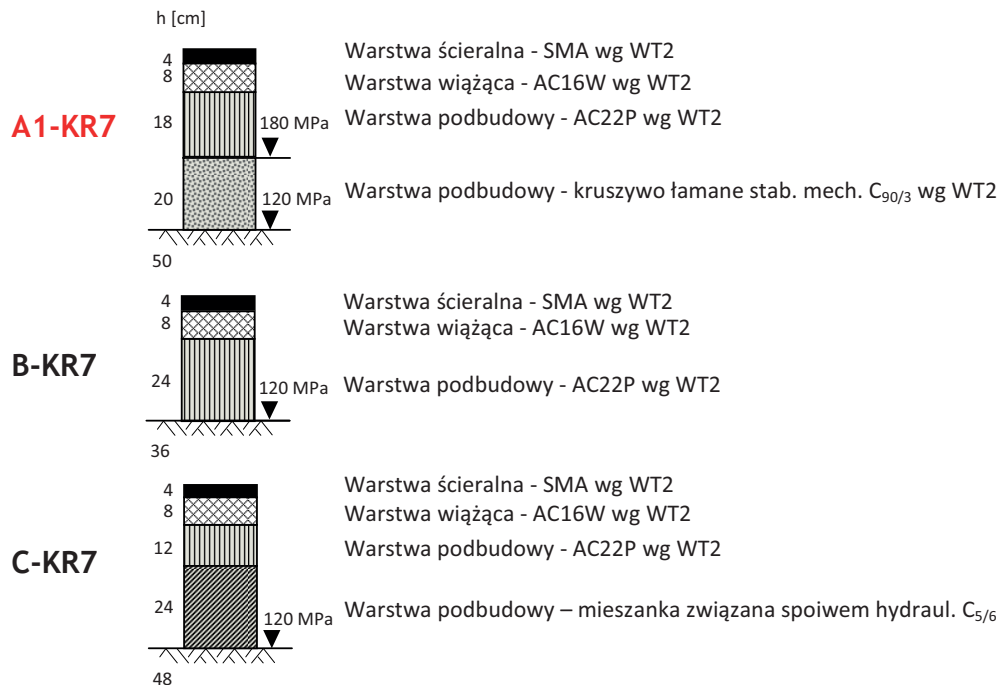
kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie (wg WT-4 2010)
beton asfaltowy (WT-2 2014)
mieszanki związane C8/10 (wg WT-5 2010)

Dla nawierzchni betonowych przyjęto, że obowiązują OST, zatwierdzone przez GDDKiA.



