

Zbrojenie nawierzchni asfaltowych – Czym? I za ile?

W bieżącym roku mija 11 lat od pierwszego zastosowania w nawierzchniach POLSKICH DRÓG włókniny AM-2 i 9 lat od pierwszego zamieszczenia w nawierzchni kompozytu HaTelit® C40/17. We wszystkich zastosowaniach, w których podczas zamieszczania tych wyrobów w nawierzchniach asfaltowych przestrzegane były przez wykonawców zasady technologiczne zawarte w stosownych, dostarczanych wraz z tymi wyrobami instrukcjach producenta i dostawcy – do dnia dzisiejszego, bez żadnych negatywnych skutków, wyroby te bardzo dobrze spełniają swe funkcje w licznych miejscach zastosowań – na drogach zamiejskich, miejskich ulicach, na mostach, a także coraz częściej na lotniskach.

Dodać należy, że za pomocą tych właśnie dwóch wyrobów udało się pokonać ze 100-procentowym powodzeniem zmurę polskich dróg – poprzeczne w stosunku do ich osi (a wynikające z pęknięć, wykonanych w przeszłości z tzw. „chudych betonów”, podstaw podbudów drogowych) – spękania nawierzchni na pełnej ich szerokości, dla których dotychczas nie potrafiono znaleźć skutecznego sposobu likwidacji! Każdy może dzisiaj przekonać się o wysokiej jakości tej technologii, podróżując czy to drogą S-1 (Wschodnia Obwodowa GOP) czy tzw. „Wiślanką” – z Katowic (DK-81) na długości ponad 50 km, aktualnie aż do Drogomyśla.

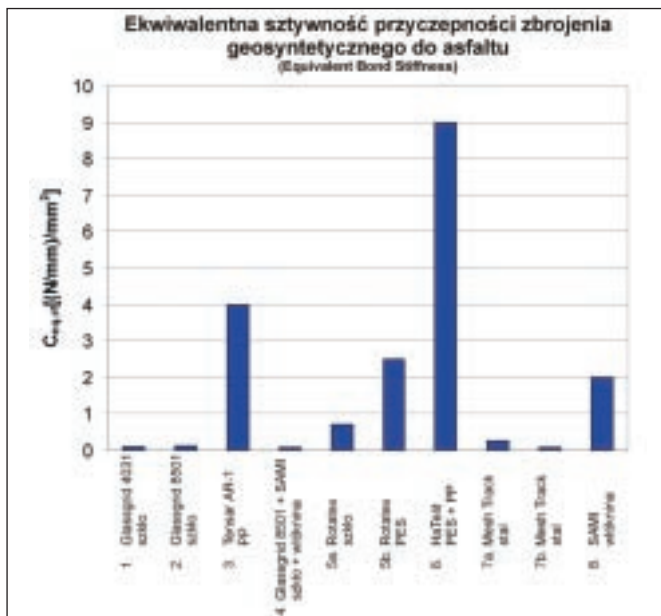
Dlatego też w niniejszej publikacji, w związku z przekroczeniem, magicznej niejako, liczby 1.000.000 m² zabudowanych w nawierzchniach polskich dróg, lotnisk oraz obiektów płaszczyznowych (parkingów, terminali, itp.) wyrobów syntetycznych – kompozytu o symbolu HaTelit® C 40/17 (fot. 1) i włókniny spełniającej wymogi normy AASHTO M 288-00 Fibertex® AM-2, poczuwam się do obowiązku podania do publicznej wiadomości, dlaczego te właśnie dwa materiały preferowane są przeze mnie do zamieszczania w polskich nawierzchniach bitumicznych.

Z ważniejszych zastosowań na terenie kraju należy wymienić liczne zamieszczenia w nawierzchniach dróg krajowych: DK-1, DK-2, DK-6, DK-7, DK-8, DK-9, DK-11, DK-12, DK-29, DK-40, DK-44, DK-45, DK-70, DK-78, DK-79, DK-81, DK-88, DK-91, DK-94 i ekspresowej S-1, całego szeregu dróg wojewódzkich, powiatowych, jak i ulic miejskich – na terenie całego kraju, na lotniskach: Ławica w Poznaniu oraz Okęcie w Warszawie.



Fot. 1. Preferowany przez autora wyrób, HaTelit® C 40/17, nie tylko zbroi konstrukcję nawierzchni, wzmacnia ją przeciwko koleinowaniu, ale i 4-krotnie (! – vide tab. 3) zwiększa ilość osi umownych w procesie przeciwdziałania penetracji spękań odbitych (w stosunku do ilości osi pojazdów przejeżdżających po identycznej grubości nakładki, lecz niezazbrojonej) – lecz również pozwala na ruch technologiczny rozkładaczy i transport masy samochodami poruszającymi się bezpośrednio po siatce w trakcie renowacji nawierzchni – bez deformacji i bez zmian struktury tego kompozytu, bez naciągu wstępnego i bez „gwoździowania”!

Przesłanką do rozpowszechniania tych, a nie innych wyrobów, zbliżonych przeznaczeniem określanym przez ich producentów, były informacje producentów – firm Fibertex A/S Dania i HUESKER Synthetic Inc. (USA) oraz HUESKER Synthetic GmbH (Niemcy) o znakomitych rezultatach uzyskiwanych na lotniskach wojskowych i cywilnych, jak również na drogach publicznych we wszystkich strefach klimatycznych – od Grenlandii po równik. Jeżeli jakiś materiał syntetyczny, ulepszony i dopracowywany w przeciagu (już) ponad 30 lat, sprawdził się na lotniskach wojskowych w Belgii, Hiszpanii, Niemczech i Turcji oraz cywilnych w Hiszpanii, Belgii, Iranie, Stanach Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii a także na siedmiu lotniskach wojskowych we Włoszech i jeżeli lotniska w Kirkenes, Bodo oraz na Spitzbergenie z powodzeniem zastosowały ten materiał, a na Grenlandii samoloty USAF od wielu lat korzystają z pasów startowych zazbrojonych kompozytem HaTelit® – to nie można było popełnić błędu, przyjmując go do powszechnego stosowania w polskich warunkach klimatycznych. Podobnie rzecz się miała z włókniną AM-2.



