

ZYGMUNT KACZOR

Możliwości zastosowania włóknin w budowie dróg leśnych

Возможности применения нетканого материала в строительстве
лесных дорог

Möglichkeiten der Anwendung von Textilgeweben im Waldwegebau

1. WSTĘP

Czytelnikom fachowej pracy z zakresu drogownictwa pojęcie włókniny drogowej nie jest obce. W polskim piśmiennictwie jest szereg publikacji na ten temat (5, 8). Na ryc. 1 przedstawiono schemat technologiczny podziału włóknin i przykładowe typy włóknin drogowych. Podstawowym zastosowaniem włóknin jest zużycie ich w konstrukcji nawierzchni i korpusu drogowego tam, gdzie dawniej zalecano stosować faszynę, chrust i gałęzie. Obecnie właściwości, wynikające z materiałów użytych do produkcji, poszerzają zakres stosowania włóknin, nazywanych często geotekstyliami.

Włóknina drogowa jest wyrobem nietkanym, produkowanym z włóknin syntetycznych (polipropylen, poliester, poliamid itp.). Używana jest do rozdzielania warstw gruntów o różnym uziarnieniu, wzmocnienia podłoża drogowego oraz w charakterze warstwy odsączającej. Wszystkie te funkcje włóknina pełni jednocześnie. Znaczna ilość terenów leśnych o słabej nośności podłoża i nadmiernym uwilgotnieniu skłania do zastosowania włóknin drogowych w budownictwie dróg leśnych.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Pierwsze wzmianki o zastosowaniu włóknin filtracyjnych w budownictwie drogowym pochodzą z 1968 r. z RFN (4). Obecnie włókniny drogowe produkują wszystkie kraje przemysłowe (1, 2).

W publikacjach można znaleźć wiele różnorodnych przykładów zastosowań włóknin, jednak w drogownictwie badania zmierzają do oznaczenia minimalnej grubości warstwy nadsypki nad włókniną oraz zbadania oddziaływania włóknin na poprawę właściwości technicznych drogi.

Trwałe rozdzielanie poszczególnych warstw w konstrukcji nawierzchni przy znacznej wytrzymałości na rozciąganie włókniny (do 685 daN/5 cm — Arabeva) zwiększa nośność nawierzchni. Włóknina powoduje włączenie większej bryły gruntu do reakcji na obciążenie. Na podstawie teorii powłok, wychodząc z założenia, że pod włókniną znajduje się grunt o bardzo małej nośności i o grubości 1 m i że nie powinny wystąpić tam trwałe deformacje, wyliczono, że warstwa gruntu nad włókniną powinna wynosić ok. 30 cm (2, 3). W doświadczeniach terenowych uzyskano korzystne oddziaływanie włókniny już przy 15—20 cm warstwie piasku. Stwierdzono, że najkorzystniejsze efekty uzyskuje się przy warstwie 30—50 cm (7).

Z doświadczeń krajów zachodnich wynika, że możliwe jest zmniejszenie grubości warstwy konstrukcyjnej jezdni ponad włókniną pod warunkiem wykonania jej z materiału bardzo różnoziarnistego, o uziarnieniu zbliżonym do uziarnienia określanego w polskich normach jako podbudowa z kruszywa nie sortowanego.

Dodatnie efekty zastosowania włókniny jako warstwy oddzielającej podłoże od innych warstw jezdni wynikają: z możliwości zastąpienia warstwy odsączającej włókniną, z poprawy nośności całej konstrukcji jezdni, z dodatniego wpływu na równość nawierzchni oraz z korzystnego oddziaływania na mrozoodporność podłoża.