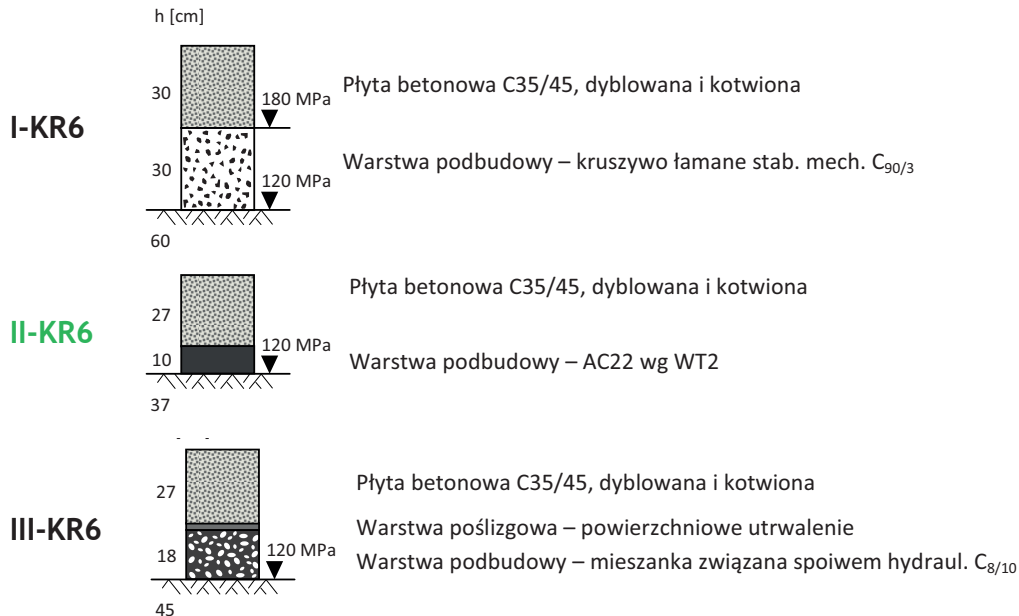
Rodzaje konstrukcji przyjęte do analiz

Konstrukcje podatne dla ruchu KR7



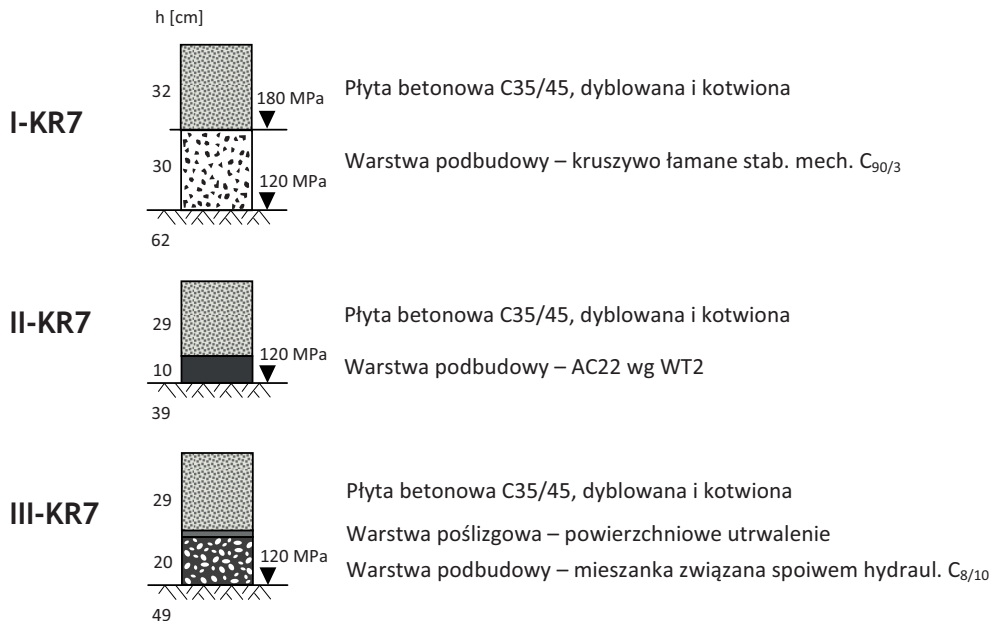
Rodzaje konstrukcji przyjęte do analiz

Konstrukcje sztywne dla ruchu KR6



Rodzaje konstrukcji przyjęte do analiz

Konstrukcje sztywne dla ruchu KR7



Koszty budowy

Przyjęte założenia (2015 r.)

- Obliczenia kosztów budowy dla odcinka drogi klasy S-droga ekspresowa o długości 1 km i szerokości 10 m tj. 10 000 m².
- Pominięto dla wszystkich analizowanych konstrukcji wszystkie koszty związane z transportem zarówno materiałów wsadowych dla wytwórni jak i gotowych materiałów do miejsca wbudowania.
- Całkowicie pominięto kwestie związane z oznakowaniem poziomym.
- Ceny R, M i S oraz koszty zakupu, pośrednie i wskaźniki zysku przyjęto na podstawie aktualnych stawek wg Sekocenbud (IV kwartał 2015) w związku z czym pominięto koszty transportu opierając się na kosztach zakupu wg Sekocenbud. (IV kwartał 2015).

Koszty budowy

Przyjęte założenia (2015 r.)