Rys. 1. Ekwiwalentna sztywność przyczepności zbrojenia geosyntetycznego do asfaltu (wg De Bondta).

Nota bene, w ostatnich latach (1998–2004) poważne ilości HaTelit'u zazbroiły między innymi lotniska moskiewskie (Szerebietiewo, Domodjedowo, Wnukowo), jak również wołgogradzkie, chabarowskie, a także w Ałma-Acie i za kręgiem polarnym – w Tiumeni i na Magadanie. Główna ulica Kijowa (Kreszczatik) została dostosowana, między innymi do defilad wojsk z udziałem broni pancernej poprzez zazbrojenie całej nawierzchni, na pełnej szerokości i długości tej ulicy kompozytem HaTelit®.

Głównym powodem dobrego zdawania egzaminu w warunkach różnych obciążeń, pod którymi w pełnym spektrum klimatów te właśnie materiały doskonale spełniają swe funkcje: wzmocnienia, zbrojenia, a także przeciwdziałania penetracji „ku górze” spękań z dolnych, wyeksploatowanych warstw mineralno-asfaltowych (MMA), jest ich przemyślana konstrukcja, odpowiednio dobrane wielkości wydłużeń przy zerwaniu (pozwalające na nie tracenie ich przyczepności w wyniku termicznych zmian warunków pracy nawierzchni), jak również wykazywana przez te materiały bardzo wysoka, w stosunku do innych wyrobów, szczepność, jako system zbrojenia międzyfazowego ze współpracującymi, dolną i górną, warstwami MMA.

Zagadnienie szczepności różnych materiałów zbrojących najdokładniej, jak dotąd, przebadał specjalista holenderski, dr A. H. De Bondt, który w swej dysertacji doktorskiej przedstawił wyniki badań próbek pobranych z wielkogabarytowych pole-

tek doświadczalnych, opublikowane następnie w książce pt. „Anti-Reflective Cracking Design Of (Reinforced) Asphaltic Overlays”. Mankamentem tych wyników jest brak informacji na temat zachowania się badanych materiałów w niskich temperaturach; niemniej jednak przedstawione wyniki są wystarczająco znamienne dla zinterpretowania zachowań poszczególnych wyrobów jako zbrojeń międzyfazowych. Wielkości liczbowych wartości szczepności przedstawione zostają na zaczerpniętym z pracy dr De Bondt'a wykresie (rys. 1).

Jest prawdą, iż zarówno włókna szklane, bazaltowe, jak i węglowe posiadają bardzo wysoką wytrzymałość na rozciąganie przy jednocześnie bardzo małych granicznych wydłużeniach przy zerwaniu – ale dla inżynierów, którzy z włóknami chociażby tylko szklanymi zetknęli się w innych niż drogowe zastosowaniach, znana jest również, niestety, inna prawda, iż włókna te, a przynajmniej szklane i bazaltowe, posiadają niezwykle niską wytrzymałość na ścinanie oraz niewielką wytrzymałość lub odporność na zginanie.

W warunkach krajowego drogownictwa bardzo mało mamy sytuacji, w których warstwy konstrukcyjne jezdni położone poniżej nawierzchni bitumicznych charakteryzowałyby się bardzo niskimi ugięciami pod naciskami kół przejeżdżających pojazdów.

Każde z tych kół poruszając się po nawierzchni wywołuje siły: jednokrotnie – zginające i dwukrotnie – ścinające, a zatem de facto, w badaniach laboratoryjnych oraz w eksploatacji nawierzchni wytrzymałość na ścinanie warstw zbrojących jest co najmniej równie ważna jak wytrzymałość na rozciąganie i związana z nią wielkość współczynnika szczepności. Z licznych badań, przeprowadzonych w zagranicznych laboratoriach, uzyskano dla włókien szklanych bardzo złe wyniki w zakresie parametru wytrzymałości na ścinanie i na zginanie.

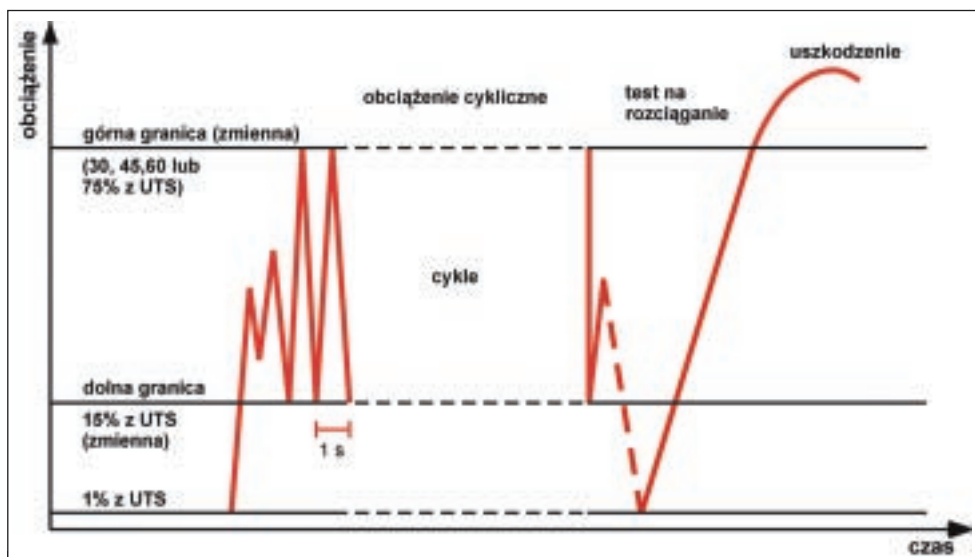
Dla przykładu przedstawiam wyniki badań zmęczeniowych (tabela nr 1), jak i charakterystykę zakresu tych badań (rys. 2), przeprowadzonych pod koniec ubiegłego wieku (1992 r.) w Uniwersytecie Technicznym w Helsinkach, Finlandia.

