

**Vergelijking van 2 wrijvingsreductie systemen in de triaxiaalproef (NEN 12697-25B) op een asfalt proefstuk inclusief rekstrooksignalen**

Poot, Marco; Erkens, Sandra

**Publication date**  
2016

**Published in**  
CROW InfraDagen 2016

**Citation (APA)**

Poot, M., & Erkens, S. (2016). Vergelijking van 2 wrijvingsreductie systemen in de triaxiaalproef (NEN 12697-25B) op een asfalt proefstuk inclusief rekstrooksignalen. In *CROW InfraDagen 2016*  
[http://www.crow.nl/downloads/pdf/bijeenkomsten-congressen/2016/crow-infradagen/papers/80\\_vergelijking-van-twee-wrijvingsreductiesystemen.aspx](http://www.crow.nl/downloads/pdf/bijeenkomsten-congressen/2016/crow-infradagen/papers/80_vergelijking-van-twee-wrijvingsreductiesystemen.aspx)

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Vergelijking van 2 wrijvingsreductie systemen in de triaxiaalproef (NEN 12697-25B) op een asfalt proefstuk inclusief rekstrooksignalen

M.R. Poot  
Sectie Verkeersbouwkunde, TU Delft

S.M.J.G. Erkens  
Sectie Verkeersbouwkunde, TU Delft

## ***Samenvatting***

Een van de functionele proeven uit de Type Testing voor de CE-markering is de triaxiaalproef (NEN 12697-25B), die wordt gebruikt voor de bepaling van de vervormingsgevoeligheid van het asfaltmengsel en uitgevoerd wordt op in het laboratorium vervaardigde cilindrische proefstukken.

Afhankelijk van de maximale korrelgrootte in het asfaltproefstuk wordt de hoogte/diameter verhouding nu voorgeschreven op 0.6 of 0.8. Consequentie hiervan is dat bij de proefstukken met deze geringe hoogten de wrijving aan het contactoppervlak een grote rol speelt in het resultaat van de proef. Toepassing van verschillende soorten wrijvingsreductiesystemen laten een te grote spreiding zien in de resultaten. Het is dus noodzaak een goed werkend universeel wrijvingsreductie systeem te vinden.

Daartoe is in eerste instantie een kunststof PUR proefstuk beplakt met drie axiale rekstroken in het midden en drie aan de boven- en onderzijde en onderworpen aan de triaxiaalproef. De cyclische signalen van de rekstroken zijn in die proef vergeleken bij vijf wrijvingsreductie systemen. De twee qua resultaten meest uiteenlopende wrijvingsreductiesystemen zijn vervolgens toegepast op een asfalt proefstuk waarbij het proefstuk is onderworpen aan het RAW deklaag protocol in de de triaxiaalproef. Deze wrijvingsreductiesystemen waren:

- A. Latex membraan-siliconen vet-latex membraan (voorschrift RAW)
- B. Twee teflon vellen op elkaar

De wrijvingsreductiesystemen zijn getest op zowel een asfalt proefstuk met een hoogte/diameter verhouding van 0.6 als van 0.8.

Ook het asfalt proefstuk is beplakt met drie axiale rekstroken in het midden en drie aan de boven- en onderzijde. Aan de bovenzijde zijn ook nog 3 radiale rekstroken aangebracht.

Worden de gemiddelde radiale (visco-) elastische rekken van de systemen A en B aan de rand gerelateerd aan de gemiddelde axiale (visco-) elastische rek aan de rand dan worden voor het latex wrijvingsreductiesysteem (A) grotere radiale rekken gemeten dan voor het teflon wrijvingsreductiesysteem (B). Dit neigt naar de veronderstelling dat door het latex wrijvingsreductie systeem trekspanningen worden veroorzaakt in het contactvlak.

Het wrijvingsreductie systeem A laat in axiale richting minder gedissipeerde energie zien in de hysteresis van de 100<sup>ste</sup> lastherhaling dan wrijvingsreductiesysteem B.

Minder gedissipeerde energie in de hysteresis lijkt te wijzen op minder wrijving in het contactvlak voor wrijvingssysteem A. Echter is enige terughoudendheid op zijn plaats hoe en in welke mate de latexlaag tussen het proefstuk en de belastingsplaat de axiale en radiale spanningen beïnvloed en daarmee de rekken en de hysteresis.

Voor een juiste interpretatie van alle gemeten rekken is het daarom wenselijk met een Eindig Elementen Programma (FEM) de triaxiaalproef met de twee wrijvingsreductielagen te simuleren.

Wordt gekeken naar de totale permanente vervorming dan maakt het latex wrijvingsreductiesysteem (A) een veel grotere permanente rek mogelijk dan het teflon wrijvingsreductie systeem (B). Echter lijkt, refererend aan de rekstrooksignalen, het latex wrijvingsreductie systeem niet de juiste manier is om de wrijving te reduceren.

Zo lijken beide wrijvingsreductiesystemen A en B niet zalig makend. Waarschijnlijk is het beter de richting in te gaan van een wrijvingsreductiesysteem die tussen beide systemen in ligt. Hogere proefstukken met een hoogte/diameter verhouding van minimaal 0.8 lijkt in ieder geval een must.

Bij verder onderzoek wordt ook sterk aanbevolen om zich te richten op de radiale rekken en 9 radiale rekstroken, waarvan 3 in het midden, op het proefstuk te plakken.

