

WYKORZYSTANIE WARSTW KRUSZYWA STABILIZOWANYCH GEORUSZTEM HEKSAGONALNYM W PROCESIE OPTYMALIZACJI NAWIERZCHNI

Piotr Mazurowski

Menadżer ds. Technologii Optymalizacji Nawierzchni

Georuszty hexagonalne **Tensor TriAx** są z powodzeniem stosowane w budownictwie drogowym od ponad 10 lat.

Dotychczas stosowane były przede wszystkim w warstwach ulepszonego podłoża konstrukcji wykonywanych na gruncie o niskiej nośności





Nowe podejście:

Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

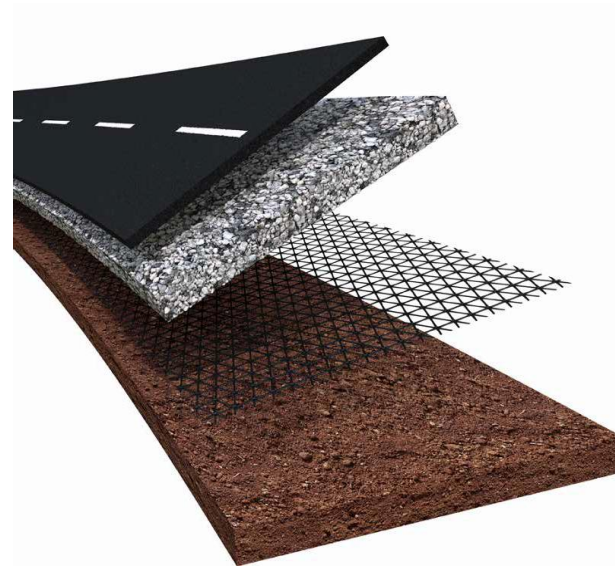
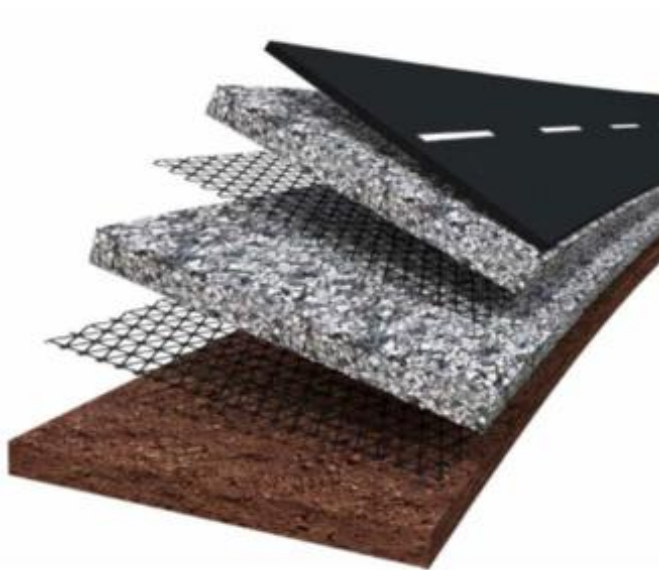
Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

to wykorzystanie warstw **kruszywa stabilizowanego georusztem hexagonalnym** w celu zredukowania grubości konstrukcji (w tym warstw asfaltowych) przy zachowaniu wymaganej trwałości.

Alternatywnie: zwiększenie trwałości konstrukcji przy zachowaniu jej grubości lub kombinacja obu efektów.

Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

Optymalizacja nawierzchni jest możliwa zarówno dla konstrukcji wykonywanych na **słabym podłożu**, jak i dla konstrukcji wykonywanych na **nośnym podłożu**

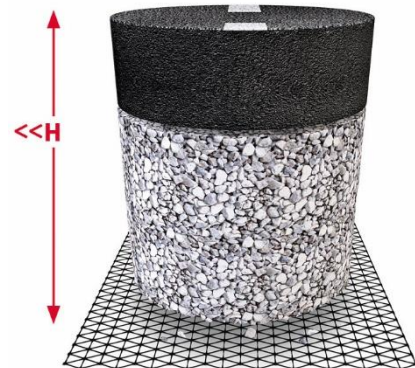


Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

OPCJA PIERWSZA

OPCJA DRUGA

OPCJA TRZECIA



1,000,000 OSI

1,000,000 OSI

DO 3,000,000 OSI

DO 6,000,000 OSI

Projekt wyjściowy

Taka sama trwałość
NAJNIŻSZE KOSZTY

Do 3 x trwałość
wyjściowa
TEN SAM KOSZT

Do 6 x trwałość wyjściowa
NAJNIŻSZE KOSZTY
BUDOWY I EKSPLOATACJI

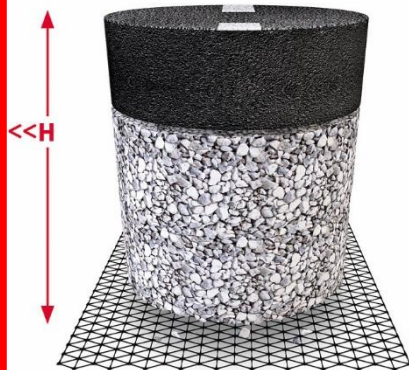
Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu



1,000,000 OSI

Projekt wyjściowy

OPCJA PIERWSZA



1,000,000 OSI

Taka sama trwałość
NAJNIŻSZE KOSZTY

OPCJA DRUGA



DO 3,000,000 OSI

Do 3 x trwałość
wyjściowa
TEN SAM KOSZT

OPCJA TRZECIA



DO 6,000,000 OSI

Do 6 x trwałość wyjściowa
NAJNIŻSZE KOSZTY
BUDOWY I EKSPLOATACJI

Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

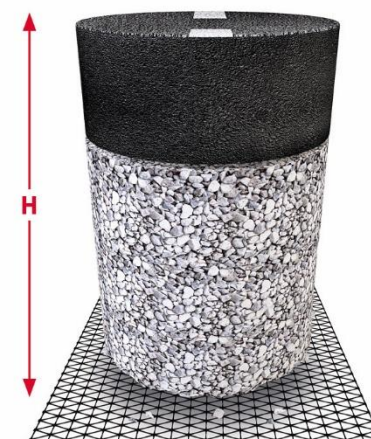
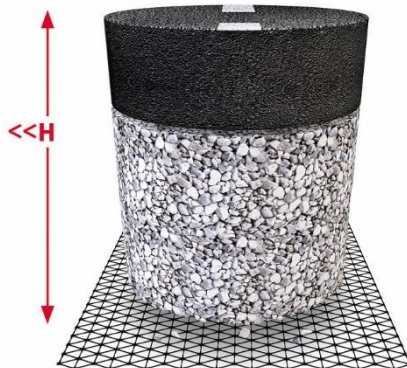


Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

OPCJA PIERWSZA

OPCJA DRUGA

OPCJA TRZECIA



1,000,000 OSI

1,000,000 OSI

DO 3,000,000 OSI

DO 6,000,000 OSI

Projekt wyjściowy

Taka sama trwałość
NAJNIŻSZE KOSZTY

Do 3 x trwałość
wyjściowa
TEN SAM KOSZT

Do 6 x trwałość wyjściowa
NAJNIŻSZE KOSZTY
BUDOWY I EKSPLOATACJI

**Amerykańska norma
AASHTO R 50-09
„Wzmocnienie
geosyntetykami
podbudowy z kruszywa w
nawierzchniach podatnych**

Standard Practice for

**Geosynthetic Reinforcement of the
Aggregate Base Course of Flexible
Pavement Structures**



AASHTO Designation: R 50-09¹

1. SCOPE

- 1.1. This standard practice provides guidance to pavement designers interested in incorporating geosynthetics for the purpose of reinforcing the aggregate base course of flexible pavement structures. Geosynthetic reinforcement is intended to provide structural support of traffic loads over the life of the pavement.
- 1.1.1. For the purpose of this guide, base reinforcement is the use of a geosynthetic within, or directly beneath, the granular base course.
- 1.1.2. When referring to geosynthetics, the discussion is limited to geotextiles, geogrids, or geogrid/geotextile composites.

2. REFERENCED DOCUMENTS

- 2.1. *AASHTO Standard:*
- M 288, Geotextile Specification for Highway Applications
- 2.2. *Other References:*
- Geosynthetics Materials Association (GMA) White Paper I—“Geosynthetics in Pavement Systems Applications,” May 1999. Available at bookstore@ifai.com.
 - Geosynthetic Materials Association (GMA) White Paper II—“Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures,” June 2000. Available at bookstore@ifai.com.
 - National Highway Institute (NHI) Participant Notebook—*Geosynthetic Design and Construction Guidelines*, April 1999. Available at www.nhi.fhwa.dot.gov.

3. INTRODUCTION

- 3.1. Because the benefits of geosynthetic reinforced pavement structures may not be derived theoretically, test sections are necessary to obtain benefit quantification. Studies have been done that demonstrate the value added by a geosynthetic in a pavement structure. These studies, necessarily limited in scope, remain the basis for design in this field.
- 3.2. This standard practice is very empirical in nature and restricted to applications already demonstrated to be useful. The practitioner will need to consult the references and locate a tested

- 6.1. Geosynthetics are used in the pavement structure for structural support of traffic loads over the design life of the pavement. The geosynthetic is expected to provide one or both of these benefits: (1) improved or extended service life of the pavement, or (2) reduced thickness of the structural section.

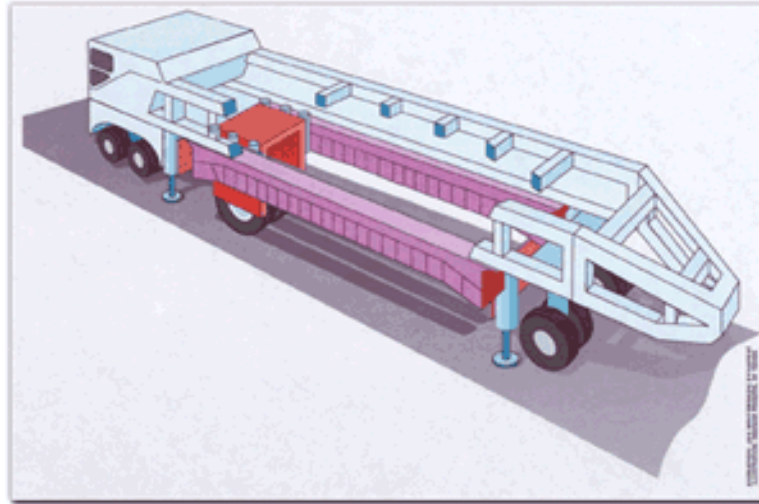
Geosyntetyk powinien zapewnić uzyskanie jednej lub obu następujących korzyści: (1) zwiększenie okresu eksploatacji nawierzchni, lub (2) zredukowanie grubości konstrukcji.

