

Zijwaartse stroefheid in bochten

Marius Nagelhout
Aveco de Bondt

Berry Bobbink
Provincie Gelderland

Erik van der Eerden
Student Hogeschool Windesheim

Samenvatting

De introductie van de SKM-metingen in Nederland is aanleiding geweest voor het uitvoeren van een onderzoek naar de zijwaartse stroefheid in bochten. Hieruit blijkt dat de stroefheid in de SKM-meetrichting op oudere deklagen significant kan afwijken in bochten. Zowel ten opzichte van een bocht die de andere kant op is gericht als ten opzichte van de gemeten waarden op rechtstanden. Dit is aanleiding om de stelling te poneren om bij SKM-metingen verschillende onderhoudsnormen te hanteren voor de stroefheid, die afhankelijk zijn van de ligging en positie van een wegvak (bocht naar links / bocht naar rechts / rechtstand / potentiële remlocaties).

Steekwoorden: Stroefheid, bochten, zijwaarts, SKM, SRT, onderhoudsnormen

1. Aanleiding onderzoek

De stroefheid van wegen wordt al ruim 50 jaar gemeten met het 86% vertraagd wiel, waarbij de stroefheid van het wegdek in langsrichting wordt gemeten. Rijkswaterstaat heeft besloten om vanaf 2017 de stroefheidsmetingen op een andere wijze uit te laten voeren, waarbij de stroefheid niet meer in langsrichting wordt gemeten, maar onder een vaste hoek met de rijrichting. Deze wijziging van meetmethode is aanleiding geweest om onderzoek uit te voeren naar het effect van het meten van de stroefheid in een andere richting dan tot op heden gebruikelijk is. Dit onderzoek spitst zich toe op voornoemde effecten in bochten.

2. Meetmethode stroefheid

Voor dit onderzoek zijn drie methoden voor het meten van de stroefheid van belang. Ten eerste de huidige meetmethode “86% vertraagd wiel”, ten tweede de nieuwe meetmethode “SeitenKraft Messverfahren” (SKM) meetmethode waarmee Rijkswaterstaat de metingen vanaf 2017 wil gaan uitvoeren en ten derde een meetmethode waarmee het onderzoek naar de richtingsgevoeligheid van stroefheid is uitgevoerd. Deze laatste meetmethode wordt de “Skid Resistance Tester” (SRT) genoemd. In dit hoofdstuk worden deze drie meetmethoden nader omschreven.

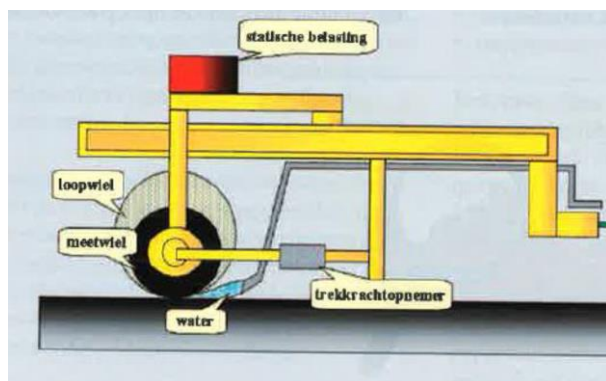
2.1 Meetmethode 86% vertraagd wiel (proef 72 Standaard RAW-bepalingen 2015)

Deze meetmethode wordt rijdend uitgevoerd bij 50 of 70 km/h. Dit meetsysteem is op een meetaanhanger gebouwd, waarbij tussen de loopwielen en evenwijdig aan deze loopwielen een gestandaardiseerde ongeprofileerde meetband is gemonteerd die 86% wordt vertraagd. Deze meetband wordt met een normaalkracht van 1962N op de weg gedrukt en er wordt water voor de meetband gespoten, zodat de meting op een nat wegdek wordt uitgevoerd. De trekkracht die nodig is om de continu slippende meetband mee te slepen wordt geregistreerd; door deze trekkracht de delen door de normaalkracht kan de wrijvingscoëfficiënt worden bepaald.

Bij deze meting wordt de stroefheid dus gemeten in langsrichting (= rijrichting).