### **Steekwoorden**

Asfalt, wrijvingsreductie, triaxiaalproef, rekstroken, latex, teflon, hysteresis

## 1 Inleiding

In het kader van de invoering van de CE-markering voor asfaltmengsels moet een asfaltproducent vanaf 1 januari 2008 elk asfalt dat hij levert, voorzien van een CE-markering. Onderdeel van deze CE-markering is de Typekeuring (Type Testing) met een daaraan verbonden producent eigen verklaring waarin de asfaltproducent vaststelt dat het product voldoet aan de eisen die gesteld zijn in de Europese normen (NEN). Een van de functionele proeven uit de Type Testing voor de CE-markering is de triaxiaalproef (NEN 12697-25B), die wordt gebruikt voor de bepaling van de vervormingsgevoeligheid van het asfaltmengsel en uitgevoerd wordt op in het laboratorium vervaardigde cilindrische proefstukken.

In 2013 is een ringonderzoek voor de triaxiaalproef uitgevoerd waarin de verscheidene bedrijven participeerden. Op een OAB-mengsel hebben de verschillende participanten 4 triaxiaalproeven uitgevoerd conform de procedure 'deklaagprotocol' uit proef 62 van de RAW [2]. Na uitvoering van de proef en bespreking van de resultaten met de participanten is geconcludeerd dat het wrijvingsreductiesysteem van invloed is op de resultaten en dat dit ongewenst is. Tussen de slechtste en de beste  $f_c$ -waarden zat bijna een factor 3 verschil. Grofweg waren de resultaten te verdelen in 5 groepen:

- A. Latex membraan (d=0.5 mm)-siliconen vet-latex membraan (d=0.5 mm):  $f_c \approx 1.5$
- B. Latex membraan (d=0.5 mm)-siliconen vet-latex membraan (d=0.3 mm):  $f_c \approx 1.26$
- C. Rubber-siliconenvet-marshallpapier:  $f_c \approx 1.1$  De elastische rubber zit aan de zijde van het proefstuk.
- D. 1 PTFE vel :  $f_c \approx 0.7$
- E. PTFE-PTFE spuitvet-LLDPE folie:  $f_c \approx 0.65$ . De LLDPE folie zit aan de zijde van het proefstuk.
- F. Marshallpapier-siliconenvet-marshallpapier of marshallpapier-PE kunststofvel-siliconenvet-PE-kunststofvel:  $f_c \approx 0.4$

De resultaten lieten een ongewenst grote spreiding zien. Er is een sterke behoefte aan één universeel wrijvingsreductiesysteem. Wrijvingsreductie moet er voor zorgen dat er geen (of zo weinig als mogelijk) schuifspanningen worden overgebracht tussen de belastingplaten en het proefstuk. Wordt het proefstuk aan het oppervlak 'vastgehouden' ontstaat een tonvorm wat een bewijs is dat vrije vervorming aan het oppervlak niet heeft kunnen plaatsvinden. Door de matige verhouding tussen proefstukhoogte en diameter (0.6-0.8) is tonvorming altijd wel iets zichtbaar. Het ideale wrijvingsreductiesysteem is zo dun mogelijk zodat indrukking van de wrijvingsreductie geen invloed heeft op de proefresultaten. Bij een slecht wrijvingsreductiesysteem worden toch schuifspanningen overgebracht en zal de  $f_c$  afnemen hetgeen dus betere resultaten oplevert.

In eerste instantie is een kunststof (PUR) cilinder, met een hoogte van 80 mm en een diameter van 100 mm, als referentie gebruikt door het te beplakken met axiale rekstroken aan de randen (iedere kant 3) en in het midden (3). Gedurende de belasting zijn de

rekstrooksignalen met elkaar vergeleken bij 5 verschillende wrijvingsreductie systemen. Op basis hiervan zijn 2 wrijvingsreductie systemen geselecteerd en gebruikt bij een triaxiaalproef op een asfalt proefstuk waarbij de permanente vervorming alsmede de rekstrooksignalen met elkaar zijn vergeleken. Daartoe is het proefstuk weer voorzien van axiale rekstroken in het midden (3), aan de bovenzijde (3) en aan de onderzijde (3). Ook zijn aan de bovenzijde radiale rekstroken (3) aangebracht.

## 2 Test opstelling

De triaxiaalopstelling is weergegeven in figuur 2.1. De totale permanente vervorming van het proefstuk wordt gemeten met twee verplaatsingsopnemers die bevestigd zijn aan de bovenzijde van de cel en in contact staan met de belastingsplunjer.

Om lokaal de rekken te meten zijn op het asfalt proefstuk 12 rekstroken aangebracht, 9 axiale en 3 radiale aan de bovenzijde (zie figuur 2.1). De rekstroken in axiale richting zijn van het type FLA-6-11. Deze zijn geplakt in het midden van het proefstuk en op 8 mm afstand van de onder- en bovenzijde. De rekstroken in radiale richting zijn van het type PFL-30-11. Gelijmd is met Araldite 2011, een 2 componenten epoxy.

De steundruk ( $\sigma_c$ ) heeft lucht als medium en wordt met behulp van een pneumatische servoklep opgelegd. Ook de axial spanning ( $\sigma_1$ ) wordt servo-pneumatisch opgelegd. Het 5 kN vijzel en de steundruk worden bestuurd door een CDAS (controller) van IPC. De rekstrooksignalen worden apart gemeten met MP3 software. Het geheel is geplaatst in een klimaatkast.



