

# Zijn veiligere wegen ook betere wegen?

ir. W. Mensonides  
*Universiteit Twente en Saxion*

ir. F.R. Bijleveld  
*Universiteit Twente*

prof. dr. ir. A.G. Dorée  
*Universiteit Twente*

Correspondentie: [w.j.mensonides@saxion.nl](mailto:w.j.mensonides@saxion.nl)

## Samenvatting

De laatste jaren is het ontwerp van asfaltwegverhardingen steeds complexer geworden. Er worden hogere eisen gesteld aan de duurzaamheid en functionele eigenschappen. De gewenste hogere duurzaamheid is onder andere ingegeven door de langere garantie periodes die op het ‘werk’ geleverd moeten worden. Bij functionele eigenschappen valt te denken aan stroefheid, geluidsreducerend en drainerend vermogen. Daarnaast vindt echter nog een hele nieuwe ontwikkeling plaats: een veiliger wegontwerp.

Het veiliger wegontwerp is een uitvloeisel van het ‘Duurzaam Veilig’ programma dat is opgestart aan het einde van de vorige eeuw. Diverse speciale wegconstructies zoals rotondes, vluchtheuvels, rijbaanscheidingen en doelstroken komen hier uit voort. Inmiddels is gebleken dat de verkeersveiligheid sterk verbeterd is en dat het ‘Duurzaam Veilig’ programma met de speciale wegconstructies hier zeer waarschijnlijk een positief effect op hebben gehad. Voor het asfaltproces leveren deze constructies echter een aantal problemen op. De complexiteit van de constructies zorgt voor een verstoring van het continue proces en leidt tot handwerk. Er is nog geen standaard werkmethode om asfalt met de hand te spreiden en (voor) te verdichten. Een eerste verkenning laat zien dat op plaatsen waar dergelijke constructies worden toegepast de variaties in de eindverdichting groter zijn. Mogelijk is er zelfs structureel een lagere eindverdichting.

Dit artikel geeft een inzicht in de consequenties van de nieuwe ontwerprichtlijnen gebaseerd op de ‘Duurzaam veilig’ methodiek. De besproken consequenties liggen op het gebied van hoeveelheid handwerk, dichtheid en de variaties daarin. De input voor de verkenning is verkregen door observaties bij een uitgevoerd asfalt project. Bij het project zijn ook op specifieke plaatsen een aantal boorkernen geboord. Deze zijn onderzocht in een asfaltlab naar hun mechanische eigenschappen.

Naar aanleiding van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er behoefte is aan vervolgonderzoek naar (1) een standaard werkwijze voor handwerk en (2) uitvoerbaarheidsaspecten van het wegontwerp.

## Inleiding

De laatste decennia worden naast ‘standaard’ mechanische eigenschappen ook functionele eigenschappen van asfalt verhardingen steeds belangrijker. Bij deze functionele eigenschappen kan men denken aan een verbeterde waterafvoer, stroefheid en geluidsreducerende eigenschappen. Ter Huerne en Doree (2006) gaven al aan dat het asfalterproces gevoelig is voor veranderingen en dat daardoor kwaliteitsproblemen kunnen ontstaan.

Echter zijn niet alleen de mengseleigenschappen onderhevig aan veranderingen. De ontwerprichtlijnen voor wegen zijn de laatste decennia ook veranderd. Met ontwerprichtlijnen voor wegen worden in dit artikel de ontwerprichtlijnen voor het geometrisch ontwerp bedoeld. Hierbij kan men denken aan boogstralen, rijbaanbreedtes, kruispuntontwerp, etc). Deze ontwerprichtlijnen lijken een directe invloed te hebben op het asfalterproces. De veranderingen in de ontwerprichtlijnen komen mede voor een groot deel voort uit de ‘Duurzaam Veilig’ methodiek.

Dit artikel focust op de consequenties van de ontwerp richtlijnen op het asfalterproces. Eerst zal een overzicht gegeven worden van hoe ‘Duurzaam Veilig’ het wegontwerp beïnvloedt. Daarna wordt bekeken hoe de ontwerprichtlijnen het asfalterproces beïnvloeden. Het asfalterproces is namelijk sterk afhankelijk van de kennis en ervaring van het team dat het uitvoert. Het zou goed mogelijk kunnen zijn dat de huidige werkmethoden in nieuwe situaties niet meer volstaan. Er is een ‘case study’ uitgevoerd waarin verschillende situaties zijn vergeleken. Deze situaties bestaan uit ‘recht-toe-recht-aan’ asfalteren van rechtstanden en het uitvoeren van enkele bijzondere wegconstructies die voortkomen uit de ontwerprichtlijnen. Uit de ‘case study’ zullen enkele voorlopige conclusies getrokken worden met betrekking tot de eindverdichting in verschillende situaties. Als laatste wordt er een doorkijk gegeven naar (de richting) van toekomstig onderzoek.