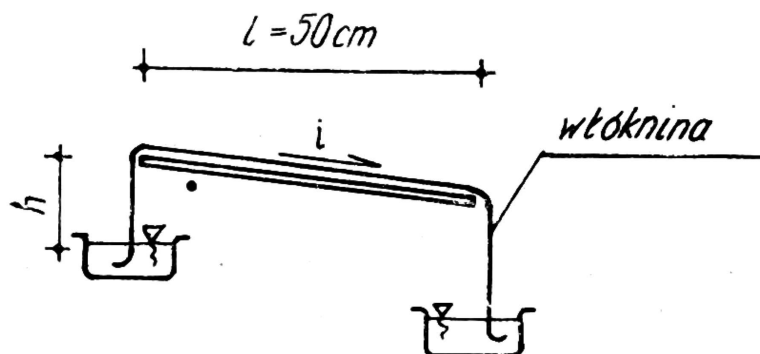
Odrębnym zagadnieniem jest budowa dróg na torfach i namulach organicznych. W tym przypadku włóknina ma zapobiec wnikaniu gruntu nasypowego w podłoże i zmniejszyć obciążenia jednostkowe pod włókniną. Proces technologiczny budowy drogi polega na rozłożeniu włókniny na podłożu bez uprzedniego usuwania humusu i darni. Na włókninę nawozimy piasek od razu na pełną wysokość. Wysokość nasypu nie powinna być wyższa od 1 m. Biorąc pod uwagę zasady sypania nasypu od razu na pełną wysokość, zaleca się stosować do zagęszczania zagęszczarki, ubijarki lub walce wibracyjne. J. G. Becker twierdzi, że włóknina wykorzystywana do wykonania nasypu na torfie powinna mieć wytrzymałość na rozciąganie od 20 do 50 kN/m.

Wszystkie publikacje na temat zastosowań włóknin podkreślają wygodę ich użycia i zmniejszenie nakładów pracy sprzętu. Niewiele jest publikacji podających konkretne wyliczenie kosztów w stosunku do tradycyjnych materiałów (6, 9). Stwierdza się, że zastosowanie włóknin może przysporzyć do 40% oszczędności w porównaniu z rozwiązaniami tradycyjnymi.

3. CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

W laboratorium zbadano trzy rodzaje włóknin: krajową włókninę melioracyjną o podwójnej gramaturze (540 g/m², również krajową włókninę drogową WD-EB/I/Sm 5715 (730 g/m²), oraz włókninę drogową produkcji czechosłowackiej (Terratex 381 g/m²), określając szybkość filtracji wody wzdłuż włókniny i wysokości kapilarnego podsiąkania wody. Pozwoliło to ustalić, która z badanych włóknin najlepiej spełnia funkcję warstwy odsączającej oraz jak wielkie mogą być nierówności w podło-

zu, aby woda zbierająca się w zagłębieniach została jeszcze odprowadzona poza powierzchnię. W tym celu ustalono ilości wody podsiąkającej wzdłuż paska włókniny o szerokości 20 cm w jednostce czasu przy zmiennej wysokości podsiąkania ($h=0,5$ cm do $h=18$ cm) i zmiennych pochyleniach podłoża ($i=3\%$, 6% , 10%). Szyba o długości 50 cm imitowała podłoże. Metodykę badań ilustruje ryc. 2.



Ryc. 2. Schemat zestawu do badania filtracji wody wzdłuż włókniny

W badaniach terenowych zastosowano tylko dwa rodzaje włókniny (krajową WD-EB i czeskosłowacką Terratex). Zrezygnowano z włókniny melioracyjnej, gdyż była ona produkowana doraźnie na specjalne zamówienie do budowy dróg tymczasowych w rejonie szybu naftowego w Karlinie przy gaszeniu pożaru.

Dla określenia wpływu włókniny na poprawę nośności nawierzchni drogowej wybudowano odcinki doświadczalne o zmiennej grubości nawierzchni na drodze nr 30 w nadl. Stuposiany w 1981 r.¹⁾

Nośność nawierzchni badano ugięciomierzem belkowym zgodnie z normą BN-70/8931-06 w pierwszej dekadzie maja 1984 r.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Filtrację wody wzdłuż włókniny opisano równaniem typu $Q/Q_0 = ae^{-bh}$ gdzie Q — ilość wody przepływającej przez 20 cm szerokości pasek włókniny w cm^3/s ;

¹⁾ Niniejszym pragnę podziękować pracownikom ZBL „Bieszczady” i Dyrekcji OZLP w Krośnie za umożliwienie i pomoc w prowadzeniu badań terenowych.

a, b — współczynniki równania wyznaczone doświadczalnie;
 e — podstawa logarytmu naturalnego (2,71828);
 h — wysokość podsiąkania w cm (zmienna od 0 do 18 cm).

