



# Politechnika Świętokrzyska

## Kielce University of Technology

### DOŚWIADCZENIA Z WDRAŻANIA TECHNOLOGII RECYKLINGU GŁĘBOKIEGO NA ZIMNO Z ASFALTEM SPIENIONYM W REGIONIE ŚWIĘTOKRZYSKIM

Kollokwium Polskiego Kongresu Drogowego,  
„Destrukt asfaltowy w budownictwie drogowym”  
Łódź, 15 luty 2018 r.

Iwański Marek, Chomicz-Kowalska Anna  
Katedra Inżynierii Komunikacyjnej

[www.tu.kielce.pl](http://www.tu.kielce.pl)

# Główne aspekty poszukiwania przyjaznych dla środowiska mieszanek mineralno-asfaltowych

---

## ➤ społeczne

- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń,
- szybsze programy budowlane,
- aspekt bezpiecznej i nieuciążliwej pracy,
- technologie in-situ,

## ➤ ekonomiczne

- oszczędności w zakresie zużycia paliwa i energii,
- zwiększenie wykorzystania destruktu asfaltowego,
- zmniejszenie kosztów transportu,

## ➤ ekologiczne

- obniżenie poziomu emisji,
- mniej odpadów, ochrona zasobów naturalnych,
- zmniejszenie zużycia energii = zmniejszony poziom emisji, CO<sub>2</sub> i innych substancji.

# Aspekt energooszczędności nawierzchni asfaltowych

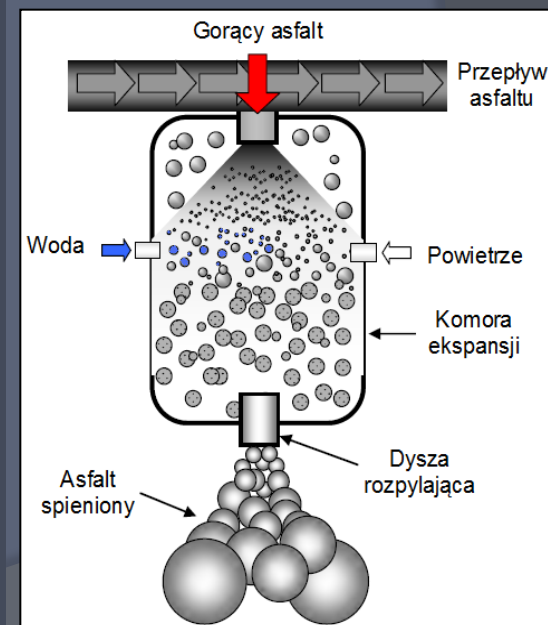
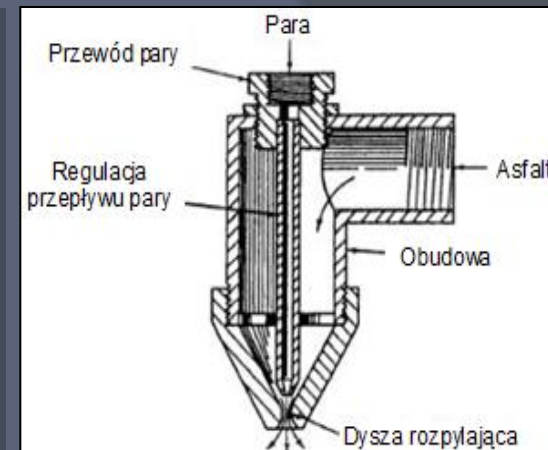
---

## Technologia recyklingu:

- nawierzchnie nowe (KR4): nowy KTKNPiP,
  - nawierzchnie modernizowane (bez ograniczenia) SST,  
(utrata nośności, spękania zmęczeniowe, spękania siatkowe itp.),
- ✓ Wykorzystanie energii zawartej już raz we wbudowanym materiale
- ✓ Ponowne wykorzystanie już raz wbudowanego materiału
- materiał kamienny (tłuczeń, mieszanka kruszywa),
  - chudy beton, grunt stabilizowany cementem,
  - beton cementowy.

# Rozwój technologii asfaltu spienionego

- ✓ **1889 r.** – Nebraska (USA), pierwsze próby stosowania asfaltu spienionego do podbudowy podczas naprawy głębokiej nawierzchni;
- ✓ **1928 r.** – Darmstadt (Niemcy), August Jacobi wyprodukował i opatentował pierwsze urządzenie do spieniania gorącego asfaltu;
- ✓ **1957 r.** – Iowa (USA), Prof. Ladis Csanyi wykazał możliwość zastosowania asfaltu spienionego w celu wykorzystania kruszywa o bardzo niskiej jakości do budowy dróg. System spieniania składał się z pary wprowadzanej pod ciśnieniem do gorącego asfaltu;
- ✓ **1971 r.** – Australia, Mobil Oil Corporation opatentował własną metodę spieniania asfaltu, parę wodną zastępując zimną wodą;
- ✓ **Od 1991 r.** gdy prawa patentu Mobil wygasły nastąpił rozwój nowych systemów spieniania oraz technologii mieszanek z użyciem asfaltów spienionych.



