

STRADA: herontwerptool voor de toekomst!

Marc Eijbersen
CROW

Christ van Gulp
KOAC•NPC

Michiel Pouwels
CROW

namens CROW-werkgroep STRADA

Samenvatting

De CROW-werkgroep 'STRADA' (STRucturele Analyse Deflectiemetingen Asfaltverhardingen) werkt sinds 2011 aan een nieuwe analysemethodiek voor het herontwerpen van asfaltverhardingen op basis van valgewichtdeflectiemetingen. De analysemethodiek is het hart van de nieuw te ontwikkelen software voor het evalueren van bestaande asfaltverhardingen en het maken van een herontwerp. De STRADA software zal aansluiten op het softwareprogramma OIA.

Deze bijdrage beschrijft de stand van zaken van de werkgroep eind 2013. In [1] is het oorspronkelijke plan van de werkgroep beschreven en zijn de eerste onderzoeksresultaten gepresenteerd. De bijdrage sluit aan op de bijdrage voor de Infradagen 2012.

1. Inleiding

In 1995 heeft CROW publicatie 92 'Deflectieprofiel geen valkuil meer' [2] uitgebracht. De publicatie beschrijft de meet- en interpretatietechniek van deflecties gemeten met een valgewichtdeflectiemeter (VGD). De methodiek vormt de nationale standaard voor het evalueren van de structurele capaciteit van een asfaltwegverharding. De methodiek is ingebouwd in de herdimensioneringsmodule van CARE. CARE is het door Rijkswaterstaat ontwikkelde en uitgebrachte softwaretool voor het ontwerp en herontwerp van asfaltverhardingen. De ontwerpmodule van CARE is in 2011 vervangen door het door CROW uitgebrachte softwareprogramma OIA (Ontwerpinstrumentarium asfaltverhardingen).

Sinds het uitkomen van publicatie 92 heeft de methodiek zich bewezen en is in Nederland gemeengoed geworden in de advisering bij structurele evaluatie en herontwerp van asfaltwegverhardingen. De afgelopen jaren komen er echter signalen dat de methodiek minder goed aansluit op de praktijksituatie. Een voorbeeld hiervan is dat in de methodiek wordt uitgegaan van een vrijwel onbelast weggedeelte waar door middel van valgewichtdeflectiemetingen de structurele capaciteit van een wegverharding kan worden bepaald. Door asverschuivingen van de weg die bij verkeerskundige aanpassingen van de weg (wegverbreding, rijstrookversmalling, etc.) zijn uitgevoerd, is dit onbelaste weggedeelte steeds moeilijker te bepalen. Verder zijn voor de methodiek verschillende historische gegevens (verkeer, laagopbouw, etc.) nodig. Deze zijn steeds vaker niet voorhanden, of de betrouwbaarheid van deze gegevens is gering.

Deze bijdrage geeft de stand van zaken weer van de werkgroep eind 2013. Tijdens de Infradagen van 2012 is het plan van aanpak van de werkgroep gepresenteerd en zijn de eerste resultaten van het onderzoekswerk [1] toegelicht.

2. Producten STRADA

Door de werkgroep STRADA worden de volgende producten opgeleverd:

- Een kalibratiecatalogus voor valgewichtdeflectiemeters [3]. Dit in het Engels geschreven rapport fungeert als vervanger van de inmiddels gedateerde CROW Record 18 'Falling Weight Deflectometer - Calibration Guide'. De nieuwe kalibratiecatalogus is in augustus 2011 uitgebracht en toegepast in de door CROW georganiseerde FWD Correlation Trials in 2011 en 2013 [4, 5]. Op basis van de resultaten van de vergelijkende VGD-metingen wordt het CROW-keurmerk voor VGD-apparatuur verstrekt.
- Een rapport ter vervanging van de huidige publicatie 92. Die publicatie is zeer technisch ingestoken en wordt daarom niet door een grote doelgroep gelezen. Ter vervanging zal dan ook een rapport worden opgesteld dat gericht is op een relatief kleine specialistische doelgroep. Het rapport zal uit drie delen bestaan:
 - o Deel A - Handleiding voor het uitvoeren van valgewichtdeflectiemetingen
 - o Deel B - Handleiding voor het analyseren van valgewichtdeflectiedata, structurele conditie, restlevensduur en herontwerp
 - o Deel C - Bijlagen met toelichtende informatie op de handleidingen
- Een dunne publicatie gericht op een brede doelgroep van wegbeheerders. In deze publicatie komt aan de orde komen waarvoor en wanneer valgewichtdeflectiemetingen kunnen worden ingezet. Verder zal de publicatie een richtlijn bevatten voor het opstellen van een uitvraag voor de inzet van valgewichtdeflectiemetingen.