W krajach bogatych zagadnienie dopuszczenia do szerokiego rozpowszechniania takiego czy innego materiału zbrojącego poprzedzone jest zazwyczaj wieloletnim cyklem badań i to kończącym się na ogół badaniami zachowań danego materiału w warunkach rzeczywistych – na odcinkach doświadczalnych, w rzeczywistym klimacie i takich warunkach obciążeniowych, w których normalnie pracują systemy zbrojeniowe. Badania prowadzone w latach 80 i 90-tych w Stanach Zjednoczonych, jakby nie było bardzo bogatym kraju, zakończyły się dla siatek z włókien szklanych (wyprodukowanych zresztą przez powszechnie uznanego za najlepszego w świecie producenta włókien szkla-

Tab. 1 Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie siatki z włókna szklanego.

Materiał zbrojący: Siatka tkana z włókna szklanego o UTS = 50 kN/m, $\epsilon_{UTS} = 4\%$				
Temperatura (°C)	Ilość cykli o częstotliwości 1 (Hz)	Zakres zadanego obciążenia (% z UTS)	Wytrzymałość na rozciąganie po teście cyklicznego obciążenia	
			kN/m	% z UTS
+ 20	1.000	15÷30	29,5	72
	1.000	15÷45	100% uszkodzenia	–
+ 20	5.000	15÷30	100% uszkodzenia	–
+ 5	1.000	15÷30	20,1	38
+ 5	5.000	15÷30	100% uszkodzenia	–
– 8	1.000	15÷30	20,7	39
	5.000	15÷30	100% uszkodzenia	–

gdzie: UTS – wytrzymałość indeksowa (znamionowa, fabryczna) na rozciąganie ustalana w badaniu na rozciąganie z prędkością 20 %/min.



Rys. 2. Obciążenie w funkcji czasu w próbie cyklicznego obciążenia z częstotliwością 1 Hz.

nych) zakazem ich stosowania w nawierzchniach dróg publicznych i autostrad. Cykl badań drogowych trwał aż 13 lat (1990–2002 r.) i zakończył się zakazem zamieszczania siatek z włókien szklanych w nawierzchniach z MMA. Odpowiedzialnym za te badania był Departament Transportu (DOT) stanu Wisconsin i jego raport z tych badań jest powszechnie dostępny.

Sądzę zatem, że koniecznym staje się przedstawienie, ku przestrodze, społeczeństwu, podatnikom i wyborcom danych o skuteczności niektórych z tych nowych materiałów.

I tak w badaniach, wykonanych zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i polowych w Katedrze Materiałów Drogowych i Chemii Uniwersytetu w Charkowie (NTU), prowadzonych przez

Na bazie powyższych faktów najwyższe zdziwienie musi powodować próba podjęta przez niektóre krajowe jednostki drogowe wprowadzenia do powszechnego użytku szerokiego spektrum siatek z włókien szklanych (vide: fot. 2 oraz fot. 3) oraz bazaltowych, a co gorsza również i siatek z włókien węglowych, co do których nie ma dotychczas żadnych, ale to absolutnie żadnych danych z wielkolaboratoryjnych i terenowych badań, a zwłaszcza z badań wieloletnich w warunkach rzeczywistych nawierzchni drogowych (oraz takiegoż klimatu) a również badań zachowań się tych siatek w obecności innych niż sztywne podbudów.



Fot. 2. A. Siatka z włókien szklanych krajowej produkcji zabudowana w 2004 r. na jednej z dróg krajowych w ramach kontraktu „REH”. Widoczny stopień destrukcji już nawet poza warstwami MMA. Widoczna również bliska zeru szczepność z warstwami MMA.



Fot. 2. B. Trudno uwierzyć, aby ten wyrób był w stanie poprawić jakość polskich dróg. Widoczne gołym okiem uszkodzenia ciągłości włókien i pasm spowodowane bliską zeru wytrzymałością na zginanie i ścinanie włókien szklanych.



Fot. 3. A. Zamieszczana między warstwami nowej nawierzchni bitumicznej fabrycznie powleczona bitumem SIATKA SZKLANA układana na DK-1 (fotografia z XII. 2004r.). Widoczne uszkodzenia i zerwania pasm siatki powstałe jeszcze przed naniesieniem wierzchniej warstwy MMA.



