

Project Energiezuinige weg – verlagen rolweerstand

1. Inleiding

De provincie Zuid-Holland stimuleert energie-reducerende innovaties die kunnen worden ingezet bij het (her)inrichten van het provinciaal wegennet. De provincie draagt onder andere op deze manier bij aan de doelstellingen van het Nederlandse energieakkoord betreffende het reduceren van energie en CO₂ uitstoot.

Eén van de innovaties die de provincie Zuid-Holland het afgelopen jaar heeft gestimuleerd, is het verminderen van het brandstofverbruik van voertuigen, en dus de CO₂ uitstoot, door het ontwikkelen en toepassen van speciale wegdekken met een lage rolweerstand.

In dit kader hebben de provincie Zuid-Holland, Strukton Civiel en TNO gezamenlijk onderzoek verricht ten behoeve van de realisatie van een wegdek dat de rolweerstand van banden verlaagt en daarmee brandstofverbruik en de CO₂ emissies beperkt.

In deze notitie worden het doel, de aanpak en de onderzoeksresultaten (in het laboratorium en in de praktijk) uitgelegd en toegelicht. Tevens wordt er een vooruitblik gegeven welke impact de resultaten hebben en hoe zo'n energiebesparend wegdek in de toekomst slim (functioneel) uitgevraagd kan worden door wegbeheerders.

2. Doel, aanpak en beoogde resultaat van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek was drieledig:

- De technische haalbaarheid vaststellen van een energiebesparende asfaltdeklaag met een lage rolweerstand;
- Het ontwikkelen van een betrouwbare meetmethodiek voor rolweerstand in het laboratorium (en gevalideerd in de praktijk);
- Het opstellen van een functionele ontwerpspecificatie voor toepassing van een energiebesparende asfaltdeklaag als uitvraag door een opdrachtgever.

Het beoogde resultaat van dit onderzoek was de realisatie van een deklaag met bewezen verbeterde rolweerstand: Proof of Concept (PoC) dat voldoet aan alle vereiste wegdekeigenschappen (zoals stroefheid, geluid en levensduur) plus een meetmethodiek en een functionele ontwerpspecificatie.

De aanpak van het onderzoek was als volgt:

- (1) Uitvoeren van een literatuuronderzoek om de belangrijkste parameters voor de ontwikkeling van een wegdek met een lage rolweerstand te identificeren;
- (2) Ontwikkelen en inrichten van een laboratoriumproefopstelling om de rolweerstand van asfaltmengsels te kunnen bepalen en de geoptimaliseerde asfaltmengsels te beoordelen;
- (3) Het optimaliseren van bestaande asfaltmengsels;
- (4) Het aanleggen van een proefvak van het best presterende geoptimaliseerde mengsel (in het laboratorium) en het valideren van de laboratoriumresultaten.

Het onderzoek heeft geresulteerd in de ontwikkeling van een asfaltdeklaag waarvoor experimenteel bewijs is aangedragen dat het de weerstand tussen band en wegdek verlaagt (rolweerstand) en daarmee een positief effect heeft op het energie-/brandstofverbruik van voertuigen. Ook is er een laboratoriummethodiek ontwikkeld waarmee de rolweerstand van wegdekken in het laboratorium kan worden bepaald. Op basis hiervan is een eerste aanzet voor een (functionele) ontwerpspecificatie voor energiebesparende asfaltdeklagen opgesteld.

3. Beschrijving aanpak en belangrijkste onderzoeksresultaten

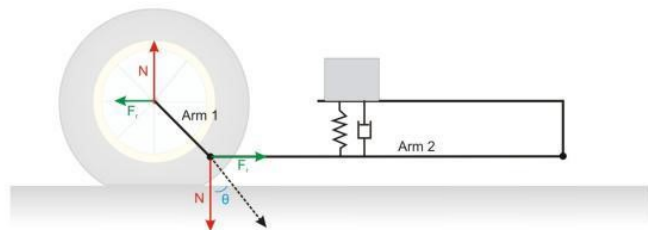
Literatuurstudie

Bij aanvang van het onderzoek is door middel van een literatuurstudie vastgesteld welke wegdekgrootheden, en in welke mate, van invloed zijn op de rolweerstand. Op basis hiervan zijn een aantal materiaaleigenschappen en uitvoeringskarakteristieken van asfaltdeklagen gedefinieerd die geoptimaliseerd kunnen worden om tot verandering van de rolweerstand van een standaard asfaltdeklaag te komen. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat met name de grootheid 'textuur

