

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW
ZAKŁAD TECHNOLOGII NAWIERZCHNI

S p r a w o z d a n i e
z tematu TN/TG-221, zadanie A, etap I
pt.:
Metody stosowania geosyntetyków do budowy i wzmocnienia
nawierzchni oraz ziemnych budowli drogowych.

Umowa z Generalną Dyрекcją Dróg Krajowych i Autostrad
nr 24 / GDDKiA / 2002

Prowadzący temat:

doc. dr inż. Janusz Zawadzki

Autorzy sprawozdania:

doc. dr inż. Janusz Zawadzki

mgr Paweł Skierczyński

Kierownik Zakładu

Prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Współpraca:

mgr inż. Tomasz Mechowski – Zakład Diagnostyki Nawierzchni, IBDiM

Laboratorium Drogowe GDDKiA we Wrocławiu

Laboratorium Drogowe GDDKiA w Krakowie

Warszawa, listopad 2002

Spis treści

	strona	
1	Wstęp	3
2	Program badań, etap I	3
3	Analiza właściwości i wymagań zawartych w aprobatach technicznych na materiały geosyntetyczne do wzmocnienia nawierzchni asfaltowych przeanalizowanie ich zastosowania	4
3.1	Właściwości geosyntetyków wg aprobat technicznych	4
3.2	Uogólniona charakterystyka geosyntetyków i ich zastosowań	29
3.3	Uwagi wynikające z analizy aprobat	33
4	Odcinki nawierzchni z geosyntetykami wytypowane do badań	33
5	Analiza zastosowania geosyntetyków na wybranych odcinkach	35
6	Podsumowanie	39
	Bibliografia	41

1 Wstęp

Wzmocnienie warstw asfaltowych geosyntetykiem będzie skuteczne, jeżeli będą spełnione co najmniej trzy warunki:

- będzie dobrany odpowiedni rodzaj geosyntetyku,
- umiejscowienie geosyntetyku w konstrukcji nawierzchni będzie powodowało jego rozciąganie pod wpływem obciążenia od pojazdów,
- sposób zainstalowania geosyntetyku będzie zapewniał jego współpracę z warstwami asfaltowymi.

Odrębne zasady doboru i instalowania geosyntetyku są w przypadku gdy ma on spełniać rolę warstwy SAMI, której zadaniem jest niedopuszczenie do przenoszenia się naprężeń od skurczów termicznych podbudowy sztywnej do wyżej leżących warstw asfaltowych. W praktyce krajowej przeważającym celem zastosowań geosyntetyków do nawierzchni asfaltowych jest wzmocnienie nawierzchni. Powinny być zatem spełnione wyżej wymienione warunki.

Aprobaty techniczne dopuszczające geosyntetyki do stosowania w budownictwie drogowym podają na ogół jedynie ogólne warunki jak należy je wbudowywać. Szczegóły techniczne instalowania geosyntetyków są, lub powinny być formułowane w projekcie technicznym lub technologicznym budowy lub przebudowy drogi. Ponieważ w tym zakresie brak jest szczegółowych zaleceń, zaś poglądy wśród dostawców geosyntetyków, inwestorów, wykonawców i projektantów na ten temat są zróżnicowane dlatego efekty ich stosowania nie zawsze pokrywają się z oczekiwaniami. Problem ten dotyczy zwłaszcza wzmocnienia warstw asfaltowych, gdyż w tym zakresie brak jest metody projektowania; nie tylko zresztą w Polsce. Z tych względów spotyka się bardzo dużą dowolność w stosowaniu tych materiałów, jeśli chodzi o wybór rodzaju geosyntetyku, umiejscowienie go w konstrukcji i sposób zainstalowania.

Celem tej części pracy jest ocena stosowania geosyntetyków do wzmocnienia nawierzchni asfaltowych na podstawie analizy właściwości tych materiałów, sposobów ich stosowania i wyników badań terenowych.

2 Program badań, etap I

- 1) Analiza właściwości i wymagań zawartych w aprobatkach technicznych na materiały geosyntetyczne, stosowane do wzmocnienia nawierzchni asfaltowych oraz przeanalizowanie ich zastosowań.

- 2) Przeprowadzenie rozpoznania (w formie ankiety lub bezpośrednich kontaktów) o lokalizacji odcinków drogowych na których zastosowano wzmocnienie nawierzchni asfaltowych siatkami stalowymi i z włókna szklanego, z materiałów polimerowych i geowłóknin.
- 3) Na podstawie informacji wg p. 2) wytypowanie po 2 odcinki drogowe, na których zastosowano charakterystyczne sposoby wzmocnień nawierzchni asfaltowej.
- 4) Wywiercenie próbek z konstrukcji nawierzchni wytypowanych 8 odcinków wzmocnionych materiałami wg p. 2, w celu określenia szczegółów konstrukcyjnych tych nawierzchni; analiza projektów zastosowania i zgodności z aprobatą.
- 5) Wykonanie pomiarów nośności (z pomiarem czasz ugięć) konstrukcji nawierzchni wzmocnionych materiałami wg p. 2 na wytypowanych odcinkach.
- 6) Sprawozdanie z prac, wg p-tów 1÷5.

3 Analiza właściwości i wymagań zawartych w aprobatkach technicznych na materiały geosyntetyczne do wzmocnienia nawierzchni asfaltowych oraz przeanalizowanie ich zastosowań

3.1 Właściwości geosyntetyków według aprobat technicznych

Dla potrzeb niniejszej analizy dokonano następującego podziału geosyntetyków:

- a) geowłókniny,
- b) geosiatki z materiałów plastycznych,
- c) geosiatki szklane,
- d) geosiatki metalowe,
- e) geokompozyty siatki z włókniną.

Według zapisów w aprobatkach technicznych ogólna charakterystyka techniczna, przeznaczenie i właściwości poszczególnych geosyntetyków zgodnie z w/w podziałem są następujące:

Geowłókniny

- 1) Geowłóknina PAVEMAT wg AT/2001-04-1086

Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy, barwy białej, składający się z ciętych włókien polipropylenowych łączonych mechanicznie metodą igłowania, jednostronnie kalandrowany.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 1

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	140
2.	Grubość przy nacisku 2 kPa	mm	1,2
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 7
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 7
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:		
	- wzdłuż pasma	%	65
	- wszerz pasma	%	65

Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać:
dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %.

Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności.

- 2) Geowłóknina BILTEX odmiany I/PP 6801, I/PES 6801/1, I/PES 6803 wg AT/2000-04-0889

Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy barwy białej, zbudowany z ciętych włókien, łączonych mechanicznie metodą igłowania, produkowany w trzech odmianach oznaczonych symbolami producenta: I/PP 6801, I/PES 6801/1, I/PES 6803, gdzie PES oznacza surowiec poliestrowy, a PP polipropylenowy. Odmiana I/PES 6803 jest jednostronnie kalandrowana.

Właściwości:

Tablica 2

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości		
			I/PP 6801	I/PES 6801/1	I/PES 6803
1	2	3	4	5	6
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	180	185	185
2.	Grubość:				
	- przy nacisku 2 kPa	mm	2,3	2,3	1,4
	- przy nacisku 20 kPa	mm	1,7	1,7	1,0
	- przy nacisku 200 kPa	mm	0,9	0,8	0,6
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:				
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 6,0	≥6,0	≥ 7,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 7,0	≥ 7,0	≥ 7,5
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:				
	- wzdłuż pasma	%	106	78	78
	- wszerz pasma	%	106	78	78
Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %.					
Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności.					

- 3) Geowłóknina GEOHYDROLEX, odmiany 120/A140/PES i 120/A180/PES wg AT/2000-04-0815

Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy barwy białej, zbudowany z ciętych włókien poliestrowych, igłowanych.

Przeznaczenie geowłóknin typu GEOHYDROLEX: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 3

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości	
			GEOHYDROLEX 120/A140/PES	GEOHYDROLEX 120/A180/PES
1	2	3	4	5
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	140	180
2.	Grubość:			
	- przy nacisku 2 kPa	mm	0,9	0,9
	- przy nacisku 20 kPa	mm	0,7	0,8
	- przy nacisku 200 kPa	mm	0,5	0,6
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:			
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 7,0	≥ 8,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 8,0	≥ 9,0
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:			
	- wzdłuż pasma	%	50	50
	- wszerz pasma	%	60	70
5.	Opór na przebicie CBR (x-s)	kN	≥ 1,2 ^{1/}	≥ 1,5 ^{1/}
6.	Charakterystyczny wymiar porów O ₉₀	µm	63 ^{1/}	63 ^{1/}
7.	Wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny geowłókniny przy obciążeniu:			
	- 2 kPa	m/s	0,00109 ^{1/}	0,00106 ^{1/}
	- 20 kPa	m/s	0,00090 ^{1/}	0,00086 ^{1/}
	- 200 kPa	m/s	0,00047 ^{1/}	0,00045 ^{1/}
Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %. Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności. ^{1/} Parametry nie określone dla zastosowań do nawierzchni bitumicznych.				