- Przyjęto ceny średnie dla robót inżynieryjnych.
- Z powodu braku danych w Sekocenbud na podstawie wywiadu z wykonawcami przyjęto, że koszt zespołu maszyn dla nawierzchni betonowej z obsługą to 5000,00 zł /h. Wydajność to około 50 mb/h - koszt wbudowania 1 m² kształtuje się na poziomie 10 zł.
- Dla robót inżynieryjnych przyjęto: Koszty pośrednie 62,8 % (od R i S); Koszty zakupu 7,5% (od M); Zysk 10,3 % (od R+Kp i S+Kp)

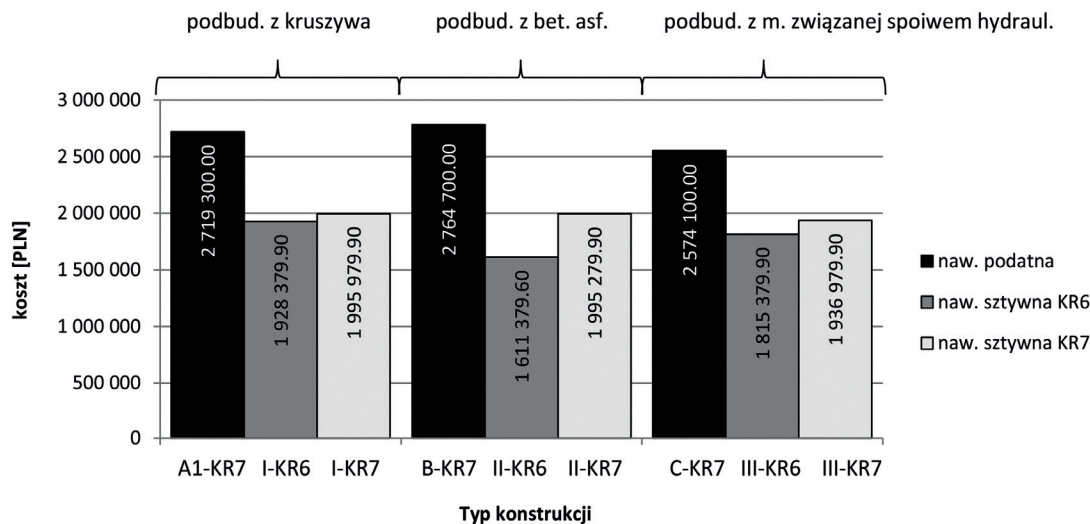
Koszty budowy

Wyniki obliczeń kosztów budowy

Ip	Typ konstrukcji	Rodzaj konstrukcji	Koszt budowy, PLN
Nawierzchnie podatne			
1	A1-KR7	SMA+AC+AC+KŁ 4+8+18+20=50 cm	2 719 300,00
2	B-KR7	SMA+AC+AC 4+8+24=36 cm	2 776 700,00
3	C-KR7	SMA+AC+AC+C5/6 4+8+12+ 24=48 cm	2 574 100,00
Nawierzchnie sztywne KR6			
1	I-KR6	Beton C35/45+KŁ 30+30=60 cm	1 928 379,90
2	II-KR6	Beton C35/45+AC 27+10=37 cm	1 611 379,60
3	III-KR6	Beton C35/45+C8/10 27+18 =45 cm	1 815 379,90
Nawierzchnie sztywne KR7			
1	I-KR7	Beton C35/45+KŁ 32+30=62 cm	1 995 979,90
2	II-KR7	Beton C35/45+AC 29+10=39 cm	1 995 279,90
3	III-KR7	Beton C35/45+C8/10 29+20 =49 cm	1 936 979,90