- 3.1. Because the benefits of geosynthetic reinforced pavement structures may not be derived theoretically, test sections are necessary to obtain benefit quantification. Studies have been done that demonstrate the value added by a geosynthetic in a pavement structure. These studies, necessarily limited in scope, remain the basis for design in this field.

Ponieważ nie można określić teoretycznie korzyści z zastosowania geosyntetyku w konstrukcji nawierzchni, niezbędne jest wykonanie odcinków testowych w celu określenia wpływu geosyntetyku.

Program badawczy USACOE - badania HVS w pełnej skali

USACOE – United States Army Corps Of Engineers



CEL

- Uzyskanie danych z testu w pełnej skali dla georusztów TriAx do wykorzystania w projektowaniu nawierzchni zgodnie z AASHTO '93 i/lub metodami mechanistyczno-empirycznymi.
- Analiza uzyskanych wyników w połączeniu z wszystkim wcześniejszymi badaniami georusztów Tensar.
- Wykorzystanie bazy danych do potwierdzenia prawidłowości modyfikacji metody projektowej.

Przyspieszony test w pełnej skali w USACOE (US Army Corps of Engineers)



Przyspieszony test w pełnej skali w USACOE (US Army Corps of Engineers)

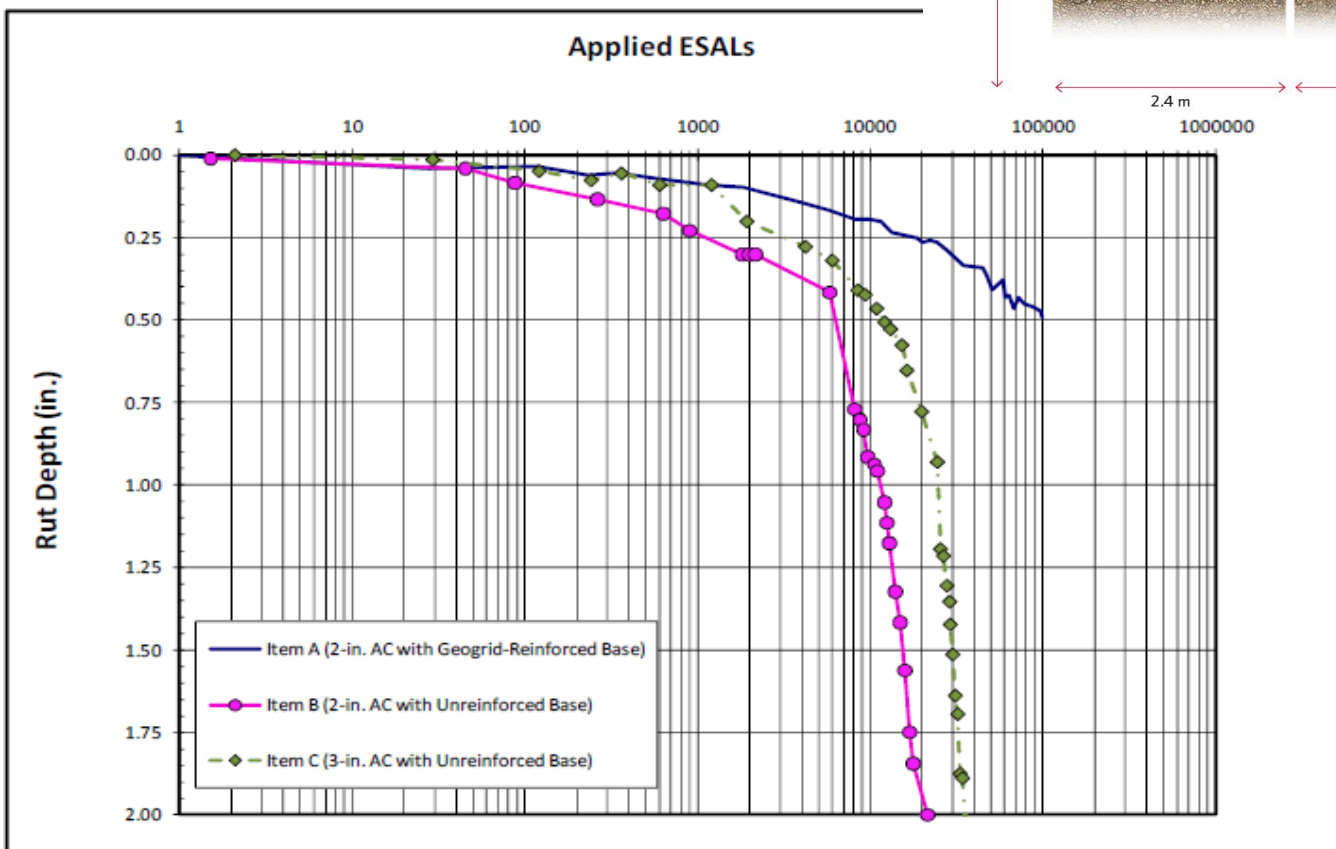
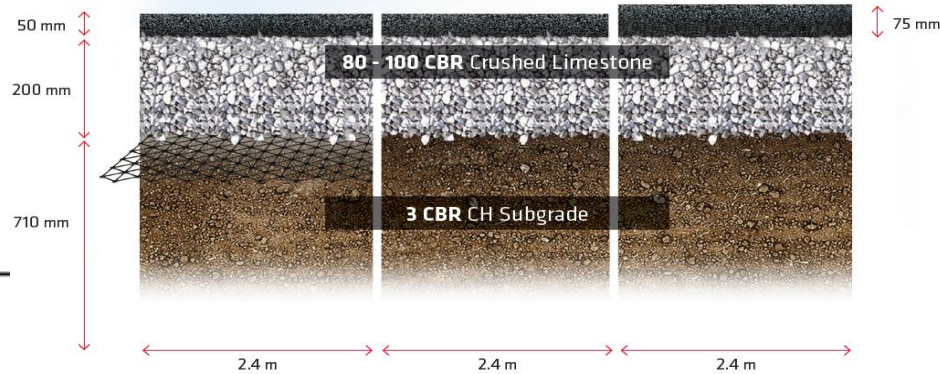