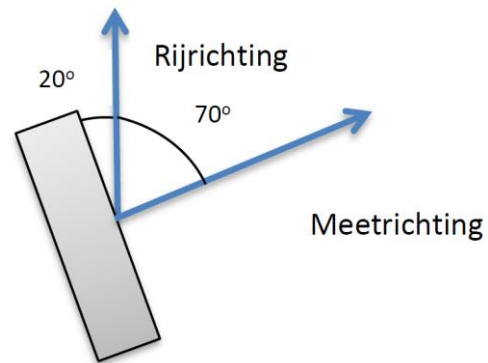


Figuur 1 Meetmethode 86% vertraagd wiel



2.2 Meetmethode SeitenKraft Messverfahren (SKM)

Deze meetmethode wordt rijdend uitgevoerd bij 40, 60 of 80 km/h. De SKM-meetmethode is een Side Way Force (SWF) meting, waarbij een vrij draaiend meetwiel onder een hoek van 20° met de rijrichting is gemonteerd in het rechter wielspoor.



Figuur 2 Meetmethode SKM

De meetband is een gestandaardiseerde smalle luchtband (3 inch breed) zonder profiel, die met 1960N op het wegoppervlak wordt gedrukt. Doordat het meetwiel vrij rond kan draaien ontstaat loodrecht op de band (dus onder een hoek van 70° met de rijrichting) een dwarskracht. Deze dwarskracht wordt geregistreerd; door deze kracht te delen door de normaalkracht, wordt de wrijvingscoëfficiënt bepaald. Net als bij de meetmethode met het 86% vertraagd wiel wordt ook hier water voor de meetband gespoten, zodat ook deze meting onder natte condities is uitgevoerd.

2.3 Meetmethode Skid Resistance Tester (SRT)

Metingen met de SRT worden stilstaand op de weg uitgevoerd. De SRT is een slingertoestel, dat horizontaal wordt geplaatst op het te beproeven wegoppervlak. Aan het einde van de slinger is een gestandaardiseerd rubber voetje bevestigd. Voorafgaand aan de metingen wordt het te beproeven wegoppervlak en het rubber voetje nat gespoten, zodat ook deze metingen onder natte condities worden uitgevoerd.



Figuur 3 SRT in startpositie voorafgaand aan meting en SRT-voetje op wegoppervlak

In de startpositie staat de slinger horizontaal, waarna de slinger wordt ontgrendeld en deze een valbeweging inzet. Het rubber voetje sleept vervolgens over het te beproeven wegoppervlak en de mate waarin de slinger doorslingert is een maat voor de stroefheid. Het toestel wordt

hierbij op een dusdanige hoogte ingesteld dat het rubber voetje altijd over een lengte van 126 mm over het wegoppervlak sleept. Een sleepwijzer registreert de mate waarin de slinger is doorgeslingerd en deze waarde wordt afgelezen. Deze metingen worden minimaal 5 maal herhaald op één positie, waarna de gemiddelde waarde wordt gecorrigeerd voor de temperatuur. Deze waarde wordt de Pendulum Test Value genoemd (PTV).

Doordat de metingen stilstaand op de weg worden uitgevoerd kan de stroefheid met de SRT in elke gewenste meetrichting worden uitgevoerd.

3. Opzet onderzoek

3.1 Doel

In dit onderzoek wordt onderzocht wat in bochten het effect is van het meten van de stroefheid in een andere richting dan tot nu toe gebruikelijk. Met het 86% vertraagd wiel wordt de stroefheid alleen in langsricting gemeten en met de SKM wordt de stroefheid gemeten onder een hoek van 70° met de rijrichting. Om de richtingsgevoeligheid van de stroefheid in bochten te onderzoeken wordt gebruik gemaakt van metingen met de SRT. De SRT kan in elke gewenste positie op de weg worden geplaatst waardoor de stroefheid in alle richtingen kan worden gemeten.

In dit onderzoek wordt uitdrukkelijk niet onderzocht hoe de meetwaarden van de meetmethode met het 86% vertraagd wiel zich verhouden met de meetwaarden van de SKM. Dit zijn compleet verschillende meetmethoden met elk hun eigen specifieke kenmerken. In dit onderzoek wordt dus alleen de richtingsgevoeligheid van de stroefheid onderzocht op basis van SRT-metingen.