Koszty budowy

Wyniki obliczeń kosztów budowy



Koszty budowy

Porównanie kosztów budowy w latach 2010 - 2015

L.p.	Konstrukcja nawierzchni	Koszty budowy					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nawierzchnia asfaltowa							
1	SMA+AC+AC+K.Ł. 4+8+18+20=50 cm	2 459 100,00	2 508 900,00	2 524 000,00	2 666 300,00	2 673 300,00	2 719 300,00
2	SMA+AC+AC 4+8+24=36 cm	2 492 300,00	2 547 200,00	2 553 200,00	2 693 300,00	2 681 200,00	1 778 400,00
3	SMA+AC+AC+C5/6 4+8+12+24=48 cm	2 367 700,00	2 409 500,00	2 415 400,00	2 517 700,00	2 500 800,00	1 854 600,00
Nawierzchnia betonowa							
1	Beton C35/45 + K.Ł. 30+30=60 cm	1 931 352,23	1 950 200,53	1 993 446,44	1 934 041,82	1 943 161,82	1 928 379,90
2	Beton C35/45 + B.C 8/10 27+10=37 cm	1 630 452,23	1 650 100,53	1 674 546,44	1 630 641,82	1 617 561,82	1 611 379,60
3	Beton C35/45 + BC8/10 27+18=45 cm	1 853 752,23	1 882 200,53	1 897 546,44	1 838 741,82	1 818 961,82	1 815 379,90
Nawierzchnia betonowa							
1	Beton C35/45 + K.Ł. 32+30=62 cm	1 998 352,23	2 018 600,53	2 066 966,44	2 000 881,82	2 009 681,82	1 995 979,90
2	Beton C35/45 + AC 29+10=39 cm	1 997 252,23	2 024 800,53	2 050 466,44	2 017 681,82	2 000 081,82	1 995 279,90
3	Beton C35/45 + BC8/10 29+20=49 cm	1 974 852,23	2 005 300,53	2 025 266,44	1 958 081,82	1 939 181,82	1 936 979,90

Strategie utrzymania nawierzchni w ciągu 30 lat

Zabiegi technologiczne (strategię utrzymania) wzięto na podstawie doświadczeń krajowych i innych administracji drogowych której nawierzchnie pracują w podobnych warunkach klimatycznych jak Polska (Francja, Niemcy, USA).

Nawierzchnie podatne - wymiana warstw!

- Po 9 latach wymiana warstwy ścieralnej
- Po 18 latach 40% wymiana warstwy ścieralnej i wiążącej
- Po 18 latach wymiana 60% warstwy ścieralnej
- Po 27 latach wymiana 60% warstwy wiążącej i ścieralnej
- Po 27 latach wymiana 40% warstwy ścieralnej
- Po 30 latach pozostała trwałość zmęzeniowa konstrukcji nawierzchni wg 1 opcji 23 mln osi 100 kN wg opcji 2 - 33 mln osi 100 kN



Strategie utrzymania nawierzchni w ciągu 30 lat

Nawierzchnie sztywne - wymiana materiałów szczelin,
wymiana pękniętych płyt (13% spękanych płyt)!

- Po 9 latach wymiana uszczelnień szczelin podłużnych i poprzecznych
- Po 18 latach wymiana 5% płyt
- Po 18 latach wymiana uszczelnień szczelin podłużnych i poprzecznych
- Po 24 latach wymiana 3% płyt
- Po 27 latach wymiana uszczelnień szczelin podłużnych i poprzecznych
- Po 27 latach wymiana 5% płyt
- **Po 30 latach trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni wg opcji 1 obciążenia ok. 32 mln osi 100 kN a wg opcji 2 - 70 mln osi 100 kN.**