*Figuur 2.1: Triaxiaal opstelling (links) en rekstrookbedrading door bovenplaat (rechts)*

De draden van de rekstroken worden via 3 afgedichte gaten in de bovenplaat en via de bodemring de cel uitgeleid.

### 3 Keuze proefstukken, wrijvingsreductie systemen en proefcondities

In eerste instantie zijn 5 verschillende wrijvingsreductiesystemen vergeleken aan de hand van 9 axiale rekstrooksignalen op een kunststof proefstuk van PUR [3]. Het proefstuk had een diameter van 100 mm en een hoogte van 80 mm. Gekozen is voor PUR omdat het een redelijk overeenkomstige stijfheid heeft als asfalt bij hoge temperaturen, maar vooral dat het gelijkmd kon worden met rekstroken. Het PUR proefstuk heeft daarnaast een puur (visco-) elastisch karakter en vertoont, bij standaard belasting, geen permanente vervorming. Daardoor zijn verschillen in de rekstrooksignalen alleen toe te schrijven aan de toegepaste wrijvingsreductie systemen.

Daarna zijn 2 wrijvingsreductie systemen (A&B) getest op 2 asfaltproefstukken met een diameter van 100 mm en een hoogte van 60 mm en later ook op 2 asfaltproefstukken met een diameter van 100 mm en een hoogte van 80 mm.

De wrijvingsreductie systemen:

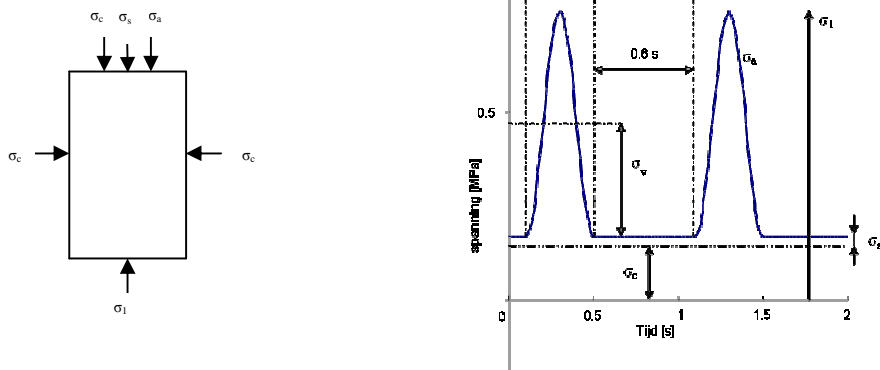
- A. latex sheet (d=0.3 mm) - siliconen vet (m=0.5 gram) - latex sheet (d=0.3 mm)
- B. twee teflon (PTFE) sheets (d=0.5 mm) op elkaar – (PTFE2)
- C. Enkellaags PTFE zoals in de concept Europese proefnorm NEN-EN 12697-25B (PTFE1)
- D. PTFE-siliconenvet-vershoudfolie
- E. Latexmembraan-siliconenvet-latexmembraan met dikker (d=0.5 mm) latexmembraan

De asfalt proefstukken zijn van het type AC 8 surf, een dicht asfaltbeton 0/8 met een SBS polymeer gemodificeerd bitumen. De dichtheden, hoogten en spanningscondities voor de diverse proefstukken staan vermeld in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Proefstukgegevens en proefstukcondities

	Ø[mm]	H [mm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	# rekstroken	$\sigma_c$ [kPa]	$\sigma_v$ [kPa]	T [°]
PUR	100	80	1260	9	50	50	40
131681	99.9	60	2339	12	150	300	50
131683	99.9	60	2347	12	150	300	50
131685	100.1	80	2328	12	150	300	50
131686	100	80	2328	12	150	300	50

De spanningscondities zijn aangebracht volgens de norm NEN 12697 25B [1], het RAW toplaag protocol [2] en volgens onderstaand principe en formulering.



*Figuur 3.1: Spanningscondities in de triaxiaal proef*

$$\sigma_a(t) = \sigma_v(1 + \sin(2\pi ft)) \quad (2.1)$$

$$\sigma_1(t) = \sigma_a(t) + \sigma_c \quad (2.2)$$

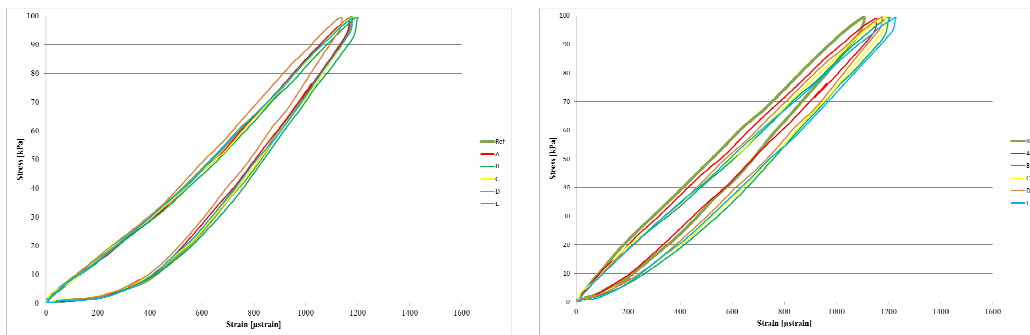
In de resultaten zijn, conform figuur 3.1, drukspanningen en -rekken positief en trekspanningen en -rekken negatief.