4) Geowłóknina GEOFIX odmiany 7/14 PE/170, wg AT/99-04-0764

Charakterystyka odmiany 7/14 PE/170: płaski wyrób włókienniczy barwy białej, zbudowany z ciętych włókien, łączonych metodą przesywania przędzą z jedwabiu poliestrowego.

Przeznaczenie odmiany 7/14 PE/170: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 4

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	170
2.	Grubość:		
	- przy nacisku 2 kPa	mm	1,2
	- przy nacisku 20 kPa	mm	0,8
	- przy nacisku 200 kPa	mm	0,5
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 10,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 7,0
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:		
	- wzdłuż pasma	%	20
	- wszerz pasma	%	75
Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %.			
Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności.			

5) Geowłóknina GEOFILTEX 73, odmiany 73/15 i 73/20 wg AT/99-04-0695

Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy barwy białej, zbudowany z ciętych włókien poliestrowych, łączonych mechanicznie metodą igłowania.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 5

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości	
			73/15	73/20
1	2	3	4	5
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	140	180
2.	Grubość przy nacisku 2 kPa	mm	2,7	3,0
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:			
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 7	≥ 5,5
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 11,0	≥ 14,0
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:			
	- wzdłuż pasma	%	140	140
	- wszerz pasma	%	110	110
Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %. Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności.				

- 6) Geowłóknina polipropylenowa FIBERTEX AM-2 i AM-2 Special ,wg AT/99-04-0642
 Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy barwy szarej, zbudowany z ciętych włókien polipropylenowych, łączonych mechanicznie metodą igłowania, jednostronnie obrobiony termicznie (kalandrowany); odmiana AM-2 - nawijana powierzchnia obrobiona do wewnątrz, odmiana AM-2 Spacial – nawijana powierzchnią obrobioną do zewnątrz.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem. Układa się ją na podłożu skropionym lepiszczem asfaltowym stroną nieobrobioną do dołu.

Właściwości:

Tablica 6

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	150
2.	Grubość przy nacisku 2 kPa	mm	1,0
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
-	wzdłuż pasma	kN/m	≥ 9
-	wszerz pasma	kN/m	≥ 9
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:		
-	wzdłuż pasma	%	60
-	wszerz pasma	%	60

Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać:
dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %.

7) Geowłknina GEON 190 PP i GEON 190 PES wg AT/98-03-438

Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy barwy białej, zbudowany z ciętych włókien, łączonych metodą igłowania.

Produkt GEON 190 PP jest z polipropylenu, produkt GEON 190 PES jest z poliestru.

Produkt GEON 190 PP może być stosowany w temperaturze < 160 °C

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 7

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości	
			GEON 190 PES	Geon 190 PP
1	2	3	4	5
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	≥190	≥190
2.	Grubość:			
	- przy nacisku 2 kPa	mm	0,9	1,1
	- przy nacisku 20 kPa	mm	0,7	0,9
	- przy nacisku 200 kPa	mm	0,5	0,7
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:			
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 5,5	≥5,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 8,0	≥ 10,0
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:			
	- wzdłuż pasma	%	≥ 75	≥ 110
	- wszerz pasma	%	≥ 75	≥ 80
5.	Wytrzymałość na przebicie CBR (x-s)	N	≥ 900	≥ 800
6.	Odształcenie przy przebiciu w warunkach badania CBR	%	≥ 50	≥ 60
7.	Wskaźnik wodoprzepuszczalności do płaszczyzny geowłókniny, przy Δh _{wody} =100 mm i obciążeniu:			
	- 2 kPa	m/dobę	50	50
	- 20 kPa	m/dobę	30	30
	- 200 kPa	m/dobę	20	20
8.	Efektywna (umowna) średnica porów geowłókniny, odpowiadająca wymiarom frakcji gruntu zatrzymującego się na geowłókninie w ilości 90 %; O ₉₀	mm	≥ 0,05	≥0,05

Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy 1 wymaganych wartości nie mogą przekraczać:
dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %.

Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności.

- 8) Geowłóknina GEOTEXTIL 7/14 odmiana GEOTEXTIL 160, wg AT/96-03-0051.
 Charakterystyka geowłókniny GEOTEXTIL 7/14/160: płaski wyrób włókienniczy barwy białej, całkowicie zbudowany włókien poliestrowych, łączonych techniką przesywania przędzą poliamidową..

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

GEOTEXTIL 7/14/220 i HYDROTEX 310 są stosowane tylko w geotechnice.

Właściwości:

Tablica 8

Lp.	Badania	Jednostki	Właściwości
1.	Masa powierzchniowa	g/cm ²	145 ÷ 175
2.	Grubość przy nacisku:		
	- 2 kPa	mm	1,00 ÷ 1,25
	- 200 kPa	mm	0,45 ÷ 0,55
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 8,5
	- -wszerz pasma	kN/m	8,5
4.	Względne wydłużenie przy rozerwaniu:		
	- wzdłuż pasma	%	≥ 30
	- wszerz pasma	%	≥ 30

- 9) Geowłóknina ITEX odmiany 195 PP, 195 PES/K, 195 PES, wg AT/2002-04-0078
 Charakterystyka: płaski wyrób włókienniczy, barwy białej, z ciętych włókien mechanicznie igłowanych; odmiana 195 PP jest z polipropylenu, odmiany 195 PES i 195 PES/K są z poliestru; odmiana 195 PES/K jest jednostronnie kalandrowana.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Odmiana 195 PP może być stosowana tylko na zimno (warstwa przykrywająca z MMA na zimno).

Właściwości:

Tablica 9

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości		
			ITEX 195 PP	ITEX 195PES/K	ITEX 195PES
1	2	3	4	5	6
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	195	195	195
2.	Grubość:				
	- przy nacisku 2 kPa	mm	3,0	1,4	2,5
	- przy nacisku 20 kPa	mm	2,0	1,0	1,5
	- przy nacisku 200 kPa	mm	1,0	0,6	0,7
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:				
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 6,0	≥ 5,5	≥ 5,5
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 7,0	≥ 7,5	≥ 7,5
4.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:				
	- wzdłuż pasma	%	130	70	80
	- wszerz pasma	%	130	60	70
Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy wymaganych wartości nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±20 %, dla poz. 4 ±23 %.					
Miarodajną wytrzymałość dla poz. 3 należy wyznaczać z 95 % poziomem ufności.					

10) Geowłóknina Polyfelt PGM 14, wg AT/97-03-0246

Charakterystyka: płaski wyrób z włókien polipropylenowych ciągłych, igłowanych mechanicznie.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Wzmacnianie nawierzchni bitumicznych na podbudowie podatnej. Temperatura warstwy przykrywającej ≤ 160 °C.

Właściwości:

Tablica 10

Lp.	Badania	Jednostki	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/cm ²	140
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 8,5
	- -wszerz pasma	kN/m	≥ 8,5
3.	Względne wydłużenie przy rozerwaniu:		
	- wzdłuż pasma	%	80
	- wszerz pasma	%	80

Geosiatki z materiałów plastycznych

1) Geosiatka TENSAR odmiany AR-1 wg AT/98-04-0510

Charakterystyka odmiany TENSAR AR-1: płaski wyrób syntetyczny w postaci siatki z polipropylenu, o sztywnych węzłach i litych sznurach, barwy czarnej.

Przeznaczenie: Siatka TENSAR jest przeznaczona do stosowania w budownictwie komunikacyjnym przy budowie dróg samochodowych i mostów oraz parkingów i lotnisk do:

- a) wzmacniana warstw asfaltowych nawierzchni drogowych, mostowych i lotniskowych w celu przeciwdziałania spękanom odbitym, tworzeniu kolein i spękań zmęczeniowych;
- b) wzmacniania warstw asfaltowych nawierzchni drogowych w miejscach szczególnie narażonych na destrukcyjne oddziaływanie pojazdów, np. odcinki przed światłami, przystanki autobusowe, pasy jezdni przeznaczone dla pojazdów ciężarowych i autobusów;
- c) napraw warstw asfaltowych nawierzchni z poprzecznymi spękaniami termicznymi lub zmęczeniowymi;
- d) zbrojenia warstw asfaltowych nawierzchni na podbudowach o niewystarczającej nośności;
- e) zbrojenia na styku nowej warstwy asfaltowej nawierzchni ze starą nawierzchnią przy poszerzaniu dróg;

- f) zbrojenia na złączach roboczych warstw asfaltowych nawierzchni;
- g) zbrojenia nawierzchni bitumicznych nad przekopami jezdni;
- h) zbrojenia powierzchniowych warstw asfaltowych, stanowiących izolację wodoszczelne obudów zbiorników wodnych, osadowych itp.

Właściwości:

Tablica 11

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	200
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 20,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 20,0
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:		
	- wzdłuż pasma	%	≥ 9,0
	- wszerz pasma	%	≥ 9,2
4.	Nominalne wymiary oczek (w osiach żeber podłużnych i poprzecznych)	mm	65 x 65
Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 4 ±20 %, dla poz. 2 podano wartości minimalne określone przy poziomie ufności 95 %, dla poz. 3 maksymalne wydłużenie przy zerwaniu nie może przekraczać 12,5 % przy poziomie ufności 95 %.			