3.2 Wegvakken

Op nieuwe onbereden wegdekken heeft nog geen polijsting plaats gevonden, waardoor wordt verwacht dat de stroefheid in alle richtingen gelijk is. Er is daarom bewust gekozen voor wegvakken met een relatief oude deklaag zodat de invloed van het polijsten van het wegdek door het verkeer in het onderzoek wordt meegenomen. In samenwerking met de Provincie Gelderland zijn de volgende twee bochten op een provinciale weg geselecteerd:



Figuur 4 Bocht N319

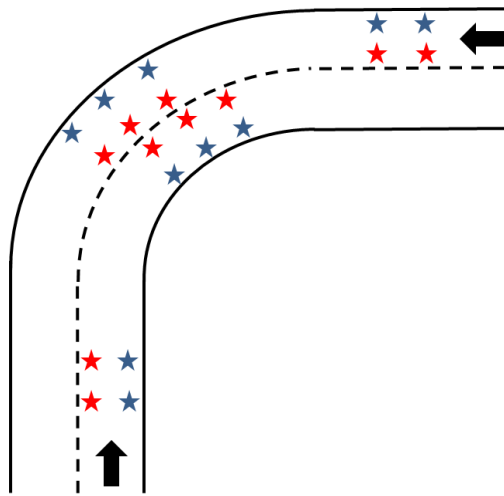


Bocht N330

Wegnaam	Van [km]	Tot [km]	Straal bocht	Deklaag	Ouderdom
N319	12,755	13,030	± 150 m	DAB 0/16	19 jaar
N330	6,350	6,700	± 210 m	SMA 0/8	11 jaar

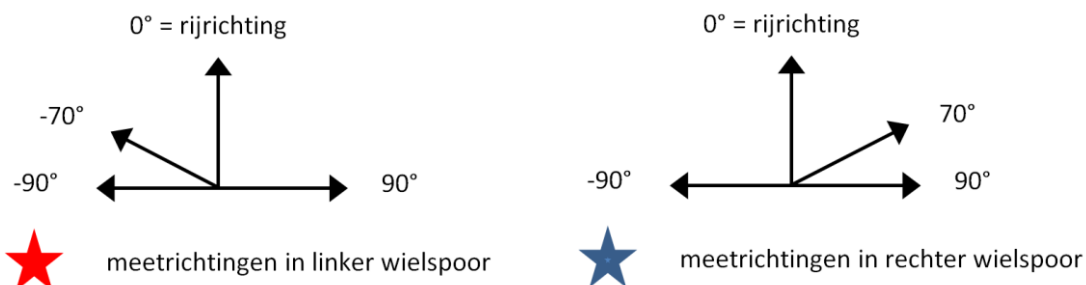
3.3 Meetlocaties en meetrichtingen

Elke bocht kan een keer beschouwd worden als een bocht naar links en (door deze vanaf de andere kant te beschouwen) een keer als een bocht naar rechts. In elke bocht zijn op beide rijstroken en in beide rijsporen SRT-metingen uitgevoerd in verschillende richtingen. In Figuur 5 wordt dit meetschema nader aangeduid.



Figuur 5 Overzicht meetlocaties SRT in en nabij bochten

Op locaties met een blauwe ster zijn SRT-metingen in het rechter wielspoor uitgevoerd en op de locaties met een rode ster zijn de metingen in het linker wielspoor uitgevoerd. In de bochten zijn per wielspoor op 3 locaties SRT-metingen uitgevoerd en op de rechtstanden nabij de bocht op 2 locaties per wielspoor. Ook op de rechtstand had het de voorkeur om op 3 locaties metingen uit te voeren, maar in verband met de beperkte tijd bij het uitvoeren van de metingen zijn hier slechts op 2 locaties metingen uitgevoerd. Op de in Figuur 5 aangegeven locaties zijn SRT-metingen in verschillende richtingen uitgevoerd. In Figuur 6 is aangegeven in welke richtingen de metingen zijn uitgevoerd in het linker en rechter wielspoor.