## Een veiliger wegontwerp

Voordat in wordt gegaan op het asfalterproces zullen enkele achtergronden gegeven worden van de ‘Duurzaam Veilig’ methodiek. Dit is belangrijk om te zien hoe sterk de invloed is op het wegontwerp. Aan het einde van de 20ste eeuw werd ‘Duurzaam Veilig’ geïntroduceerd. Er was behoefte aan een visie op verkeersveiligheid vanwege het hoge aantal verkeersslachtoffers. Midden jaren 80 waren er (ruim) meer dan 1000 verkeersslachtoffers (Wegman & Aarts, 2006). Duurzaam Veilig bestond uit een aantal maatregelen en de ambitieuze doelstelling om het aantal verkeersslachtoffers drastisch terug te brengen. In 2009 waren er nog maar 700 verkeersslachtoffers te betreuen. Het is moeilijk om exact aan te geven hoe groot het effect was van Duurzaam Veilig, maar er zijn sterke suggesties dat Duurzaam Veilig wel degelijk een effect heeft gehad (Weijermars & van Schagen, 2009).

De maatregelen zoals genoemd in Duurzaam Veilig zijn o.a. betere educatie van weggebruikers, handhaving en een veiliger wegontwerp. Het veiliger wegontwerp is gebaseerd op vijf principes (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid [SWOV], 2010):

Duurzaam Veilig-principe	Beschrijving
<i>Functionaliteit</i> van wegen	Monofunctionaliteit van wegen: 'stroomweg', 'gebiedsontsluitingsweg' of 'erftoegangsweg' in een hiërarchisch opgebouwd wegennet
<i>Homogeniteit</i> van massa's en/of snelheden en richting	Gelijkwaardigheid in snelheid, richting en massa bij matige en hoge snelheden
<i>Herkenbaarheid</i> van de vormgeving van de weg en voorspelbaarheid van wegverloop en van	Omgeving en gedrag van andere weggebruikers die de verwachtingen van weggebruikers ondersteunen via consistentie en continuïteit van

gedrag van weggebruikers	het wegontwerp
Vergevingsgezindheid van de omgeving en van weggebruikers onderling	Letselbeperking door een vergevingsgezinde omgeving en anticipatie van weggebruikers op gedrag van anderen
Statusonderkenning door de verkeersdeelnemer	Vermogen om taakbekwaamheid te kunnen inschatten

**Tabel 1:** De vijf principes van Duurzaam Veilig (bron: SWOV).

De eerste vier principes (functionaliteit, homogeniteit, herkenbaarheid en vergevingsgezindheid) hebben direct effect op het wegontwerp en uiteindelijk dus ook op het asfalterproces. Deze principes zullen daarom verder worden uitgewerkt.

Verkeer heeft twee verkeerskundige functies: stromen en uitwisselen. Gezien het grote verschil tussen deze twee functies vervult een weg, in het ideale geval, slechts één van deze functies (SWOV, 2010).

Het tweede principe (homogeniteit) focust op de situatie waar weggebruikers (of voertuigen) met grote verschillen in massa gebruik maken van dezelfde weg. Dan is het van belang dat de snelheid zo laag is dat bij een ongeval de kwetsbaarste weggebruiker er zonder ernstig lestel vanaf komt. Wanneer het nodig is dat de snelheid hoger ligt, dan is het noodzakelijk dat de verschillende weggebruikers, die mogelijk ook nog in verschillende richtingen rijden, fysiek gescheiden worden (SWOV, 2010). Deze twee genoemde maatregelen leiden onder andere tot de volgende constructies: rijbaanscheidingen, speciale kruispuntconstructies om frontale conflicten te voorkomen (bijv. rotondes) en doelgroepstroken (bijvoorbeeld fietspaden in een andere kleur).

Door de herkenbaarheid van de vormgeving en de voorspelbaarheid van het wegverloop worden onveilige handelingen in het verkeer zo veel mogelijk voorkomen. De verkeersdeelnemers weten hierdoor beter wat ze kunnen verwachten (typen verkeersdeelnemers, manoeuvres, wegverloop, etc) en ook wat er van hen verwacht wordt (snelheid, manoeuvres, etc) (SWOV, 2010). Uit onderzoek blijkt dat mensen minder fouten maken als ze moeten reageren op verwachte verkeerssituaties dan op onverwachte situaties (Theeuwes & Hagenzieker, 1993). Afwijkende en uitzonderlijke wegontwerpen blijken daarom lastig te implementeren.

Het vierde en laatst besproken principe (vergevingsgezindheid) is gebaseerd op het feit dat het verkeerssysteem gezien kan worden als sociaal systeem waarbij ongevallen voor een deel terug te voeren zijn op de interactie tussen de verkeersdeelnemers. Het is daarom van belang dat verkeersdeelnemers onderling rekening houden met elkaars tekortkomingen.