Fot. 3. B. I to ma być materiał zbrojący nawierzchnie bitumiczne? Przeplatane w węzłach z sobą poszczególne pasma tej siatki można bez wysiłku, ręcznie, w sposób dowolny, przemieszczać względem siebie. Widoczne starcia (wybielenia) powłoki bitumicznej, którą pokryta została siatka przez producenta – jeszcze przez kontaktem z nowonakładaną warstwą MMA.

zespół badawczy pod kierownictwem prof. dr V. V. Mozgoy'a (2002), uzyskano wyniki, wskazujące jednoznacznie, iż siatki bazaltowe, wyprodukowane w byłym ZSRR, zastosowane w drogach, w porównaniu z kompozytem HaTelit® C uzyskały: 1,6 razy niższe wartości modułu sprężystości oraz 1,56 razy niższe wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i aż 13 razy (!) niższe wartości współczynnika długootrwałości dla dużych naprężeń rozciągających, tj. dla dużych obciążeń wywieranych przez ruch pojazdów na zbrojonych tymi materiałami nawierzchniach bitumicznych. Są więc dużo gorsze od zbrojenia kompozytem HaTelit® C.

Zastosowanie siatek bazaltowych produkcji rosyjskiej na magistrali drogowej M-5 (Moskwa – Czelabińsk), na odcinku pomiędzy miastami Riazan i Penza, już po okresie pierwszego miesiąca (!) dało w pełni negatywne rezultaty na nowo ułożonej nawierzchni.

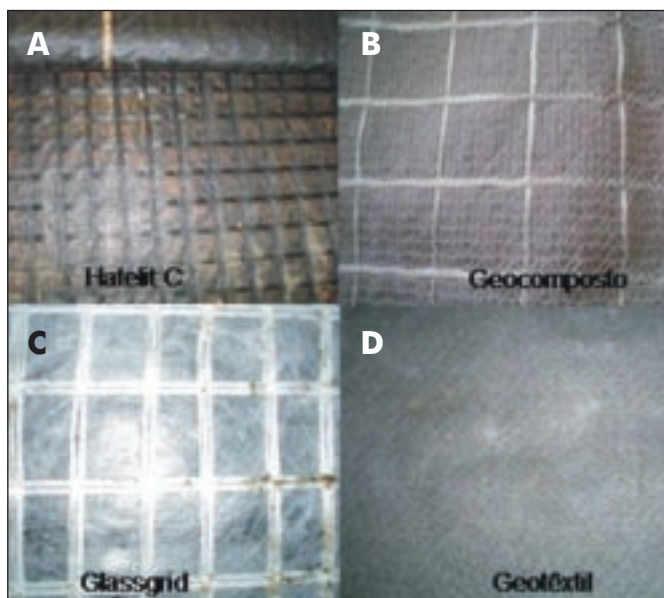
Najnowsze, jakoby cudowne, siatki z włókien węglowych i szklano-węglowych są w chwili obecnej reklamowane w Polsce jako siatki wydłużające 35-krotnie żywotność nawierzchni. Przyjmując, że nawierzchnia niezazbrojona, wskutek przenikających całą grubość nawierzchni pęknięć wytrzyma tylko (i jedynie) 7 lat bez remontu, dawałoby żywotność nawierzchni zazbrojonej tymi siatkami na poziomie 245 lat!! Nawet dla laika jest rzeczą jasną, że 25–30 lat jest górną granicą sprawności technicznej samej nawierzchni asfaltowej – czyżby zatem tego typu sposób reklamy miał spowodować jeżdżenie nie po nawierzchni asfaltowej a po samych siatkach pozbawionych asfaltu?

Traktując wszakże sprawę poważnie, należy zadać pytanie: czy gospodarkę i nas, podatników, stać na stosowanie materiału, który nigdy dotąd nie był przebadany w sposób kompleksowy do stosowania w drogownictwie? Nigdy też na skalę techniczną nie był i nie jest dotychczas zastosowany w żadnym z bogatszych od Polski tzw. „Starych Krajów” Unii Europejskiej. Tym bardziej, że według danych podawanych przez szwajcarskiego producenta i polskiego dystrybutora, materiał ten w teście oznaczania wytrzymałości na ścinanie połączenia warstw MMA w aparacie Leutnera ma co najmniej 3-krotnie gorszą szczepność ze współpracującymi warstwami mineralno-asfaltowymi (MMA) niż kompozyt HaTelit® – vide tabela 2.

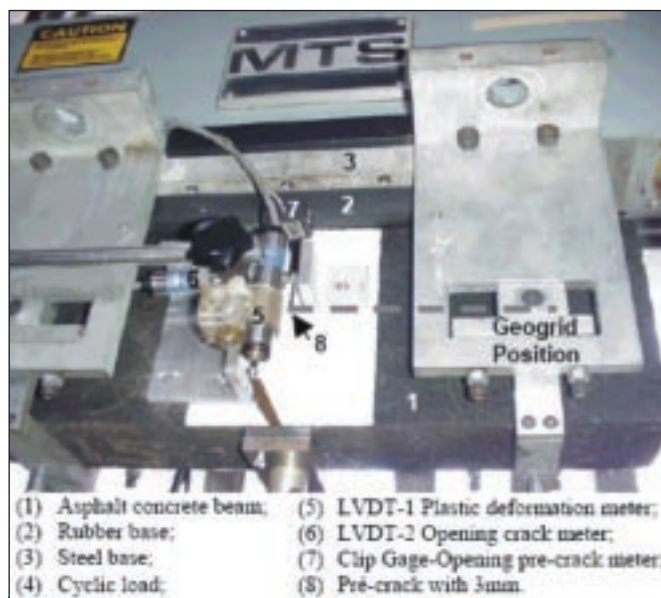
Ostatnio, w poważnej jednostce badawczej, zupełnie niezależnej od wpływów poszczególnych producentów, dystrybutorów i innych bezpośrednio zainteresowanych sprzedażą, dostawą, względnie zastosowaniem konkretnych materiałów geosyntetycznych – Research Aeronautics Technological Institute w São Paulo

Tab. 2. Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie połączenia warstw asfaltowych.