van het wegdek' (Mean Profile Depth; MPD) in grote mate bijdraagt aan de rolweerstand. Verder zijn de vlakheid en in mindere mate de stijfheid van de gehele constructie van invloed op de rolweerstand. Deze resultaten van de literatuurstudie zijn als uitgangspunt genomen voor het optimalisatieproces. Het vertrekpunt voor de optimalisatie betrof het mengselontwerp van bestaande asfaltdeklagen. Door de innovatie vanuit reeds bestaande en bewezen materialen en mengsels te starten, werd het risico dat aan andere vereiste wegdekeigenschappen niet zou worden voldaan (zoals stroefheid, geluid en levensduur) geminimaliseerd.

Laboratoriummethodiek

Ten behoeve van de optimalisatie van rolweerstand is een meetmethode ontwikkeld waarmee de rolweerstand op laboratoriumschaal kan worden gekarakteriseerd. Voor de ontwikkeling van deze laboratoriummethodiek is het meetprincipe van de reeds bestaande rolweerstand-meettrailer van de TU Gdansk als basis gebruikt, aangezien deze meettrailer nationaal als de standaard voor rolweerstandsmetingen wordt gebruikt – zie figuur 1.



Figuur 1: Meettrailer & meetprincipe TU Gdansk

Het meetprincipe is geïmplementeerd in de SR-ITD[®] (Skid Resistance & Smart Ravelling & Sophisticated Rolling - Interface Testing Device) – zie figuur 2. Hiermee kan naast de stroefheid en rafelingsweerstand van een wegdek, nu ook de rolweerstand van een wegdek gekarakteriseerd worden. De SR-ITD[®] meet de Torque-span (momentkracht) die nodig is om een band over een plaat met een bepaald type wegdek te laten rollen. Hiermee wordt de relatieve rolweerstand van een wegdek (t.o.v. referentiewegdekken) gekarakteriseerd. In bijlage 1 is de proefprocedure in meer detail beschreven. Het betreft een non-destructieve meetmethode, dus dezelfde plaat kan daarna nog beproefd worden op stroefheid en/of rafeling.



Figuur 2: Rolweerstandsmeting in het laboratorium op een asfaltplaat

Optimalisatie asfaltmengsel

Iteratief zijn bestaande asfaltdeklagen met behulp van de laboratoriummethodiek geoptimaliseerd op rolweerstand. De resultaten zijn vervolgens vergeleken met de rolweerstand van een deklaag welke veel door de provincie Zuid-Holland wordt toegepast: SMA 11B. De ranking van de asfaltdeklagen op rolweerstand op basis van de ontwikkelde laboratoriummethodiek is weergegeven in tabel 1. Uit deze laboratoriumresultaten blijkt dat circa 20-25% rolweerstandreductie is gerealiseerd ten opzichte van de SMA 11B.

Tabel 1: Ranking deklagen op rolweerstand op basis van de ontwikkelde laboratoriummethodiek

| Asfaltdeklaag | Relatieve rolweerstand (laboratoriummeting SR-ITD®) |
|-----------------------------------|--|
| SMA 11B | 100% (referentie deklaag) |
| AC 16 surf | 90% |
| Ultradunne deklaag 5 | 90% |
| Poreuze dunne deklaag 5 | 84% |
| Dunne deklaag 8 | 80% |
| Optimalisatie #1: DGD 5 | 78% |
| Optimalisatie #2: Dunne deklaag 5 | 73% → Praktijkvalidatie: Proefvak aangelegd in de praktijk |

Aanleg en validatie van het asfaltmengsel in de praktijk

Na de ontwikkeling van de laboratoriummethodiek en optimalisatie van de deklagen is het best presterende deklaagmengsel (optimalisatie #2: Dunne Deklaag 5) en het referentiemengsel (SMA 11B) in de praktijk aangelegd om te valideren of in de praktijk dezelfde verschillen als in het laboratorium gevonden zouden worden. In Hoorn is een proefvak van ca. 200 meter per type deklaag (200 meter SMA 11B en 200 meter Dunne deklaag 5) aangelegd – zie figuur 3. De realisatie van de deklaag vond plaats met behulp van bestaande wegenbouwmachines. De uitvoeringsomstandigheden zijn uitvoerig gemonitord (volgens de ASPARI-methodiek met apparatuur van de Universiteit Twente). Hieruit is gebleken dat de uitvoeringskwaliteit hoog en consistent was.