2) Geosiatka HaTelit odmiany 30/13, 30/19, 40/17 wg AT/2002-04-0274

Charakterystyka odmian 30/13, 30/19, 40/17: płaski wyrób z giętej siatki utworzonej z włókien poliestrowych, zespolonych w płaskie sploty, które są przeplecione w węzłach siatki; włókna są otoczone bitumem nadającym siatce barwę czarną. Wyrób wytrzymuje temperaturę do +190 °C.

Przeznaczenie:

Zakres stosowania siatek HaTelit jest następujący:

- a) wzmacnianie asfaltowych warstw jezdnych nawierzchni drogowych, lotniskowych i mostowych
- b) wzmacniania nawierzchni w miejscach szczególnie narażonych na destrukcyjne oddziaływanie pojazdów, np. odcinki przed światłami, przystanki autobusowe, pasy jezdni przeznaczone dla pojazdów ciężarowych i autobusów;
- c) napraw nawierzchni asfaltowych z poprzecznymi spękaniem, tzw. odbitymi i

- spękaniem typu zmęczeniowego;
- d) wykonywanie warstwy lub warstw asfaltowych nawierzchni na podbudowach o niewystarczającej nośności;
 - e) zbrojenie asfaltowych izolacji powierzchniowych w budownictwie wodnym;
 - f) zbrojenie poszerzenia styku ze starą nawierzchnią;
 - g) zbrojenie nawierzchni w przekopach;
 - h) zbrojenie złącz roboczych.

Ułożenie siatki między warstwami ścierną i wiążącą lub między wiążącą i podbudową lub jednocześnie zastosowanie obu sposobów powoduje zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie warstw asfaltowych.

Właściwości:

Tablica 12

Lp	Badania	Jednostka	Właściwości		
			30/13	30/19	40/17
1	2	3	4	5	6
1.	Nominalne wymiary oczek (w osiach splotów podłużnych i poprzecznych)	mm	30 x 30	30 x 30	40 x 40
2.	Masa powierzchniowa	g/m ²	240	460	250
3.	Stosunek otwartej przestrzeni między splotami oczka powierzchni nominalnej między osiami splotu	%	min.75		
4.	Wytrzymałość na rozciąganie:				
	- wzdłuż pasma	kN/m	50	90	50
	- wszerz pasma	kN/m	50	90	50
5.	Wydłużenie przy zerwaniu:				
	- wzdłuż pasma	%	12	12	12
	- wszerz pasma	%	14	14	14

Właściwości surowców używanych do produkcji siatek HaTelit oraz warunki wytwarzania siatek stanowią niepublikowaną wiedzę technologiczną producenta. Producent gwarantuje następujące właściwości poliestru, stosowanego do produkcji siatek HaTelit:

- temperatura stosowania, maks. °C - +190
- skurcz w temperaturze +190 °C po 15 min. maks.% - 1,0

- trwałość termiczna, maks. °C - +210
- temperatura mięknięcia, °C - od+230 do+240
- temperatura topnienia, °C - ok. +256

3) Geosiatka BITUTEX, odmiany PET BITUTEX 50/50-30, PET BITUTREX 60/50-30, wg AT/2002-04-1302.

Charakterystyka: płaski wyrób z włókien poliestrowych tworzących oczka siatki z przeplataniem w węzłach. Płaska struktura siatki jest pokryta powłoką polimerową (SBR) barwy czarnej, stabilizująca strukturę siatki i zwiększająca odporność na promienie UV.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych zmniejszającą propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia lub różnych typów nawierzchni oraz wzmacniająca konstrukcję w miejscach lokalnych spękań zmęczeniowych.

Właściwości:

Tablica 13

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości	
			PET BITUTEX 50/50-30	PET BITUTEX 60/55-30
1	2	3	4	5
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	220	270
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:			
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 50,0	≥ 60,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 50,0	≥ 55
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:			
	- wzdłuż pasma	%	12	12
	- wszerz pasma	%	14	14
Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±95 % poziomem ufności 95 %, dla poz. 3 ±23 %..				

Geosiatki szklane

1) Geosiatka BITUTEX, odmiany Glas BITUTEX 50/50-30, Glas BITUTEX 60/55-30, Glas BITUTEX 100/100-20 wg AT/2002-04-1302

Charakterystyka: płaski wyrób z włókien szklanych tworzących oczka siatki z przeplataniem w węzłach. Płaska struktura siatki jest pokryta powłoką polimerową (SBR) barwy czarnej, stabilizującą strukturę siatki i zwiększającą odporność na poziomie UV.

Przeznaczenie: Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych zmniejszającą propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia lub różnych typów nawierzchni oraz wzmacniająca konstrukcję w miejscach lokalnych spękań zmęczeniowych.

Właściwości:

Tablica 14

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości		
			Glas BITUTEX 50/50-30	Glas BITUTEX 60/55-30	Glas BITUTEX 100/100-20
1	2	3	4	5	6
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	230	280	420
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:				
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 50,0	≥ 60,0	≥ 100
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 50,0	≥ 55	≥ 100
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:				
	- wzdłuż pasma	%	3	3	3
	- wszerz pasma	%	3	3	3
Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 ±95 % poziomem ufności 95 %, dla poz. 3 ±23 %..					

2) Geosiatka ARMAPAL G wg AT/97-03-0172

Charakterystyka: płaski wyrób z wiązek włókien szklanych typu E, tworzących oczka siatki z przeplotem w węzłach. Siatka jest impregnowana materiałem bitumicznym, stabilizującym układ włókien i węzłów oraz poprawiającym przyczepność do warstw asfaltowych.

Przeznaczenie: zbrojenie międzywarstwowe nawierzchni asfaltowych w celu zmniejszenia proporcji spękań odbitych, wzmocnienie połączenia poszerzenia jezdni oraz wzmocnienie w celu zwiększenia trwałości nawierzchni asfaltowych.

Właściwości:

Tablica 15

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	210
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
-	wzdłuż pasma	kN/m	≥ 50,0
-	wszerz pasma	kN/m	≥ 50,0
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:		
-	wzdłuż pasma	%	≥ 4,0
-	wszerz pasma	%	≥ 4,0
4.	Nominalne wymiary oczek geosiatki (odległość w osiach żeber podłużnych i poprzecznych)	mm	30 x 30

Uwaga: Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy wymaganych wartości nie mogą przekraczać (± 10) %.

3) Geosiatka ROADTEX WG 2303 G1, wg AT/97-03=0165

Charakterystyka: płaski wyrób wykonany z ciągłych włókien szklanych, których wiązki tworzą oczka siatki. Wiązki włókien powleczone są PCV barwy białej w ilości 142 g/m².

Przeznaczenie: zbrojenie warstw wzmacniających nawierzchni asfaltowych.

Właściwości:

Tablica 16

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	280
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
-	wzdłuż pasma	kN/m	35,0
-	wszerz pasma	kN/m	56,0
3.	Wydłużenie przy rozerwaniu geosiatki		
-	wzdłuż pasma	%	3,0
-	wszerz pasma	%	3,0
4.	Nominalne wymiary oczek geosiatki (odległość w osiach żeber podłużnych i poprzecznych)	mm	40 x 26

Uwaga: Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy wymaganych wartości nie mogą przekraczać (± 10) %.

Geosiatki druciane

Geosiatka BITUFOR wg AT/2001-04-1156

Charakterystyka: siatka pleciona z ocynkowanego drutu stalowego, produkowana w dwóch odmianach: BITUFOR MT1 – typ ciężki i BITUFOR MT2 – typ lekki. Ocynkowane jest stopem cynku i aluminium. W oczka siatki wpleciony jest skręcony drut płaski, tzw. skrętka.

Przeznaczenie: Siatka BITUFOR przeznaczona jest do renowacji i wzmocnienia nawierzchni dróg betonowych i asfaltowych w następującym zakresie:

- a) ograniczenie deformacji warstw wierzchnich,
- b) naprawa nawierzchni ze spękaniami odbitymi od sztywnej podbudowy,
- c) naprawa nawierzchni ze spękaniami zmęczeniowymi,
- d) zwiększenie odporności nawierzchni na obciążenia dynamiczne,
- e) zapewnienie optymalnego rozkładu obciążeń.

Siatka BITUFOR MT1 przeznaczona jest do warstw asfaltowych na drogach betonowych.

Siatka BITUFOR MT2 przeznaczona jest do naprawy spękanych nawierzchni asfaltowych.