De proefcondities van de asfalt proefstukken zijn conform het RAW deklaag protocol. De proefconditie voor het PUR proefstuk is gebaseerd op het RAW onderlaag protocol. Echter is daar voor de axiale spanning  $\sigma_v = 50$  kPa i.p.v. 200 kPa gekozen om de rekstroken te beschermen tegen te grote rekken.

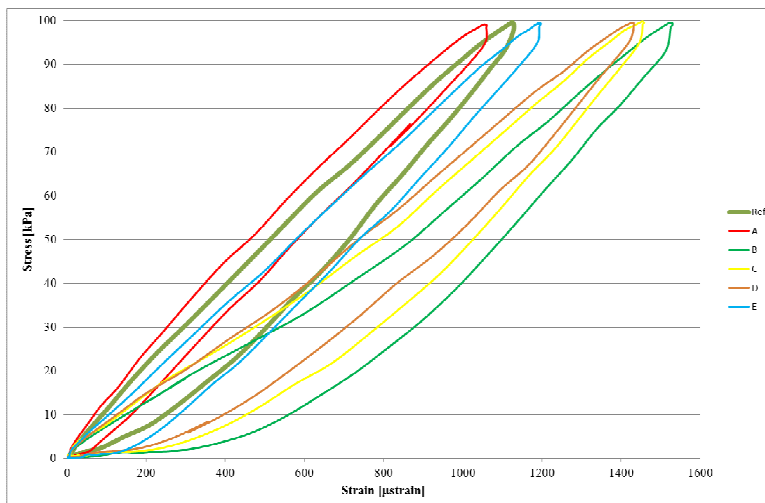
## 4 Resultaten PUR proefstuk

Bij deze meting is steeds aan de onderzijde het wrijvingsreductie systeem veranderd. Aan de bovenzijde zit gelijk de bovenplaat en verandert niks. Bij de referentie meting zit dus aan beide zijden niks.

De proef is uitgevoerd op het PUR proefstuk van  $h=80$  mm en diameter van 100 mm, met steundruk van 50kPa, bij een temperatuur van  $40^{\circ}\text{C}$  en met  $\sigma_a = 100$  kPa. Er zijn 100 lastherhalingen aangeboden, de 75ste lastherhaling is weergegeven. De rekstrook signalen zijn per hoogte gemiddeld. Als referentie wordt bovendien de proef zonder wrijvingsreductiesysteem meegenomen (Ref1).



Figuur 4.1: Rek-spanningslus aan de bovenzijde (links) en in het midden (rechts); alle wrijvingsreductiesystemen zitten aan de onderzijde

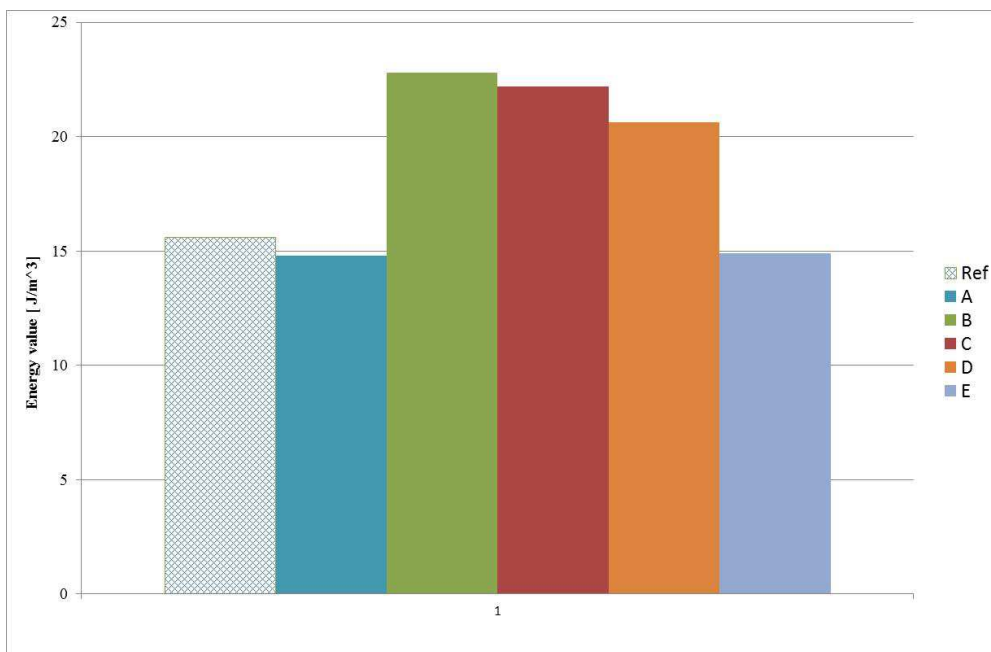


Figuur 4.2: Rek-spanningslus aan de onderzijde van alle wrijvingsreductiesystemen



Vanwege het visco-elastische gedrag van het PUR proefstuk verwachten we door interne wrijving enige energiedissipatie in de hystereselus. Deze hystereselus is echter nagenoeg constant en wordt beïnvloed door de externe wrijving tussen proefstuk en belastingplaat en dus door het wrijvingsreductiesysteem.