Test Leutnera	Próbka niezbrojona	Próbka zbrojona:		Próbka niezbrojona*	Próbka zbrojona siatką poliestrową HaTelit® typ C40/17** powleczona fabrycznie bitumem
		siatką z włókna szklanego* niepowleczona bitumem	siatką z włókien szklanych i węglowych* powleczona bitumem		
Nr próbki/siła ścinająca [kN]	1/9,7 2/14,3 3/17,5	4/0,0 5/1,9	6/10,0 7/15,8	8/30,17	9/36,42 10/37,48 11/36,72
<p>Informacja: Według norm niemieckich (ZTV Stra 91/Erg 97) przyczepność (szczepność) pomiędzy warstwami bitumicznymi należy badać na rdzeniach Ø 15,0 cm i powinna ona wynosić: ≥ 15,0 kN pomiędzy warstwą ścierną a wiążącą; ≥ 12,0 kN pomiędzy innymi warstwami bitumicznymi.</p> <p>Legenda: * – folder producenta; ** – folder producenta – dane z próbek Ø 15,0 cm pobranych z wzmocnienia nawierzchni lotniska Jagel – Niemcy</p>					



Fot. 4. Test z São Paulo (Brazylia). Badane wyroby geosyntetyczne.



Fot. 5. Test z São Paulo (Brazylia). Widok stendu badawczego.

(Brazylia), został zakończony kilkuletni cykl badań zestawu niektórych materiałów geosyntetycznych, przedstawionych na fotografii nr 4. Były to:

- ❑ geotekstyl (150 g/m²), spełniający warunki normy AASHTO M 288-00 (Geotêxtil – fot. 4. D);
- ❑ geokompozyt, wzmocniony włóknem szklanym, o doraźnej wytrzymałości na zerwanie UTS = 50 kN/m (Geocomposto – fot. 4. B);
- ❑ siatka z włókien szklanych zdwojonych z włókniną szklaną (Glassgrid – fot. 4. C);
- ❑ oraz kompozyt HaTelit® C 40/17 (HaTelit® C – fot. 4. A).

Widok stendu badawczego, na którym próbki poddawane były jednocześnie i zginaniu i ścinaniu, a więc w warunkach jak najbliższych zgodnych z rzeczywistymi warunkami pracy zbrojenia w nawierzchniach, przedstawia fotografia nr 5.

Opracowane wyniki końcowe badań przedstawione zostają na wykresie (rys. 3), zaś konkretne dane liczbowe wartości ilości cykli, w wyniku których pęknięcia próbek przepenetrowały aż do lica nawierzchni i wynikające z tych badań wskaźniki efektywności FE (factor of effectiveness) zastosowania takiego a nie innego typu materiału w nawierzchniach drogowych (lotniskowych) w stosunku do nawierzchni niezbrojonych, przedstawione są w tabeli 3.

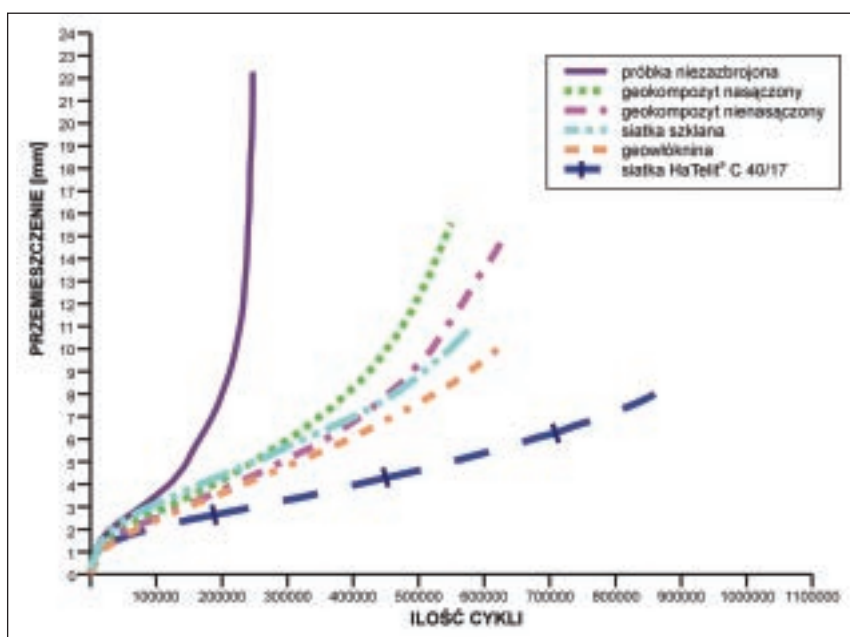
Fotografie 6 i 7 przedstawiają wizerunek zestawu 5-ciu próbek badanych w São Paulo – po 250.000 i po 500.000 pełnych cyklach zginaniowo-ścinających, wykonywanych z częstotliwością 1 Hz. Trudno o bardziej przekonujący dowód na absolutną przewagę kompozytu HaTelit® C 40/17 nad wszystkimi pozostałymi wyrobami!