Accelerated Pavement Testing

Obciążenie ruchem – do 100 000 przejeżdż osi

Pomiar głębokości koleiny

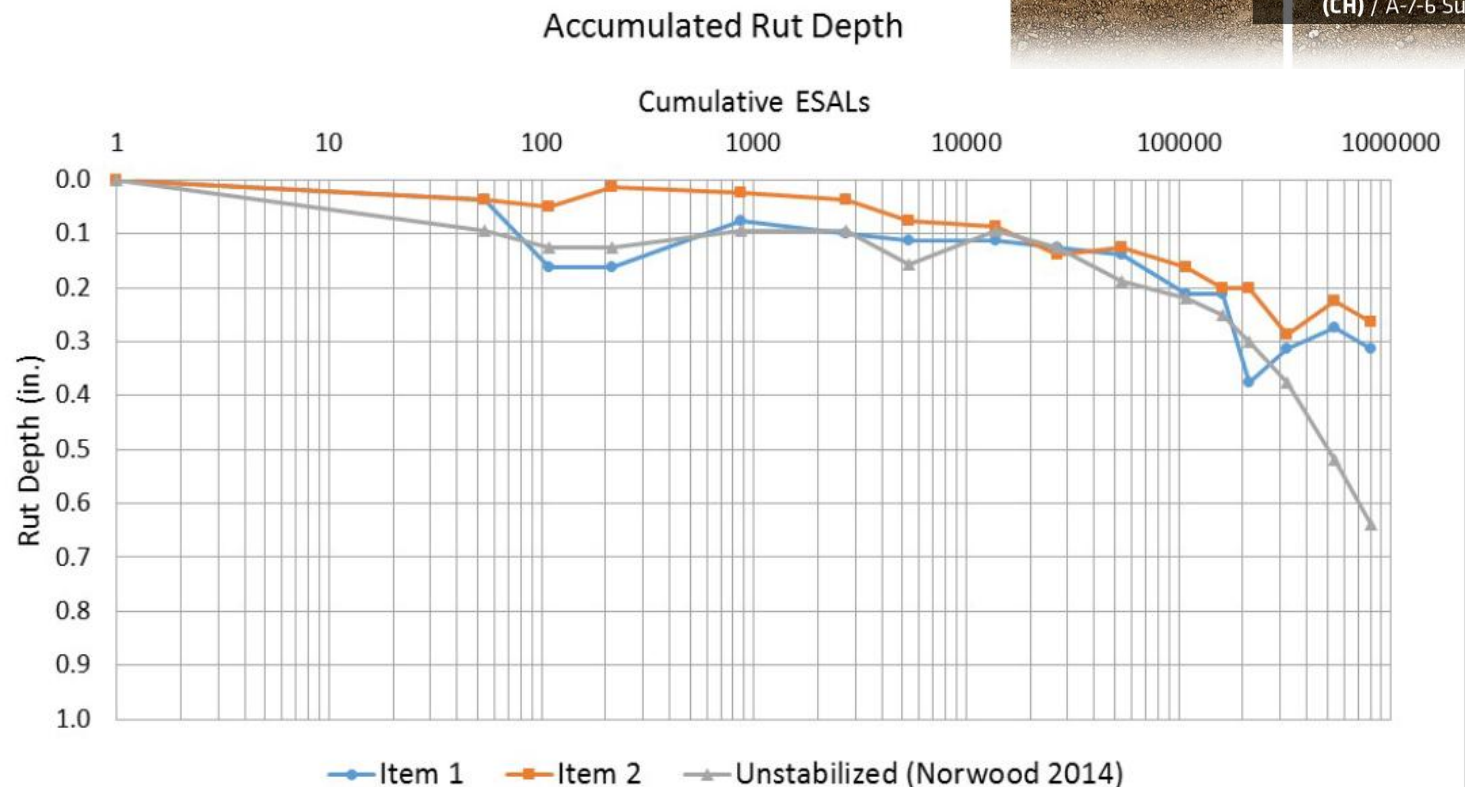
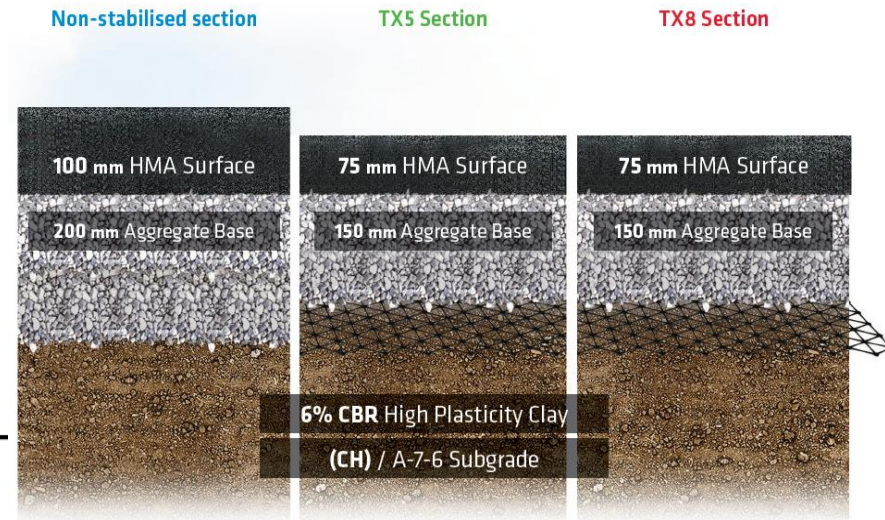
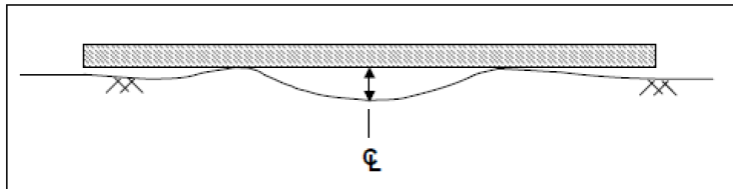
A	B	C
Geogrid Stabilised base	Non-Stabilised	Non-Stabilised
50 mm asphalt 200mm aggregate base	50 mm asphalt 200mm aggregate base	75 mm asphalt 200mm aggregate base