# Skład recyklowanych mieszanek MCAS

Recyklowane  
mieszanki  
MCAS

asfalt  
spieniony

spoiwa

kruszywo  
doziarniające

destruk  
asfaltowy

**MMCAS**  
=  
*mieszanki mineralno-cementowe z asfaltem spienionym*

cementy  
portlandzkie,  
wieloskładnikowe i  
inne, wapno  
hydratyzowane,  
pyły z odpylania  
kruszywa, destruk  
kamienny, nowe  
kruszywa

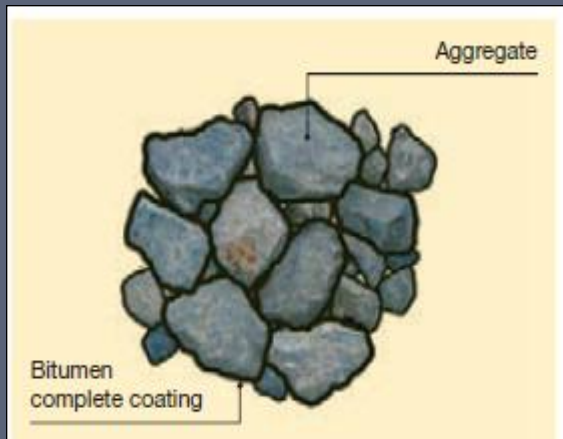
**woda**

(poprawia zagęszczalność  
mieszanki i sprzyja  
uzyskaniu jej  
jednorodności)

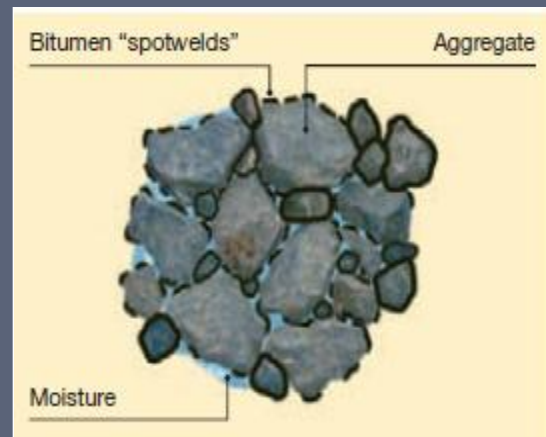


# Technologia recyklingu na zimno z asfaltem spienionym

- wielokrotny wzrost powierzchni „właściwej” asfaltu i możliwość otaczania zimnych oraz wilgotnych materiałów bez modyfikacji lepiszcza,
- duża wszechstronność (możliwość stabilizacji szerokiej gamy materiałów, szeroki zakres stosowania),
- natychmiastowa nośność.



Rys. 1. Mieszanka wykonana metodą „na gorąco” [Wirtgen].



Rys. 2. Mieszanka wykonana metodą „na zimno” [Wirtgen].



Fot. 3. Mieszanka wykonana metodą „na zimno” (przełom).

# Wpływ rodzaju lepiszcza asfaltowego na mieszanki mineralno-asfaltowe w technologii recyklingu na zimno



**A – podbudowa z asfaltem spienionym**

**B – podbudowa z emulsją asfaltową**

GDDKiA. OST D-04.10.01a Szczegółowa specyfikacja techniczna: *Podbudowa z mieszanki mineralno-cementowej z asfaltem spienionym (MCAS) wykonana w technologii recyklingu głębokiego na zimno*. Warszawa, 2013.

# Projektowanie nowych nawierzchni z MMCAS

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	<u>LEGENDA</u>
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	
TYP E					<ul style="list-style-type: none"> <li> warstwa ścierna z mieszanki mineralno-asfaltowej</li> <li> warstwa wiążąca z betonu asfaltowego</li> <li> warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowej</li> <li> warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno</li> </ul>

Rys. 4. Typowe konstrukcje nawierzchni zawierających warstwy wykonane w technologii recyklingu na zimno [KTKNPIP 2014].

## B3.5. Podbudowa zasadnicza z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno

Na podstawie doświadczeń w projektowaniu konstrukcji nawierzchni warstw podbudowy zasadniczej wykonanej w technologii recyklingu na zimno przyjęto, że mieszanka w technologii recyklingu na zimno tj. mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna lub mieszanka mineralna z asfaltem spienionym posiada następujące wartości stałych materiałowych:

- |                          |                |
|--------------------------|----------------|
| a) moduł sprężystości    | E = 1 500 MPa, |
| b) współczynnik Poissona | v = 0,30.      |

Rys. 5. Założenia materiałowe do mechanistyczno-empirycznej metody projektowania nawierzchni z warstwami recyklowanymi „na zimno” [KTKNPIP 2014].