In belangrijke handboeken met ontwerprichtlijnen zoals de ASVV en het 'Handboek Wegontwerp' zijn de principes van Duurzaam Veilig geïmplementeerd (Wegman & Aarts, 2006). Deze ontwerp handboeken houden ook rekening met omgevingsaspecten, verkeersdoorstroming en comfort van weggebruikers. Praktische consequenties van het ontwerp op de uitvoeringsproces worden niet beschouwd.

Hoewel van een richtlijn in principe afgeweken kan worden is dit steeds minder waarschijnlijk. In een aantal gevallen is al een beroep gedaan op de richtlijnen in (civiele) rechtzaken aangaande verkeersveiligheid.

## **Consequenties van een veiliger wegontwerp**

### *Rotondes*

Een rotonde wordt beschouwd als één van de veiligste oplossingen voor een kruispunt. Op een kruispunt komen weggebruikers met verschillende massa en snelheid bij elkaar. Volgens het homogeniteitsprincipe zal de snelheid dan gereduceerd moeten worden. Op een goed

ontworpen rotonde ligt de passeersnelheid tussen de 30 en de 35 km/h. Verder is het aantal conflictpunten beperkt en zijn frontale conflicten eigenlijk uitgesloten (CROW, 2002).

Het “Handboek Wegontwerp” schrijft voor dat een rotonde de voorkeur heeft op gebiedsontsluitingswegen. Wegeman en Aarts (2006) gaan zelfs verder en stellen dat een rotonde volgens Duurzaam Veilig een vereiste is. Volgens het Nederlandse WegenBestand (NWB) waren er in 1998 1477 rotondes. In 2007 was dit aantal met 2366 toegenomen naar 3843.

De invloed van een rotonde op het asfalteerproces lijkt evident. Vooral op kleinere rotondes is het niet mogelijk in één keer de verharding aan te brengen. De beperkte straal zorgt voor problemen bij het spreiden. Op plaatsen waar het asfalt niet aangebracht kan worden met de spreimachine moet het asfalt met de hand verwerkt worden.

Daarbij zijn de aansluitende wegen voorzien van afgeronde vluchtheuvels. In de vluchtheuvels zijn ook vaak doorsteken voor fietsers. Dit leidt mogelijk tot meer handwerk. Een snelle inventarisatie bij verschillende uitvoerders leert dat er geen standaard werkmethode is om een rotonde aan te leggen.

### *Vluchtheuvels en rijbaanscheiding*

Deze constructies zorgen voor de fysieke scheiding van de verschillende weggebruikers. Vluchtheuvels bieden daarnaast voor weggebruikers de mogelijkheid om een oversteek in twee etappes te maken. Mocht tijdens het oversteken blijken dat de oversteek niet in één keer te maken is, kan de weggebruiker halverwege relatief veilig stoppen.

De uitvoering van vluchtheuvels en rijbaanscheidingen brengen enkele potentiële problemen met zich mee. Vaak hebben de vluchtheuvels afgeronde hoeken en smalle doorsteken. Deze zaken zijn vaak niet met de asfaltspreimachine te maken (zie afbeelding 1 & 2). Hier is handwerk noodzakelijk. Verder zal het asfaltspreiden mogelijk in verschillende fases moeten waardoor er (langs)naden ontstaan. Ook kunnen niet alle walsen overal even goed bij. Daardoor zijn alternatieve walspatronen noodzakelijk.



**Figuur 1 en 2:** Handwerk bij een vluchtheuvel

### *Verschillende kleuren asfalt*

Om een duidelijk onderscheid te maken tussen verschillende wegvakken die bedoeld zijn voor verschillende type weggebruikers wordt vaak gebruik gemaakt van verschillende kleuren asfalt. Fiets(suggestie)stroken worden bijvoorbeeld vaak voorzien van een rode deklaag. Daarnaast worden soms kruispuntvlakken uitgevoerd in een andere kleur.

Door het asfalteren met verschillende kleuren asfalt zal er gewerkt moeten worden in meerdere secties. Dit leidt tot meer (langs)naden en mogelijk ook meer stopplaatsen.

### *Snelheidsreducerende maatregelen*

Op wegen waar verschillende weggebruikers gebruik maken van dezelfde ruimte stelt Duurzaam Veilig dat een lage snelheid afgedwongen moet worden. Daarvoor kunnen bijvoorbeeld drempels of chicanes worden toegepast. Deze maatregelen zorgen voor een verstoring van het asfalter proces. De asfaltspreimachine kan bijvoorbeeld niet in een rechtlijn rijden en bij bepaalde (kleine) oppervlakken moet het asfalt met de hand worden gespreid.