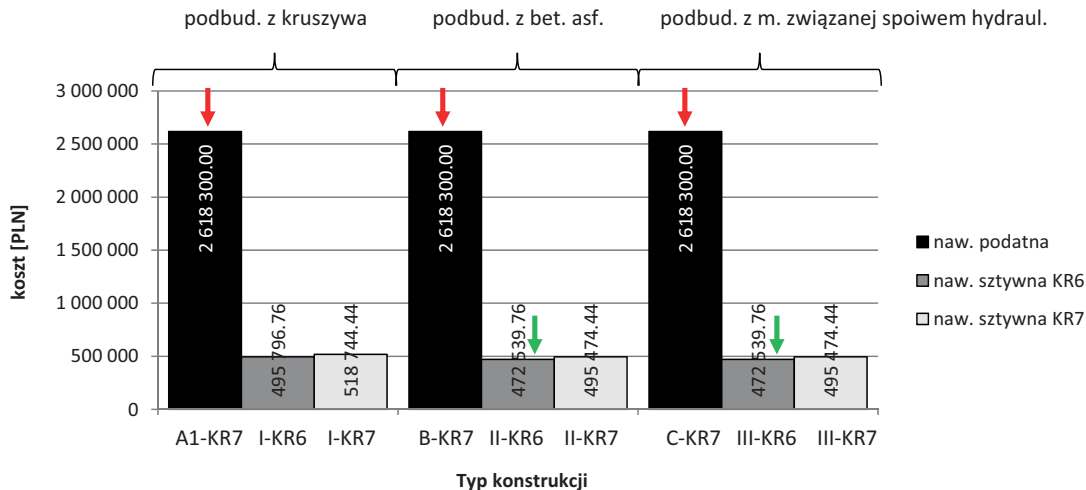
Koszty utrzymania nawierzchni

Wyniki obliczeń kosztów utrzymania

Ip	Typ konstrukcji	Rodzaj konstrukcji	Koszty remontów po latach						Łączny koszt remontów
			9	18	18	14	27	27	
Nawierzchnie podatne									
1	A1-KR7	SMA+AC+AC+Kł 4+8+18+20=50 cm	649 200,00	538 640,00	373 500,00	0,00	807 960,00	249 000,00	2 618 300,00
2	B-KR7	SMA+AC+AC 4+8+24=36 cm	649 200,00	538 640,00	373 500,00	0,00	807 960,00	249 000,00	2 618 300,00
3	C-KR7	SMA+AC+AC+C5/6 4+8+12+ 24=48 cm	649 200,00	538 640,00	373 500,00	0,00	807 960,00	249 000,00	2 618 300,00
Nawierzchnie sztywne KR6									
1	I-KR6	Beton C35/45+Kł 30+30=60 cm	62 800,00	117 705,15	62 800,00	70 621,60	62 800,00	119 070,01	495 796,76
2	II-KR6	Beton C35/45+AC 27+10=37 cm	62 800,00	108 760,15	62 800,00	65 254,60	62 800,00	110 125,01	472 539,76
3	III-KR6	Beton C35/45+C8/10 27+18 =45 cm	62 800,00	108 760,15	62 800,00	65 254,60	62 800,00	110 125,01	472 539,76
Nawierzchnie sztywne KR7									
1	I-KR7	Beton C35/45+Kł 32+30=62 cm	62 800,00	125 947,57	62 800,00	76 137,00	62 800,00	128 259,87	518 744,44
2	II-KR7	Beton C35/45+AC 29+10=39 cm	62 800,00	116 997,57	62 800,00	70 767,00	62 800,00	119 309,87	495 474,44
3	III-KR7	Beton C35/45+C8/10 29+20 =49 cm	62 800,00	116 997,57	62 800,00	70 767,00	62 800,00	119 309,87	495 474,44