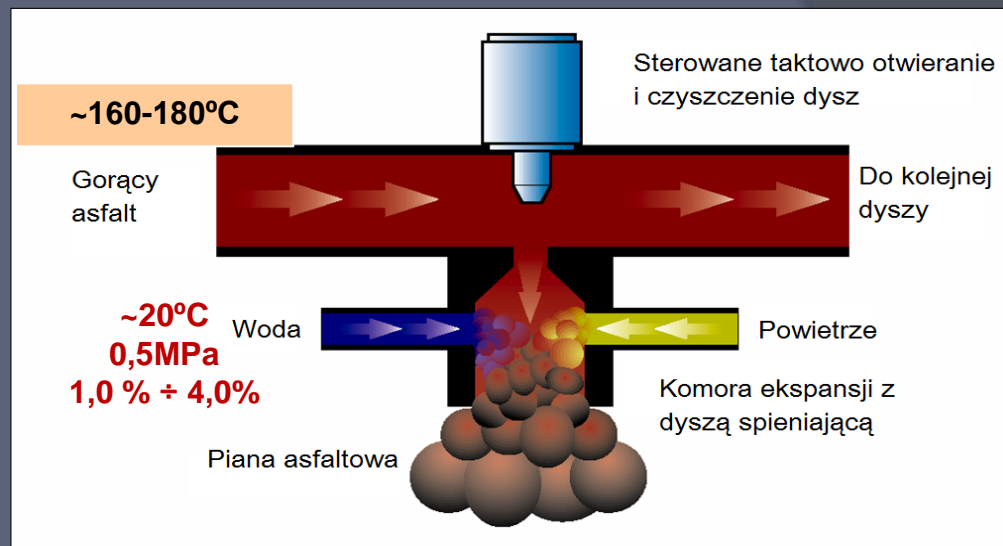
# Technologia asfaltu spienionego

## Sposób wytwarzania asfaltu spienionego:

- ✓ kontrolowane wprowadzenie nieogrzonej wody i powietrza do asfaltu stwarza optymalne warunki do powstawania piany asfaltowej,
- ✓ sprężone powietrze w sposób ciągły wypiera powstającą pianę asfaltową z komory ekspansji przez dyszę spieniającą,
- ✓ piana asfaltowa kierowana jest bezpośrednio do mieszalnika (na materiał mineralny).

## Podstawowe parametry:

- maksymalna ekspansja WE,
- czas połowicznego rozpadu  $T_{1/2}$ .

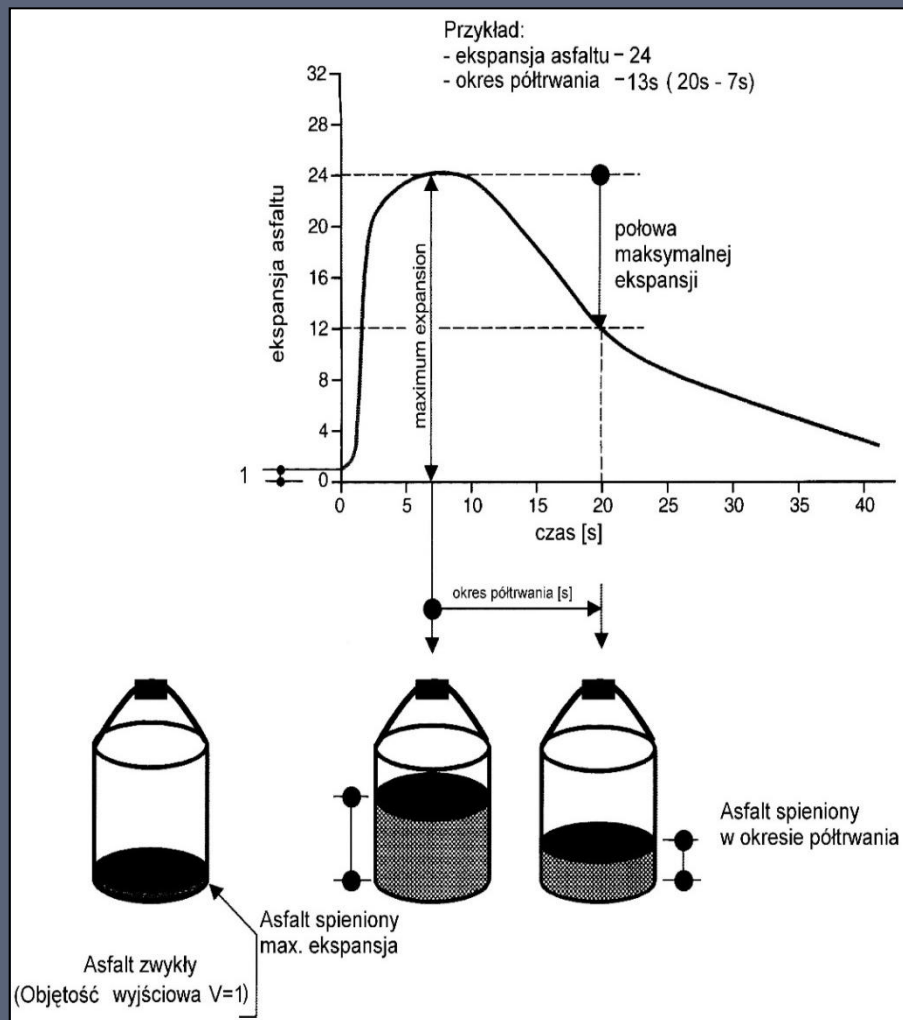


Rys. 6. Schemat dyszy spieniającej [5]