- Een softwareapplicatie voor het analyseren van valgewichtdeflectiedata, bepalen van structurele conditie, restlevensduur en herontwerp. Het softwareprogramma zal aansluiten bij Deel B van het rapport.

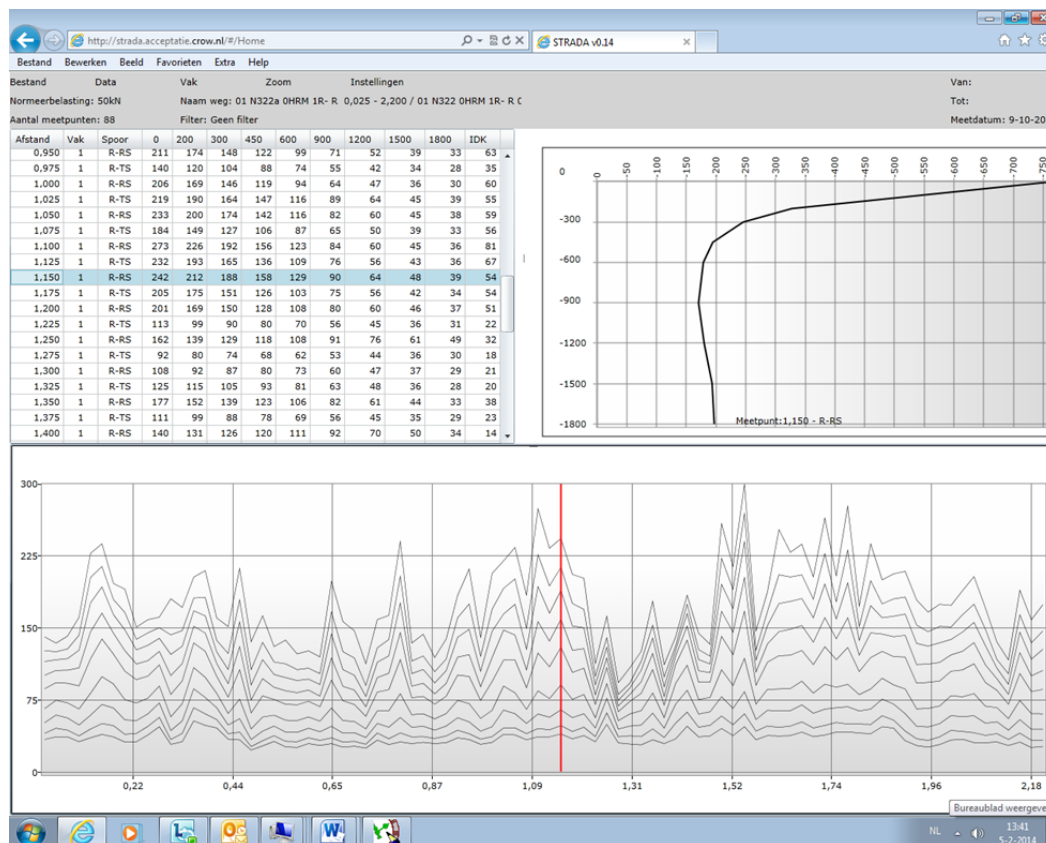
De software met de bijbehorende rapporten en publicatie worden rond de zomer van 2014 uitgebracht door CROW.

3. STRADA software

De software van STRADA is opgebouwd uit drie onderdelen. In het eerste onderdeel, de 1^e-lijns verwerking worden de ruwe meetbestanden klaargemaakt om in de evaluatie (de 2^e-lijns verwerking) te kunnen worden gebruikt. De belangrijkste functies in de 1^e-lijns verwerking zijn: het wijzigen van de gegevens in het meetbestand zoals kilometrerings en het meetspoor, het kunnen verwijderen of ongeldig maken van verkeerde meetpunten; het samenvoegen van bij elkaar horende bestanden; het indelen van de meting in homogene wegvakken en het koppelen van relevante gegevens aan de metingen zoals de asfalttemperaturen.

Het belangrijkste verschil tussen de STRADA software en CARE is dat in het hoofdscherm van STRADA alle relevante gegevens in één scherm zijn opgenomen. Dit zijn de tabel met alle gegevens, de grafiek met de deflecties en de grafiek met de surface modulus. Andere verschillen zijn: het kunnen koppelen van foto's aan meetpunten; het bekijken van de meetpunten op een kaart en het bepalen van de BELLS3 temperatuur.

