

Proefproject Aziëhavenweg

Seirgei Miller, André Dorée; Universiteit Twente / ASPARi
Marco Oosterveld, BAM Wegen, Technologie & Ontwikkeling

In juli 2008 is op de Aziëhavenweg in Amsterdam onder goede weersomstandigheden onderzoek verricht naar de temperatuurhomogeniteit en het verdichtingsproces van asfalt. De meetgegevens leveren een schat aan informatie met zicht op verdere kwaliteitsverbetering.

Met extra GPS apparatuur is het ook gelukt de hondengang van de tandemwalsen te registreren.

Meetprogramma

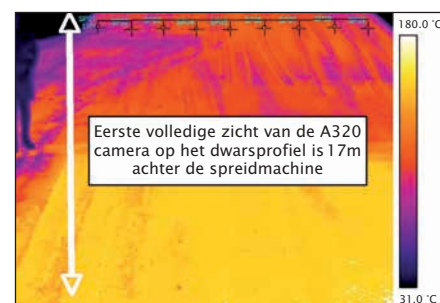
Eén infrarood-handcamera op de achterzijde van de asfaltspreidmachine legt elke vijf seconden een warmtebeeld vast over de volledige breedte van de weg. Voor het monitoren van de materieelbewegingen is een GPS-basisstation opgezet en op de walsen en de spreidmachine zijn GPS-ontvangers gemonteerd. Om ook de kleine bewegingen en de overlap en keerpunten te kunnen detecteren is de GPS registratie ingezet op een nauwkeurigheid van minder dan 10 cm.



Aziëhavenweg meetopstelling

Het project op de Aziëhavenweg, een industrieweg van circa 800 m lang en 7 m breed in het Amsterdamse havengebied, is een vervolg op het onderzoek op de A35 met GPS en infra-rood beelden als beschreven in Asfalt nr. 1-2008. Het werk bestond uit het verwijderen van de bestaande deklaag, het aanbrengen van een nieuwe tussenlaag van 70 mm steenslagasfaltbeton (AC 22 bind) en een nieuwe deklaag van 30 mm steenmastiakasfalt (SMA 11). Voor beide lagen is een shuttle buggy

ingezet. Het asfalt werd geleverd door de ACB, één van de drie centrales aan de Aziëhavenweg. Het werk werd uitgevoerd door BAM Wegen B.V dat ook samen met UT ASPARi de metingen verrichtte. Het onderzoek richtte zich op het inzichtelijk maken van de temperatuurhomogeniteit van het verwerkte asfalt en op voortgang en effectiviteit van het verdichtingsproces. Voor het eerst is een industriële IR (infrarood) videocamera op de spreidmachine gemonteerd.



Typisch infraroodbeeld van de A320 camera

Temperatuur StAB-laag

De homogeniteit van de asfalttemperatuur is op verschillende manieren gemeten. Voor de aanvangstemperatuur is direct achter de afwerkbalk handmatig gefotografeerd met de Infra-Cam. In het algemeen vertoonde de StAB-laag een goede temperatuurhomogeniteit met een gemiddelde temperatuur van $159 \pm 10,2$ °C met weinig verschil over de lengte en breedte. Na 580 m stond de spreidmachine op een aantal plaatsen stil. De twee stops zijn duidelijk zichtbaar aan de lagere temperatuur (groen) in de contourplot.

Amsterdam

Taak	Methode	Meetnauwkeurigheid & meetfrequentie
Registratie weercondities	Weerstation is direct naast het werk geplaatst om de lokale weersomstandigheden te registreren.	Omgevingstemperatuur, windsnelheid, luchtvochtigheid, zonnestraling is geregistreerd met een 5 minuten interval.
Meting asfalt oppervlakte-temperatuur direct achter de spreidmachine	Infrarood beelden, handmatig genomen	Elke 10 m achter de afwerkbalk van de spreidmachine
Meting asfalt oppervlakte-temperatuur achter de spreidmachine	Camera is vast gemonteerd achterop de spreidmachine	Infrarood beelden zijn automatisch genomen met een 5 seconden interval. De Camera is gefocust op het warme asfalt achter de spreidmachine.
Meting van de afkoeling van de asfalt oppervlakte-temperatuur	Camera's zijn op statief geplaatst op 3 vaste locaties, ongeveer 250m uit elkaar.	Infrarood beelden zijn handmatig genomen, met een interval van ongeveer 30 seconden.
Meting van de in-asfalt temperatuur	De thermokoppel is geplaatst in het hart van de te meten asfaltaag	Temperatuur wordt automatisch elke 30 seconden geregistreerd.
Registreren van de bewegingen van alle asfaltmateriaelstukken	RTK-Basisstation direct naast het werk & één of meer GPS ontvangers op spreidmachine en walsen.	Differential GPS nauwkeurigheid van <10cm, Dataregistratie met een interval van 1 seconde
Meting nucleaire dichtheid	Dichtheid is gemeten na elke wals-overgang op de drie locaties waar ook de afkoelingscurven worden gemeten.	
Registratie van alle mogelijk interessante gebeurtenissen	Inspreken van de gebeurtenis op het moment dat het gebeurt.	