Fot. 1. Spieniarka laboratoryjna

# Pomiar parametrów asfaltu spienionego

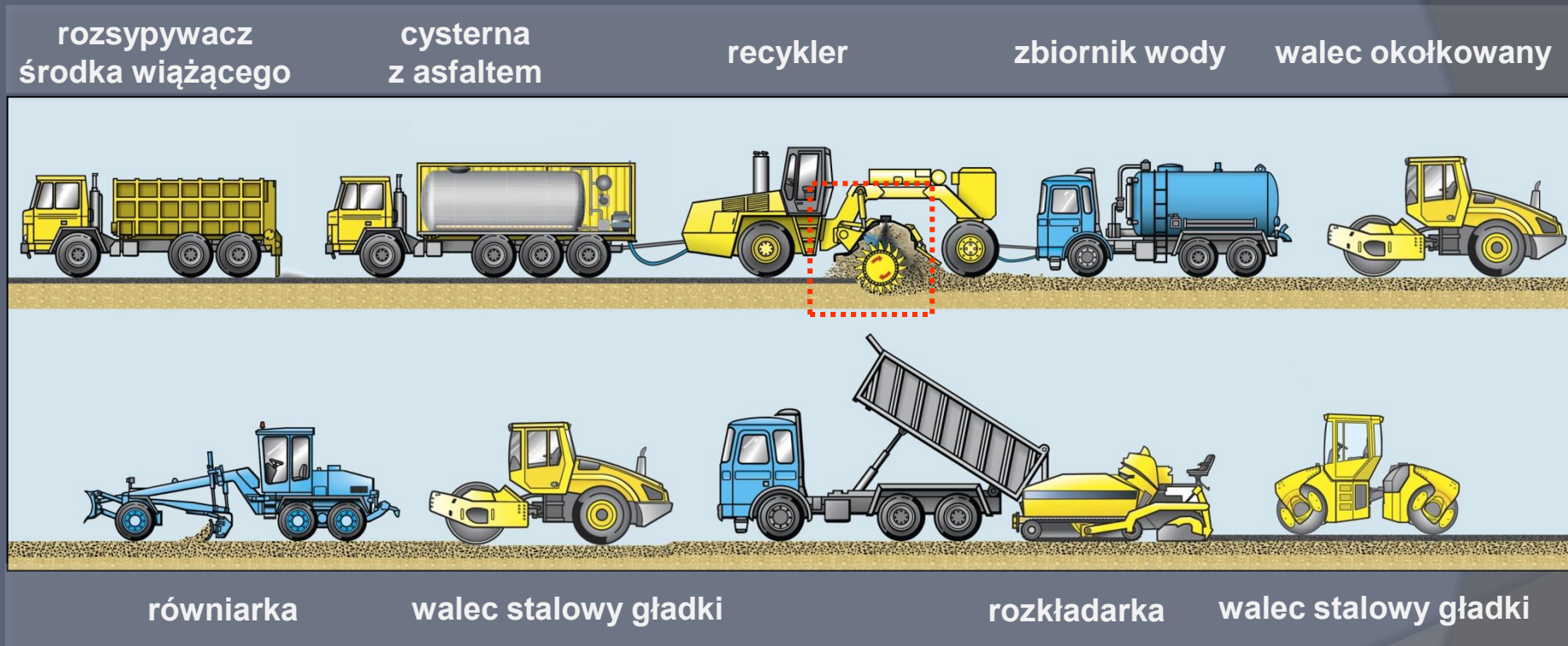


Rys. 7. Zasada pomiaru ekspansji asfaltu i okresu jego półtrwania [2, 3, 4]



Rys. 8. Zależność ekspansji asfaltu i okresu półtrwania piany od ilości wody spieniającej [5]

# Schemat procesu technologicznego recyklingu z asfaltem spienionym





# Recykling głęboki na zimno z ulepszeniem podłoża





# Recykling głęboki konstrukcji nawierzchni ulic - Kielce





# Recykling głęboki konstrukcji nawierzchni ulic - Kielce





# Proces technologiczny wbudowywania MMCAS



Fot. 2. Podbudowa wykonana w technologii recyklingu głębokiego na zimno z asfaltem spionionym po wstępnym zagęszczeniu

# Przykładowe składy mieszanek podbudowy MCAS

Materiały mineralne		Skład ramowy mieszanek mineralnych [%]		
		Odcinek A	Odcinek B	Odcinek C
Surowce wtórne	Destrukt asfaltowy	45	17	-
	Destrukt kamienny	40	12	-
	Pyły wapienne pozyskane z procesu odpylania kruszywa na WMB	3	4	-
Kruszywa naturalne	Kruszywo drobne łamane o ciągłym uziarnieniu (wapień) 0/4 mm	12	-	-
	Kruszywo drobne łamane o ciągłym uziarnieniu (wapień) 0/2 mm	-	-	18
	Kruszywo o ciągłym uziarnieniu 0/31,5 mm	-	67	82

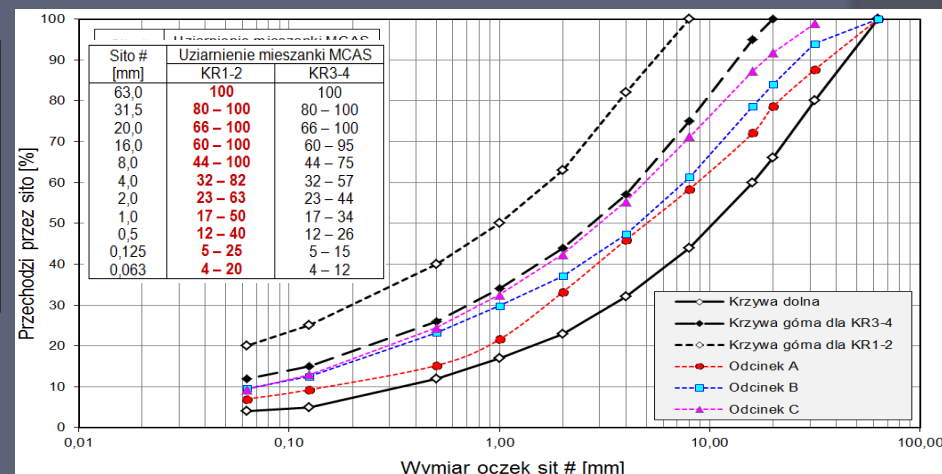
**Odcinek A** Droga powiatowa nr 0382T Tokarnia-Wolica

**Odcinek B** Droga powiatowa nr 0325T Bieliny Poduchowne-Zofiówka

**Odcinek C** DW 753 Mała Pętla Świętokrzyska (Huta Nowa-Wólka Milanowska)

**Udział materiałów z recyklingu i odpadowych na zrealizowanych odcinkach dróg na terenie woj. świętokrzyskiego stanowił do 90%.**