Obciążenie ruchem – do 800 000 przejeżdż osi

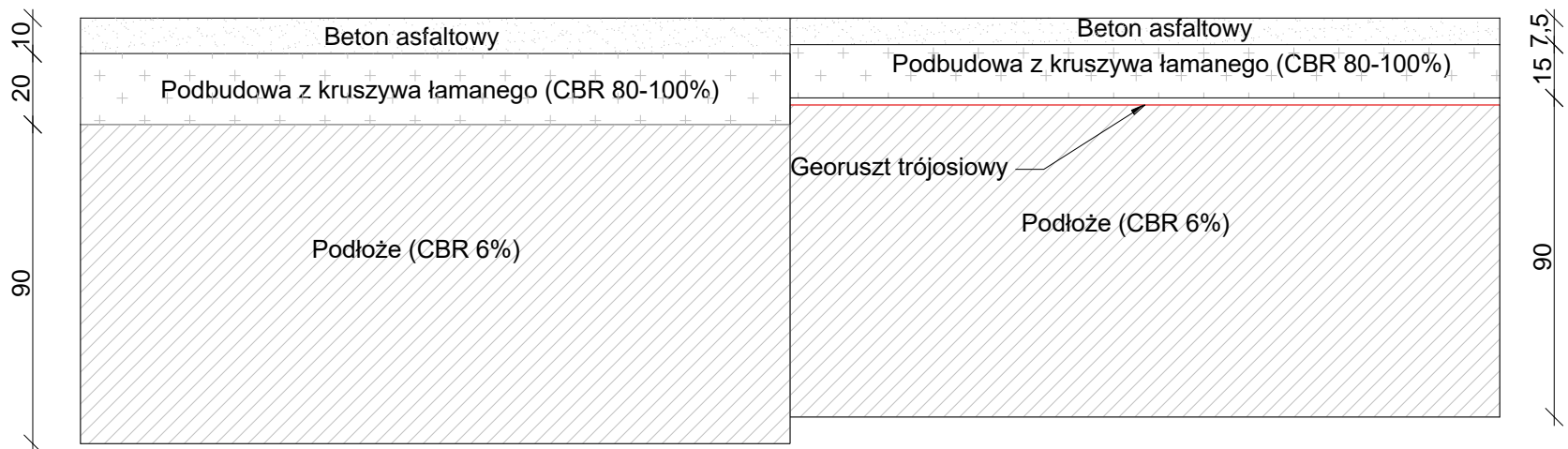
Pomiar głębokości koleiny

Figure 18. Measurement of maximum rut depth.