Uit de genoemde voorbeelden kan worden afgeleid dat de volgende zaken toenemen als deze constructies worden toegepast:

- Verstoring van het asfalterproces (bijv: meer stopplaatsen)
- Handmatig spreiden van het asfalt (bijv: met een schep of dragline)
- Afwijkende/alternatieve werkwijzen (voor zowel het spreiden als verdichten)
- Meer (langs)naden (door toepassing van verschillende (kleuren)mengsels en/of het werken in meerder secties).

Brock (1999) geeft aan dat langsnaden en ontmenging de twee meest voorkomende oorzaken van voortijdige schade in asfaltverhardingen zijn. Wanneer asfalt niet met de spreimachine maar met de hand wordt verwerkt ligt het voor de hand dat er eerder ontmenging optreedt. Brock (2003) geeft aan dat ontmenging een potentieel probleem is in ieder deel van het proces, van mengselproductie tot en met het spreiden. Iedere keer als het asfalt getransporteerd wordt, dus ook vanuit de asfalttruck naar de verharding, zonder dat de juiste methode wordt gebruikt kunnen er ontmengingsverschijnselen optreden. De bijzondere wegconstructies die eerder genoemd zijn lijken dus gevoeliger voor ontmengingsverschijnselen.



**Figuur 3 en 4:** Langsnaden tussen verschillende kleuren asfalt met de eerste schade daaraan (links). In de rechter figuur is duidelijk ontmenging te zien bij de aanleg van een doorsteek.

Volgens “The Asphalt-Institute” (2007) zijn de twee belangrijkste factoren die de kwaliteit van een asfaltlaag beïnvloeden: (1) de temperatuur tijdens het asfalterproces en (2) de behaalde dichtheid. De verdichting van het asfalt zal moeten plaats vinden in een bepaald temperatuursvenster. Als het asfaltmengsel nog te heet is zal er niet genoeg stabiliteit geboden kunnen worden door het mengsel. Als het mengsel echter te ver is afgekoeld kan de wals het mengsel niet meer voldoende verdichten. In beide gevallen is het dus lastig om de beoogde dichtheid te halen waardoor mogelijk kwaliteits problemen zullen ontstaan (Miller, 2010).

Miller (2010) geeft ook aan dat er grote variaties in temperatuur van het asfaltmengsel kunnen zijn gedurende het proces. Stopplaatsen van de asfaltspreimachine dragen in sterke mate bij aan deze temperatuursvariaties. Bij de genoemde speciale wegconstructies zijn stopplaatsen waarschijnlijker en daarmee dus ook variaties in asfalttemperatuur. Het handmatig spreiden van asfalt heeft waarschijnlijk ook geen positief effect op de temperatuur. Dit suggereert dat bij speciale wegconstructies eerder problemen zijn met variaties in asfalttemperatuur en daarmee is het ook lastiger om op het juiste moment te verdichten. Als niet op het juiste moment verdicht wordt kunnen er kwaliteitsproblemen ontstaan. Dit terwijl de kwaliteit van de speciale wegconstructies mogelijk belangrijker is dan bij rechtstanden waar redelijk makkelijk een uniformere werkwijze kan worden toegepast. Bij speciale constructies als rotondes, drempels, chicanes, etc is er veel optrekkend, afremmend en draaiend verkeer. Dit geeft een extra belasting op het wegdek waardoor men zou kunnen verwachten dat een hogere kwaliteit vereist is.

### **De 'Case Study'**

Veel onderzoek dat uitgevoerd is met betrekking tot de kwaliteit van asfaltverhardingen en de factoren die daartoe bijdragen zijn uitgevoerd bij rechtstanden met een constante breedte. In deze situaties vindt de asfaltspreiding plaats doormiddel van een spreimachine en niet met de hand. Er zijn bijna geen gegevens over de invloed van handwerk op de kwaliteit.

De resultaten die in deze 'case study' worden besproken komen uit een recent uitgevoerd asfaltproject. Het project bestond uit een gebiedsontsluitingsweg met twee gescheiden rijbanen. Er werd tijdens het project een rijbaan in één richting geasfalteerd. De weg bestond uit een aantal flauwe bogen met daartussen voornamelijk rechtstanden. Ook waren er een aantal kruispunten aanwezig waar aansluitingen op bestaande wegen gemaakt moesten worden en/of een doorsteek door de middenberm naar de andere rijbaan. Het project is opgedeeld in drie secties.

Bij het project is een PQi uitgevoerd (Miller (2010)). Het merendeel van het project was redelijk 'recht-toe-recht-aan. De asfaltspreimachine kon in grote aaneengesloten stukken werken. Bij enkele kruispunten en doorstekten ten behoeve van fietspaden moest het asfalt met de hand gespreid worden. Daarnaast was er in een boog een kleine oppervlakte waar het asfalt ook met de hand gespreid moest worden.