- ok. 2% CEM
- 2-4% asfaltu spienionego



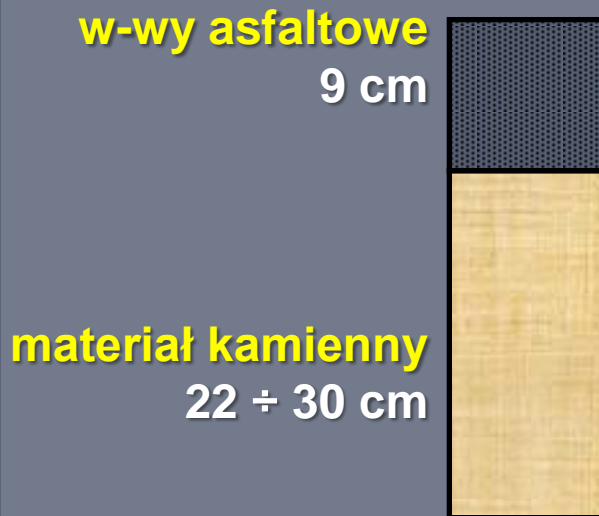
Rys. 9. Uziarnienie mieszanek mineralnych na warstwę podbudowy (KR3) wraz z wymaganiami w zależności od KR

# Recykling głęboki na zimno z asfaltem spienionym w województwie Świętokrzyskim

Droga powiatowa Nr 0382T Tokarnia – Wolica  
od km 0+000 do km 1+450

2010 r.

## Stan istniejący

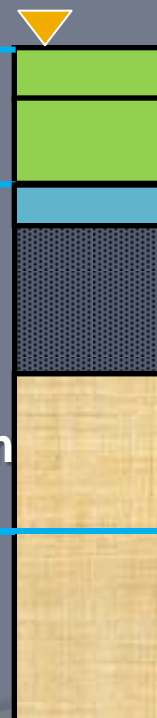


## Stan projektowany

Poziom powierzchni  
końcowej

Nowe warstwy  
asfaltowe

Recyklowany  
materiał z  
asfaltem  
spienionym i  
cementem 20 cm  
*limit recyklingu*



w-wa ścieralna SMA 4 cm

w-wa wiążąca BA 6 cm

materiał doziarniający

istn. w-wy asfaltowe 9 cm

istn. materiał kamienny

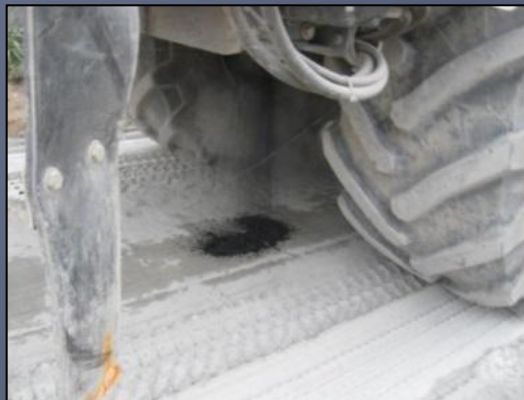
22 ÷ 30 cm



# Prace przygotowawcze



Fot. 3. Ocena konstrukcji nawierzchni – pobieranie próbek



Fot. 4. Pomiar i ocena parametrów piany asfaltowej pobranej z kontrolnej dyszy recyklera



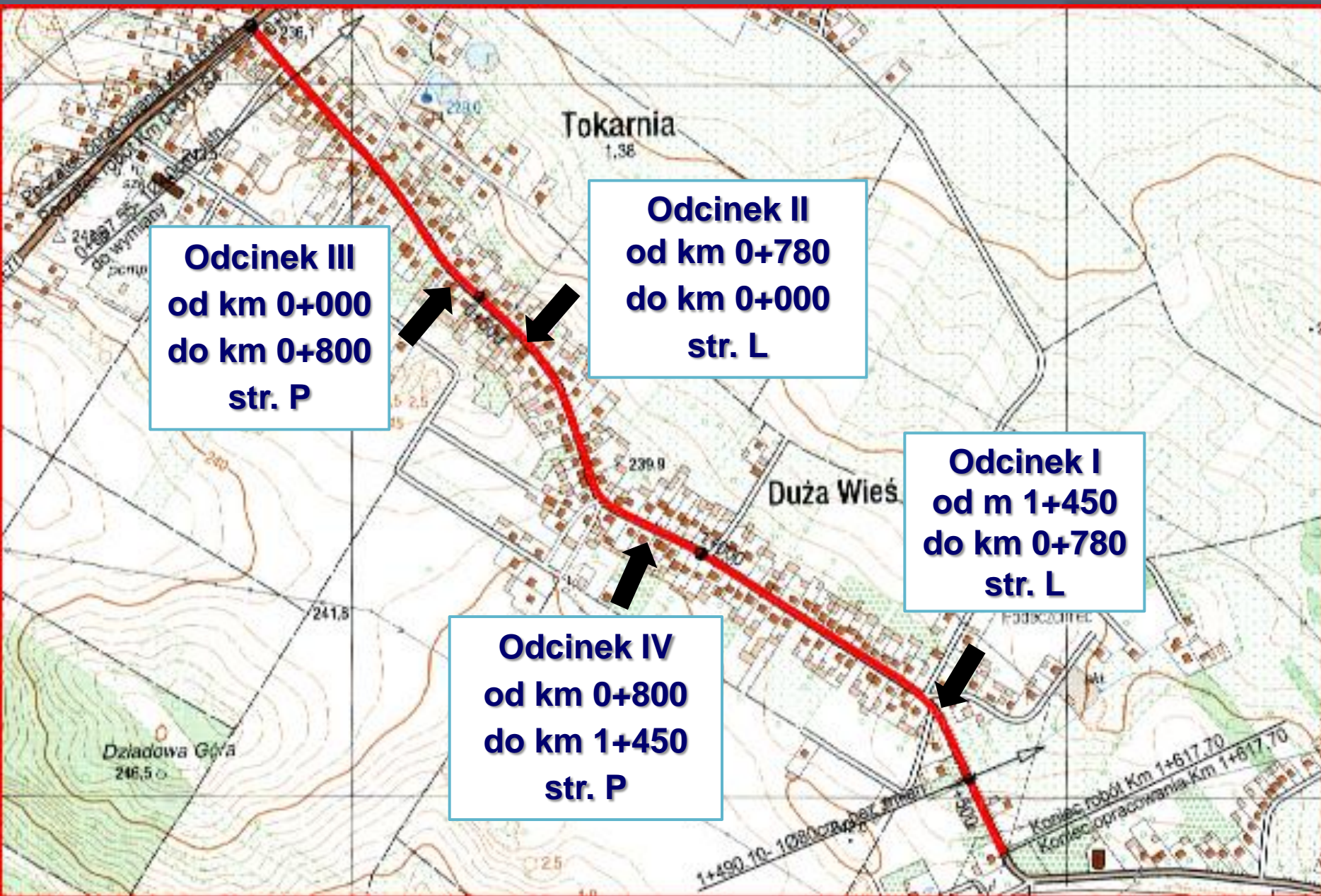
# Modernizacja nawierzchni - realizacja recyklowanej Podbudowy z MMCAS - droga powiatowa nr 0382T