Właściwości:

Tablica 17

Lp.	Badania	Jednostki	Właściwości	
			BITUFOR MT1	BITUFOR MT2
1	2	3	4	5
1.	Średnica:			
	- drut oczek	mm	$2,45 \pm 0,09$	$2,20 \pm 0,09$
	- skrętka (drut płaski	mm	$(7,0 \pm 0,2) \times (3,0 \pm 0,05)$	$(6,5 \pm 0,2) \times (2,0 \pm 0,05)$
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:			
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 40	≥ 32
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 50	≥ 32
3.	Długość oczka wzdłuż pasma	mm	118	118
4.	Szerokość oczka wszerz pasma	mm	80	80
5.	Odległość między skrętkami	mm	235	235

Geokompozyty

Geokompozyt BITUTEX, odmiany PET BITUTEX Composite 50/50-30, PET BITUTEX Composite 60/55-30, Glas BITUTEX Composite 50/50-30, Glas BITUTEX Composite 60/55-30, Glas BITUTEX Composite 100/100-20 wg AT/2002-04-1302

Charakterystyka PET BITUTEX Composite: płaski wyrób z włókien poliestrowych tworzących oczka siatki z przeplataniem w węzłach. Płaska struktura siatki jest pokryta powłoką polimerową (SBR) barwy czarnej, stabilizującą strukturę siatki i zwiększającą odporność na promienie UV. Siatka pokryta jest jednostronnie włókniną polimerową barwy białej o masie powierzchniowej 140 g/m².

Charakterystyka Glas BITUTEX Composite: płaski wyrób z włókien szklanych tworzących oczka siatki z przeplataniem w węzłach. Płaska struktura siatki jest pokryta powłoką polimerową (SBR) barwy czarnej, stabilizującą strukturę siatki i zwiększającą odporność na promienie UV. Siatka pokryta jest jednostronnie włókniną polimerową barwy białej o masie powierzchniowej 140 g/m².

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych zmniejszającą propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia lub różnych typów nawierzchni oraz wzmacniająca konstrukcję w miejscach lokalnych spękań zmęczeniowych.

Właściwości:

Tablica 18

Lp.	Badania	Jednostki	Właściwości				
			PET BITUTEX Composite 50/50-30	PET BITUTEX Composite 60/55-30	Glas BITUTEX Composite 50/50-30	Glas BITUTEX Composite 60/55-30	Glas BITUTEX Composite 100/100-20
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	370 w tym włóknina 140	420 w tym włóknina 140	380 w tym włóknina 140	430 w tym włóknina 140	570 w tym włóknina 140
2.	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	kN/m kN/m	≥ 50 ≥ 50	≥ 60 ≥ 55	≥ 50 ≥ 50	≥ 60 ≥ 55	≥ 100 ≥ 100
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	% %	14 17	14 17	3 3	3 3	3 3

Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać; dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 2 z 95 % poziomem ufności, dla poz. 3 ±23 %.

1) Geokompozyt TENSAR AR-G wg AT/98-04-0510

Charakterystyka: płaski wyrób syntetyczny z polipropylenu w postaci siatki o sztywnych węzłach, barwy czarnej, pokryty jednostronnie zespoloną termicznie włókniną igłowaną (polipropylenową lub poliestrową) grubości 1 mm, o masie powierzchniowej około 130 g/m².

Przeznaczenie: : Siatka TENSAR jest przeznaczona do stosowania w budownictwie komunikacyjnym przy budowie dróg samochodowych i mostów oraz parkingów i lotnisk do:

- a) wzmacniana warstw asfaltowych nawierzchni drogowych, mostowych i lotniskowych w celu przeciwdziałania spękanom odbitym, tworzeniu kolein i spękań zmęczeniowych;
- b) wzmacniania warstw asfaltowych nawierzchni drogowych w miejscach szczególnie narażonych na destrukcyjne oddziaływanie pojazdów, np. odcinki przed światłami, przystanki autobusowe, pasy jezdni przeznaczone dla pojazdów ciężarowych i autobusów;
- c) napraw warstw asfaltowych nawierzchni z poprzecznymi spękaniami termicznymi lub zmęczeniowymi;
- d) zbrojenia warstw asfaltowych nawierzchni na podbudowach o niewystarczającej nośności;
- e) zbrojenia na styku nowej warstwy asfaltowej nawierzchni ze starą nawierzchnią przy poszerzaniu dróg;
- f) zbrojenia na złączach roboczych warstw asfaltowych nawierzchni;
- g) zbrojenia nawierzchni bitumicznych nad przekopami jezdni;
- h) zbrojenia powierzchniowych warstw asfaltowych, stanowiących izolacje wodoszczelne obudów zbiorników wodnych, osadowych itp.

Właściwości:

Tablica 19

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	330
2.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	≥ 20,0
	- wszerz pasma	kN/m	≥ 20,0
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:		
	- wzdłuż pasma	%	≥ 9,0
	- wszerz pasma	%	≥ 9,2
4.	Nominalne wymiary oczek (w osiach żeber podłużnych i poprzecznych)	mm	65 x 65
Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 4 ±20 %, dla poz. 2 podano wartości minimalne określone przy poziomie ufności 95 %, dla poz. 3 maksymalne wydłużenie przy zerwaniu nie może przekraczać 12,5 % przy poziomie ufności 95 %.			

2) Geokompozyt HaTelit 40/17C wg AT/2002-04-0274

Charakterystyka: płaski wyrób z giętkiej siatki, utworzonej z włókien poliestrowych, zespolonych w płaskie sploty, które są przeplecione w węzłach siatki; włókna są otoczone bitumem nadającym siatce barwę czarną. Siatka jest jednostronnie pokryta i zszyta warstwą włókniny. Wyrób wytrzymuje temperaturę do 190 °C.

Przeznaczenie: Zakres stosowania siatek HaTelit jest następujący:

- a) wzmacnianie asfaltowych warstw jezdnych nawierzchni drogowych, lotniskowych i mostowych
- b) wzmacniania nawierzchni w miejscach szczególnie narażonych na destrukcyjne oddziaływanie pojazdów, np. odcinki przed światłami, przystanki autobusowe, pasy jezdni przeznaczone dla pojazdów ciężarowych i autobusów;
- c) napraw nawierzchni asfaltowych z poprzecznymi spękaniem, tzw. odbitymi i spękaniem typu zmęczeniowego;
- d) wykonywanie warstwy lub warstw asfaltowych nawierzchni na podbudowach o niewystarczającej nośności;
- e) zbrojenie asfaltowych izolacji powierzchniowych w budownictwie wodnym;

- f) zbrojenie poszerzenia styku ze starą nawierzchnią;
- g) zbrojenie nawierzchni w przekopach;
- h) zbrojenie złączy roboczych.

Ułożenie siatki między warstwami ścierną i wiążącą lub między wiążącą i podbudową lub jednocześnie zastosowanie obu sposobów powoduje zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie warstw asfaltowych.

Właściwości:

Tablica 20

Lp.	Badania	Jednostka	Właściwości
1	2	3	4
1.	Nominalne wymiary oczek (w osiach splotów podłużnych i poprzecznych)	mm	40 x 40
2.	Masa powierzchniowa	g/m ²	360
3.	Stosunek otwartej przestrzeni między splotami oczka powierzchni nominalnej między osiami splotu	%	min.75
4.	Wytrzymałość na rozciąganie:		
	- wzdłuż pasma	kN/m	50
	- wszerz pasma	kN/m	50
5.	Wydłużenie przy zerwaniu:		
	- wzdłuż pasma	%	12
	- wszerz pasma	%	12

Właściwości surowców używanych do produkcji siatek HaTelit oraz warunki wytwarzania siatek stanowią niepublikowaną wiedzę technologiczną producenta. Producent gwarantuje następujące właściwości poliestru, stosowanego do produkcji siatek HaTelit:

- temperatura stosowania, maks. °C - +190
- skurcz w temperaturze +190 °C po 15 min. maks.% - 1,0
- trwałość termiczna, maks. °C - +210
- temperatura mięknięcia, °C - od+230 do+240
- temperatura topnienia, °C - ok. +256

- 3) Geokompozyt ENKAGRID TRC, odmiany TRC 20, TRC 30, TRC 40 wg AT/2000-04-0936

Charakterystyka: siatka z włókien aramidowych Twaron, pokryta dwustronnie włókniną poliestrową Colback.

Przeznaczenie: wykonanie warstw pośrednich w nawierzchniach bitumicznych w celu zmniejszenia propagacji spękań odbitych od podbudowy sztywnej, wzmacnianie połączeń poszerzenia z istniejącą nawierzchnią oraz zapobieganie przenikaniu wody przez spękaną konstrukcję nawierzchni (również zastosowania geotechniczne).