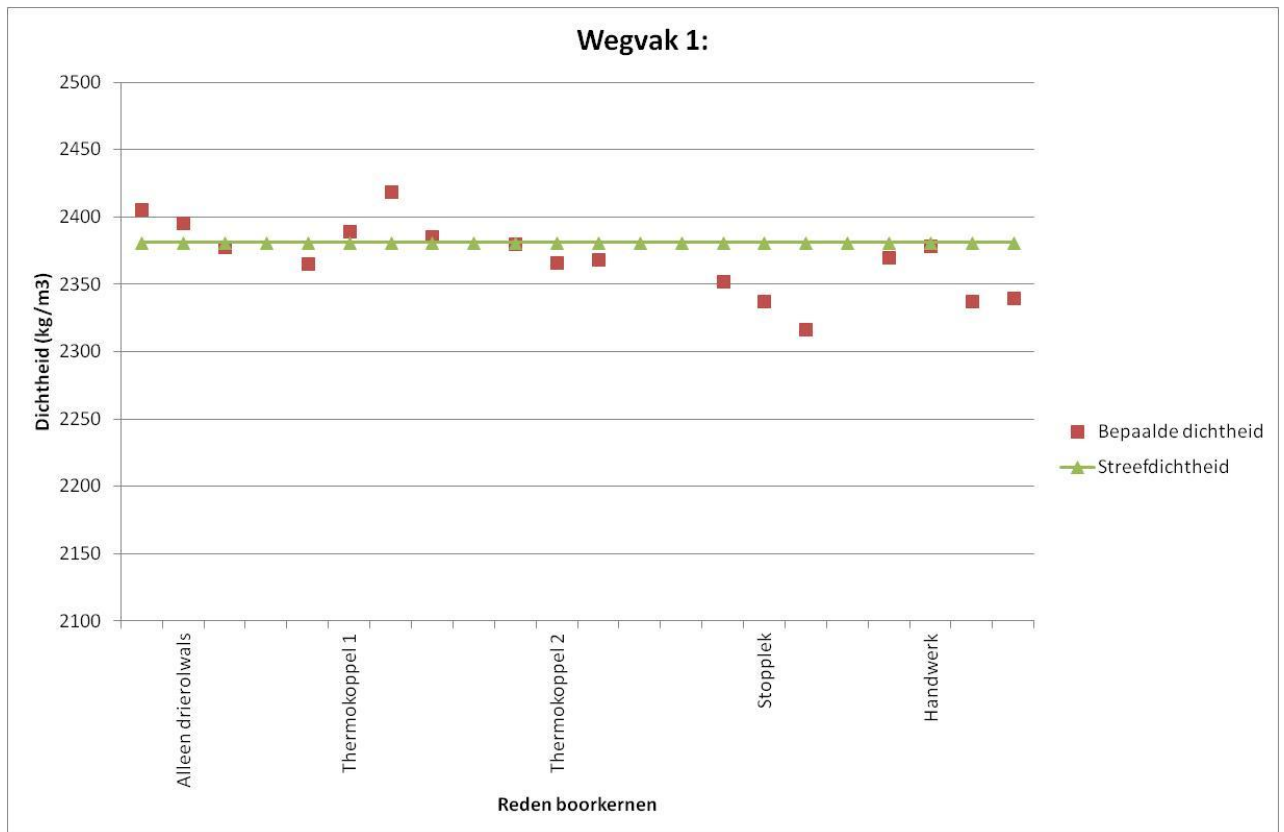
#### *Variaties in dichtheid.*

De variaties in dichtheid zijn gemeten door middel van boorkernen die genomen zijn tijdens het project. Door middel van labonderzoek is de dichtheid van deze kernen bepaald.

Uiteindelijk zijn 50 boorkernen geboord op 16 verschillende locaties (gemiddeld drie á vier kernen per locatie). Op de verschillende locaties zijn verschillende werkwijzen toegepast. Een aantal kernen zijn geboord in een rechtstand waar het asfalt met de spreimachine was gelegd onder 'normale' omstandigheden. Andere kernen zijn juist weer geboord op plaatsen waar veel handwerk is toegepast.

Er is te weinig data om een volledige statische analyse uit te voeren. De resultaten geven echter wel een globale indicatie van de potentiële kwaliteitsproblemen.