Koszty utrzymania nawierzchni

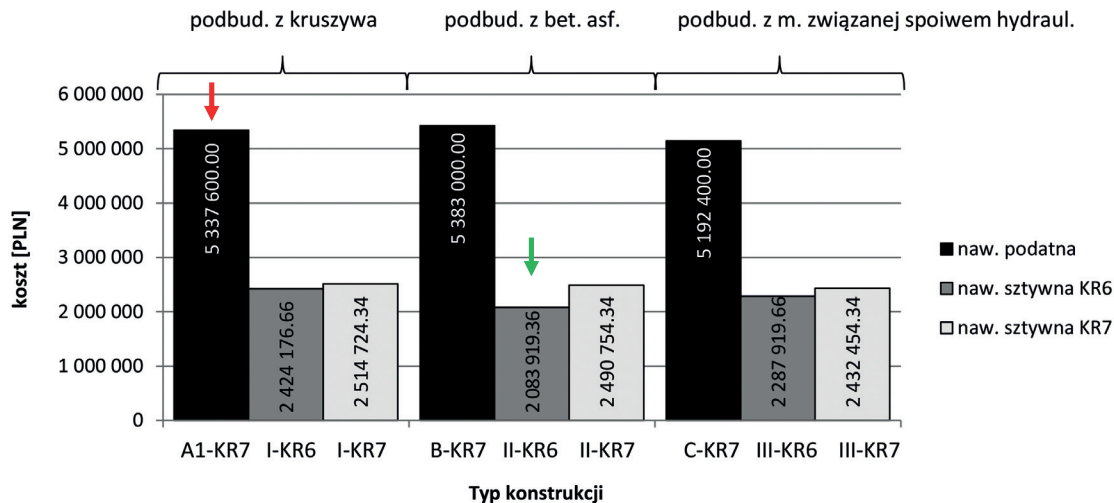
Wyniki obliczeń kosztów utrzymania



Koszty całkowite po 30 latach

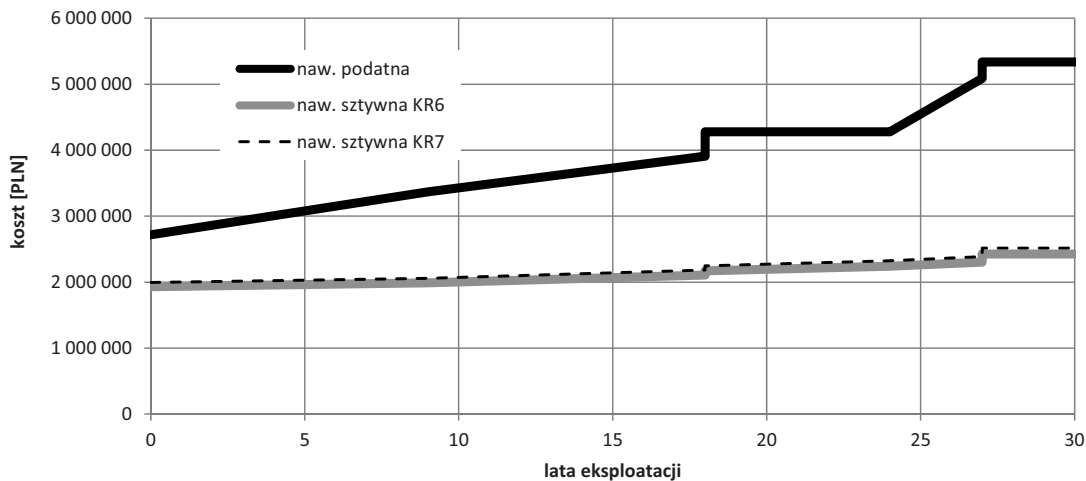
Ip	Typ konstrukcji	Rodzaj konstrukcji	Koszt budowy, PLN	łączny koszt remontów	łączny koszt nawierzchni po 30 latach
Nawierzchnie podatne					
1	A1-KR7	SMA+AC+AC+Kł 4+8+18+20=50 cm	2 719 300,00	2 618 300,00	5 337 600,00
2	B-KR7	SMA+AC+AC 4+8+24=36 cm	2 764 700,00	2 618 300,00	5 383 000,00
3	C-KR7	SMA+AC+AC+C5/6 4+8+12+ 24=48 cm	2 574 100, 00	2 618 300,00	5 192 400,00
Nawierzchnie sztywne KR6					
1	I-KR6	Beton C35/45+Kł 30+30=60 cm	1 928 379,90	495 796,76	2 424 176,66
2	II-KR6	Beton C35/45+AC 27+10=37 cm	1 611 379,60	472 539,76	2 083 919,36
3	III-KR6	Beton C35/45+C8/10 27+18 =45 cm	1 815 379,90	472 539,76	2 287 919,66
Nawierzchnie sztywne KR7					
1	I-KR7	Beton C35/45+Kł 32+30=62 cm	1 995 979,90	518 744,44	2 514 724,34
2	II-KR7	Beton C35/45+AC 29+10=39 cm	1 995 279,90	495 474,44	2 490 754,34
3	III-KR7	Beton C35/45+C8/10 29+20 =49 cm	1 936 979,90	495 474,44	2 432 454,34