Właściwości:

Tablica 21

Lp	Badania	Jednostki	Właściwości		
			TRC 20	TRC 30	TRC 40
1	2	3	4	5	6
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	140 w tym geowłóknina 100	160 w tym geowłóknina 100	180 w tym geowłóknina 100
2.	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	≥ 20,0 ≥ 20,0	≥ 30,0 ≥ 30,0	≥ 40,0 ≥ 40,0
3.	Wydłużenie przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	% %	≥ 3,5 ≥ 3,5	≥ 3,5 ≥ 3,5	≥ 3,5 ≥ 3,5
4.	Siła rozciągająca przy wydłużeniu względnym 2 %: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	≥ 13,0 ≥ 13,0	≥ 19,5 ≥ 19,5	≥ 26,0 ≥ 26,0
5.	Charakterystyczny wymiar porów O ₉₀ geowłókniny	mm	0,16	0,16	0,16
6.	Wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny bez obciążeń	m/s	0,0029	0,0029	0,0029

Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać: dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 5 ±30 %, dla poz. 6 – 30 %, a dla pozostałych z 95 % poziomem ufności.

- 4) Geokompozyt TENSAR GLASSTEX, odmiany P50 i P100 wg AT/2000-04-0859
 Charakterystyka: płaski wyrób kompozytowy, uzyskany z połączenia metodą przepłotu dzianinowego siatki szklanej z podkładem stabilizującym jej strukturę wykonanym z włókniny polipropylenowej.

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 22

Lp.	Badania	Jednostki	Właściwości	
			P 50	P 100
1	2	3	4	5
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	265 w tym włóknina 125	415 w tym włóknina 125
2.	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	kN/m kN/m	≥ 50 ≥ 50	≥ 100 ≥ 100
3.	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	% %	3 3	3 3
Dopuszczalne odchylenia od wymaganych wartości podanych w tablicy nie mogą przekraczać; dla poz. 1 ±10 %, dla poz. 3 ±23 %; miarodajną wytrzymałość dla poz. 2 oblicza się sumując wytrzymałość włókien szklanych.				

- 5) Geokompozyt Polyfelt PGM-G, odmiany 50, 100, 200 wg AT/97-03-0246
 Charakterystyka: Płaski wyrób kompozytowy w postaci geowłókniny z polipropylenowych włókien ciągłych igłowanych mechanicznie, wzmocnionej siatką szklaną.
 Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 23

Lp	Badania	Jednostka	Właściwości		
			Polyfelt PGM –G 50	Polyfelt PGM –G 100	Polyfelt PGM –G 200
1	2	3	4	5	6
1.	Nominalne wymiary oczek (w osiach splotów podłużnych i poprzecznych)	mm	40 x 40	40 x 40	40 x 40
2.	Masa powierzchniowa	g/m ²	285	425	495
3.	Wytrzymałość na rozciąganie:				
-	wzdłuż pasma	kN/m	50	100	200
-	wszerz pasma	kN/m	50	100	200
4.	Wydłużenie przy zerwaniu:				
-	wzdłuż pasma	%	3	3	3
-	wszerz pasma	%	3	3	3

Uwaga: Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy wymaganych wartości nie mogą przekraczać (± 10) %.

6) Geokompozyt ROTAFLEX, odmiany 816 SL, 824 SL, 833 SL, wg AT/97-03-0165

Charakterystyka:

- ROTAFLEX 816 SL – geosiatka szklana powlekana PCV o oczkach 5 x 5 mm i gramaturze 60 g/m² (w tym 33 g/m² – PCV), umieszczona pomiędzy dwiema warstwami geowłóknin poliestrowych o gramaturze po 40 g/m² każda (łącznie 80 g/m²), gramatura całkowita 140 g/m².
- ROTAFLEX 824 SL – geosiatka szklana powlekana PCV o oczkach 20 x 20 mm i gramaturze 200 g/m² (w tym 91 g/m² – PCV), umieszczona pomiędzy dwiema warstwami geowłóknin poliestrowych o gramaturze po 40 g/m² każda (łącznie 80 g/m²), gramatura całkowita 280 g/m².
- ROTAFLEX 833 SL – geosiatka szklana powlekana PCV o oczkach 40 x 26 mm i gramaturze 280 g/m² (w tym 142 g/m² – PCV), umieszczona pomiędzy dwiema warstwami geowłóknin poliestrowych o gramaturze po 40 g/m² każda (łącznie 80 g/m²), gramatura całkowita 360 g/m².

Przeznaczenie: warstwa pośrednia w nawierzchniach asfaltowych, zmniejszająca propagację spękań odbitych, wzmacniająca połączenie poszerzenia oraz zapobiegająca

przenikaniu wody przez nawierzchnię po całkowitym nasyceniu geowłókniny lepiszczem.

Właściwości:

Tablica 24

Lp.	Badania	Jednostk a	Właściwości		
			ROTAFLEX 816 SL	ROTAFLEX 816 SL	ROTAFLEX 816 SL
1	2	3	4	5	6
1.	Nominalne wymiary oczek geosiatki (w osiach żeber podłużnych i poprzecznych)	mm	5 x 5	20 x 20	40 x 26
2.	Masa powierzchniowa	g/m ²	140	280	360
3.	Wytrzymałość na rozciąganie geosiatki:				
	- wzdłuż pasma	kN/m	12	40	35
	- wszerz pasma	kN/m	12	40	56
4.	Wydłużenie przy rozerwaniu geosiatki:				
	- wzdłuż pasma	%	3	3	3
	- wszerz pasma	%	3	3	3
5.	Wytrzymałość na rozciąganie włókniny (dwóch warstw umieszczonych po obydwu strona geosiatki)				
	- wzdłuż pasma	kN/m	2	2	2
	- wszerz pasma	kN/m	2	2	2
6.	Wydłużenie przy rozerwaniu geowłókniny (dwóch warstw):				
	- wzdłuż pasma	%	40	40	40
	- wszerz pasma	%	40	40	40

Uwaga: Dopuszczalne odchylenia od podanych w tablicy wymaganych wartości nie mogą przekraczać (± 10) %.

2.2 Uogólniona charakterystyka geosyntetyków i ich zastosowań

Geowłókniny

Geowłókniny, które zgodnie z aprobatami technicznymi instaluje się między warstwami asfaltowymi są wykonane z włókien polipropylenowych lub poliestrowych. Do przesywania tych włókien stosuje się często jedwab poliamidowy. Tworzywa te różnią się właściwościami fizycznymi, co ilustruje tablica 25.

Tablica 25. Właściwości surowców sztucznych do produkcji włókien

Lp.	Materiał	Rodzaj tworzywa		
		Poliester (PES)	Polipropylen (PP)	Poliamid (PL)
1.	Temperatura mięknięcia	220 ÷ 240 °C	150 ÷ 155 °C	170 ÷ 180 °C
2.	Temperatura topnienia	248 ÷ 260 °C	163 ÷ 175 °C	222 ÷ 220 °C
3.	Odporność na działanie :			
	- kwasów rozcieńczonych	dobra	b. dobra	dobra
	- ługów rozcieńczonych	dobra	b. dobra	dobra
	- mikroorganizmów	b. dobra	b. dobra	dobra
	- światła	dobra	średnia	średnia

Zestawienie to wskazuje, że temperatura mięknięcia i topnienia polopropylenu jest znacznie mniejsza niż poliestru i jej wartości są równorzędne z górnymi wartościami temperatury wbudowywania gorących MMA z asfaltami zwykłymi, mniejsze natomiast dla MMA z asfaltami modyfikowanymi. Pod tym względem poliester jest bardziej odporny na wysoką temperaturę od gorących MMA niż polipropylenu. Dlatego w aprobatkach na geowłókniny z polipropylenu są zapisy, że wyroby te powinny być stosowane na zimno (sklejone asfaltem z emulsji i przykryte warstwą z MMA na zimno) lub aby temperatura przykrywającej warstwy z MMA nie była większa niż 160 °C. Wytrzymałość na rozciąganie geowłóknin z polipropylenu i z poliestru jest wprawdzie podobne to jednak wydłużenie względne geowłóknin z polipropylenu jest znacznie większe niż geowłóknin z poliestru. Przykładami mogą być geowłókniny BILTEX (tablica 2), GEON (tablica 7), ITEX (tablica 9). Ich wytrzymałość na rozciąganie wynosi od 5,0 do 7,0 kN/m wzdłuż pasma i od 7,0 do 10,0 kN/m wszerz pasma przy masie powierzchniowej od 180 do 195 g/m². Wydłużenie względne tych geowłóknin z poliestru wynosi od 70 do 80 % zaś z polipropylenu od 80 do 130 % wzdłuż i wszerz pasma. Wydłużenie względne pozostałych geowłóknin z polipropylenu i z poliestru, zestawionych w p. 3.1 jest bardzo zróżnicowane, gdyż wynosi od 20 do 140 % wzdłuż pasma. Zróżnicowanie to jednak w mniejszym stopniu zależy od rodzaju włókien lecz wynika raczej z technologii produkcji danego wyrobu.

Ogólnie można ocenić, że wydłużenie geowłóknin jest bardzo duże, podczas gdy ich wytrzymałość na rozciąganie jest mała, gdyż wynosi:

- od 5,0 do 10,0 kN/m - wzdłuż pasma,
- od 7,0 do 14,0 kN/m - wszerz pasma.