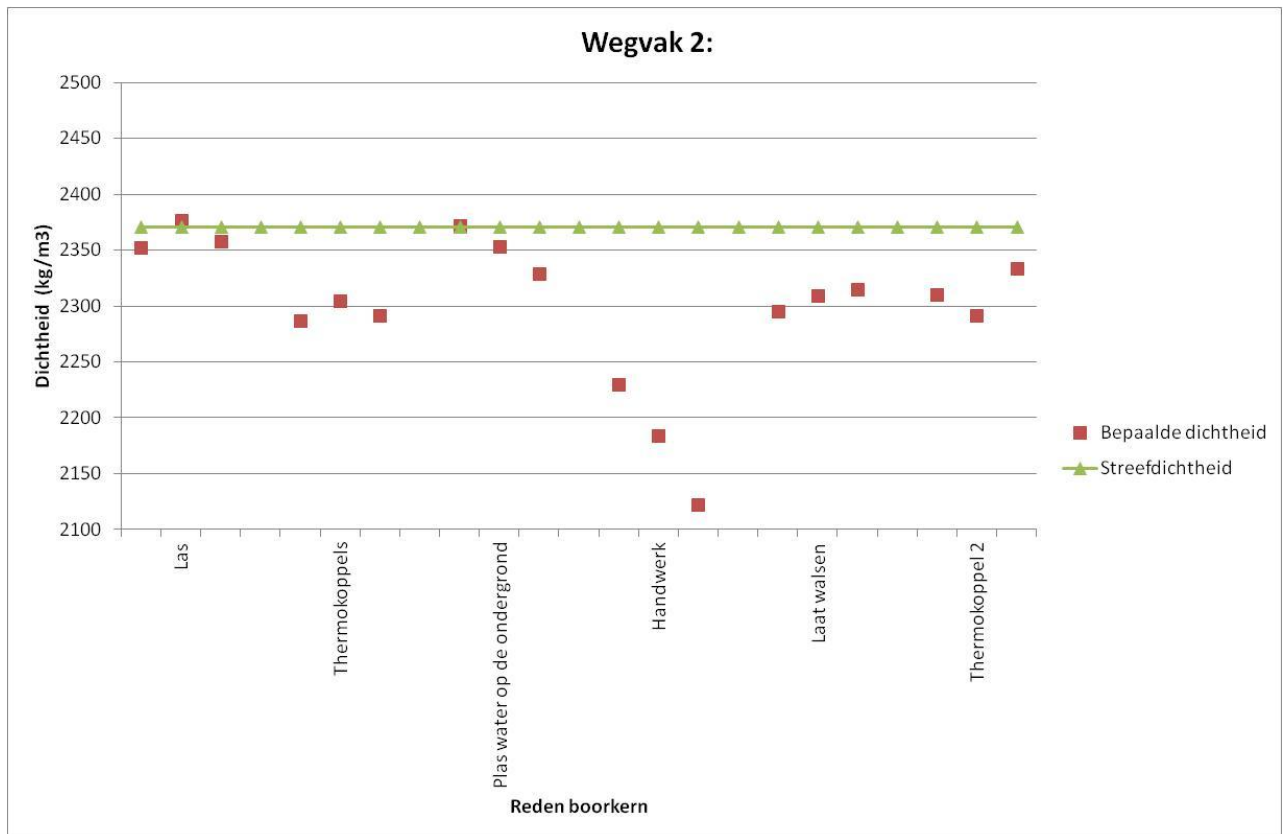
## Wegvak 1:



**Figuur 5:** Dichtheid van de verschillende kernen (wegvak 1)

In wegvak 1 zijn 17 kernen geboord (zie figuur 5). De eerste drie kernen komen uit een stuk waar alleen verdicht is met de drierolwals. De volgende 7 kernen (genomen op twee locaties) komen uit een rechtstand waar recht-toe-recht-aan geasfalteerd kon worden. De resultaten gaven geen problemen aan met betrekking tot de dichtheid; de dichtheid ligt dichtbij de streefdichtheid. De volgende drie kernen zijn genomen bij een stopplaats van de asfaltspreimachine. De machine heeft hier een langere periode stil gestaan (>15 minuten). De streefdichtheid is hier niet gehaald. De laatste vier kernen zijn geboord op een locatie waar het asfalt met de hand is gespreid. De dichtheid ligt niet ver van de streefdichtheid, maar ze zijn allemaal lager dan de streefdichtheid.