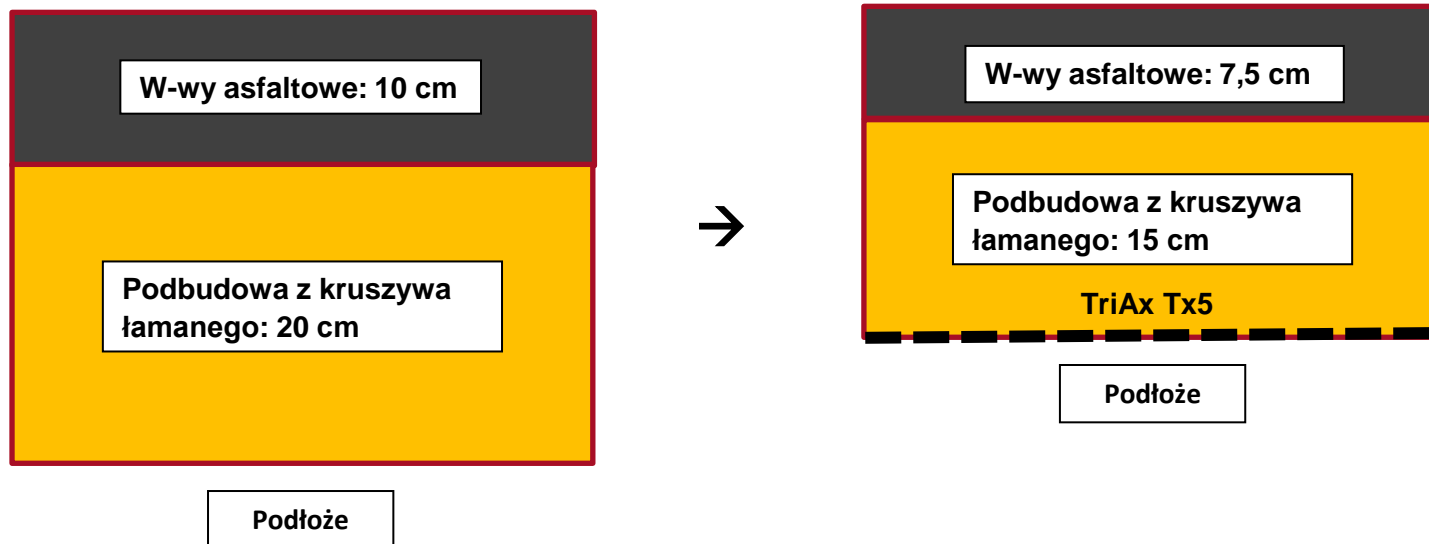


Konstrukcje z podbudową stabilizowaną georusztem trójosiowym Tensar TriAx zachowały się co najmniej tak samo dobrze, jak konstrukcja kontrolna bez georusztu, pomimo zmniejszenia grubości:

- warstw asfaltowych o 2,5 cm
- podbudowy z kruszywa o 5 cm



Wnioski praktyczne:



2,5 cm warstw asfaltowych: - ok. 15 zł/m²

5 cm podbudowy z kruszywa łamanego: - ok. 8 zł/m²

Tensar TriAx Tx5: + ok 10 zł/m² (z kosztem zakładów i ułożenia)

OSZCZĘDNOŚCI: OK 13 ZŁ/M² NAWIERZCHNI

Modyfikacja metod projektowania nawierzchni

Na podstawie m.in. analizy wyników testów pod obciążeniem ruchem, opracowano modyfikacje dwóch metod projektowych:

- Metody AASHTO'93 – modyfikacja polega na zwiększeniu (w różnym stopniu, w zależności od nośności podłoża i grubości warstwy) wartości współczynnika materiałowego „a” warstwy kruszywa stabilizowanej georusztem
- Metody Mechanistyczno-Empirycznej – modyfikacja polega na jednoczesnym zastosowaniu współczynnika zwiększającego moduł sprężystości warstwy kruszywa stabilizowanego georusztem oraz współczynników zwiększających obliczoną trwałość zmęczeniową warstw. Współczynniki te są obliczane wg algorytmu uwzględniającego grubość warstwy, nośność podłoża, odległość georusztu od warstw asfaltowych i podłoża oraz odmianę georusztu.

Oprogramowanie do projektowania konstrukcji nawierzchni

TensorPave – metoda empiryczna (modyfikacja metody AASHTO'93)
Spectra M-E – metoda mechanistyczno-empiryczna

The screenshot displays the SpectraPave4 PRO software interface. The main window shows a 'Paved Application Design Analysis - Data Input' section with two tables: 'Non-stabilised Section' and 'Stabilised Section'. The 'Stabilised Section' table includes a 'Calculated Traffic, ESALs' value of 3,319,000. Below the tables are cross-section diagrams for 'ACC1', 'MSL', and 'SBC' layers with their respective thicknesses. A 'Preview Life' window is overlaid on top, showing a 'Target Life ESALS' of 3,306,595 and a table of 'Calculated Life ESALS' for different materials. The table includes 'Asphaltdeckschicht' (1,416,700), 'TriAx TX150' (14,555,595), and 'Axle Dual Wheel' (1,416,700). The software title bar indicates 'SpectraPave4 PRO™ - [Untitled.sp4e]' and the Windows taskbar shows the date as 2013/07/30.