Z badań tych wynikają oczywiste dla mnie i znane od szeregu lat wnioski, że:

1. najbardziej efektywnym materiałem w zbrojeniu nawierzchni dróg oraz lotnisk jest jak dotychczas kompozyt HaTelit® C 40/17;
2. efektywność samych siatek szklanych, jak również i kompozytów siatkowo-włókninowych w stosunku do HaTelit'u jest o wiele niższa;

3. na efektywność zbrojenia mają podstawowy wpływ własności dobrej szczepności i reologiczne surowców użytych do produkcji materiałów do zbrojenia nawierzchni, a także jak najwyższa odporność na działania sił ścinających, występujących zawsze wraz z przejazdem każdego koła pojazdu mechanicznego w warstwach nawierzchni;

4. istnieje wysokie prawdopodobieństwo „ślizgania się” splotów włókien niektórych wyrobów: szklanych, bazaltowych (i być może również węglowych) w stosunku do otaczających je warstw MMA. Jest rzeczą oczywistą, iż dobierana dla zbrojenia wielkość dopuszczalnego wydłużenia ε_{zb} powinna uwzględniać w swej wartości również neutralną dla funkcji zbrojenia, a konieczną dla dobrej pracy zbrojenia, wydłużalność warstw MMA, która według różnych źródeł, w przedziałach temperatur +10°C ÷ +65°C (realna temperatura nawierzchni w okresie gorących lat, kiedy są najniekorzystniejsze warunki pracy dla zmięczonych temperaturą warstw MMA), wynosi $\varepsilon_T = 3,5 \div 5,0\%$!! Jeżeli zbrojenie będzie po-



Rys. 3. Test z São Paulo (Brazylia). Wyniki badań materiałów geosyntetycznych.

Tab. 3. Wskaźnik efektywności zbrojenia geosyntetycznego FE (factor of effectiveness).

Materiał	Ilość cykli Nr	Wskaźnik efektywności zbrojenia FE
Bez zbrojenia; próbka niezazbrojona	145715	–
Geokompozyt (siatka szklana zdwojona z włókniną PP) przed nasączeniem – fot. 4. B	396119	2,7
Geokompozyt (siatka szklana zdwojona z włókniną PP) po nasączeniu – fot. 4. B	393582	2,7
Siatka z włókien szklanych zdwojonych z włókniną szklaną – fot. 4. C	421429	2,9
Geotekstyl (geowłóknina 150 g/m ²) spełniający warunki normy AASHTO M 288-00 – fot. 4. D	443750	3,0
Kompozyt HaTelit® C – fot. 4. A	584375	4,0

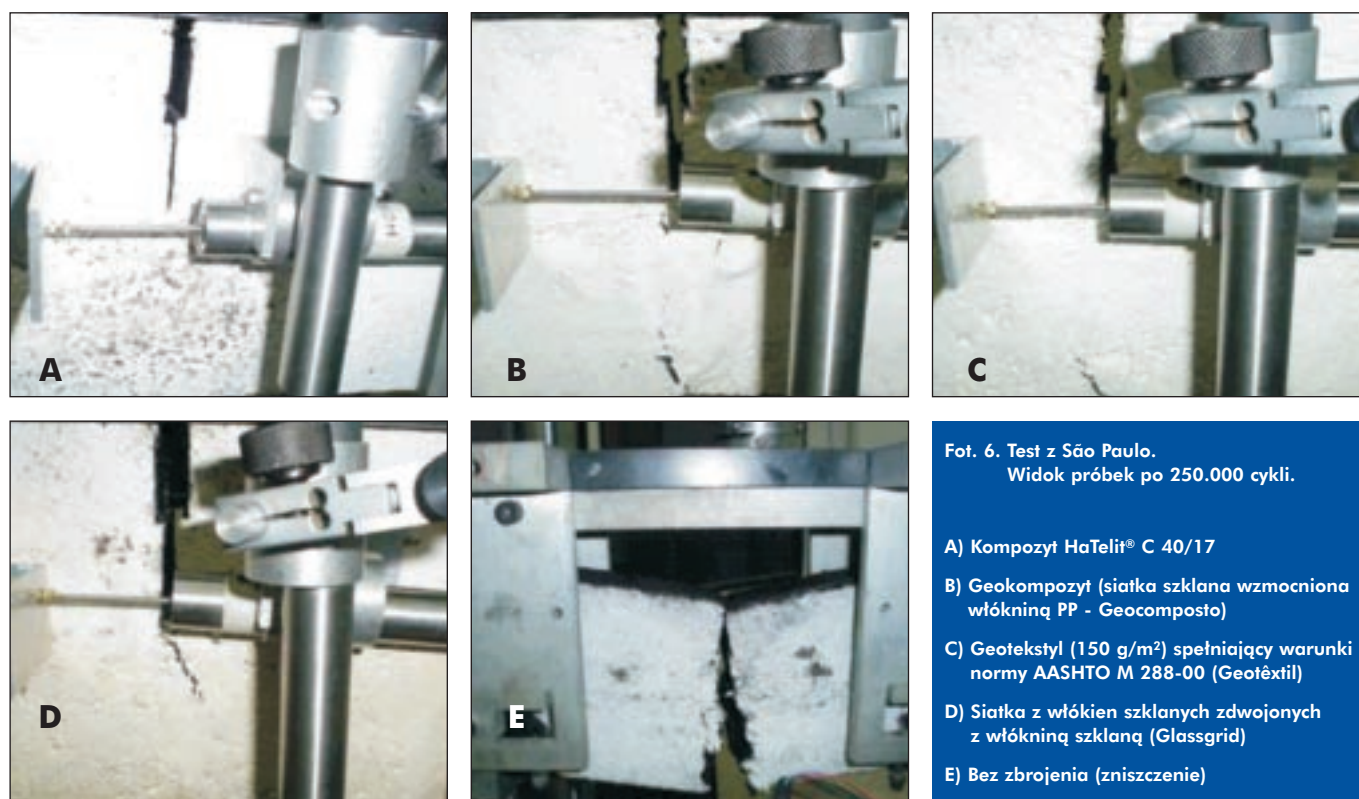
siadać zbyt małą wydłużalność – nastąpi jedno z dwóch możliwych zjawisk:

- a) utraczona zostanie szczepność pasm zbrojenia z MMA, lub
- b) zerwane zostaną pasma zbrojące (zwłaszcza w rejonach położonych 0,3 ÷ 0,4 m na lewo i na prawo od osi śladów kół) już po przejeździe niewielkiej ilości osi umownych, w najniekorzystniejszym przypadku – bez wpływu ruchu pojazdów w ogóle.