## Wegvak 2:

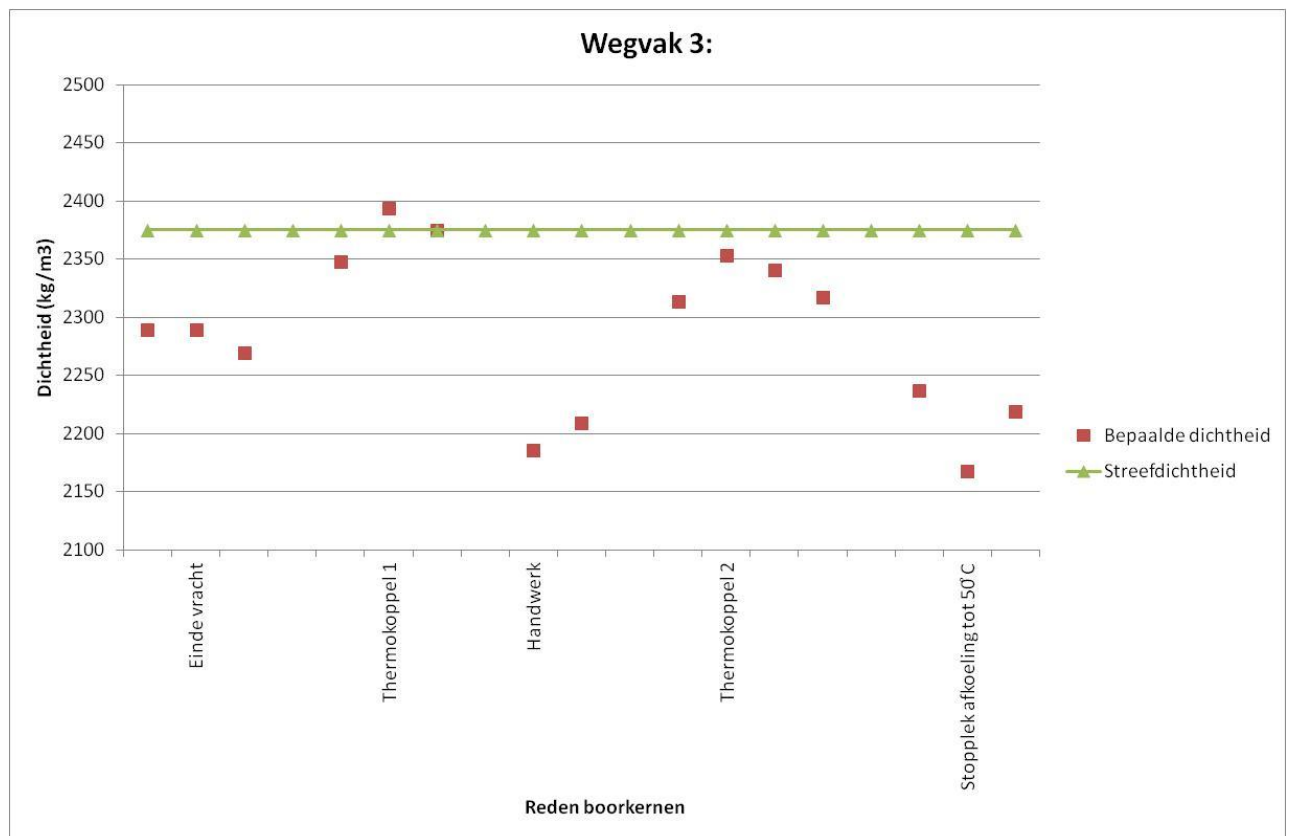


**Figuur 6:** Dichtheid van de verschillende kernen (wegvak 2)

In dit wegvak is over het algemeen een probleem met het halen van de streefdichtheid. Kleine verstoringen zoals een plas water op de fundering en een wals die op een bepaalde plaats laat is met walsen lijken geen grote invloed te hebben op de uiteindelijke verdichting. Op de plaatsen waar standaard proces was, is de streefdichtheid niet gehaald. Echter op plaatsen waar handwerk heeft plaats gevonden is niet alleen de dichtheid niet gehaald, maar zijn de variaties in dichtheid ook nog eens erg groot.



### Wegvak 3:



Figuur 7: Dichtheid van de verschillende kernen (wegvak 3)

In wegvak 3 zijn de resultaten redelijk vergelijkbaar met de andere twee wegvakken. Bij rechtstanden wordt de streefdichtheid redelijk goed gehaald. Echter bij een stopplaats en bij handwerk wordt de streefdichtheid bij lange na niet gehaald.

### 5. implicaties van de eerste resultaten voor de industrie

Hoewel de resultaten slechts uit één project komen geven ze wel een indicatie over de behaalde dichtheid van asfalt bij handwerk. De resultaten laten zien dat de behaalde dichtheid lager is, maar ook dat de variatie in behaalde dichtheid groter is. Daarvoor zijn een aantal verklaringen (Brock, 1999; Asphalt-Institute, 2007; Miller, 2010):

1. De aanvangstemperatuur van het asfaltmengsel was te laag (of te hoog)
2. Er is ontmenging opgetreden door het handmatig spreiden
3. Een incorrecte walsprocedure (bijvoorbeeld te laat of te weinig walsen).

Het is echter niet mogelijk om een exacte reden aan te geven waarom de streefdichtheid niet gehaald is. Het project was weliswaar onderdeel van een PQi, maar op plaatsen waar handwerk nodig was is de initiële asfalttemperatuur en de snelheid van de spreimachine niet gemeten. Op sommige plaatsen waren duidelijk ontmengingsverschijnselen te zien. Dit kwam voor op plaatsen waar asfalt met de hand was gespreid (zie ook figuur 4). Hier is echter geen systematisch onderzoek naar gedaan. Daarom is het niet mogelijk om harde conclusies te trekken in hoeverre de initiële temperatuur en ontmenging invloed hebben gehad op de lagere verdichting.