Metingen en registratie

De temperatuur van het asfalt is bij de lange stop tot onder de 100 °C gezakt. De temperatuurverschillen in de StAB-laag varieerden tussen 4,9 °C en 14,4 °C voor de gebieden waar de spreidmachine niet heeft stilgestaan. Maar tijdens de twee grote stops van de spreidmachine is het temperatuurverschil opgelopen tot 44,8 °C.

Temperatuur SMA laag

Met uitzondering van de plaatsen waar de spreidmachine heeft stilgestaan, is het temperatuurpatroon van de SMA mooi homogeen met een gemiddelde temperatuur van $155 \pm 3,6$ °C. Waar de spreidmachine stilstond, is het temperatuurverschil opgelopen tot 57,7 °C. Er is in de dunnere laag SMA, met kleinere

Temperatuursegregatie

Grote temperatuurverschillen op kleine afstand van elkaar bemoeilijken gelijkmatige verdichting. De walsmachinisten passen hun walspatroon aan op temperatuur, maar kunnen niet inspelen op grote temperatuurverschillen op kleine afstanden. Temperatuursegregatie leidt daarmee onontkoombaar tot ongelijkmatige verdichting. Er is sprake van Temperatuursegregatie als voor gebieden als de temperatuurverschillen groter dan of gelijk zijn aan 14 °C.

	Temperatuurverschil over de breedte van de rijbaan (°C)					Totaal	gemiddeld oppervlakte temperatuur
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	>20		
STAB laag	1	19	9	1	5	35	159°C
SMA laag	1	32	20	6	23	82	155°C

Vergelijking van de temperatuurverschillen StAB en SMA

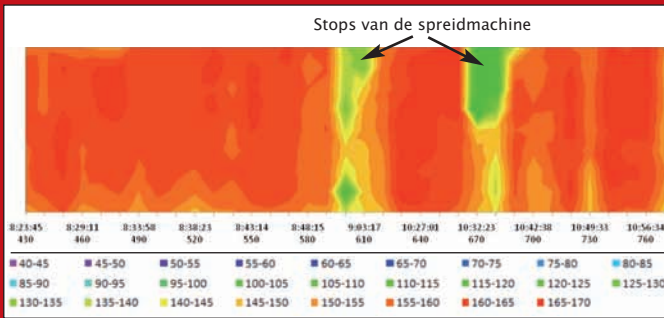
warmte-inhoud, meer temperatuursegregatie dan in de StAB-laag.

Afkoelingscurves

Op drie vaste plaatsen zijn infrarood-camera's op statief gebruikt om de afkoeling van het asfalt in beeld te brengen. In het hart van beide lagen (StAB en SMA) zijn digitale thermometers (thermokoppels) ingebracht. Elke walsovergang is geregistreerd en na elke walsovergang is een nucleaire verdichtingsmeting gedaan. De gemeten afkoelingscurves zijn vergeleken met de theoretische afkoelingscurve zoals deze wordt berekend met het software programma *PaveCool*. Het onderliggende rekenmodel houdt rekening met instraling van de zon, omgevingstemperatuur, temperatuur van het oppervlak van de ondergrond, luchtbeweging, algemene weercondities en het type asfalt dat wordt verwerkt. Vooral de weergesteldheid blijkt de afkoelingscurve sterk te beïnvloeden. Om de beoogde verdichting te halen moet het walsregime in de praktijk dus worden aangepast aan de weersomstandigheden. Bij het experiment op de Aziëhavenweg bleken de weercondities echter constant en geen belangrijke invloedsfactor. Uit de resultaten kan voorzichtig worden afgeleid dat *PaveCool* ook in de Nederlandse praktijk bruikbaar kan zijn. Verder bleek dat de oppervlakte temperatuur goed gebruikt kan worden als indicator voor de temperatuur in het asfalt.