Dit is ook te zien door de hystereselus in het midden te vergelijken met de hystereselus aan de bovenzijde, waar geen wrijvingsreductie is toegepast. De vorm verschilt van elkaar en is consistent. Aan de onderzijde blijkt het wrijvingsreductiesysteem de hystereselus te beïnvloeden in vorm en grootte. De grootte (totale energiedissipatie) kan worden bepaald door het oppervlak van de spannings-rek lus uit te rekenen. In onderstaande grafiek zijn deze waarden weergegeven.

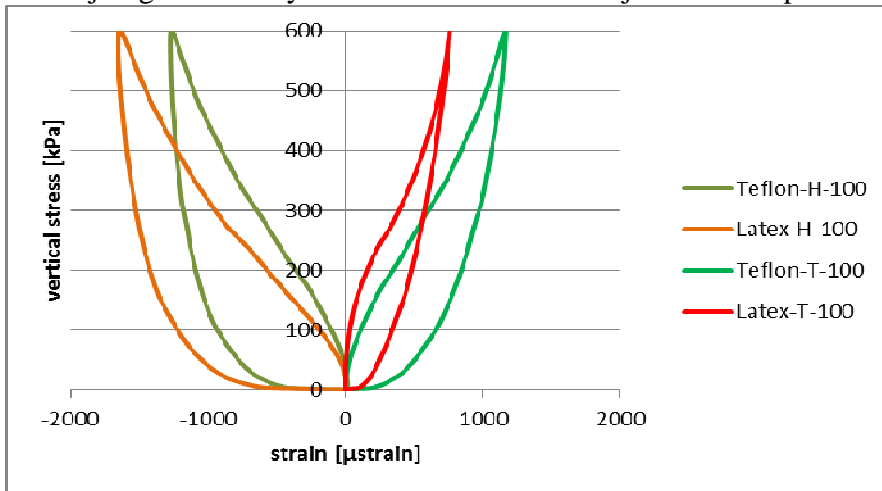


*Figuur 4.3: Energie waarden aan de onderzijde; alle wrijvingsreductiesystemen zitten aan de onderzijde*

Uit Figuur 4.2 en 4.3 blijkt dat de hystereselus van het latex systeem A de meeste gelijkenis vertoont met de hystereselus in het midden. Latex E volgt daarna maar hiertussen ligt de referentie al, hetgeen aannemelijk is omdat er weliswaar een laagje vet tussen de latex sheets zit, maar er feitelijk twee rubberachtige materialen (Latex en PUR) op elkaar liggen en er dus eigenlijk weinig verandert. Figuur 4.2 en 4.3 laten meer energiedissipatie zien voor de andere systemen (B, C en D). Ook de axiale rek is daar groter, maar gezien de vorm veroorzaakt dit slechts ten dele de grotere energiedissipatie. Toepassing op asfalt zal uitsluitend moeten geven of dit dan ook zo is, maar er is in ieder geval aantoonbaar verschil te zien in de hystereselussen tussen de verschillende wrijvingsreductie systemen.

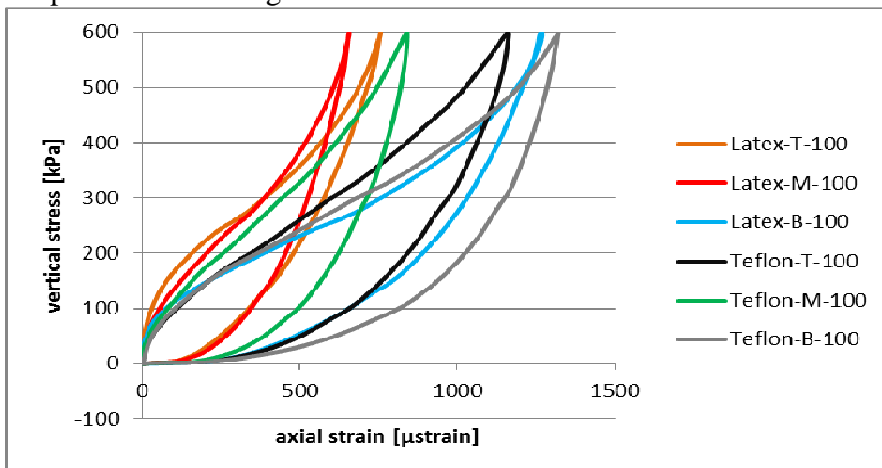
## 5 Resultaten asfalt proefstuk

De triaxiaalproef op het asfaltproefstuk ( $h=80$  mm en  $\varnothing=100$  mm) is uitgevoerd met twee wrijvingsreductie systemen A (Latex) en B (Teflon). De proef is, conform het RAW deklaagprotocol, uitgevoerd met een steundruk van 150 kPa, bij een temperatuur van  $50^{\circ}\text{C}$  en met  $\sigma_a = 600$  kPa. Er zijn 10.000 lastherhalingen aangeboden, waarbij de 100ste lastherhaling is weergegeven. De rekstrook signalen zijn per hoogte gemiddeld. De wrijvingsreductie systemen zitten aan beide zijden van het proefstuk.