# Właściwości fizykomechaniczne recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym - droga powiatowa nr 0382T

Lp.	Parametr		
	Zawartość asfaltu spienionego	2,5%	3,0%
1	Zawartość wolnych przestrzeni, [%]	9,22	10,15
2	Stabilność wg Marshalla, [kN]	11,60	10,40
3	Odkształcenie wg Marshalla, [mm]	2,53	2,67
4	Sztywność wg Marshalla, [kN/mm]	4,58	3,89
5	ITS, [kPa]	671,24	597,82
6	ITS <sub>woda</sub> , [kPa]	581,16	518,09
7	TSR	0,87	0,87
8	Moduł sztywności wg pełzania, [MPa]	31,4	27,7





Rys. 10. Plan orientacyjny - droga powiatowa nr 0382T

# Właściwości recyklowanej mieszanki MCAS

## na odcinkach roboczych drogi powiatowej nr 0382T

Nr odc.	Km str.	AS [%]	C [%]	Wp [%]	S [kN]	E [mm]	Sz [kN/mm]	ITS [kPa]	ITS <sub>woda</sub> [kPa]	TSR	Ms [MPa]
<b>I</b>	od m 1+450 do km 0+780 str. L	<b>3,0</b>	<b>2</b>	8,05	<b>8,82</b>	<b>2,65</b>	<b>3,33</b>	<b>430,39</b>	<b>334,55</b>	<b>0,777</b>	<b>12,73</b>
<b>II</b>	od km 0+780 do km 0+000 str. L	<b>2,5</b>		9,41	11,39	2,51	4,54	566,38	448,82	0,792	15,97
<b>III</b>	od km 0+000 do km 0+800 str. P			9,49	12,28	2,35	5,22	530,29	435,46	0,821	28,13
<b>IV</b>	od km 0+800 do km 1+450 str. P			9,77	12,85	2,42	5,32	558,52	505,33	0,905	36,17

# Ocena zagęszczenia i nośności recyklowanej podbudowy w technologii asfaltu spienionego - droga powiatowa nr 0382T

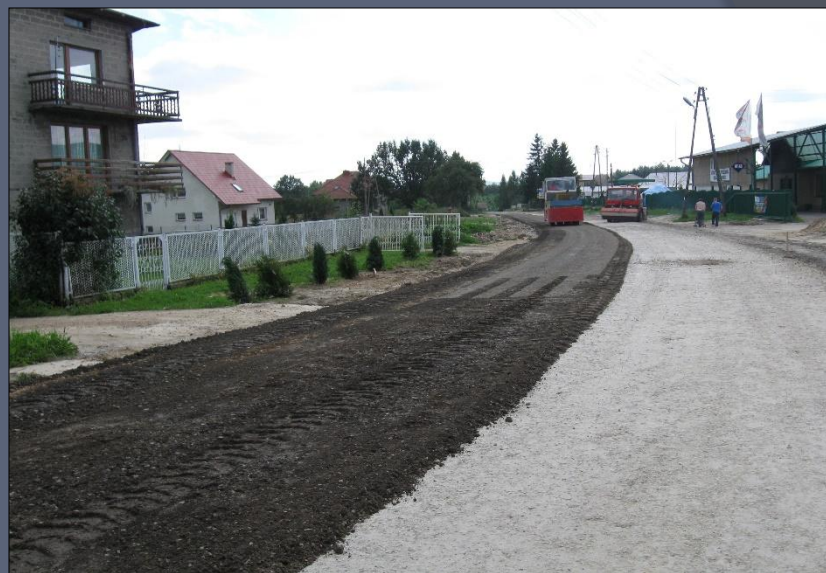
Nr odc.	Lokalizacja	Moduł pierwotny E1 [MPa]	Moduł wtórny E2 [MPa]		Wskaźnik odkształcenia $I_0 = E2/E1$	
		Zbadany	Zbadany	Wymagany	Zbadany	Wymagany
I	km 1+250 str. L	96,14	183,63	≥ 150*	1,91	≤ 2,2*
	km 0+950 str. L	117,73	236,84		2,01	
II	km 0+350 str. L	146,77	236,84		1,61	
III	km 0+400 str. P	101,35	210,28		2,07	
IV	km 1+150 str. P	96,44	173,07		1,79	

\* Zawadzki J., Matras J., Mechowski T., Sybilski D: 1999. Warunki techniczne wykonywania warstw podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE). Zeszyt 61 IBDiM, Warszawa.