Wytrzymałość ta nie zależy od rodzaju zastosowanego surowca lecz jest związana z masą powierzchniową gdy porównuje się odmiany tej samej geowłókniny (większa masa powierzchniowa – większa wytrzymałość).

Mała stosunkowo wytrzymałość na rozciąganie geowłóknin i bardzo duże ich wydłużenie względne dyskwalifikują te wyroby do stosowania w warstwach asfaltowych tam gdzie występują naprężenia rozciągające, wywołane naciskiem kół pojazdów lub skurczem termicznym warstw. Mogą być natomiast stosowane jako warstwa SAMI po nasyceniu wysokomodyfikowanym asfaltem. Zadaniem tej warstwy, która powinna być umiejscowiona pod warstwami asfaltowymi jest rozproszenie naprężeń rozciągających od skurczu podbudowy sztywnej i niedopuszczenie do przemieszczenia się pęknięć skurczowych takiej podbudowy w górę do warstw asfaltowych. W obecnej sytuacji inwestycyjnej takie zastosowania mogą mieć raczej ograniczony zakres.

Geosiatki z materiałów plastycznych

W tej grupie geosyntetyków znajdują się 3 wyroby; 1 z polipropylenu (tablica 11 i 2 z poliestru (tablice 12 i 13). Wytrzymałość na rozciąganie geosiatki z polipropylenu wynosi 20,0 kN/m (wzdłuż i wszerz pasma), zaś wydłużenie względne wynosi 9,0 % (wzdłuż pasma) i 9,2 % (wszerz pasma). Wydłużenie względne geosiatek z poliestru obu producentów jest takie samo i wynosi:

- 12 % - wzdłuż pasma,
- 14 % wszerz pasma.

Wytrzymałość na rozciąganie geosiatek z poliestru wynosi od 50 do 90 kN/m, przy czym wytrzymałość od 50 do 60 kN/m dotyczy geosiatek o masie powierzchniowej 220 do 270 g/cm². Masa powierzchniowa geosiatki o wytrzymałości 90 kN/m wynosi 460 g/m² (tablica 12) Korzystne właściwości mechaniczne geosiatek z materiałów plastycznych (duża wytrzymałość na rozciąganie i małe wydłużenie względne przedstawiają je do wzmacniania warstw asfaltowych, pod warunkiem, że zostaną wbudowane w strefie naprężeń rozciągających, generowanych przez ruch drogowy lub skurcze termiczne. Możliwym mankamentem geosiatek z materiałów plastycznych o sznurkach litych może być gorsza przyczepność do nich asfaltu. Aby temu przeciwdziałać geosiatki o sznurkach włóknistych są powlekane bitumem lub polimerem SBR bądź PCV.

Geosiatki szklane

Tę grupę geosiatek reprezentuje 3 producentów (tablice 14, 15 i 16). Geosiatki te charakteryzują się bardzo małym wydłużeniem względnym, najmniejszym spośród wszystkich zestawionych tutaj geosyntetyków. Wynosi ono 3 do 4 %, wzdłuż i wszerz pasma, zaś wytrzymałość na rozciąganie wynosi:

- a) wzdłuż pasma
 - a - 35 do 50 kN/m dla geosiatek o masie powierzchniowej od 210 do 280 g/m²,
 - b - 100 kN/m dla geosiatki o masie powierzchniowej 420 g/m²,
- b) wszerz pasma
 - c - 50 do 56 kN/m dla geosiatek o masie powierzchniowej od 210 do 280 g/m²,
 - d - 100 kN/m dla geosiatki o masie powierzchniowej 420 g/m².

Aby polepszyć przyczepność asfaltu do geosiatki z włókien szklanych są one powleczone bitumem lub polimerem SBR bądź PCV.

Geosiatki szklane, zwłaszcza te o bardzo dużej wytrzymałości na rozciąganie (100 kN/m) szczególnie nadają się do wzmacniania warstw asfaltowych, gdyż ich wydłużenie względne jest bardzo małe. Wówczas tworzą one efektywne zbrojenie pakietu warstw asfaltowych, oczywiście, że technologia ich zastosowania była właściwa (dobre złączenie z warstwami, przynajmniej lekkie naprężenie w czasie układania).

Geosiatki druciane

W tej grupie geosiatek aprobatę techniczną posiada tylko 1 wyrób (tablica 17), który ma dwie odmiany, różniące się grubością drutu stalowego. Odmiana typu lekkiego ma wytrzymałość na rozciąganie 32 kN/m (wzdłuż i wszerz pasma) zaś typu ciężkiego 40 kN/m, wzdłuż pasma i 50 kN/m, wszerz pasma. Wartości te nie pochodzą z bezpośredniego badania tej siatki, lecz są wynikiem przeliczeń wytrzymałości na rozciąganie samego drutu. Dlatego brak jest w aprobacie danych dotyczących wydłużenia względnego.

Sposób instalowania tej geosiatki polegał początkowo na gwoździowaniu jej do podłoża w stanie naprężonym. W ostatnich kilku latach stosuje się przytwierdzenie siatki do podłoża kilkumetrową warstwą mieszanki na zimno, typu slurry seal, bez naprężania siatki. Wymagałoby to przebadania, który z tych sposobów jest lepszy, biorąc pod uwagę efekt wzmocnienia warstw asfaltowych lub efekt rozproszenia naprężeń od sztywnej podbudowy.

Geokompozyty

Cechy wytrzymałościowe geokompozytów są w zasadzie odzwierciedleniem cech wytrzymałościowych siatek tworzących ich ruszt (tablice 18 do 24). Cztery wyroby, każdy w 2 lub 3 odmianach (tablica 18, 22, 23 i 24) mają siatkę szklaną, dlatego ich wydłużenie względne wzdłuż i wszerz pasma wynosi tylko 3 %. Pokrycie siatki tych wyrobów jest jedno lub dwustronne z włókniny polipropylenowej lub poliestrowej. Ich wytrzymałość na rozciąganie jest zróżnicowana i jak wskazują przykłady wynika to głównie z różnic w masie powierzchniowej samej siatki, w mniejszym stopniu włókniny (im większa masa powierzchniowa tym większa wytrzymałość). W grupie geokompozytów z rusztem z siatki szklanej rozpiętość wytrzymałości na rozciąganie jest od 12 kN/m (masa powierzchniowa 140 g/m² – tablica 24) do 200 kN/m (masa powierzchniowa 495 g/m² – tablica 23); dotyczy to wytrzymałości wzdłuż i wszerz pasma. Wydłużenie względne tych geokompozytów jest bardzo małe gdyż wynosi tylko 3 % wzdłuż i wszerz pasma.

Podobnie jak geokompozyty z siatką szklaną również geokompozyt z siatką aramidową (aromatyczne włókno poliamidowe, będące kopolimerem PPT a lub PBA). Charakteryzuje się bardzo małym wydłużeniem względnym wzdłuż i wszerz pasma wynoszącym 3,5 % (tablica 21).

W przeciwieństwie do geokompozytów z siatką szklaną wytrzymałość na rozciąganie geokompozytu z tą siatką jest małe gdyż wynosi w zależności od masy powierzchniowej od 20 do 40 kN/m (tablica 21).

Również małą wytrzymałością na rozciąganie (20 kN/m) charakteryzuje się geokompozyt z siatką polipropylenową (tablica 19). Jego wydłużenie względne wynosi 9,0 ÷ 9,2%.

Dwa wyroby geokompozytowe z siatką poliestrową mają zbliżone cechy; wytrzymałość na rozciąganie jest od 50 do 60 kN/m (wartość mniejsza odpowiada masie powierzchniowej 360 ÷ 370 g/m², wartość większa odpowiada masie 420 g/m²), zaś wydłużenie względne wzdłuż pasma jest od 12 % do 14 %, a wszerz pasma od 12 do 17 %.

Ogólnie można ocenić, że geokompozyty, przy zachowaniu cech wytrzymałościowych geosiatek powinny pozwalać na dobre i trwałe zespolenie z sąsiednimi warstwami, dzięki obecności włókniny (zwłaszcza jeżeli jest ona dwustronna), którą można nasączyć asfaltem w ilościach niewskazanych dla samych geosiatek.

2.3 Uwagi wynikające z analizy aprobat

- 1) Charakterystyka i właściwości geosyntetyków stosowanych do nawierzchni asfaltowych są wyczerpująco opisane w aprobatkach technicznych na te wyroby. Natomiast przeznaczenie poszczególnych geosyntetyków jest opisywane w aprobatkach najczęściej zbyt lakonicznie. Przypadki obszernego opisu przeznaczenia są nieliczne. Brak jest natomiast w aprobatkach informacji dotyczących szczegółów instalowania, które decydują o powodzeniu w uzyskaniu oczekiwanego efektu. Informacja taka, na przykład ilości lepiszcza do skropienia mogłaby być podawana w części C.
- 2) Trafny wybór odpowiedniego geosyntetyku, z punktu widzenia celu jego zastosowania oraz ze względu na rodzaj i rozmiar uszkodzeń nawierzchni będzie dokonany tylko wówczas jeżeli przeanalizuje się właściwości większej liczby tych wyrobów ze względu na istotne różnice między nimi w tym zakresie.