Wartość poszczególnych współczynników równania dla poszczególnych rodzajów włókniny i pochyień podłoża przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

**Parametry równania typu $Q=ae^{-bh}$
 dla poszczególnych rodzajów włókniny oraz wskaźnik korelacji R**

Rodzaj włókniny	Pochylenie w %	Wartość współczynnika w równaniu		Wskaźnik korelacji R _{oblicz.}
		a	b	
WD—KB	3	1,052	0,192	0,9859
	6	1,220	0,193	0,9739
	10	1,401	0,137	0,9926
Terratex	3	1,164	0,38	0,9526
	6	2,149	0,46	0,8313
	10	4,525	0,58	0,9017
Melioracyjna	3	2,125	0,21	0,9932
	6	2,264	0,25	0,9703
	10	4,179	0,33	0,8246

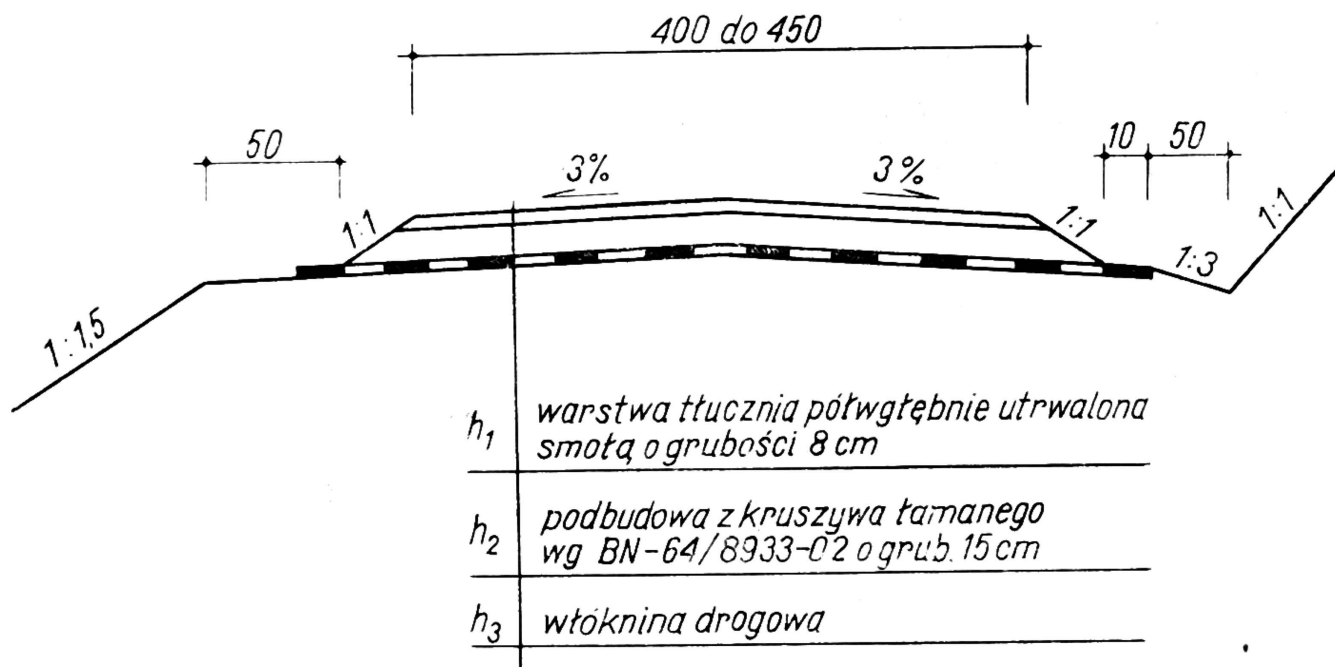
Z doświadczeń wynika, że wzrost pochylenia podłoża z 3 do 10% zwiększa ilość filtrującej wody od 1,4 raza przy włókninie WD-EB do 2 razy przy włókninie melioracyjnej. Wzrost wysokości kapilarnego podsiąkania wody obniża ilość przepływającej wody. Przy wysokości 18 cm kapilarne podsiąkanie w warunkach laboratoryjnych było znikome we wszystkich rodzajach włókniny. Przepływ ten nie ma praktycznego znaczenia. Fakt ten wymusza profilowanie podłoża tak, aby nierówności były mniejsze od 15 cm, jeżeli włóknina ma pełnić funkcję warstwy odsączającej w konstrukcji nawierzchni tłuczniowej na podłożu mineralnym.