Figuur 5.1: Rek-spanningslus aan de bovenzijde van de gemiddelde radiale (H) en gemiddelde axiale rekstroken (T) van de wrijvingsreductiesystemen A (Latex) en B (Teflon)

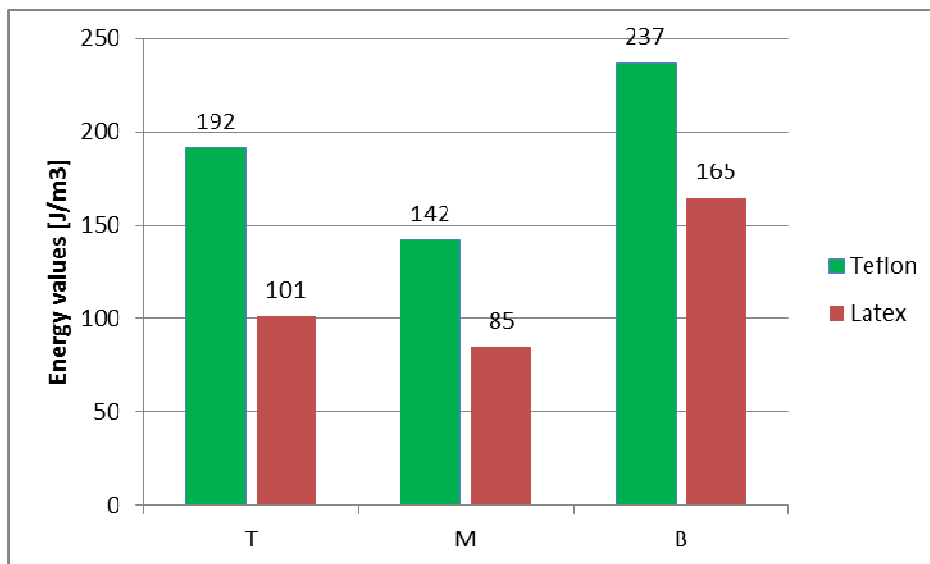
In figuur 5.1 zijn de rekken van de radiale rekstroken negatief. In figuur 5.2 zijn de rek-spanningslussen weergegeven aan de bovenzijde (T), onderzijde (B) en midden (M) van het proefstuk van de gemiddelde axiale rekstroken.



Figuur 5.2: Rek-spanningslus aan de bovenzijde (T), onderzijde (B) en midden (M) van het proefstuk van de gemiddelde axiale rekstroken

Vergelijking 2 wrijvingsreductiesystemen  
in triaxiaalproef op asfalt

Wordt gekeken naar de hysteresis van de 100<sup>ste</sup> cycle in axiale richting dan blijkt de gedissipeerde energie (oppervlakte van de lus) aan de randen en in het midden groter voor de teflon wrijvingsreductielaag (Figuur 5.3).



*Figuur 5.3: Verschillen in gedissipeerde energie tussen systeem A (Latex) en B (Teflon) in de 100<sup>ste</sup> lastherhaling in axiale richting aan bovenzijde (T), midden (M) en onderzijde (B) van het proefstuk*

Voor de latex wrijvingsreductie laag zijn de *axiale* (visco-)elastische rekken aan de randen (B en T) van het asfalt proefstuk kleiner dan bij de teflon wrijvingsreductie laag. Voor de *radiale* (visco-)elastische rek aan de bovenzijde geldt het tegenovergestelde: deze is groter voor de latex wrijvingsreductielaag.

Echter moet worden gesteld dat de wrijvingsreductiesystemen zijn getest bij verschillende proefstukken. Dat betekent dat voorzichtig moet worden omgegaan met het vergelijken van absolute piek-piek rekken. Het is daarom beter te kijken naar de verhoudingen van de reversibele rekken van één proefstuk met wrijvingsreductiesysteem.

In tabel 5.1 worden in de 2<sup>de</sup> en 3<sup>de</sup> kolom de axiale (visco-) elastische piek-piek rekken aan de boven- en onderzijde van het proefstuk gemiddeld ( $V_{rand}$ ) en aan de axiale rek in het midden van het proefstuk ( $V_m$ ) gerelateerd.

In de 4<sup>de</sup> en 5<sup>de</sup> kolom staan de verhoudingen wanneer de gemiddelde radiale (visco-) elastische piek-piek rekken aan de bovenzijde van het proefstuk ( $H_T$ ) gerelateerd worden aan de gemiddelde axiale piek-piek rekken van de axiale rekstroken aan de bovenzijde ( $V_T$ ).

Tabel 5.1: Verhoudingen in piek-piek rekken (hoogte proefstuk= 80 mm)

lastherhaling	Latex ( $V_{rand}/V_m$ )	Teflon ( $V_{rand}/V_m$ )	Latex ( $H_T/V_T$ )	Teflon ( $H_T/V_T$ )
38	1.48	1.48	2.22	1.11
940	1.55	1.40	1.75	0.84
2160	1.60	1.39	1.53	0.78
5262	1.64	1.34	1.39	0.75

Tabel 5.1 laat zien dat er voor beide wrijvingsreductiesystemen aan de bovenzijde grotere axiale rekken worden gemeten dan in het midden, voor beiden nagenoeg in dezelfde verhouding. Gedurende de proef neemt deze verhouding toe voor systeem A en af voor systeem B. Aan de bovenzijde is de radiale rek, gerelateerd aan de axiale rek aldaar, beduidend hoger voor de latex wrijvingsreductielaag. Dit kan wijzen op minder weerstand in radiale richting voor het latex wrijvingsreductiesysteem, maar aannemelijker is dat dit het gevolg is van ontstane trekspanningen in radiale richting.