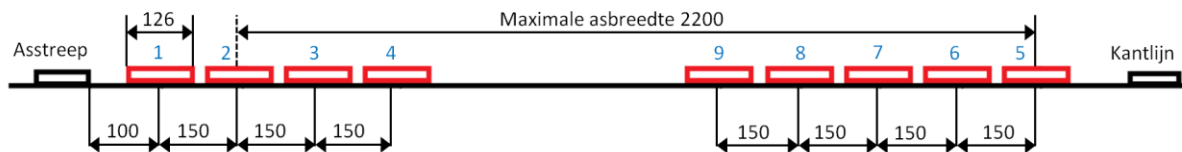
Figuur 6 Overzicht meetrichtingen in linker en rechter wielspoor

In beide wielsporen zijn metingen uitgevoerd in de langsrichting (de richting waarin de stroefheid wordt gemeten met het 86% vertraagd wiel). In het rechter wielspoor zijn tevens

metingen uitgevoerd onder een hoek van 70° (meetrichting SKM) en in het linker wielspoor metingen onder een hoek van -70° . Als de SKM zou zijn uitgerust met een gespiegeld meetsysteem in het linker wielspoor, zou de stroefheid in het linker spoor met de SKM in deze richting worden gemeten. Daarnaast zijn in de bochten in beide wielsporen metingen uitgevoerd onder een hoek van -90° en 90° . Op de rechtstanden is de stroefheid in dwarsrichting in het linker en rechter wielspoor alleen gemeten onder een hoek van respectievelijk -90° en 90° .

3.4 Positie maatgevende wielspoor

Om de maatgevende positie (locatie met de laagste stroefheid) van het linker en rechter wielspoor op de weg te kunnen bepalen, zijn per spoor 4 of 5 SRT-metingen uitgevoerd met tussenafstanden van 150mm om te bepalen op welke positie de stroefheid het laagst is. In de bocht zijn deze SRT metingen uitgevoerd in de richting naar de buitenbocht (de verwachte polijstrichting in bochten). Op rechtstanden zijn deze metingen in de rijrichting uitgevoerd. Onderstaand is een voorbeeld gegeven van de wijze waarop de het maatgevende spoor in een bocht naar links is bepaald. In dit voorbeeld is op meetpunt 2 de laagste stroefheid gemeten in het linker wielspoor, waarna het rechter spoor wordt gezocht door vanaf dat punt 2200mm naar rechts te gaan (maximale asbreedte) en vervolgens weer om de 150mm SRT metingen uit te voeren.



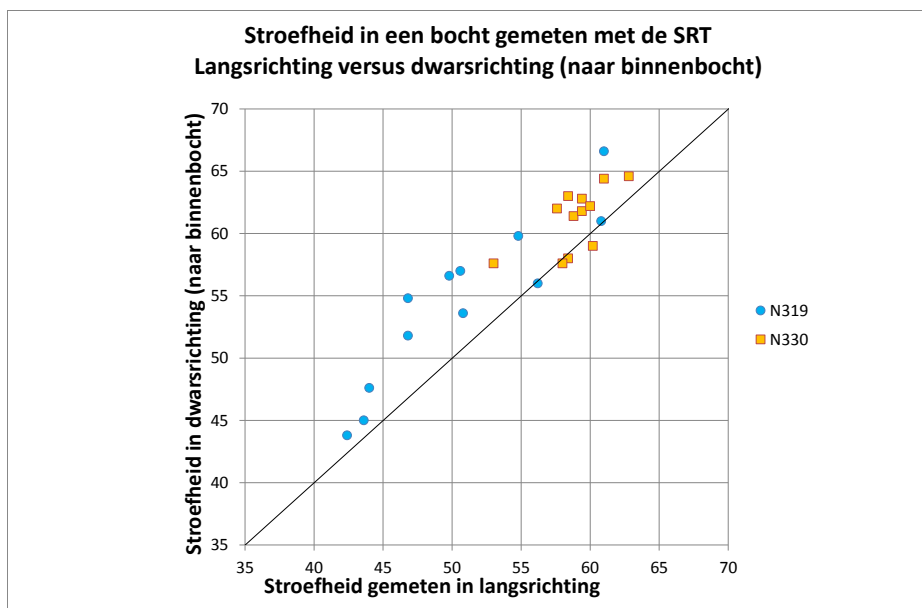
Figuur 7 Voorbeeld van de wijze waarop het maatgevende spoor is bepaald in een bocht

Per rijstrook en per bocht zijn de posities van de maatgevende sporen op deze wijze eenmalig bepaald. Op de in dit onderzoek onderzochte bochten bleken de maatgevende sporen in alle gevallen een onderlinge tussenafstand te hebben van 1600mm. Op de rechtstanden is de positie van het rechter spoor op een soortgelijke wijze bepaald. De positie van het linker spoor op rechtstanden is vastgesteld op een afstand van 1600mm van het rechter spoor.