# Przebudowa drogi powiatowej nr 0325T

## Bieliny Poduchowne - Zofiówka





# Przebudowa DW 744 Radom-Wierzbica-Starachowice od km 26+650 do km 30+000





# Przebudowa DW 752 w miejscowości Św. Katarzyna



# Rozwój recyklingu głębokiego na zimno z asfaltem spienionym

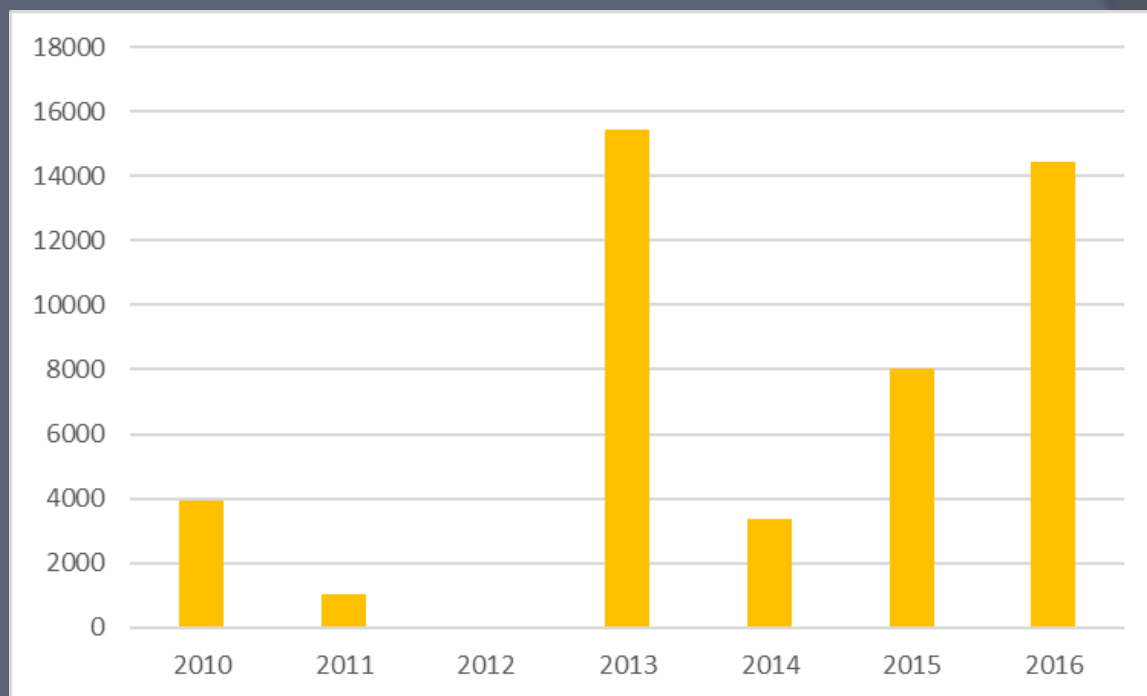
Stosowany asfalt:

- 85N,
- 50/70.

Grubość podbudowy:  
od 20 do 29 cm

## Region świętokrzyski

km



Rok budowy



Okres realizacji	Nazwa inwestycji	Inwestor	Klasa drogi	Kategoria ruchu	Długość odcinka	Gr. w-wy podb. MCAS
2010r.	„Wzmocnienie nawierzchni drogi powiatowej nr 0382T w miejscowości Tokarnia – Wolica - Łukowa - Chmielowice - Chałupki na odcinku od drogi krajowej nr 7 do miejscowości Wolica, wraz z budową chodnika i kanalizacji deszczowej” (odcinek A)	PZD Kielce	Z	KR3	1 650	20 cm
2010r.	„Przebudowy drogi powiatowej nr 0325T Bieliny Poduchowne – Makoszyn – Etap I, odcinek Bieliny Poduchowne – Zofiówka od km: 0+180,00 do km 2+449,40” (odcinek B)	PZD Kielce	Z	KR3	2 269,40	23 cm
2011r.	„Mała Pętla Świętokrzyska etap 2, w tym: przebudowa drogi wojewódzkiej nr 753 na odcinku Huta Nowa – Wólka Milanowska od km 13+796,16 do km 14+847,75” (odcinek C)	ŚZDW Kielce	G	KR3	1 051,59	23 cm
2013r.	„Przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 744 Radom - Wierzbica-Starachowice od km 26+650 do km 30+000”	ŚZDW Kielce	G	KR3	3 350	20 cm
2013r.	„Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 764 Staszów-Połaniec od km 54+123,00 do 70+690,00 odc. 54+188,00 do km 66+250,00”	ŚZDW Kielce	G	KR3	12 062	25 cm
2014r.	„Przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 744 Radom - Wierzbica-Starachowice na terenie gminy Mirzec od km 21+450 do km 24+800”	ŚZDW Kielce	G	KR3	3350	20 cm