De triaxiaalproef op het asfaltproefstuk ( $h=60$  mm en  $\varnothing=100$  mm) is op dezelfde manier uitgevoerd als de proef op het proefstuk van  $h=80$  mm.

Door hapering van het meetprogramma zijn van deze twee proefstukken niet de rekspanningsslussen van de rekstroken gemeten. Wel konden de piek-piek waarden worden bepaald. Worden de axiale (visco-) elastische piek-piek rekken aan de boven- en onderzijde van het proefstuk gemiddeld en aan de axiale rek in het midden van het proefstuk gerelateerd dan worden de volgende verhoudingen gevonden (kolom 1 en 2):

Tabel 5.2: Verhoudingen piek-piek rekken (hoogte proefstuk= 60 mm)

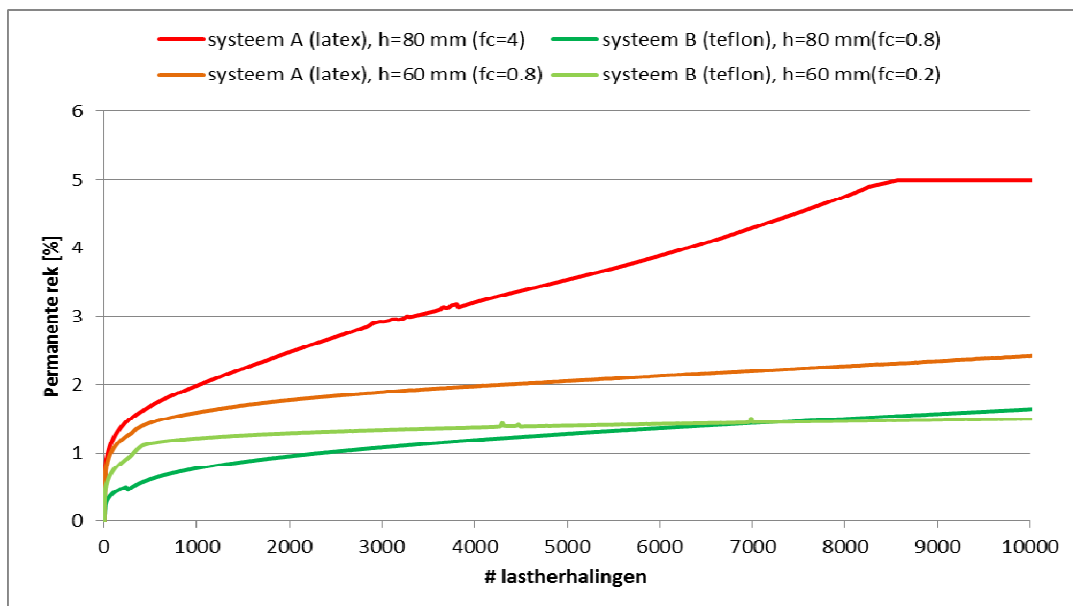
lastherhaling	Latex ( $V_{rand}/V_m$ )	Teflon ( $V_{rand}/V_m$ )	Latex ( $H_T/V_T$ )	Teflon ( $H_T/V_T$ )
38	0.84	1.01	1.58	0.88
940	0.83	0.99	1.76	1.02
2160	0.80	0.99	1.76	1.03
5262	0.82	1.05	1.78	1.02

In de 3<sup>de</sup> en 4<sup>de</sup> kolom in de tabel staan de verhoudingen vermeld wanneer de radiale (visco-) elastische piek-piek rekken aan de bovenzijde van het proefstuk gerelateerd worden aan de gemiddelde axiale rek aan de bovenzijde ( $V_T$ ).

Tabel 5.2 laat zien dat er voor het teflon wrijvingsreductiesystemen aan de bovenzijde een overeenkomstige axiale rek wordt gemeten als in het midden, terwijl er daar voor het latex wrijvingsreductiesysteem een kleinere axiale rek wordt gemeten dan in het midden. Gedurende de proef blijven deze verhoudingen nagenoeg gelijk voor systeem A en B. Aan de bovenzijde is de radiale rek, gerelateerd aan de axiale rek aldaar, beduidend hoger voor de latex wrijvingsreductielaag. Ook dit kan weer het gevolg zijn van ontstane trekspanningen in radiale richting.

## 6 Totale permanente vervorming asfalt proefstuk h=60 en h=80 mm

Bij de triaxiaalproeven op de asfaltproefstukken (h=80 mm en h=60 mm) zijn ook de permanente vervormingen over het gehele proefstuk gemeten bij de twee wrijvingsreductie systemen A (Latex) en B (Teflon). Dus hierop zijn dezelfde proefstukcondities van toepassing. Dus uitgevoerd conform het RAW deklaagprotocol met een steundruk van 150 kPa, bij een temperatuur van 50°C en met  $\sigma_a = 600$  kPa. Er zijn 10.000 lastherhalingen opgelegd.



Figuur 6.1: Permanente rek van vier asfalt proefstukken met 2 wrijvingsreductie systemen.  $\sigma_c = 150$  kPa,  $\sigma_v = 300$  kPa (600 kPa piek-piek) en  $T = 50^\circ\text{C}$

Te zien is dat het latex wrijvingsreductiesysteem (A) een veel grotere permanente vervorming mogelijk maakt dan het teflon wrijvingsreductie systeem (B). Echter blijkt dat het wrijvingsreductie systeem niet opweegt tegen het verhogen van het proefstuk van 60 mm naar 80 mm.