Om vervolgens de rolweerstand van het proefvak te valideren, heeft de TU Gdansk de rolweerstandeigenschappen gemeten met hun (in Nederland veel toegepaste) meettrailer (figuur 1). Ook zijn er met de TU Gdansk meettrailer eerder aangelegde wegvakken gemeten op het Nederlandse wegennet (de deklagen die ook in het laboratoriumonderzoek zijn gemeten).

Daarnaast zijn de belangrijkste functionele eigenschappen van de deklaag in het proefvak gecontroleerd: veiligheid (stroefheid) en geluidreductie (CPX). Tevens zijn voor het geoptimaliseerde mengsel ook de voor een deklaag relevante mechanische eigenschappen onderzocht: slijtsterkte, scheurtaaiheid, watergevoeligheid (ITSR) en de spoorvormingsgevoeligheid (f_c).



Figuur 3: Compilatie aanleg proefvak in de praktijk (praktijkvalidatie)

Uit de metingen in de praktijk blijkt dat de ranking gevonden in het laboratorium grotendeels overeenkomt met de rolweerstandsmetingen in de praktijk (voor bepaalde deklagen bleek dat de textuur in het laboratorium anders was dan de textuur in de praktijk, wat de ranking voor die deklagen verklaart). Dit laat zien dat de laboratoriumproef een goed voorspellend vermogen heeft.

De rolweerstandsmetingen hebben vastgesteld dat het gerealiseerde deklaagmengsel (optimalisatie #2: Dunne Deklaag 5) een rolweerstandreductie heeft van 10% ten opzichte van de rolweerstand van het referentiemengsel (SMA 11B).

In vergelijking tot eerder aangelegde wegvakken (SMA 11B) in de provincie Zuid-Holland scoort het geoptimaliseerde mengsel zelfs ca. 20% beter (minder rolweerstand). Daarnaast blijkt uit de overige metingen dat het geoptimaliseerde deklaagmengsel ook beter scoort dan het referentiemengsel op stroefheid (ca. 30% beter) en geluidreductie (verschil van ca. 5,5 dB(A) initieel). Daarnaast voldoet het deklaagmengsel tevens aan de opleveringscriteria voor vlakheid volgens de RAW standaard.

In tabel 2 is kwalitatief weergegeven hoe het geoptimaliseerde asfaltmengsel (Optimalisatie #2: Dunne deklaag 5) zich verhoudt ten opzichte van de standaard toegepaste SMA 11B (het referentiemengsel). Hierin wordt zichtbaar dat het geoptimaliseerde mengsel beter scoort op stroefheid, geluid en rolweerstand en gelijkwaardig scoort qua levensduur en kosten. De mechanische eigenschappen (splijtsterkte, scheurtaaiheid, watergevoeligheid en de spoorvormingsgevoeligheid) zijn vergelijkbaar met de referentie.

Tabel 2: Vergelijking Optimalisatie #2 (Dunne deklaag 5) vs. SMA 11B

| Eigenschap | -- | - | 0 | + | ++ |
|---------------------------|----|---|---|---|----|
| Stroefheid/remvertraging | | | | X | |
| Geluidreductie | | | | | X |
| Rolweerstand | | | | | X |
| Levensduur* | | | X | | |
| Kosten per m ² | | | X | | |

* De levensduur op basis van de functionele laboratoriumproeven is gelijkwaardig, maar de levensduur in de praktijk kan nog niet 100% betrouwbaar ingeschat worden en is dus ingeschat op de range -/0/+.

Hiermee zijn de beoogde projectresultaten: een Proof of Concept (PoC) van een asfaltdeklaag met bewezen verbeterde rolweerstand verkregen. Tevens is aangetoond dat dit niet ten koste is gegaan van andere functionele eigenschappen of meerkosten voor aanleg (per m²) en is er voldoende vertrouwen dat de levensduurprestatie vergelijkbaar is.

4. Impact onderzoeksresultaten

Op basis van de behaalde resultaten is een inschatting gemaakt van de impact qua energie- en milieubaten voor de provincie, de weggebruikers en de Nederlandse maatschappij.