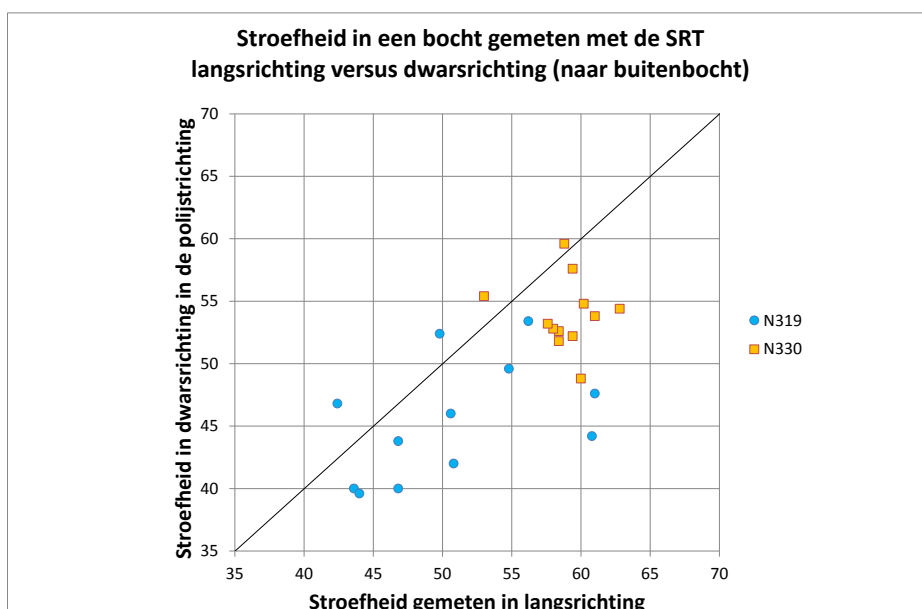
4. Resultaten onderzoek

4.1 Onderscheid in stroefheid naar langsrichting en dwarsrichting in bochten

Om inzicht te krijgen in de stroefheid in dwarsrichting in bochten, is de stroefheid in langsrichting uitgezet ten opzichte van de stroefheid in dwarsrichting. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in enerzijds de dwarsrichting waarbij de meetrichting is gericht naar de binnenbocht toe en anderzijds de dwarsrichting waarbij de meetrichting is gericht naar de buitenbocht toe. In Figuur 8 is de stroefheid in langsrichting uitgezet ten opzichte van de stroefheid in de richting van de binnenbocht en in Figuur 9 ten opzichte van de stroefheid in de richting van de buitenbocht. In deze figuren wordt onderscheid gemaakt naar de bocht op de N319 en de bocht op de N330.



Figuur 8 Stroefheid in langsrichting versus stroefheid in dwarsrichting naar binnenbocht



Figuur 9 Stroefheid in langsrichting versus stroefheid in dwarsrichting naar buitenbocht

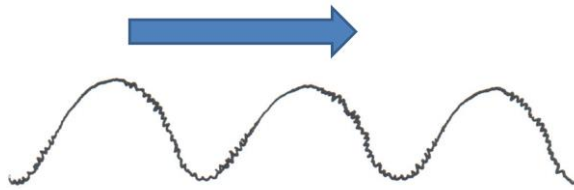
Er blijkt een significant verschil te zijn in de stroefheid gemeten in dwarsrichting gericht naar de binnenbocht en gericht naar de buitenbocht. In Figuur 8 is te zien dat stroefheid in dwarsrichting gericht naar de binnenbocht duidelijk hoger is dan de stroefheid gemeten in langsrichting. In Figuur 9 daarentegen blijkt dat de stroefheid in dwarsrichting gericht naar de buitenbocht duidelijk lager is dan de stroefheid in langsrichting. Ook dit verschil blijkt significant te zijn.