Opvallend was dat het teflon wrijvingsreductie systeem (B) vastgeplakt zat aan het proefstuk na beproeving, hetgeen mede de geringe permanente vervorming kan verklaren (zie figuur 6.2).



*Figuur 6.2: De wrijvingsreductie systemen A (rechts) en B na de proef op het asfaltproefstuk van 80 mm hoog*

Opvallend is ook de hoge  $f_c$  van 4 voor systeem A bij  $h=80$  mm. Vermoedelijk werkt het latex wrijvingsreductiesysteem op een verkeerde manier en wordt de permanente rek bevorderd. De permanente rek van de rekstrook signalen zijn niet gebruikt omdat de rekstroken niet temperatuur gecompenseerd waren.

## **7 Conclusie en discussie**

In de triaxiaalproef op asfalt (volgens NEN 12697-25B) maakt het latex wrijvingsreductiesysteem (A) een veel grotere permanente rek mogelijk dan het teflon wrijvingsreductie systeem (B). Echter blijkt dat het wrijvingsreductie systeem niet opweegt tegen het verhogen van het proefstuk van 60 mm naar 80 mm. Ook is er gegronde twijfel of het latex wrijvingsreductie systeem wel de juiste manier is om de wrijving te reduceren. Vermoedelijk treden er in het contactvlak trekspanningen op aan het asfalt door indrukking van de latex membranen en wordt de permante rek daardoor extra bevorderd. Iets wat waarschijnlijk niet voorkomen wordt door het laagje siliconen vet ertussen.

Worden twee asfalt proefstukken met een diameter van 100 mm en een hoogte van 80 mm en 60 mm beproefd volgen het triaxiaal RAW 2015 [2] deklaag protocol en wordt het voorzien van rekstroken dan wordt gemiddeld gevonden voor het latex wrijvingsreductie systeem (A) t.o.v. het teflon wrijvingsreductie systeem (B) voor de 100<sup>ste</sup> lastherhaling:

1. Een kleinere axiale (visco)-elastische rek van A t.o.v. B aan de randen ten opzichte van het midden voor  $h=60$  mm en een overeenkomstige axiale (visco)-elastische rek van A t.o.v. B voor  $h=80$  mm
2. Een grotere radiale (visco)-elastische rek aan de rand (bovenzijde) voor A t.o.v. B ten opzichte van de axiale rek aldaar voor beide proefstukken

Vergelijking 2 wrijvingsreductiesystemen  
in triaxiaalproef op asfalt

3. Minder gedissipeerde energie voor A t.o.v. B aan de randen en in het midden in axiale richting voor  $h=80$  mm. Voor het proefstuk  $h=60$  mm is dit niet gemeten.

In welke mate de bolling van het proefstuk het signaal van de axiale rekstroken beïnvloed is complex. Dat maakt de interpretatie van de axiale rekstrooksignalen lastig. De radiale rekstrooksignalen lijken meer geschikt om bij asfalt de invloed van de wrijving te meten. Achteraf was het beter geweest om 9 radiale rekstroken, waarvan 3 in het midden, op het proefstuk te plakken en deze signalen te beoordelen. Bij verder onderzoek wordt dit dan ook sterk aanbevolen.

Dit in ogenschouw nemend, laten de rekstrooksignalen zien dat voor wrijvingsreductie systeem A de radiale (visco-) elastische rek aan de rand verhoudingsgewijs groter is dan voor systeem B ten opzichte van de daar gemeten gemiddelde axiale (visco-) elastische rek. Dit neigt naar de veronderstelling dat door het latex membraan trekspanningen worden veroorzaakt in het contactvlak. Dit kan ook verklaren waarom de axiale piek-piek rekken aan de rand van het proefstuk bij het latex wrijvingsreductie systeem A in het algemeen kleiner zijn dan bij het teflon wrijvingsreductie systeem B.

Het wrijvingsreductie systeem A laat in axiale richting minder gedissipeerde energie zien in de hysteresis van de 100<sup>ste</sup> lastherhaling. Minder gedissipeerde energie in de hysteresis lijkt te wijzen op minder wrijving in het contactvlak voor wrijvingsstelsel A. Echter is enige terughoudendheid op zijn plaats hoe en in welke mate de latexlaag tussen het proefstuk en de belastingsplaat de axiale en radiale spanningen beïnvloed en daarmee de rekken en hysteresis.

Voor een juiste interpretatie van alle gemeten rekken is het wenselijk met een Eindig Elementen Programma (FEM) de triaxiaalproef met de twee wrijvingsreductielagen te simuleren.

Vooralsnog lijken beide wrijvingsreductiesystemen A en B niet zalig makend. Waarschijnlijk is het beter de richting in te gaan van een wrijvingsreductiesysteem die tussen beide systemen in ligt. Hogere proefstukken met een hoogte/diameter verhouding van minimaal 0.8 lijkt in ieder geval een must.

## **8 Referenties**

[1] Dutch Standard NEN-EN 12697-25, Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt- Part 25: Cyclic compression test

[2] Standard RAW Bepalingen 2015, CROW, Ede, 2014

[3] Technical Information PUR VULKOLLAN 93° Shore A:  
[www.raedervogel.de/en/wheel-materials/vulkollan.html](http://www.raedervogel.de/en/wheel-materials/vulkollan.html)