Konstrukcję nawierzchni i przekrój poprzeczny przedstawiono na ryc. 3. Do badania nośności wytypowano 4 odcinki:

— odcinek P o długości 280 m, wybudowany bez włókniny — traktowany jako porównawczy; w podłożu w początkowej partii zalega glina zwięzła przy spadku 7%, a w drugiej partii zalega pospółka gliniasta frakcji kamienistej i żwirowej do 40% przy spadku podłużnym ok. 4%;

— odcinek WP o długości 100 m, wybudowany z użyciem włókniny krajowej WD-EB; w podłożu zalega glina zwięzła przy niewielkiej ilości frakcji kamienistej (5%), średni spadek podłużny wynosi 5,2 %;

— odcinek C₁, o długości 102 m, wybudowany z użyciem włókniny Terratex T-400; w podłożu zalega pospółka gliniasta przy zwartości frak-



Ryc. 3. Konstrukcja nawierzchni odcinków doświadczalnych

cji kamienistej do 15⁰/₀, a pyłowej i iłowej ok. 40⁰/₀; spadek podłużny — ok. 6,5⁰/₀;

— odcinek C₂ o długości 115 m, wybudowany z użyciem włókniny Terratex; w podłożu zalega pospółka gliniasta o zawartości frakcji kamienistej do 23⁰/₀, a pyłowej i iłowej do 22⁰/₀; spadek podłużny wynosi 4⁰/₀.

W trakcie badań terenowych zmierzono grubość nawierzchni i pobrano próbki gruntu do oznaczenia wilgotności. Ponieważ grubość nawierzchni nie była jednakowa na całej długości odcinków P i C₂, dlatego odcinek porównawczy P podzielono na dwa o grubości 22 cm i 18 cm oraz odcinek C₂ (włóknina czechosłowacka) o grubości nawierzchni 31 cm i 18 cm.

Wyniki pomiaru grubości nawierzchni oraz ugięcie sprężyste badanych odcinków przedstawiono w tab. 2.

Ugięcie sprężyste nawierzchni o grubości 22 cm na odcinku porównawczym wynosi 2,58 mm. Zmniejszenie grubości nawierzchni o 4 cm spowodowało wzrost ugięcia do 4,32 mm. Nawierzchnia o grubości 18 cm wybudowana z użyciem włókniny Terratex ma prawie taką samą wartość ugięcia sprężystego jak nawierzchnia bez włókniny, ale o grubości 22 cm.

Odcinki C₂ i WP o zbliżonej grubości nawierzchni (ok. 22 cm) mają różne wartości ugięcia sprężystego, 1,25 mm i 1,87 mm. Na odcinku C₂ przy grubości nawierzchni 31 cm ugięcie sprężyste wynosi 1,57 mm. Wyniki te nie wykazują jednoznacznej zależności między rodzajem włókniny, grubością nawierzchni a ugięciem sprężystym.