Een rolweerstandreductie vertaalt zich direct in een verlaging van het brandstofverbruik. De grootte van de verlaging is afhankelijk van het type verkeer en de snelheid. De verlaging van de rolweerstand verhoudt zich tot de hoeveelheid brandstofbesparing ongeveer met een factor 5:1 voor dit type verkeer en de snelheid op een provinciale weg. Dat wil zeggen dat voor iedere % rolweerstandverlaging 0,2% brandstofbesparing wordt gerealiseerd. Een rolweerstandverbetering van 10% zoals gemeten in de praktijkvalidatie levert dan een brandstofbesparing op van 2% (± 0,5%) ten opzichte van een nieuwe deklaag SMA11.

Voor iedere kilometer provinciale weg met een gemiddelde verkeersbelasting van 15.000 voertuigen per etmaal (twee rijrichtingen) betekent dit een besparing van 8.000 tot 14.000 liter brandstof per kilometer per jaar (equivalent aan 22-38 ton CO₂-uitstoot) – zie tabel 3.

Tabel 3: Kosten en batenanalyse: Kosten, brandstof- en CO₂-verbruik per kilometer per jaar

| | Bij 2% brandstofbesparing | | | Bandbreedte (1,5 – 2,5%) |
|---|---------------------------|------------------|-----------|--------------------------|
| | SMA 11B | Optimalisatie #2 | Δ | Δ |
| Kosten aanleg [€] | gelijk | | | 0 |
| Brandstofkosten voor weggebruikers [€] | €729.000 | €715.000 | - €14.000 | - €11.000 tot - €17.000 |
| Brandstofverbruik [liter] | 516.000 | 505.000 | - 11.000 | - 8.000 tot - 14.000 |
| Uitstoot in CO₂ [ton] | 1513 | 1483 | - 30 | - 22 tot - 38 |

Deze reductie in CO₂-uitstoot van het verkeer per aangelegde km is groot. Ter illustratie: in 1-2 jaar is bijvoorbeeld al meer CO₂ bespaard dan dat er in totaal voor de volledige realisatie van de kilometer deklaag is vrijgekomen (materialen, productie, transport en aanleg).

5. Uitvraag en vraagspecificatie wegbeheerder

Op dit moment ontbreekt het aan ervaring om absolute grenswaarden voor de rolweerstand als eis op te nemen in een bestek of vraagspecificatie. Een proeflocatie binnen het wegennet voor het systematisch verzamelen van rolweerstandsinformatie van verschillende wegvakken kan hier wel toe

leiden. Ten behoeve hiervan kunnen wel een aantal indirecte parameters uitgevraagd worden, zodat in de toekomst aan de hand van de verzamelde prestaties wel grenswaarden en eisen opgenomen kunnen worden voor de rolweerstand.

Om toch op basis van de projectresultaten een lage rolweerstand te stimuleren wordt aanbevolen om de volgende indirecte specificaties voor (nieuwe) deklaagmengsels uit te vragen die bijdragen aan brandstofbesparing en CO₂-reductie:

- Een maximum textuurdiepte (MPD) van 1,2 mm;
- Een kleinere korrelmaat (< 11 mm) bij poreuze asfaltmengsels.

Om in de toekomst wel grenswaarden te kunnen bepalen, zodat eisen opgenomen kunnen worden voor de rolweerstand in de vraagspecificatie, wordt aanbevolen om ook de oplevering van de volgende specificaties in toekomstige uitvragen op te nemen:

- Textuur (laboratorium en praktijk): Bepaling van de textuurdiepte (MPD) onder vermelding van de gebruikte methode;
- Rolweerstand-laboratorium: Bepaling van de rolweerstand in het laboratorium met behulp van de SR-ITD® (zie bijlage 1);
- Rolweerstand-praktijk: Bepaling van de rolweerstand in de praktijk volgens het meetprincipe van de meettrailer van de TU Gdansk.