Registratie walsbewegingen

Met de GPS op de spreidmachine zijn snelheid, locatie en stopplaatsen bepaald. De data van de GPS op de walsen zijn gebruikt om de walspatronen te analyseren, animaties te maken en een indruk te krijgen van de verdichting.



Temperatuur contour plot voor de STAB-laag



GPS ontvangers op de walsen



2 GPS ontvangers op de tandemwals voor de hondegang

De analyse is vooral gefocust op de patronen, de nauwkeurigheid en de gelijkmatigheid van het walsen. De machinist van de asfaltspredmachine blijkt over het algemeen een constante snelheid van ongeveer 6 m/min te hebben aangehouden, met uitzondering van een korte periode bij de start van het spreiden van de SMA-laag. De StAB-laag is verdicht met een bandenwals en een tandemwals en is afgewalst met twee statische drierollen. Helaas was de GPS op de bandenwals uitgevallen, waardoor deze niet in de analyse kon worden meegenomen. De SMA-laag is eerst verdicht met twee tandemwalsen en afgewalst met twee statische drierollen. De verdichtingcontourplots van de StAB laat zien dat de tandemwals over de gehele lengte en breedte van het werk walsbewegingen heeft uitgevoerd. Toch blijkt dat er meer walsovergangen zijn uitgevoerd aan de linkerkant van de weg. De twee statische drierollen werkten nauwgezet samen; één walsmachinist heeft zich geconcentreerd op de linkerkant van de weg en de andere machinist heeft zich volledig gericht op de rechterkant. Als meer in detail wordt gekeken naar de resultaten van de afzonderlijke walsen dan blijkt dat in het midden van

het eigen werkgebied van beide walsen de meeste walsbewegingen zijn uitgevoerd terwijl het aantal walsbewegingen aan de randen van het werkgebied de walsintensiteit afneemt. De contourplots tonen onregelmatigheden in de walsintensiteit. Allereerst is er een behoorlijke variatie over de breedte en de lengte van de weg waarbij ongeveer 37 % meer walsovergangen op de eerste helft van het werk zijn waargenomen. Ten tweede zijn de meeste walsbewegingen uitgevoerd in het hart van de gescheiden werkzones van de twee statische walsen. Ten derde is waargenomen dat het verschil tussen de dichtheid aan de rand van het wielspoor en de dichtheid in het hart van het wielspoor ongeveer 2 % bedraagt. Het gebied rond het wielspoor is juist het gebied waar een optimale verdichting noodzakelijk is voor een optimale levensduur van de asfaltverharding. Tenslotte is het hart van de verharding consequent minder verdicht. Op de andere meetlocaties is een vergelijkbare spreiding in de verdichtingresultaten gevonden. Voor wat betreft de SMA-laag hebben alle walsen zich geconcentreerd op hun eigen zone in het werk. De twee tandem- en twee statische walsen vulden elkaar

tijdens de verdichtingswerkzaamheden goed aan en zijn nauwelijks in elkaars werkzone geweest. Niettemin is er sprake van variatie over de breedte en lengte van de weg; op de eerste helft van het werk zijn bijna 60% meer walsbewegingen uitgevoerd dan op de tweede helft.

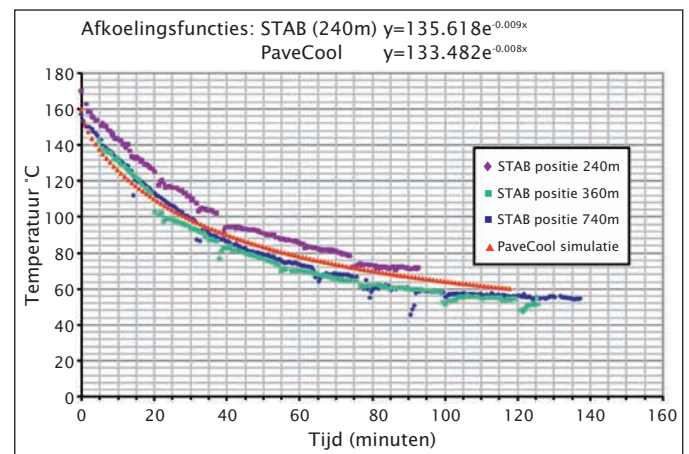
Dichtheid metingen

Op dezelfde locaties waar de afkoelingscurven zijn bepaald zijn ook nucleaire verdichtingmetingen uitgevoerd. Naderhand zijn op en rond deze locaties 63 boorkernen genomen waaronder zeven kernen over de breedte van de weg. De combinatie van de nucleaire verdichtingmetingen tijdens uitvoering, de dichtheden bepaald uit de boorkernen, de geregistreerde oppervlaktetemperaturen en de in-asfalttemperaturen levert een aantal inzichten op:

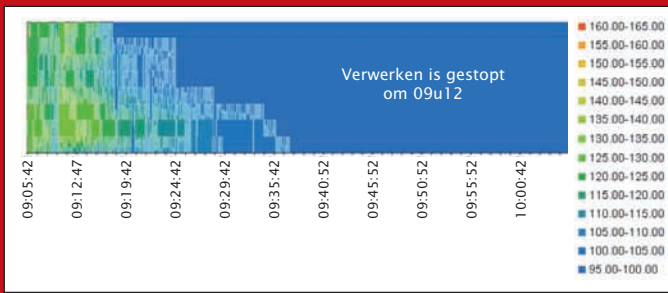
- De dichtheid van het asfalt na de voorverdichting door de balk maar voor de passage van de eerste wals, is voor StAB en SMA beide ongeveer 2100 kg/m³
- De wisselende omstandigheden tijdens de verdichting in de praktijk (de dalende temperatuur van het asfalt) maskeren een relatie tussen de dichtheid en het aantal walsovergangen.



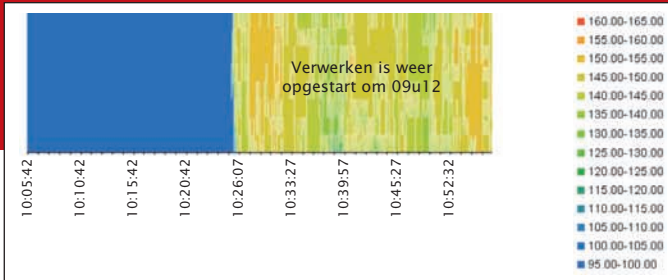
Meting van de afkoelingscurve



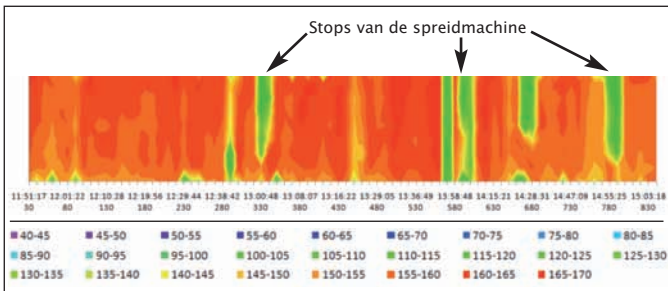
Vergelijking van de afkoelingscurven



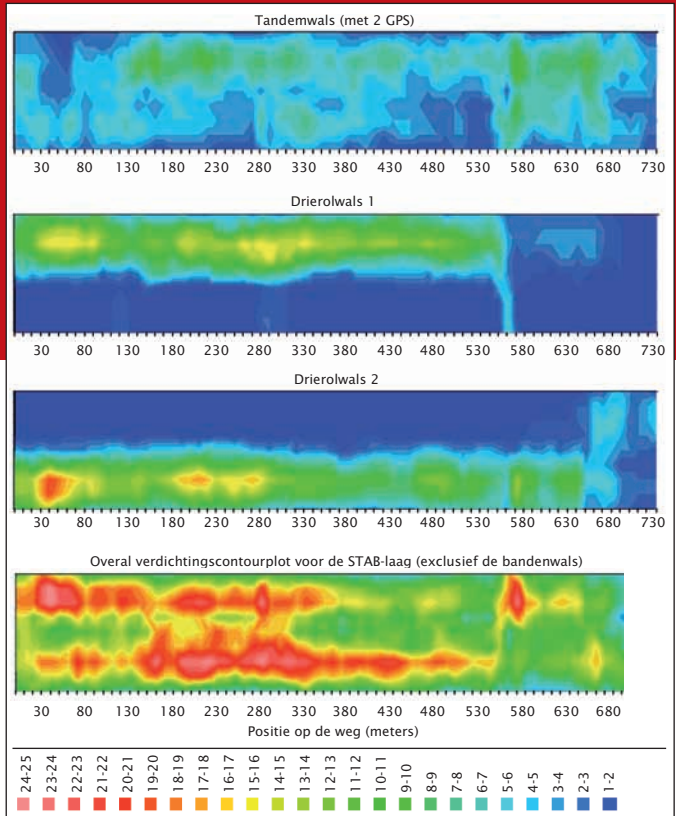
TCP van de STAB-laag (FLIR A320 camera)