Zaskoczeniem dla mnie okazał się natomiast fakt, że zgodna z warunkami normy AASHTO M 288-00 włóknina (kosztująca w warunkach polskich około 4 zł/m²) okazała się bardziej efektywna od kompozytowych siatek z włókien szklanych (około 2,5 raza od niej droższych)! Dotąd sądziłem, że siatki te są bardziej efektywne od włókniny. Wyjaśnieniem wszakże tego wyniku jest niewątpliwie bardzo niska szczepność, tak bazaltu jak i włókien szklanych, z warstwami nawierzchni mineralno-asfaltowych (MMA) w stosunku do włókien poliestrowych. Stąd dążenia dystrybutorów do wprowadzania na rynek siatek z włókien szklanych (i najprawdopodobniej i węglowych) o wytrzymałości 100, 150 czy 200 kN/m. Stwierdzam, że te działania mogą być traktowane jako przeciwdziałanie gorszej szczepności, ale ta droga nie zmienia sytuacji udowodnionej przez światowy autorytet w zakresie badań materiałów geosyntetycznych – prof. dr inż. Müllera-Rochholza z Institut für textile Bau- und Umweltechnik GmbH, Greven, Niemcy, który w badaniach dwóch materiałów pokazanych na fotografii nr 4, tj. kompozytu z włókien szklanych z włókniną przeszywaną (fot. 4. B) i kompozytu HaTelit® C 40/17, uzyskał porażająco złe wyniki co do stopnia uszkodzenia kompozytu z włókna szklanego (identycznego z przebadanym w Brazylii), **już w samym procesie wbudowania go w nawierzchnię**. Wyniki te przedstawione są w tabeli 4. Podkreślić należy, że wszystkie cztery uwidocznione na fotografii nr 4 materiały znane są w Polsce i posiadają Aprobatai Techniczne wydane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie.

Tabele nr 4.1 i 4.2 przedstawiają wyniki badań wykonanych w Instytucie tBU Greven wg ENV ISO 10722-1 w procedurze symulacyjnej określenia wielkości uszkodzeń w czasie instalacji i zabudowywania pomiędzy dwiema warstwami MMA dwóch różnych kompozytów siatka-włóknina, o deklarowanej w obydwu przypadkach wyjściowej (fabrycznej, znamionowej) wytrzymałości na zrywanie UTS = 50/50 kN/m.

Jeżeli wyrób z włókna szklanego podczas samej tylko zabudowy pomiędzy warstwami nawierzchni traci ze swej rzeczywistej, zbadanej wytrzymałości nieomal 87% (a w odniesieniu do deklarowanej przez producenta aż 92,2%), i jeżeli ta rzeczywista wy-



Fot. 6. Test z São Paulo.
Widok próbek po 250.000 cyklach.

- A) Kompozyt HaTelit® C 40/17
- B) Geokompozyt (siatka szklana wzmocniona włókniną PP - Geocomposto)
- C) Geotekstyl (150 g/m²) spełniający warunki normy AASHTO M 288-00 (Geotêxtil)
- D) Siatka z włókien szklanych zdwojonych z włókniną szklaną (Glassgrid)
- E) Bez zbrojenia (zniszczenie)



Fot. 7. Test z São Paulo.
Widok próbek po 500.000 cykli.

- A) Kompozyt HaTelit® C 40/17
- B) Geokompozyt (siatka szklana wzmocniona włókniną PP - Geocomposto)
- C) Geotekstyl (150 g/m²) spełniający warunki normy AASHTO M 288-00 (Geotextil)
- D) Siatka z włókien szklanych zdwojonych z włókniną szklaną (Glassgrid)
- E) Bez zbrojenia (zniszczenie)

Tab. 4.1. Geokompozyt z włókna szklanego z fot. 4. B.

Nr próbki	Próbki przed zabudową					Próbki po zabudowie, stan uszkodzenia	
	Wytrzymałość deklarowana przez Producenta (kN/m)	Wytrzymałość rzeczywista, stwierdzona przed zabudową (kN/m)	Wydłużenie przy sile zrywającej (%)	Przenoszona siła		Wytrzymałość rzeczywista, stwierdzona po próbie (kN/m)	Wydłużenie przy sile zrywającej (%)
				przy 1% wydłużenia	przy 2% wydłużenia		
1	50,00	30,81	1,86	14,75	–	4,0	2,5
2	50,00	27,33	1,47	21,74	–	3,5	0,7
3	50,00	32,38	2,60	18,15	28,90	3,3	1,3
4	50,00	32,55	1,65	24,59	–	3,2	0,9
5	50,00	29,57	2,99	16,24	24,83	5,3	4,4
Wartość średnia	50,0	30,53	2,11	19,09	26,87	3,9	2,0
Odchylenie standardowe	x	2,16	0,65	4,03	2,88	0,88	1,54
Wskaźnik zmienności (%)	y	7,09	30,91	21,13	10,72	22,9	78,8

trzymałość od deklarowanej różni się „in minus” aż (średnio) o 39% – to mam wrażenie, że trudno jest o bardziej przekonujący dowód na niestosowność ewentualnego preferowania tego typu wyrobów do krajowych wdrożeń. Stąd charakterystyczny brak podania do publicznej wiadomości (a przynajmniej do wiadomości specjalistów, osób zajmujących się zasadniczo aplikacjami wzmocnień nawierzchni z MMA) podobnych wyników badań dla siatek bazaltowych oraz znacznie od nich kosztowniejszych – siatek z włókien szklano-węglowych i węglowych, każe z niezwykłą ostrożnością podchodzić do wstępnie podawanych przez osoby zainteresowane (i, niestety, niektóre instytucje!)

sprzedają tych właśnie wyrobów, informacjach o rzekomo „high-class” właściwościach tych wyrobów.