Layer	Di	ai	mi	SN
ACC1	40	0.420	N/A	0.661
ACC2	80	0.400	N/A	1.260
ABC	200	0.140	1.0	1.102
Overall Structural Number (SN)				3.024
Calculated Traffic, ESALs				1,725,000

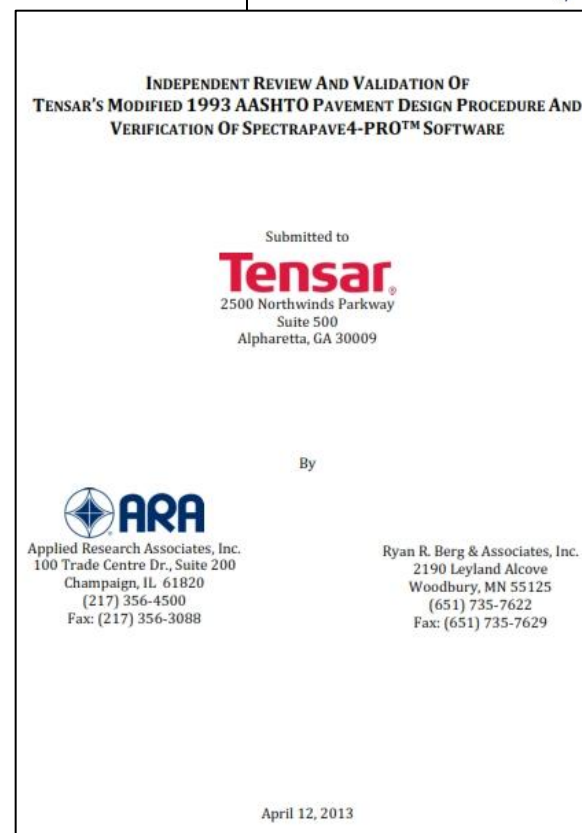
Layer	Di	ai	mi	SN
ACC1	75	0.420	N/A	1.240
MSL	150	0.275	1.0	1.624
SBC	150	0.080	1.0	0.472
Overall Structural Number (SN)				3.337
Calculated Traffic, ESALs				3,319,000

Material Name	Thickness mm	Geosynthetics	Calculated Life ESALS
Asphaltdeckschicht	75		1,416,700
TriAx TX150			14,555,595
			15,427,739
Axle Dual Wheel			1,416,700

Weryfikacja metod projektowych wykonana przez ARA

- Weryfikacja metod projektowych: empirycznej – program TensorPave, oraz mechanistyczno-empirycznej – program Spectra M-E, wykonana przez niezależną instytucję

ARA (Applied Research Associates, Inc.) – firma inżynieryjno-konsultingowa działająca na zlecenie inwestorów publicznych i prywatnych, z siedzibą w Albuquerque w stanie Nowy Meksyk oraz licznymi biurami na terenie USA i Kanady. Zatrudnia ponad 1000 specjalistów z różnych branż i zajmuje się przede wszystkim projektami z zakresu bezpieczeństwa i obronności, infrastruktury, energii i środowiska oraz geotechniki.



RA
ciates, Inc.
Suite 200
61820
yer, P.E.
k, PhD, P.E.



Podsumowanie korzyści wynikających z optymalizacji nawierzchni

Optymalizacja nawierzchni z wykorzystaniem georusztów TriAx pozwala na:

- Redukcję grubości konstrukcji nawierzchni
- Skrócenie czasu realizacji
- Zmniejszenie ruchu budowlanego
- Zmniejszenie uszkodzeń dróg dojazdowych
- Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni
- Zmniejszenie nakładów na utrzymanie
- Zmniejszenie ilości okresów wyłączeń nawierzchni z ruchu na czas prac utrzymaniowych
- Redukcję emisji zanieczyszczeń do atmosfery

**PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA
OPTYMALIZACJI KONSTRUKCJI
NAWIERZCHNI W POLSCE**

Zwiększenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni bez zwiększania jej grubości

GPR2015 wykazał istotne zwiększenie ruchu w stosunku do założeń projektowych (projekt opracowany w r. 2010). Zamawiający zdecydował się na zastosowanie georusztów trójosiowych w celu uzyskania wymaganej trwałości bez konieczności pogrubiania konstrukcji.

Długość odcinka: 2,3 km

Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)

Zaprojektowana konstrukcja:

- Warstwa ścieralna z SMA11: 4 cm
- Warstwa wiążąca z AC16W: 9 cm
- Podbudowa zasadnicza z AC22P: 10 cm
- Podbudowa pomocnicza (dolna warstwa pod. zasadniczej) z MN C90/3 0/31,5 stabilizowanej georusztem **Tensar TriAx TX5**: 20 cm
- Warstwa technologiczna: grunt stabilizowany cementem $R_m = 1,5$ MPa: 10 cm
- Podłoże G1

Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)