TCP van de STAB-laag (FLIR A320 camera)



TCP voor de SMA-laag (Infra-CAM)



Verdichtingscontourplots voor de walsen

Niettemin kan voor de StAB-laag een relatie worden gevonden tussen het aantal walsovergangen en de nucleair gemeten verdichting. Een vergelijkbare relatie is gevonden tussen het uiteindelijke aantal walsovergangen en de dichtheid van de boorkernen.

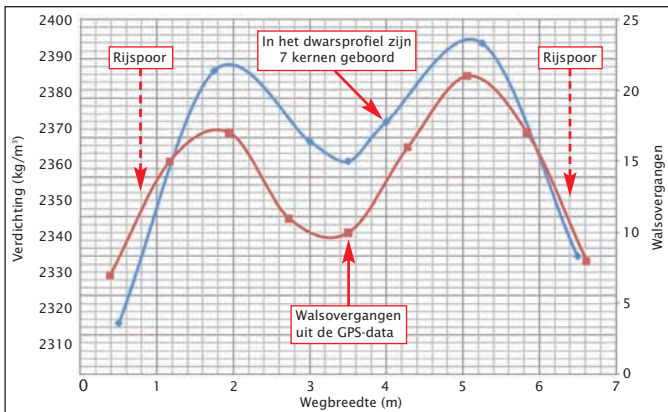
- De statische drierol heeft geen noemenswaardige invloed op de verdichting van de StAB-laag; de wals wordt slechts ingezet om onregelmatigheden uit te walsen.
- De boorkernen bevestigen de verdichtingscontourplot. Het midden en de zijkanten van de zeven meter brede weg blijken minder verdicht dan het hart van de twee rijstroken.

- De PaveCool software levert een schatting van een “verdichtingsvenster”. Als dat venster de maatstaf zou zijn, dan zijn de walsen te snel op het warme asfalt gekomen en te lang doorgegaan.

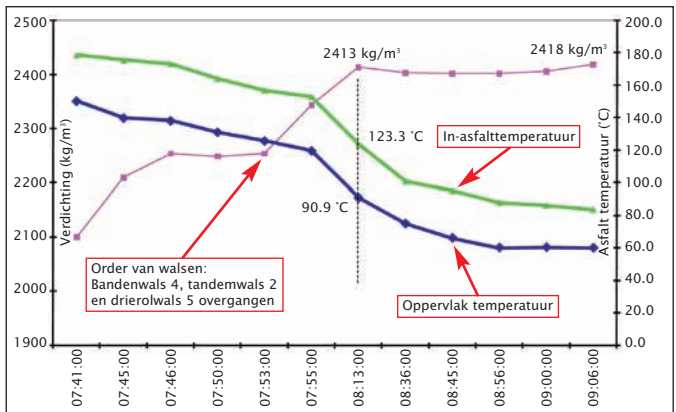
Conclusies

Zowel de StAB- als de SMA-laag hadden een goede temperatuurhomogeniteit. Dit lijkt een gevolg van een continue snelheid en de toepassing van de shuttle buggy. De effecten van stopplaatsen op de verdichting zijn met de metingen duidelijk vastgelegd. De Temperatuur Contour Plots (TCP) zijn een goed instrument om de temperatuur homoge-

neiteit te bepalen. De metingen op vaste locaties bevestigen dat afkoelingscurves redelijk consistent en ook voorspelbaar zijn. De oppervlaktetemperatuur is bruikbaar als een goede en betrouwbare indicatie van de temperatuur in het hart van de asfaltlaag. PaveCool blijkt ook voor Nederland bruikbaar. De snelheid van de spreidmachine was, met uitzondering van de stopplaatsen, redelijk constant voor beide asfaltlagen. De afzonderlijke en gecombineerde verdichtingscontourplots tonen duidelijk de patronen en samenwerking van de walsen. Uiteraard wordt het onderzoek naar professionalisering van het verwerkingsproces verder voortgezet.



Vergelijking dichtheid uit boorkernen (links) en aantal walsovergangen (rechts) voor de STAB-laag



Vergelijking walsovergangen met nucleaire dichtheid en asfalttemperatuur