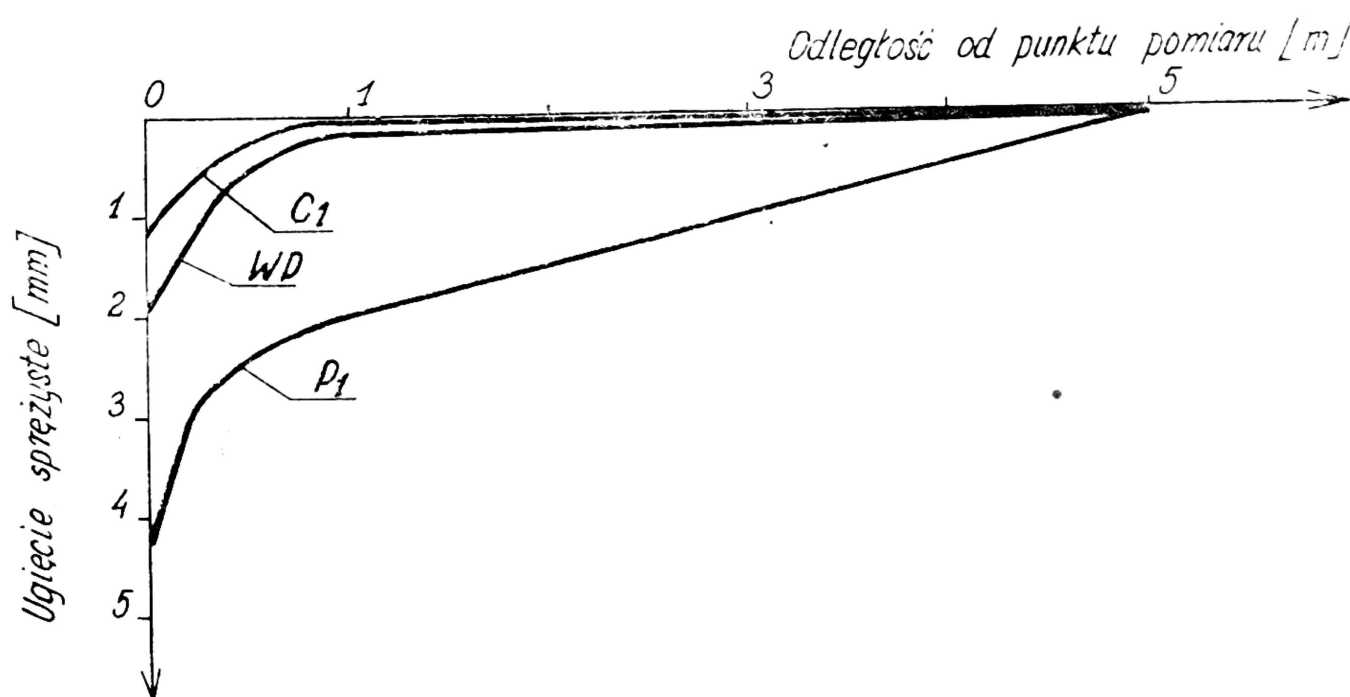
Różnice między wartościami średnimi z technicznego punktu widzenia są dość duże, ale analiza statystyczna istotności różnic średnich wykazuje, że różnica między wartościami średnimi ugięcia sprężystego odcin-

**Grubość nawierzchni, wilgotność podłoża
i ugięcie sprężyste badanych odcinków**

Symbol odcinka	Grubość nawierzchni w cm	Wilgotność podłoża w %	Ugięcie sprężyste	
			liczba pomiarów	średnie w mm
P	22	19,0	8	2,58
P	18	21,2	2	4,32
C ₁	21	20,6	5	1,25
WP	22,5	19,3	4	1,87
C ₂	31	18,8	4	1,57
C ₂	18	23,1	1	2,54

ków wybudowanych z włókniną jest nieistotna przy poziomie ufności = 0,01. Natomiast wartość średnia ugięcia odcinka porównawczego różni się istotnie od wartości średnich odcinków z włókniną.

Korzystne oddziaływania włókniny na nośność nawierzchni ilustruje przebieg linii wpływowej ugięcia sprężystego przedstawiony na ryc. 4.



Ryc. 4. Linia wpływowa ugięcia sprężystego

C₁ – odcinek z włókniną Terratex
 WP – odcinek z włókniną WD-EB
 P₁ – odcinek porównawczy bez włókniny

Koło pojazdu w odległości 0,5 m od punktu pomiarowego wywołuje ugięcie sprężyste o wartości 0,2—0,4 mm na odcinku z włókniną i aż 2,25 mm na odcinku P₁ (bez włókniny) przy grubości nawierzchni 18 cm. Ugięcie o wartości 0,4 mm na tym odcinku występuje już w odległości 4 m od punktu pomiarowego. Oznacza to, że droga bez włókniny ulegnie szybszemu zużyciu przez powstanie nierówności w profilu podłużnym i kolein w przekroju poprzecznym.

Biorąc pod uwagę wymagania przedstawione w normie PN-70/S-02201, tylko nawierzchnie wybudowane z włókniną można zaliczyć do typu bardzo lekkiego (ugięcie sprężyste do 1,6 mm). Odcinki porównawcze i C₂ o grubości nawierzchni 18 cm nie kwalifikują się do nawierzchni typu bardzo lekkiego. Dotyczyłoby to też odcinka WP, ale wobec braku istotności różnic średnich ugięcia między odcinkami WP, C₁ i C₂ zaliczono go do nawierzchni typu bardzo lekkiego.

5. WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

Włókniny drogowe istotnie zwiększają nośność nawierzchni tłuczniowej. Gdyby założyć, że ugięcie sprężyste na drogach leśnych może wynosić do 2,5 mm, to zastosowanie włókniny w konstrukcji nawierzchni tłuczniowej pozwoliłoby na zmniejszenie grubości nawierzchni o 4 cm z 22 do 18 cm. Jednak tak duże ugięcie mogłoby być przyczyną zbyt szybkiego powstawania kolein na jezdni pod wpływem ruchu pojazdów. Nawierzchnia tłuczniowa bez włókniny powinna być budowana o grubości 28—30 cm, by mieć ugięcie sprężyste w granicach 1,2—1,5 mm. Taką wartość ugięcia można osiągnąć przy grubości nawierzchni 22 cm budowanej z użyciem włókniny.

Zastosowanie włókien drogowych zmniejsza zużycie piasku i pospółki, obniża koszty budowy drogi, skraca czas wykonania i przyczynia się do ochrony środowiska przez zmniejszenie powierzchni zajętej przez zwirownie i piaskownie.

Z Katedry Użytkowania Lasu
i Inżynierii Leśnej SGGW-AR

LITERATURA

1. Grossmann S., Mindner V.: Erfahrungen mit technischen Textilien zur Befestigung von Baustrassen. Bauplanung u. Bautechnik 1976. Jg. 30 H. 4.
2. Petrik M., Klačanský T.: Využití geotextilii při stavbě nasypu dálnice Bratislava — Brno. Inženýrské Stavby 1978 nr 6.
3. Plagemann W.: Bidim — ein neuer Werkstoff für den Erd- und Strassenbau. Bauingenieur 1973 H. 10.
4. Polyestervlies für den Forstwegebau. Holz-Zentralbl. 1976 Jg. 102 Nr. 123.
5. Rolla S.: Zastosowanie geotekstyliów w budownictwie drogowym. Drogownictwo 1986 nr 8.

6. Schulze V.: Einsatz von Textilgewebe im Waldwegebau — ein Beitrag zur Materialeinsparung und Senkung des Transportaufwandes. Sozial. Forstwirtschaft. 1983 Jg. 33 Nr 8.
7. Sjöström A.: Plastvär bär över myrnark. Skogen 1976 nr 14.
8. Waś J., Noga W.: Zastosowanie włóknin odsączających w budownictwie drogowym. Drogownictwo 1977 nr 6.
9. Voloskova L. N.: Netkannye sintetičeskie materialy v dorožnom stroitelstve. Les. Prom. 1983 nr 8.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 30 grudnia 1986 r.

Краткое содержание

Проведённые исследования трёх видов дорожного нетканого материала показывают, что нетканое волокно является прекрасным материалом для строительства лесных дорог. Заменяют отфильтровывающие и отсекающие слои при одновременном воздействии на улучшение несущих свойств дорожного полотна. Количество фильтрующей воды вдоль нетканого материала зависит от сорта и наклона основания под нетканым материалом. Капиллярное просачивание воды, независимо от сорта нетканого материала прекращается при высоте подсаживания около 18 см. Упругий прогиб опытных участков со щебёночным покрытием полунасыщенным смолой (гидрошированным), которые строились с использованием нетканого материала равняется с 1,25 мм до 1,87 мм. Упругий прогиб сравнительного участка (без нетканого материала) равнялся 2,54 мм.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen durchgeführt mit drei Arten von Textilgeweben haben gezeigt, dass Textilgewebe ein vorzügliches Material zum Waldwegebau sind. Sie ersetzen die wegsaugenden und trennenden Schichten und gleichzeitig verbessern die Tragfähigkeit der Strassendecke. Die Menge des längs des Textilgewebes filtrierten Wassers ist von der Art des Textilgewebes und der Neigung der Bettung unter dem Textilgewebe abhängig. Der von der Art des Textilgewebes unabhängige kapillare Aufstiege des Wassers hört bei einer Aufstieghöhe von etwa 18 cm auf. Die elastische Beugung der Versuchsabschnitte mit halbtief geteeter Schotterdecke gebaut mit Anwendung von Textilgeweben beträgt von 1,25 mm bis 1,87 mm. Die elastische Beugung des Vergleichsabschnittes (ohne Textilgewebe) beträgt 2,54 mm.