In figuur 1 is een screenshot opgenomen van het hoofdscherm van de 1^e-lijns verwerking van STRADA.



Figuur 1: Screenshot hoofdscherm STRADA (voorlopig)

4. Belangrijkste actualisatiepunten

In [1] is een tabel weergegeven met de belangrijkste onderwerpen die bij de actualisatie van de analysemethodiek aan de orde moesten komen. In dit hoofdstuk wordt ten aanzien van een aantal van deze onderwerpen de stand van zaken weergegeven of het besluit dat de werkgroep ten aanzien van dat onderwerp heeft genomen.

4.1 Nauwkeurigheid bepaling asfalttemperatuur

Het is van groot belang de temperatuur van het asfalt tijdens de uitvoering van de VGD-meting zo nauwkeurig mogelijk te bepalen. Afhankelijk van de opbouw van de verhardingsconstructie en de temperatuur van het asfalt kan een fout in de bepaling van de asfalttemperatuur van 2°C een fout in de inschatting van de levensduur van 1 tot 5 jaar betekenen. In de ‘Handleiding uitvoering VGD-metingen’ zal dan ook de nodige aandacht aan dit onderwerp besteed worden.

BELLS3-temperatuur

Voor de bepaling van de asfalttemperatuur per meetpunt wordt traditioneel de BELLS3-systematiek gebruikt. Dit model berekent op basis van de wegdektemperatuur, het tijdstip van meten en de gemiddelde luchttemperatuur van de vorige dag, de asfalttemperatuur op de gewenste diepte. De berekening wordt in STRADA verder verfijnd. Het originele model is opgesteld voor metingen die tijdens zomertijdaanduiding zijn uitgevoerd. De STRADA-versie zal rekening houden met wintertijd en zomertijdaanduiding, maar ook met de positie van de valgewichtdeflectiemeter in een tijdzone. Met het door GPS vastgelegde meetpunt (alleen lengtegraad is van belang) wordt een correctie berekend waarmee het in BELLS3 in te voeren tijdstip automatisch wordt aangepast, zodat bij metingen bij overgangen naar een naastliggende tijdzone geen plotse sprongen in de berekende asfalttemperaturen ontstaan.

4.2 Aansluiten op OIA

Voor het herontwerp van asfaltverhardingen maakt de STRADA software gebruik van OIA. Bij het maken van een ontwerpberekening in OIA wordt uitgegaan van de 85% karakteristieke waarde van de gemiddelde stijfheid van de verschillende verhardingslagen. Dit betekent dat ook STRADA deze waarden moet opleveren bij het evalueren van de verhardingsconstructie.

Door de werkgroep STRADA is onderzocht op welke wijze de 85% karakteristieke waarde van de gemiddelde stijfheden van de verschillende verhardingslagen bepaald kan worden. Deze waarde is afhankelijk van de spreiding van de stijfheidsmodulus over het meetvak en het aantal deflectieprofielen dat binnen het meetvak wordt gemeten. Gezocht is naar een ‘relatief eenvoudige’ methode voor het bepalen van het karakteristieke deflectieprofiel waarmee de 85% betrouwbare gemiddelde stijfheden kunnen worden teruggerekend.

Het karakteristieke deflectieprofiel is in de volgende vorm beschreven:

$$d_{kar,n} = \bar{d} + F \times s(d) \quad (1)$$

Het karakteristieke deflectieprofiel volgt uit het gemiddelde deflectieprofiel en de spreidingen in de deflecties. Deze laatste worden vermenigvuldigd met een factor F.