Het aantal walsovergangen zou bepaald kunnen worden met de GPS-data van de walsen. Met deze data zouden walpatronen eventueel kunnen worden bepaald. Op dit moment kan dat nog niet, omdat met de huidige analyse algoritmen het niet mogelijk is de juiste data uit de ruwe GPS data te halen. Daarbij is de temperatuur waarbij gewalst wordt ook belangrijk (Miller, 2010). Deze is ook niet beschikbaar aangezien de initiële temperatuur niet bekend is. Daarom is het (nog) niet mogelijk iets te zeggen over walsprocedures.

In de 'case study' is alleen gekeken naar de behaalde dichtheid bij verschillende werkwijzen. Functionele eigenschappen zoals, drainerend vermogen, geluisreducerend vermogen, stroefheid en vlakheid kunnen ook beïnvloed worden door handwerk.

## **6 Conclusies en suggesties voor vervolg onderzoek**

Duurzaam Veilig is succesvol gebleken vanuit een veiligheidsperspectief. Deze benadering leidt echter tot verstoringen in het asfalteerproces. De eerste resultaten van de 'case study' laten zien dat de kwaliteit van het asfalt erg kwetsbaar wordt door deze verstoringen.

Door het succes van Duurzaam Veilig is het erg waarschijnlijk dat in de toekomst de speciale wegconstructies toegepast blijven worden. Mogelijk kan in nieuwe versies van wegontwerprichtlijnen, het asfalteerproces meegenomen worden samen met veiligheids- en andere aspecten. Vervolgonderzoek is nodig om te bepalen hoe wegontwerp invloed heeft op het asfalteerproces en hoe dit kan worden geoptimaliseerd.

Hoewel de wegontwerprichtlijnen geoptimaliseerd kunnen worden voor het asfalteerproces, is het toch zeer waarschijnlijk dat handwerk noodzakelijk blijft in sommige gevallen. De 'case study' laat zien dat bij handwerk kwaliteit een aandachtspunt blijft. Vervolgonderzoek is nodig om te kijken welke factoren invloed hebben en in hoeverre deze factoren bijdragen aan de (het gebrek) kwaliteit van het asfalt bij handwerk. Daarom zal de PQi, zoals voorgesteld door Miller (2010) verder toegepast en uitgebreid moeten worden. Wanneer duidelijk is welke factoren bijdragen aan de kwaliteit van het handwerk en in hoeverre deze factoren bijdragen aan de kwaliteit, dan kunnen walsprocedures op de juiste manier worden aangepast.

Wij willen een relevant en valide onderzoeksagenda ontwikkelen voor vervolgonderzoek over deze onderwerpen. We willen iedereen uitnodigen om deel te nemen aan de discussie over onderzoeksdoelen en richtingen.

**Referenties:**

- [1] Alexander, M. L. and C. S. Hughes (1989). *Compaction of asphalt pavement*. Washington, D.C., *Transportation Research Board National Research Council*.
- [2] Asphalt-Institute (2007). *MS 4- The Asphalt handbook*. Lexington, USA, The Asphalt Institute.
- [3] Brock, J. D. and Jacob, H. (1999). *Temperature Segregation/Temperature differential damage*, Astec Industries, Inc:23
- [4] Brock, J.D., May, J.G. and Renegar, G. (2003). *Segregation: causes and cures*, Astec Industries
- [5] Churchill, T., Stipdonk, H. & Bijleveld, F. (2010). *Effect of roundabouts on road casualties in the Netherlands*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- [6] CROW (2002). *Handboek wegontwerp part a, b, c & d*. Ede, the Netherlands.
- [7] CROW (2004). *ASVV 2004: Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom*. Ede, the Netherlands.
- [8] Huerne ter, H.L. & Dorée, A.G. (2006). *Professionalisering asfaltwegenbouw sector- Van ambacht naar industrie*. Enschede, the Netherlands, University of Twente.
- [9] Miller, S. (2010). *Hot Mix Asphalt Construction – Towards a more professional approach*. Enschede, the Netherlands, University of Twente
- [10] Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV (2010). *SWOV Factsheet: Background of the five Sustainable Safety principles*. Leidschendam, the Netherlands.
- [11] Theeuwes, J. & Hagezieker, M.P. (1993). *Visual search of traffic scenes; On the effect of location specifications*. In: Gale, A.R. (ed.), *Vision in Vehicles IV; Proceedings of the Fourth International Conference on Vision in Vehicles*, University of Leiden, the Netherlands, 27-29 August 1991, Elsevier, Amsterdam, p. 149-158.
- [12] Wegman, F. & Aarts, L. (2006). *Advancing Sustainable Safety; National Road Safety Outlook for 2005-2020*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam, 978-90-807958-7-7
- [13] Weijermars, W.A.M. & van Schagen, I.N.L.G. (2009). *Tien jaar Duurzaam Veilig*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam (English summary)