Przesłanie ze strony autora

Jeżeli nasze, **POLSKIE DROGI**, budowane i naprawiane ze środków pochodzących z różnych źródeł, jak:

- ▲ podatków bezpośrednich obywateli;
 - ▲ akcyz i opłat paliwowych;
 - ▲ pożyczek i dofinansowań zagranicznych,
- mają być dobre i długowieczne, to zarówno projektanci, jak

Tab. 4.2. Kompozyt HaTeliit® C 40/17 z fot. 4. A.

Nr próbki	Próbki przed zabudową (o wytrzymałości deklarowanej przez Producenta 50,00 kN/m)						Próbki po zabudowie, stan uszkodzenia	
	Wytrzymałość rzeczywista, stwierdzona przed zabudową (kN/m)	Wydłużenie przy sile deklarowanej (%)	Wydłużenie przy sile zry- wającej (%)	Przenoszona siła			Wytrzymałość rzeczywista, stwierdzona po próbie (kN/m)	Wydłużenie przy sile zrywającej (%)
				przy 2% wydłu- żenia	przy 3% wydłu- żenia	przy 5% wydłu- żenia		
1	52,50	9,74	9,99	13,66	16,28	22,41	37,1	8,2
2	52,02	9,39	9,77	12,69	15,19	21,29	41,6	10,8
3	52,85	9,50	10,01	12,80	15,40	21,73	32,3	7,3
4	52,80	9,94	10,41	12,98	15,42	21,72	36,5	7,8
5	51,99	9,46	9,74	13,07	15,65	22,03	37,8	7,7
Wartość średnia	52,43	9,61	9,98	13,04	15,59	21,84	37,1	8,4
Odchylenie standardowe	0,41	0,23	0,27	0,38	0,42	0,41	3,33	1,40
Wskaźnik zmienności (%)	0,78	2,40	2,69	2,91	2,70	1,89	9,0	16,7

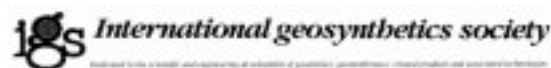
i inwestorzy i naukowcy, uczestniczący w procesie ulepszania polskich dróg powinni znać powyższe prawdy. Prawdy sprowadzające się do prostego stwierdzenia: jesteśmy za biedni na to, aby jako pierwszy kraj na świecie stosować powszechnie w naszych nawierzchniach wyroby z włókien węglowych, niesprawdzone w skali technicznej w żadnym z krajów zachodnich, ani w klimacie zbliżonym chociażby do polskiego, a przede wszystkim około 4-krotnie (!) droższe od bezsprzecznie skutecznie zdającego egzamin w nawierzchniach drogowych i posiadającego 30-letnią historię zastosowań wyrobu o symbolu HaTeliit® C 40/17! Ale jednocześnie jesteśmy też za biedni na stosowanie wyrobów z włókien szklanych i bazaltowych (fot. 2 i 3), co prawda, na ogół nieco tańszych od kompozytu HaTeliit®, ale o super wysokim współczynniku uszkodzenia przy zabudowaniu, nieodpornych na siły ścinające (zwłaszcza w ujemnych temperaturach) i o beznadziejnie niskim wskaźniku szczepności z warstwami bitumicznymi.

Obserwując, z jaką bezgraniczną obojętnością pewna część projektantów drogowych w sposób absolutnie dowolny „dobiera” rodzaje i parametry zbrojeń dla potrzeb wykonywanych projektów nowych i remontowanych nawierzchni, jak po stronie producentów i dostawców trwa licytacja cyfr wytrzymałości siatek:

20, 50, 100, 120, 200 kN/m (!) i jak łatwo jest obecnie bejzakościowym wyrobem (cena) zastąpić wyrób sprawdzony i jakościowy – obawiam się, że zamiany wynikające z beztroski projektantów, inwestorów i nadzorców robót nawierzchniowych, coraz powszechniej dokonywane także z chęci „generowania” za wszelką cenę oszczędności w zakupach przez prawie wszystkich wykonawców robót nawierzchniowych – zaowocują już w krótkim czasie licznymi awariami na w ten sposób „zazbrojonych” niewłaściwymi materiałami nawierzchniach bitumicznych.

Podając powyższe informacje techniczne do publicznej wiadomości, czynię to, chcąc mieć czyste sumienie, jako polski inżynier, żyjący i pracujący w swoim kraju i zdający sobie sprawę, że po tych a nie innych drogach, na którełożone są między innymi podatki płacone przeze mnie Państwu, będą również przemieszczać się teraz i w przyszłości moi synowie i mój nowonarodzony wnuk.

Mgr inż. JACEK AJDUKIEWICZ,
członek International Geosynthetic Society



**Polskie
drogi**

Redakcja: „Polskie Drogi”

04-003 Warszawa, ul. Dobrowoja 17/11, tel./fax (0 22) 810 43 82, 870 60 41, 870 60 64
e-mail: redakcja@polskiedrogi.com.pl

www.polskiedrogi.com.pl