Okres realizacji	Nazwa inwestycji	Inwestor	Klasa drogi	Kategoria ruchu	Długość odcinka	Gr. w-wy podb. MCAS
2015r.	Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 744 Radom-Wierzbica-Starachowice na terenie gminy Mirzec - III etap od km 24+800 do km 26+650	ŚZDW Kielce	G	KR3	1 850,00	20 cm
2015r.	Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 752 na odcinku Krajno-Zagórze-Bodzentyn: etap I w km 6+325,57 do km 7+029,53 o od km 8+616,65 do km 11+377,11	ŚZDW Kielce	G	KR3	2 760,46	14 cm
2015r.	Przebudowa wojewódzkiej nr 767 relacji Pińczów - Busko Zdrój- ulica Bohaterów Warszawy w Busku Zdroju od km 13+300 do km 13+490 i od km 13+716 do km 14+362	ŚZDW Kielce	G	KR4	836,00	13 cm + 16 cm
2015r.	Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 755 Ostrowiec Św. – Ożarów: - odcinek od km 13+379 do km 18+800 (etap IIA), - odcinek od km 18+800 do km 23+065,72 (etap IIB) – (realizacja od km 16+245,00 do km 18+800,00	ŚZDW Kielce	G	KR4	2 554,00	29 cm
2016r	Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 762 na odcinku od granicy Gm. Chęciny tj. km 25+198 do obiektu mostowego na rzece Łososina (Wierna Rzeka) w miejscowości Bocheniec tj. km 27+138 długości ok. 2 km	ŚZDW Kielce	G	KR4	1 940,00	13 cm + 16 cm
2016r.	Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 756 na odcinku Serwis-Nowa Słupia – IV etap od km 16+320 do km 17+990	ŚZDW Kielce	G	KR3	1 705,00	20 cm
2016r.	Przebudowa DW 785 na odcinku Włoszczowa – Kurzelów w zakresie od km 25+300 do km 30+550	ŚZDW Kielce	G	KR3	5 250,00	29 cm
2016r.	Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 756 na odcinku od km 60+700 do km 67+300 wraz z przebudową zespołu obiektów inżynierskich w miejscowości Brzozówka i Jastrzębiec	ŚZDW Kielce	G	KR3	6 600,00	29 cm

# Podsumowanie

---

- ✓ recykling głęboki na zimno konstrukcji nawierzchni z asfaltem spienionym jest obecnie powszechnie stosowaną technologią modernizacji dróg samorządowych regionu świętokrzyskiego,
- ✓ źródłem zainteresowania recyklingiem na zimno z asfaltem spienionym jest możliwość wykorzystania niższej jakości materiałów warstw konstrukcyjnych istniejącej nawierzchni,
- ✓ recykling na zimno z asfaltem spienionym umożliwia skrócenie okresu technologicznego pielęgnacji recyklowanej podbudowy w porównaniu z zastosowaniem emulsji asfaltowej oraz korzystnie wpływa na poprawę logistyki przedsięwzięcia drogowego,
- ✓ technologia asfaltu spienionego to przyszłość a w zasadzie dzisiaj, technologii mieszanek mineralno-asfaltowych warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogi.

# Bibliografia

---

- [1] Brian D. Prowell.: Warm Mix Pashalt. The International Technology Scanning Program. Summary Report. 2007. [www.warmmixasphalt.com](http://www.warmmixasphalt.com)
- [2] Asphalt Academy, Technical Guideline TG2: Bitumen Stabilized Materials, A Guideline for the Design and Construction of Bitumen Emulsion and Foamed Bitumen Stabilized Materials. Second Edition, Pretoria, South Africa, 2009.
- [3] Iwański M.: Podbudowy z asfaltem spienionym. Drogownictwo Nr 3, s. 97-106, 2006.
- [4] Wirtgen Group, Cold Recycling Manual. 3th edition, Wirtgen GmbH, Windhagen, Germany, 2010.
- [5] Bitumy pienne – innowacyjne spoiwo do budowy dróg. Wirtgen. Polska. 2005.
- [6] [www.nynas.org](http://www.nynas.org).
- [7] Judycki J, Jaskuła P., Pszczoła M., Alenowicz J., Dołycki B., Jaczewski M., Ryś D., Stienss M.: Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. GDDKiA, czerwiec 2014 r.
- [8] Chomicz-Kowalska A.: Zastosowanie recyklingu na zimno z asfaltem spienionym w regionie świętokrzyskim – Część 1. Drogownictwo, 6 (2015), s. 172-176.; Część 2. Drogownictwo, 2 (2016), s. 46-54.
- [9] Iwański Marek, Chomicz-Kowalska Anna, Ramiączek Piotr, Maciejewski Krzysztof, Iwański Mateusz M.: 2014, „Wpływ laboratoryjnych metod zagęszczania na właściwości fizykomechaniczne recyklowanych mieszanek mineralno-asfaltowych z asfaltem spienionym”. Budownictwo i Architektura, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, ISSN 1899-0665, tom: 13, zeszyt: 1, s. 53-62.
- [10] Zawadzki J., Matras J., Mechowski T., Sybilski D: 1999. Warunki techniczne wykonywania warstw podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE). Zeszyt 61 IBDiM, Warszawa.
- [11] GDDKiA. OST D-04.10.01a Szczegółowa specyfikacja techniczna: Podbudowa z mieszanki mineralno-cementowej z asfaltem spienionym (MCAS) wykonana w technologii recyklingu głębokiego na zimno. Warszawa, 2013.

Dziękuję za uwagę