Koszty całkowite po 30 latach



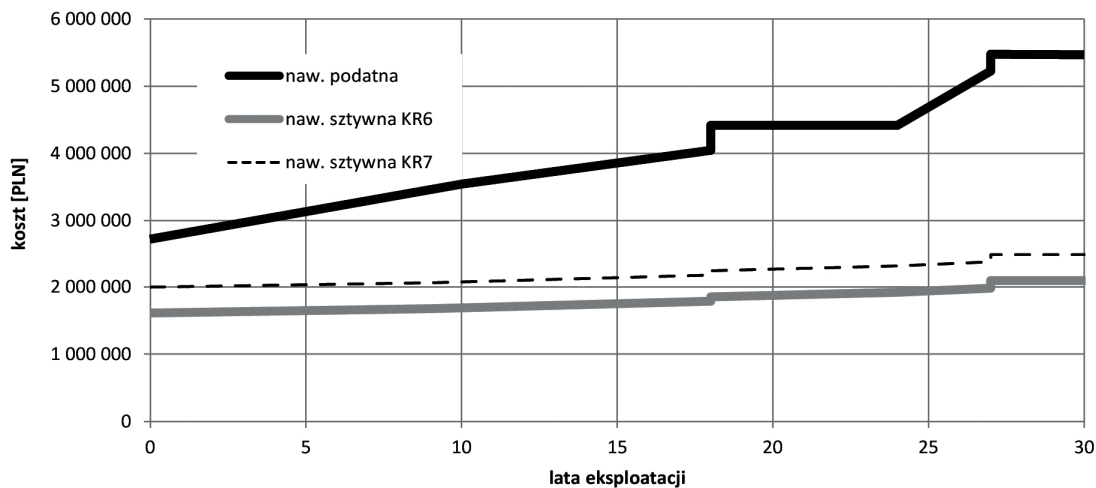
Koszty całkowite po 30 latach

Koszty skumulowane - podbudowa z kruszywa



Koszty całkowite po 30 latach

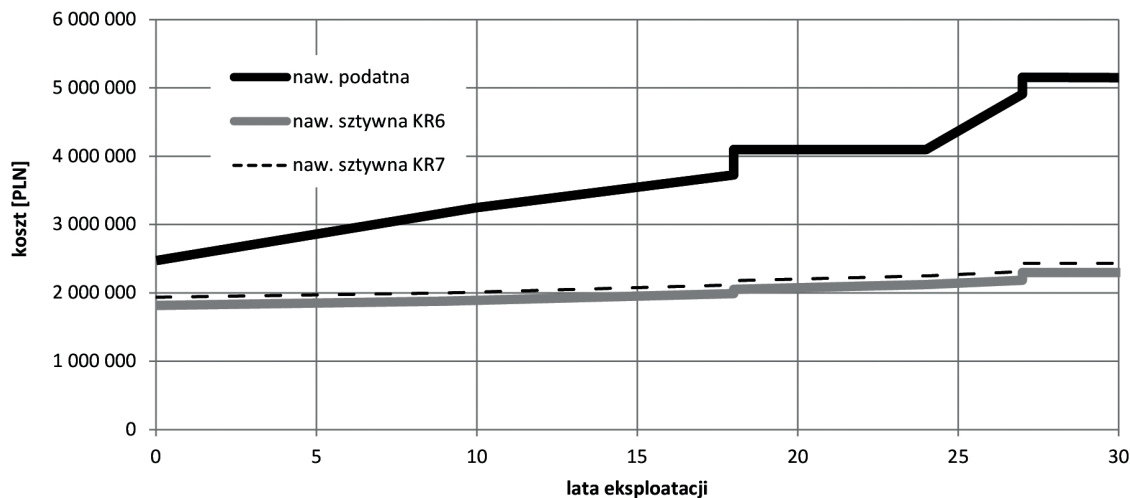
Koszty skumulowane - podbudowa z BA



Koszty całkowite po 30 latach

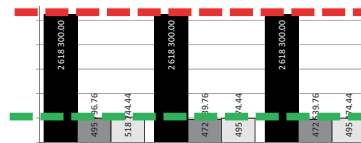
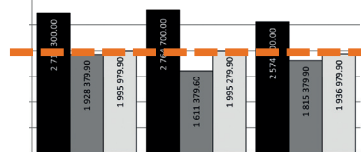
Koszty skumulowane