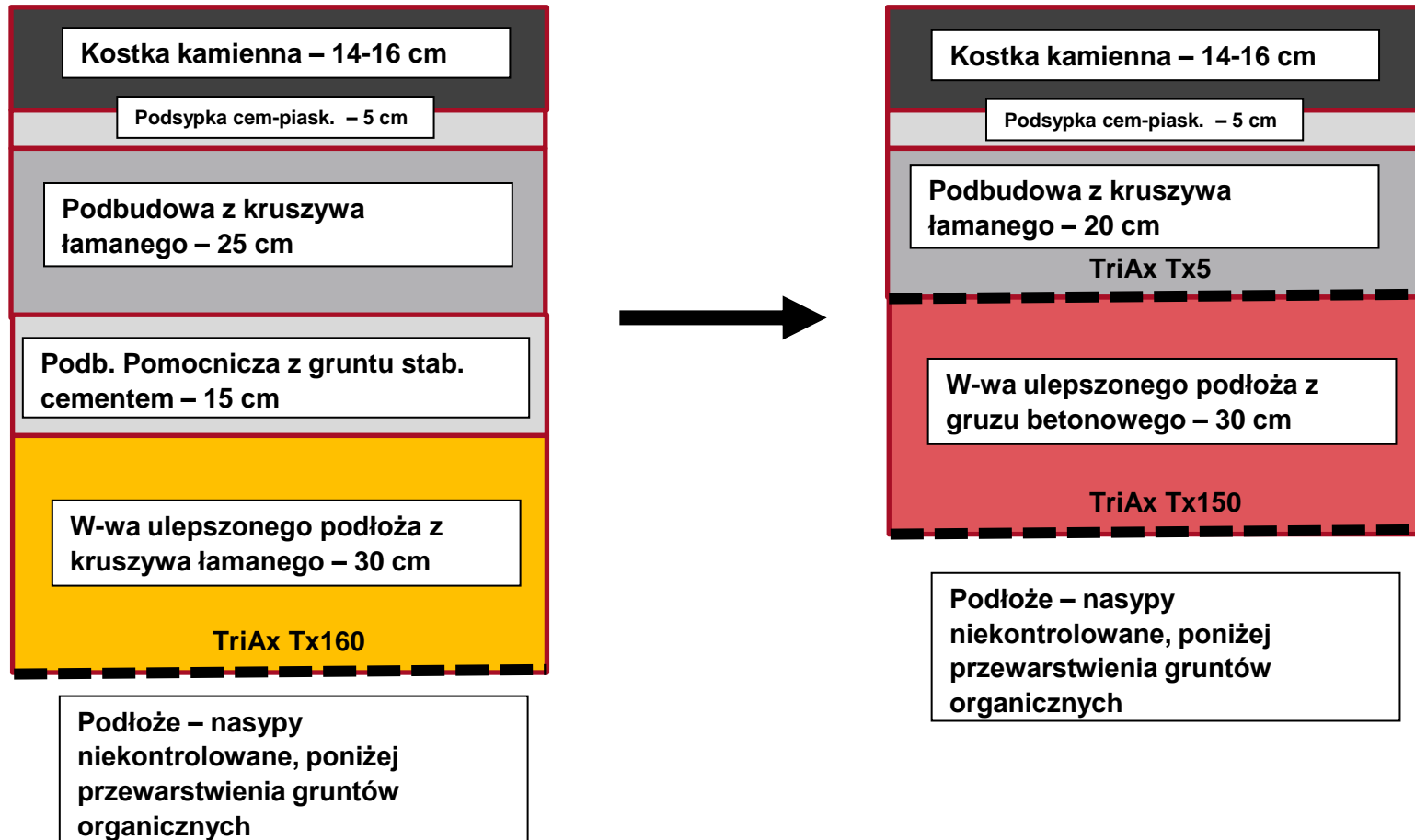
Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)



Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)

Ulica na Starym Mieście w Gdańsku

Wykonawca poszukiwał możliwości odchudzenia konstrukcji i zastosowania tańszego kruszywa.



Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)



Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)



Zwiększenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni oraz zabezpieczenie nawierzchni przed skutkami pęcznienia nasypu

Nawierzchnia DTŚ w Gliwicach wkrótce po oddaniu do eksploatacji uległa poważnym uszkodzeniom na skutek pęcznienia materiału użytego do budowy nasypu.

W trakcie przebudowy zastosowano konstrukcję z podbudową stabilizowaną georusztem **Tensar TriAx Tx7**. Georuszt zastosowano w celu zwiększenia trwałości zmęczeniowej nawierzchni a także w celu zabezpieczenia jej przed skutkami ewentualnego dalszego pęcznienia materiału nasypowego.





Redukcja grubości konstrukcji nawierzchni przy zachowaniu wymaganej trwałości

- Projekt realizowany w systemie „Projektuj i buduj”
- Kategoria ruchu: KR2
- Dobre warunki gruntowe, podłoże grupy nośności G1
- W ramach optymalizacji zaprojektowano konstrukcję z georusztem Tensar TriAx Tx5 o grubościach warstw zredukowanych w stosunku do KTKNPIP:
 - Warstw asfaltowych o 2 cm
 - Podbudowy zasadniczej z MN C90/3 o 5 cm

Droga gminna 148030G Czarna Dąbrówka (2018)



Tensar®

**Dziękuję za uwagę
Pytania?**