6. Vervolg en toekomst

Voor het geoptimaliseerde mengsel (PoC) is aangetoond dat het substantieel bijdraagt aan de reductie van rolweerstand en brandstof en daarmee potentieel aan de reductie van energie en CO₂ emissies van het verkeer op het provinciaal wegennet. In een vervolgtraject wordt een demonstratie- en validatietraject voorgesteld waarin het huidige PoC in een gecontroleerde omgeving van een beperkt traject wordt toegepast in het provinciale wegennet. Hiervoor wordt voorgesteld een wegtraject van 1 km weglengte aan te leggen, aansluitend aan een nieuw referentiewegdek (SMA 11B) van 1 km, zodat alle praktijkprestaties onder realistische omstandigheden gecontroleerd en systematisch gemonitord kunnen worden (en die van het brandstofbesparend-effect in het bijzonder). Aan de hand van de werkelijke prestaties in het vervolgtraject en aanvullende textuur- en rolweerstandsgegevens uitgevraagd bij de aanleg van nieuwe deklagen, wordt er voldoende informatie verzameld om te komen tot een aanscherping van de functionele specificatie voor de energiezuinige deklaag. Op basis van deze data kunnen vervolgens grenswaarden worden afgeleid. Op deze manier wordt bepaald hoe een gevalideerd brandstof-besparend deklaagmengsel door de provincie binnen het wegennet uitgevraagd, toegepast en beoordeeld kan worden.

Bijlage 1: Proefprocedure rolweerstand met de SR-ITD®

Bepaling van de relatieve rolweerstand en de textuur met de SR-ITD® (Skid Resistance & Smart Ravelling & Sophisticated Rolling - Interface Testing Device).

Proefstukken:

- Aanleveren asfaltplaten van minimaal 500x500x60 mm (verdicht volgens NEN-EN 12697-33);
- 3 platen per materiaalsoort.

Proefprocedure SR-ITD®:

- Bepalen MPD (Mean Profile Depth) van de plaat (figuur 1);
- Bepalen rolweerstand (Torque-span) van de plaat (figuur 2 en 3);
 - Rubber soort band: Blickle soft – VW 125/15R;
 - 100 rotaties per minuut;
 - 1 minuut beproeven;
 - 20 kg belasting;
 - 3 onafhankelijke metingen per plaat.



Figuur 1: Textuurmeter

Rapportage:

- Gemiddelde gemeten Torque-span per meting;
- Gemiddelde MPD per meting;
- Relatieve rolweerstand t.o.v. SMA 11B.

Het betreft een non-destructieve meting, dus de plaat kan daarna nog beproefd worden op stroefheid en/of rafeling.



Figuur 2: Rolweerstandsmeting op een asfaltplaat



Figuur 3: Rolweerstandsmeting op een staalplaat

Bijlage 2: Eigenschappen Energiezuinige deklaag – Dunne deklaag 5

De ontwikkelde dunne deklaag 5 is een (ultra)dunne energiezuinige deklaag die beter scoort op rolweerstand, geluid en stroefheid dan een standaard SMA 11B.

Kenmerken en voordelen van de Dunne Deklaag 5 (laagdikte: 20-25 mm) zijn:

- Lage rolweerstand: 10-20% lagere rolweerstand dan de standaard SMA 11B. Dit resulteert in een brandstofbesparing van ca. 2-4%;
 - Een voorbeeld: per kilometer provinciale weg met 15.000 voertuigen per etmaal bespaart de Dunne Deklaag 5 t.o.v. SMA 11B jaarlijks ca. 11.000 liter brandstof en 30.000 kg CO₂. De productie en aanleg van een nieuwe deklaag is daarmee na 1-2 jaar terugverdiend qua CO₂ en de aanleg van een geheel nieuwe constructie na 4-5 jaar;
- Initiële geluidreductie van 6,3 dB(A);
- Stroefheid: 30% hogere stroefheid, zowel droge als natte stroefheid, dan een standaard SMA 11B;
- Lange levensduur door de hoogwaardige bitumenmodificatie (Sealoflex SFB 5-90(HS));
- Goede hechting op de onderlaag door het aanbrengen van de kleeflaag en de asfaltlaag in één arbeidsgang met behulp van de speciale Novachip-asfaltteermachine;
- Kan snel aangebracht worden (10-15 m/min) waardoor er minder hinder is voor de omgeving;
- Toepassingen: Voornamelijk op provinciale en gemeentelijke wegen waar rolweerstand (duurzaamheid en brandstofverbruik) en geluidreductie belangrijke items zijn. Ook kan het product toegepast worden als overlaging op Rijkswegen als onderhoudsmaatregel.



Figuur 1: Rolweerstandsmeting op het proefvak in Hoorn



Figuur 2: Aanleg van het proefvak



Figuur 3: Dunne deklaag 5 (links) en SMA 11B (rechts)