- podbudowa z mieszanki związanej



Podsumowanie

- koszty budowy nawierzchni podatnych dla KR7 są wyższe o ponad 25% od nawierzchni sztywnych dla KR6 i KR7,
- znacząco niższe koszty utrzymania - od 5,0 do 5,5 razy, są dla nawierzchni sztywnych
- nawierzchnie sztywne dla KR6 są w stanie przenieść ruch większy o 12% niż nawierzchnie podatne dla KR7 (101 mln vs 90 mln) i są tańsze w budowie i utrzymaniu
- nawierzchnie sztywne dla KR7 są w stanie przenieść ruch większy o ponad 100% niż nawierzchnie podatne dla KR7 (220 mln vs 90 mln)



Podsumowanie

Jeżeli weźmiemy pod uwagę koszty typów nawierzchni aktualnie budowanych tj.

Podatna - A1- KR7 - SMA+ AC + AC + KŁ

Betonowa - KR6 - BC + C8/10 oraz - KR7 - BC+ C8/10

Podatna koszty budowy - 2 719 300 PLN - A1 KR7

Betonowa koszty budowy - 1 815 379,80 PLN - III KR6

Betonowa koszty budowy - 1 936 979,90 PLN - III KR7

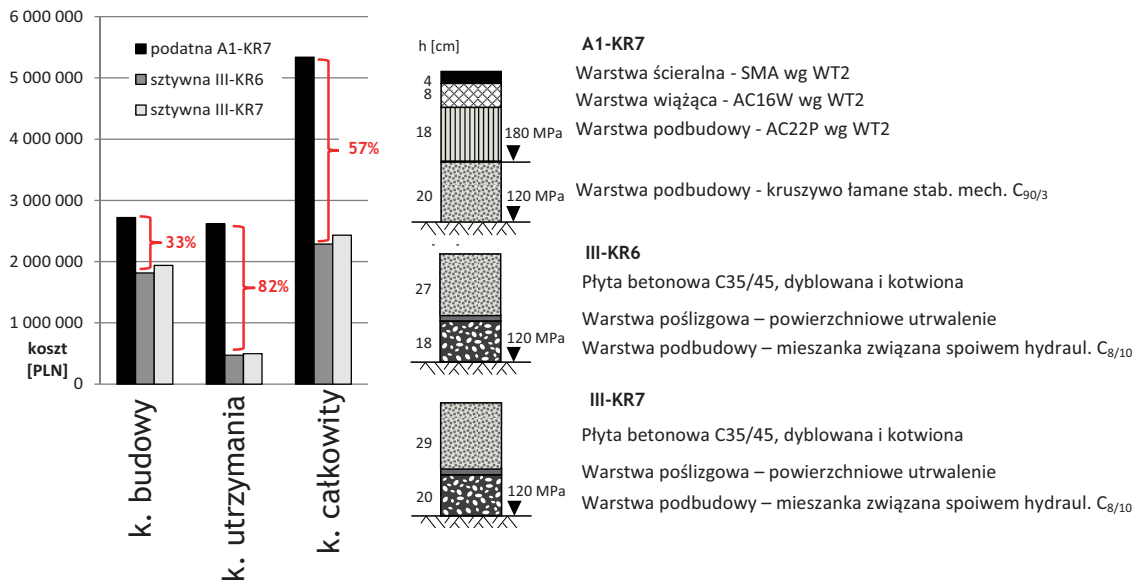
Podatna koszty całkowite - 5 337 600, 00 PLN - A1 KR7

Betonowa koszty całkowite - 2 287 919,66 PLN - III KR6

Betonowa koszty całkowite - 2 432 454,34 PLN - III KR7

Podsumowanie

Porównanie aktualnie budowanych konstrukcji



Stowarzyszenie Producentów Cementu | 30-003 Kraków | ul. Lubelska 29
Tel. +48 12 423 33 55 | Fax +48 12 423 33 45
e-mail: biuro@polskicement.pl | www.polskicement.pl