4.2 Achterliggende oorzaak verschil in stroefheid in dwarsrichting

Dit verschil kan worden verklaard doordat het verkeer in de bocht door de middelpuntvliedende kracht van de voertuigen duidelijk aanspraak maakt op de stroefheid in dwarsrichting richting buitenbocht. Hierdoor vindt polijsting plaats aan het wegoppervlak op

de gedeelten van het aggregaat die door de voertuigen worden belast in de richting naar de buitenbocht toe. Hetgeen een verlaging van de stroefheid in deze richting tot gevolg heeft.

Richting buitenbocht = polijstrichting



Figuur 10 Effect microtextuur op aggregaat door polijsting in één richting

Indien de stroefheid wordt gemeten in de tegengestelde richting, dus naar de binnenbocht gericht, wordt ook aanspraak gemaakt op gedeelten van het aggregaat die niet of nauwelijks worden belast door de naar buitenbocht gerichte krachten van het verkeer. Hierdoor zijn deze gedeelten van het aggregaat duidelijk minder gepolijst, waardoor een hogere stroefheid in deze richting zal worden gemeten.

4.3 Stroefheid in SKM meetrichting

Bij de SKM worden alleen metingen in het rechter wielspoor uitgevoerd onder een hoek van 70° met de rijrichting. Bij een bocht naar links maakt deze SKM meetrichting slechts een hoek van 20° met de (polijst)richting naar de buitenbocht. In een bocht naar rechts maakt de SKM meetrichting een hoek van 160° met de richting naar de buitenbocht (zie Figuur 11).

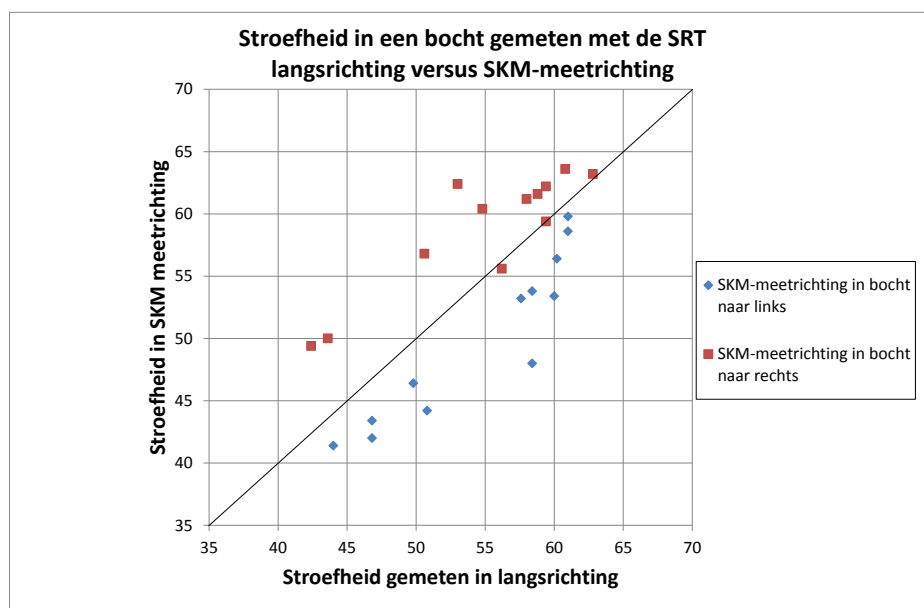
In het linker wielspoor zijn ook metingen uitgevoerd onder een hoek van -70° (fictieve SKM-meetrichting linker spoor) met de rijrichting. Bij een bocht naar links maakt deze meetrichting een hoek van 160° met de richting naar de buitenbocht en bij een bocht naar rechts een hoek van 20° met de richting naar de buitenbocht.

Omdat voornoemde hoekverschillen tussen de meetrichting -70° in het linker spoor in een bocht naar links gelijk zijn aan de hoekverschillen tussen de meetrichting 70° in het rechter spoor in een bocht naar rechts, worden deze meetwaarden bij de nadere analyse als één populatie beschouwd: “SKM-meetrichting in bocht naar rechts”. Hetzelfde geldt voor de meetwaarden onder een hoek van -70° in het linker spoor in een bocht naar rechts en de meetwaarden onder een hoek van 70° in het rechter spoor in een bocht naar links. Deze worden gezamenlijk beschouwd als de populatie “SKM-meetrichting in bocht naar links”.