4 Odcinki nawierzchni z geosyntetykami wytypowane do badań

W wyniku bezpośredniego rozpoznania w Laboratoriach Drogowych GDDKiA wytypowano do badań następujące odcinki drogowe, na których były zastosowane geosyntetyki do wzmocnienia nawierzchni z warstw asfaltowych.

- 4.1 Odcinek na ulicy Kowalskiej we Wrocławiu między ulicami Działdowską i Ceglana, długości 1375 m – wbudowana stalowa siatka druciana BITUFOR na połowie przekroju poprzecznego obydwu pasów ruchu.
- 4.2 Dwa odcinki na drodze krajowej nr 8, od km 43+490 do km 44+085 i od km 44+990 do km 45+590 – wbudowana stalowa siatka druciana BITUFOR na lewym pasie ruchu powolnego.
- 4.3 Odcinek na drodze krajowej nr 2, od km 147+550 do km 147+650 – wbudowana geosiatka szklana ROADTEX 2303 GL na prawym poboczu utwardzonym, po którym odbywa się ruch drogowy.

- 4.4 Odcinek na drodze krajowej nr 2, od km 147+900 do km 148+000 – wbudowany geosyntetyku siatki szklanej i włókniny poliestrowej ROTAFLEX 833 SL na prawym poboczu utwardzonym, po którym odbywa się ruch drogowy.
- 4.5 Odcinek na drodze krajowej nr 2, od km 147+650 do km 147+900 – odcinek bez geosyntetyku jako porównawczy, dla odcinków 4.3 i 4.4.
- 4.6 Odcinek na drodze krajowej nr 78, od km 55+000 do km 56+300 – wbudowany geokompozyt siatki polipropylenowej i włókniny poliestrowej TENSAR AR-G na całej szerokości jezdni.
- 4.7 Trzy odcinki na drodze krajowej nr 94 od km 321+700 do km 322+400 (I odcinek), od km 322+900 do km 323+600 (II odcinek) i od km 325+300 do km 326+000 (III odcinek) – wbudowana geowłóknina Polyfelt PGM 50 i PGM 100 na poboczach utwardzonych i na części jezdni w przekroju poprzecznym na obu kierunkach ruchu.

Razem do badań zostało wytypowanych 10 odcinków. Z nawierzchni tych odcinków zostały wywiercone próbki, w celu określenia konstrukcji nawierzchni i umiejscowienia geosyntetyku. Szkice wywiercenia próbek z nawierzchni tych odcinków oraz opis próbek zamieszczono w załączniku 1. Załącznik 2 zawiera wyniki pomiarów ugięć sprężystych nawierzchni aparatem FWD pod obciążeniem dynamicznym. W załączniku 3 zestawiono wyniki pomiarów ugięć sprężystych nawierzchni belką Benkelmana pod obciążeniem statycznym dla odcinków 4.1 i 4.7. Pomiary te nie były przewidziane w programie pracy. Wykonano je jednak w celu zbadania czy istnieje różnica w ocenie nawierzchni metodą dynamiczną i statyczną wzmocnionej geosyntetykiem.

5 Analiza zastosowania geosyntetyków na wybranych odcinkach

Typując odcinki do badań wzięto pod uwagę nie tylko rodzaj zastosowanego na nim geosyntetyku lecz również stan nawierzchni odcinka. Dlatego w grupie wybranych odcinków znalazły się 4 odcinki na dwóch drogach (1 na DK 78 i 3 na DK 94), na których wystąpiły uszkodzenia nawierzchni już po 1 ÷ 1,5 roku od wykonania remontu z zastosowaniem geosyntetyku. Stan ogólny nawierzchni na pozostałych odcinkach, wymienionych w rozdz. 4 jest dobry. Poniżej omówiono poszczególne odcinki, w kolejności według rozdz. 4.

1) Odcinek na ul. Kowalskiej we Wrocławiu

Czynności związane z modernizacją nawierzchni ulicy Kowalskiej we Wrocławiu, odcinek od ulicy Działdowskiej do ulicy Ceglanej oraz konstrukcja nowych warstw asfaltowych, były następujące:

- a) Sfrezowanie starej nawierzchni na głębokość zapewniająca uzyskanie wymaganej równości spadków poprzecznych,
- b) Ułożenie warstwy wyrównawczej z betonu asfaltowego w ilości 75 kg/m²,
- c) Ułożenie obustronne siatki metalowej BITUFOR, typ MT 1 na szerokości 2,0 m od krawędzi jezdni,
- d) Ułożenie na siatce warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno typu Slurry Seal MSK, w ilości 18 kg/m²,
- e) Ułożenie warstwy wiążącej grubości 5,5 cm z betonu asfaltowego 0/20 mm,
- f) Ułożenie warstwy ścieralnej o grubości 4,0 cm z mieszanki SMA 0/12,8.

Na podstawie wyciętych próbek stwierdzono zgodność projektu remontu i jego wykonania (zał. 1). Geosiatka jest na głębokości 8,5 cm, pod warstwą wiążącą, zatopiona w kilkumilimetrowej warstwie slurry seal. Na drodze tej wykonano również pomiary ugięć sprężystych belką Benkelmana (zał.3). Porównanie wyników tych pomiarów na ciągach I i II z wynikami na ciągach III i IV wskazuje na niewielką tylko poprawę nośności nawierzchni po zastosowaniu wzmocnienia geosiatką drucianą BITUFOR (tylko na lewej stronie jezdni). Uzyskano następujące wartości średniego ugięcia sprężystego:

- a) Ciąg pomiarowy I z geosiatką (strona prawa) – 0,1371 mm,
- b) ciąg pomiarowy III bez geosiatki (strona prawa) – 0,1364 mm,
- c) ciąg pomiarowy II z geosiatką (strona lewa) – 0,1200 mm,
- d) ciąg pomiarowy IV bez geosiatki (strona lewa) – 0,1507 mm.

Czy ocena wzmocnienia tą metodą jest prawidłowa wykaże analiza wyników pomiarów ugięć aparatem FWD (etap II pracy). Należy zaznaczyć, że jezdnia tej drogi nie była poszerzana i jej konstrukcja w przekroju poprzecznym jest jednakowa.

2) Odcinki na drodze nr 8

Czynności związane z modernizacją odcinka drogi nr 8 za m. Bardo oraz konstrukcja nowych warstw asfaltowych były następujące:

- a) Sfrezowanie starej nawierzchni na głębokość około 8,5 cm,

- b) Ułożenie na pasie prawym ruchu wolnego siatki metalowej BITUFOR typ MT 1 i dociśnięcie jej walcem ogumionym,
- c) Ułożenie na siatce warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno typu Slurry Seal MSK, w ilości 22 kg/m²,
- d) Ułożenie warstwy wiążącej o grubości 5,0 cm z betonu asfaltowego,
- e) Ułożenie warstwy ścieralnej o grubości 3,5 cm z mieszanki SMA 0/12,8.

Na podstawie wyciętych próbek stwierdzono, że na odcinku od km 43+490 do 44+085 (strona lewa, pas ruchu powolnego) geosiatka znajduje się na głębokości od 8,0 do 10,0 cm, pod warstwą wiążącą. Geosiatka jest zatopiona w kilkumilimetrowej warstwie slurry seal. Na odcinku od km 44+990 do km 45+440 jest ona na głębokości od 7,0 do 9,5 cm, również pod warstwą wiążącą. Na tych dwóch odcinkach stwierdzono częściowy brak załączenia warstwy ścieralnej z warstwą wiążącą.

Analiza pomiarów ugięć aparatem FWD będzie przedstawiona w sprawozdaniu z etapu II.

3) Odcinki na drodze krajowej nr 2 (pobocze prawe)

Na odcinku od km 147+550 do 147+650 wbudowano geosiatkę szklaną ROADTEX 2303 GL między warstwami ścieralną i wiążącą. Grubość warstwy ścieralnej z BA wynosi średnio 3,7 mm.

Odcinek od km 147+650 do 147+900 nie jest wzmocniony, potraktowany zostanie jako porónawczy.

Na odcinku od km 147+900 do 148+000 wbudowano geokompozyt ROTAFLEX 833 SL (siatka szklana z włókniną) między warstwami ścieralną i wiążącą. Grubość warstwy ścieralnej z BA wynosi średnio 4,0 cm.

Na drodze krajowej nr 2, na zachód od Poznania ruch drogowy po poboczach utwardzonych jest intensywny. Wynika to ze specyfiki tej drogi, jako trasy dla przewozów międzynarodowych.

Podbudowa zasadnicza na tych trzech odcinkach jest z mieszanki MCE i jej grubość wynosi średnio 27,0 cm.

Zgodnie z programem tematu analiza nośności nawierzchni tych odcinków jest przewidziana w etapie II.