	Linker wielspoor	Rechter wielspoor
Bocht naar links	<p>0° = rijrichting</p>	<p>0° = rijrichting</p>
Bocht naar rechts	<p>0° = rijrichting</p>	<p>0° = rijrichting</p>

Figuur 11 Overzicht SKM meetrichtingen in onderzoek in linker en rechter wielspoor

Het effect van het meten van de stroefheid in de SKM-meetrichting in een bocht naar links en rechts wordt duidelijk in *Figuur 12* als beide meetwaarden worden uitgezet ten opzichte van de stroefheid gemeten in langsricting.



Figuur 12 Effect stroefheid SKM-meetrichting in bocht naar links en bocht naar rechts

Tabel 1 Geconstateerde verschillen in dit onderzoek

Type bocht	Gemiddeld verschil in stroefheid gemeten met de SRT	
	t.o.v. stroefheid in langsricting	t.o.v. maatgevende stroefheid
Bocht naar links	- 8%	+ 5%
Bocht naar rechts	+ 8%	+ 18%

De verschillen in stroefheid in de SKM-meetrichting tussen een bocht naar links en een bocht naar rechts blijken duidelijk significant te zijn. In een bocht naar links wordt in de SKM-meetrichting gemiddeld een 8% lagere stroefheid gemeten dan in de langsricting. In een bocht naar rechts daarentegen, wordt gemiddeld een 8% hogere stroefheid gemeten dan in langsricting. Ten opzichte van de maatgevende stroefheid in een bocht, die veelal wordt

gemeten haaks op de rijrichting richting buitenbocht, zijn deze verschillen nog groter. Bij een bocht naar links wordt gemiddeld een 5% hogere stroefheid gemeten en in een bocht naar rechts is de gemeten stroefheid gemiddeld 18% hoger dan de maatgevende stroefheid op dat punt.

Indien ook de stroefheidsmetingen op de rechtstanden bij het onderzoek worden betrokken, dan blijkt dat de stroefheid in de SKM-richting in een bocht naar links, significant lager te zijn dan op rechtstanden.

5. Resumerend

De omvang van dit onderzoek is weliswaar beperkt, maar geeft wel een duidelijk signaal af dat de stroefheid in de SKM-meetrichting op oudere deklagen significant kan afwijken in bochten. Zowel ten opzichte van een bocht die de andere kant op is gericht als ten opzichte van de gemeten waarden op rechtstanden.

Bij de stroefheid die wordt gemeten in langsrichting (de meetrichting van de 86% vertraagd wiel methode) is er geen significant verschil tussen de stroefheid in een bocht naar links en een bocht naar rechts. De verschilhoek tussen de meetrichting en de polijstrichting is immers gelijk. De stroefheid in bochten wijkt ook niet significant af ten opzichte van die gemeten op rechtstanden.

De SKM-meetwaarde in een bocht naar links benaderd beter de maatgevende stroefheid dan de stroefheid gemeten in langsrichting. Dit wordt veroorzaakt doordat de SKM-meetrichting in deze bocht slechts een kleine verschilhoek heeft met de maatgevende polijstrichting.

Op locaties waar de polijsting voornamelijk in langsrichting plaatsvindt (potentiele remlocaties zoals voor zebrapaden, voor kruisingen, voor rotondes en dergelijke) is de verschilhoek tussen de polijstrichting en de SKM-meetrichting echter juist groter, waardoor op deze locaties mogelijk grotere verschillen kunnen ontstaan ten opzichte van de maatgevende stroefheid.

Er wordt daarom de stelling geponeerd om bij SKM-metingen te gaan werken met verschillende onderhoudsnormen voor de stroefheid, die afhankelijk zijn van de ligging en positie van een wegvak (bocht naar links / bocht naar rechts / rechtstand / potentiele remlocaties).

Nader onderzoek is noodzakelijk om op verschillende locaties (wegtype, verharding, boogstralen, voor kruisingen, voor zebrapaden et cetera) te bepalen wat het verschil is tussen de maatgevende stroefheid en de stroefheid gemeten in de SKM-richting.