4) Odcinek na drodze krajowej nr 78

Przed remontem nawierzchnia na tym odcinku była bardzo zniszczona. Zniszczenia były w postaci kolein i spękań zmęczeniowych, wywołanych brakiem nośności w stosunku do

panującego ruchu drogowego. Ponadto na odcinku tym były niekorzystne warunki wodno-gruntowe. Nasyp jest posadowiony na palach piaskowych, zagłębionych w grunt torfowy. Poziom nasypu jest mało wyniesiony ponad otaczający teren. Remont nawierzchni polegał na ułożeniu warstwy wyrównawczej z BA z asfaltem modyfikowanym. Grubość warstwy ścieralnej wynosiła od 3,0 do 6,0 cm, średnio 4,5 cm. Po rocznej eksploatacji nastąpiło odspojenie warstwy ścieralnej od warstwy wyrównawczej (na granicy geokompozytu) i wystąpiły masowo spękania, głównie siatkowe na całej powierzchni tego odcinka. Na tym odcinku grubość wszystkich warstw asfaltowych wynosiła od 17,0 do 30,0 cm, średnio 24,5 cm.

Jak wykazały wyniki badań beton asfaltowy 0/20 w warstwie ścieralnej nie budzi zastrzeżeń pod względem składu i zawartości wolnej przestrzeni, która w zbadanych próbkach wynosiła od 3,1 do 4,8 % (V/V). Skład betonu asfaltowego 0/20 w warstwie wyrównawczo wiążącej jest również poprawny. Wolna przestrzeń w warstwie wynosiła od 10,5 do 12,1 % (V/V) (wg PN-S-96025:2000 powinno być 5,0 ÷ 9,0 % (V/V)).

Zastosowanie geosyntetyku między warstwami ścieralną i wiążącą nie mogło przyczynić się do poprawy nośności tej konstrukcji, gdyż na tej głębokości geosyntetyk musiał podlegać ścisnaniu a nie rozciąganiu. Pojawienie się spękań siatkowych (zresztą nie tylko), podobnych do tych jakie wystąpiły uprzednio na starej nawierzchni w ciągu kilku miesięcy po zakończeniu remontu zostało spowodowane odklejeniem się warstwy ścieralnej od wiążącej na granicy z geokompozytem, co spowodowało wzrost ugięć warstwy ścieralnej i w rezultacie jej spękanie.

Ten przykład praktycznego zastosowania geosyntetyku potwierdza, że nie wystarczy zastosowanie wyrobu o właściwych parametrach wytrzymałościowych aby osiągnąć oczekiwany efekt wzmocnienia. Geosyntetyk musi być odpowiednio głęboko umiejscowiony w konstrukcji i być trwale zespolony z sąsiednimi warstwami. Płytkie umiejscowienie geosyntetyku typu geosiatka lub geokompozyt, np. pod warstwą ścieralną ma sens tylko w przypadku dwóch zamierzeń:

- zwiększenie odporności na tworzenie się kolein,
- zwiększenie odporności na powstawanie pęknięć powierzchniowych w ujemnej temperaturze.

Geowłókniny nie nadają się do tego celu ze względu na zbyt małą wytrzymałość na rozciąganie i zbyt duże wydłużenie względne. W każdym przypadku geosyntetyk musi być trwale zespolony z sąsiednimi warstwami, w wyniku pełnego nasycenia go asfaltem, najlepiej modyfikowanym.

5) Odcinki na drodze krajowej nr 94

Zarówno rodzaj i zakres uszkodzeń po 1,5 roku eksploatacji drogi od wykonania wzmocnienia, jak i typ geosyntetyku (geokompozyt) oraz sposób jego zainstalowania (pod warstwą ścieralną) są na 3 odcinkach tej drogi bardzo podobne do sytuacji, która miała miejsce na drodze nr 78, aczkolwiek rozmiar uszkodzeń jest w mniejszy. Pomimo, że ugięcia sprężyste (zmierzone belką Belkelmana) są na drodze nr 94 bardzo małe, gdyż nie przekraczają 0,25 mm (zał.3) nie uchroniło to od powstania uszkodzeń. Wyniki pomiarów tych ugięć wskazują, że na żadnym z tych odcinków nie uzyskano wzmocnienia nawierzchni w wyniku zastosowania geokompozytu między warstwami ścieralną i wiążącą, gdyż:

- a) na odcinku w km 321, 700 do 322,400 ugięcia wynoszą średnio:
- 0,17 mm, w ciągu pomiarów 2,5 m od krawędzi (jezdni, strona prawa, z geokompozytem),
 - 0,12 mm, w ciągu pomiarów 1,0 m od osi (jezdni, strona prawa, bez geokompozytu)
 - 0,14 mm, w ciągu pomiarów 2,5 m od krawędzi (jezdni, strona lewa, z geokompozytem),
 - 0,14 mm, w ciągu pomiarów 1,0 m od osi (jezdni, strona lewa, bez geokompozytu),
- b) na odcinku w km 322,900 do 323,600 ugięcia wynoszą średnio:
- 0,17 mm, w ciągu pomiarów 2,5 m od krawędzi (jezdni, strona prawa, z geokompozytem),
 - 0,17 mm, w ciągu pomiarów 1,0 cm od osi (jezdni, strona prawa, bez geokompozytu)
 - 0,22 mm, w ciągu pomiarów 2,5 m od krawędzi (jezdni, strona lewa, z geokompozytem),
 - 0,16 mm, w ciągu pomiarów 1,0 m od osi (jezdni, strona lewa, bez geokompozytu),
- c) na odcinku w km 325,300 do 326,00 ugięcia wynoszą średnio:
- 0,25 mm, w ciągu pomiarów 2,5 m od krawędzi (jezdni, strona prawa, z geokompozytem),
 - 0,14 mm, w ciągu pomiarów 1,0 m od osi (jezdni, strona prawa, bez geokompozytu)

- 0,21 mm, w ciągu pomiarów 2,5 m od krawędzi (jezdni, strona lewa, z geokompozytem),
- 0,13 mm, w ciągu pomiarów 1,0 m od osi (jezdni, strona lewa, bez geokompozytu – wynik lepszy).

Powyższe zestawienie wskazuje, że tam gdzie geokompozytu nie wbudowano (konstrukcja nawierzchni jezdni w przekroju poprzecznym była taka sama) ugięcia sprężyste zmierzone belką Benkelmana okazały się mniejsze niż tam gdzie geokompozyt znajdował się pod warstwą ścieralną. Ciekawe, czy analiza wyników pomiarów ugięć aparatem FWD to potwierdzi (etap II pracy).

6 Podsumowanie

Posługując się aprobatami technicznymi na geosyntetyki możliwość wyboru odpowiedniego wyrobu, dostosowanego do celu zastosowania jest wystarczająco duża, gdyż dopuszczonych jest do stosowania w Polsce 10 geowłóknin różnych producentów, 3 geosiatki z materiałów płaszczyznych, 3 geosiatki szklane, 1 geosiatka druciana i 7 geokompozytów. Każdy z tych wyrobów jest produkowany w dwóch i więcej odmianach, co daje bardzo dużą rozpiętość właściwości fizyczno-wytrzymałościowych tych wyrobów. Właściwości samego wyrobu nie decydują jednak o pozytywnym efekcie zastosowania geosyntetyku. Niezmiernie ważnymi sprawami są umiejscowienie geosyntetyku w konstrukcji nawierzchni i zespolenie go z warstwami asfaltowymi.

Nawet na podstawie tego przeglądu zastosowań geosyntetyków jak i innych przykładów zarejestrowanych (sprawozdanie z tematu TN-209, rok 2001) wyłania się obraz niedoceniań tych trzech spraw w tej dziedzinie drogowej techniki. Doprowadza to do sytuacji, że w najlepszym przypadku zastosowanie geosyntetyku nie poprawia nośności nawierzchni (pozostawmy tę kwestię na razie ze znakiem zapytania do rozstrzygnięcia w II etapie pracy), a jest to główny powód w Polsce stosowania geosyntetyków w warstwach asfaltowych, w najgorszym zaś doprowadza do powstania przedwczesnych uszkodzeń niedawno wzmocnionej nawierzchni. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest niewątpliwie niechęć do ingerowania zbyt głęboko w konstrukcję starej nawierzchni (spowodowana być może szczupłością środków finansowych), tak jak to miało miejsce w przypadkach napraw nawierzchni skoleinowanych.

Z technicznego punktu widzenia problem geosyntetyków do wzmacniania warstw asfaltowych nie jest w Polsce potraktowany kompleksowo i wyczerpująco. Aprobaty techniczne tego

problemu nie rozwiążą. Praktyka dowodzi, że pozostawienie dowolności w tym zakresie prowadzi do chybionych rozwiązań.

Bibliografia

- 1) Reflective Cracking in Pavements. Design and performance of overlay systems – Proceedings of the Third International RILEM Conference, Maastricht, The Netherlands, 2-40 October 1996,
- 2) Prevention of Reflective Cracking in Pavements, RILEM Report 18, Brussels, June 1997.