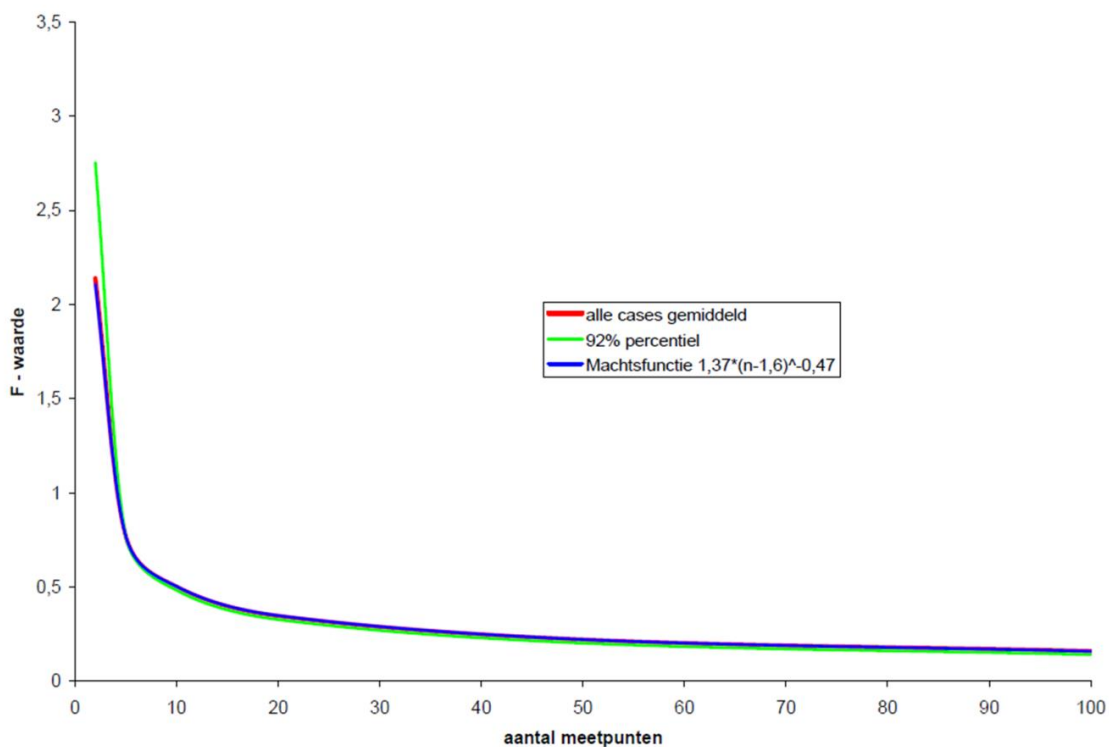
De factor F is bepaald door een 8-tal twee-, drie- en vierlagen verhardingsconstructies met een range aan in de praktijk voorkomende stijfheden en laagdikten door te rekenen.

In figuur 2 is het uiteindelijke resultaat van de analyses weergegeven. Op twee verschillende wijzen is de factor F bepaald. De formules voor de factor F zijn formules die gemiddeld gezien de individuele F-waarden voor de verschillende gefoonposities en verhardingsopbouwen het beste beschrijven.

$$F = 1,37 (n - 1,6)^{-0,47} \quad (2)$$

$$F = \frac{t_{n-1, x\% \text{ eenz.ond.kans}}}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

In formule 3 blijkt dat voor x een waarde van 92% moet worden aangehouden. Formule 3 beschrijft de gevonden resultaten goed, behalve bij n=2. Bij dit lage aantal deflectieprofielen treedt een grote afwijking op.



Figuur 2: Over de gefoonposities en alle cases gemiddelde F-waarden uitgezet tegen het aantal meetpunten n en de beschrijvende regressievergelijkingen

4.3 Inschatting vermoeiingseigenschappen asfalt

Voor het bepalen van de restlevensduur op basis van valgewichtdeflectiemetingen speelt de stijfheid en de vermoeiingssterkte van het asfalt een grote rol. De stijfheid van het asfalt wordt berekend aan de hand van de resultaten van de deflectiemetingen. De vermoeiingsstrekke kan echter niet worden bepaald aan de hand van deze metingen en moet worden aangenomen.

De werkgroep STRADA heeft onderzocht of op basis van relatief eenvoudig te bepalen parameters (bijvoorbeeld holle ruimte (HR), bitumenpercentage (Vbit), et cetera) een inschatting gemaakt kan worden van de vermoeiingseigenschappen van het asfalt in een bestaande asfaltconstructie. In [1] zijn de eerste resultaten van dit onderzoek gepresenteerd.

In het onderzoek zijn verschillende relaties bekeken die een uitspraak doen over de vermoeiingseigenschappen van het asfalt op basis van de samenstelling. Op basis van het uitgevoerde onderzoek is geconcludeerd dat:

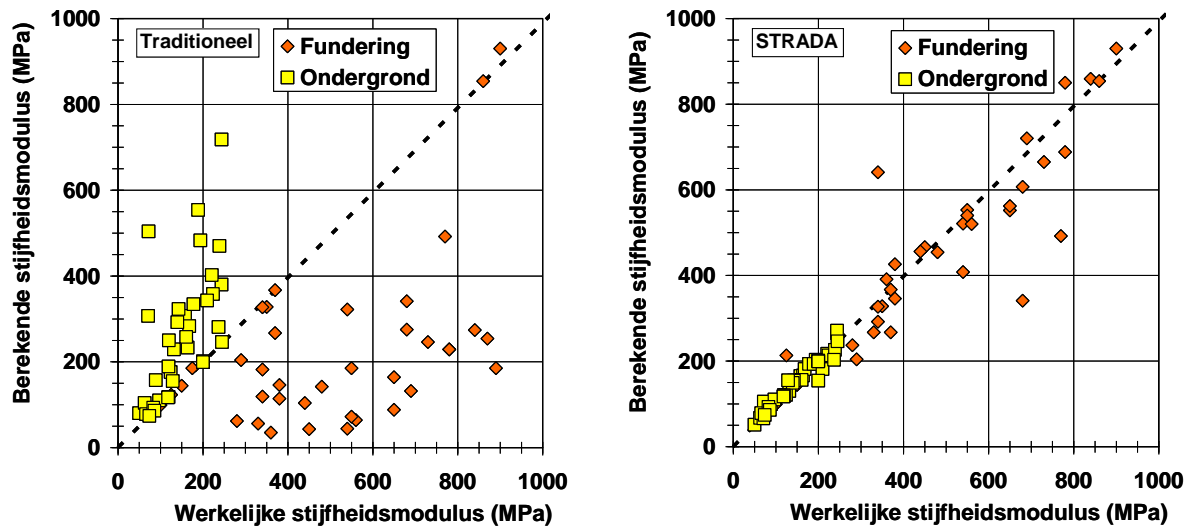
- Het effect van veranderingen in mengselsamenstelling en bitumeneigenschappen zeer verschillend is:
 - Variatie in HR heeft een relatief beperkte invloed van 5 à 10 procent op de vermoeiingssterkte per 1 procent verandering in HR;
 - Variatie in volumepercentage bitumen heeft veel invloed van 20 tot 40 procent op de vermoeiingssterkte per 1 procent verandering in Vbit;
 - Variatie in bitumeneigenschappen (Pen): 50% - 150%, met dien verstande dat de relaties onderling zowel een positieve als een negatieve invloed laten zien.
- De effecten zijn voor elke vermoeiingsrelatie zeer verschillend en spreken elkaar soms tegen (Pen).

Gezien de grote verschillen in resultaten tussen de verschillende vermoeiingsrelaties en de kosten die aanvullende onderzoek op kernen vergt om tot geschikte invoergegevens te komen is deze verfijning in de evaluatieprocedure STRADA niet opgenomen. De gebruiker kan nog steeds wel, net als in OIA, een shiftfactor op de gekozen vermoeiingsrelatie zetten.

4.4 Berekenen stijfheden bij ondergronden met oplopende stijfheid in diepte

Het deflectieprofiel en informatie over de laagopbouw (dikte en soort materiaal) van een weg zijn de voornaamste gegevens voor de berekening van de stijfheidsmoduli van elke laag. Gebruikelijk wordt de weg als een drielagenmodel gemodelleerd waarbij de ondergrond oneindig diep wordt beschouwd. Bij constructies waarbij de oppervlaktemodulusgrafiek wijst op een stijfheid die vanaf de fundering schijnbaar met de diepte toeneemt, levert deze rekenwijze verkeerde resultaten op. In dit soort gevallen wordt de stijfheidsmodulus van de vrijwel altijd fundering onderschat en die van de ondergrond overschat. Deze situaties treden op als de verhouding van deflecties gemeten op 1800 mm en 900 mm kleiner is dan 0,455. Als dit het geval is, berekent STRADA op basis van alleen deflectieprofielkenmerken de diepte tot een (pseudo) vaste grondslag. Het verschil tussen deze diepte en de som van de dikten van asfalt en fundering levert een rekenwaarde op voor de dikte van de onderfundering.

Voor het terugrekenen van de stijfheidsmoduli wordt de weg vervolgens gemodelleerd als een set van drie lagen (asfalt, fundering en onderfundering) op een oneindig stijve ondergrond. De 'nieuwe' onderfundering kan worden beschouwd als een schematisering van het maatgevende bovenste gedeelte van de ondergrond. Figuur 3 laat zien dat de nieuwe rekenmethodiek de kans op juistere stijfheidsmoduli sterk vergroot. De traditioneel teruggerekende 'slappe tussenlaag' is dus meestal in werkelijkheid niet aanwezig maar het gevolg van de keuze van modellering van de wegconstructie en materiaaleigenschappen.

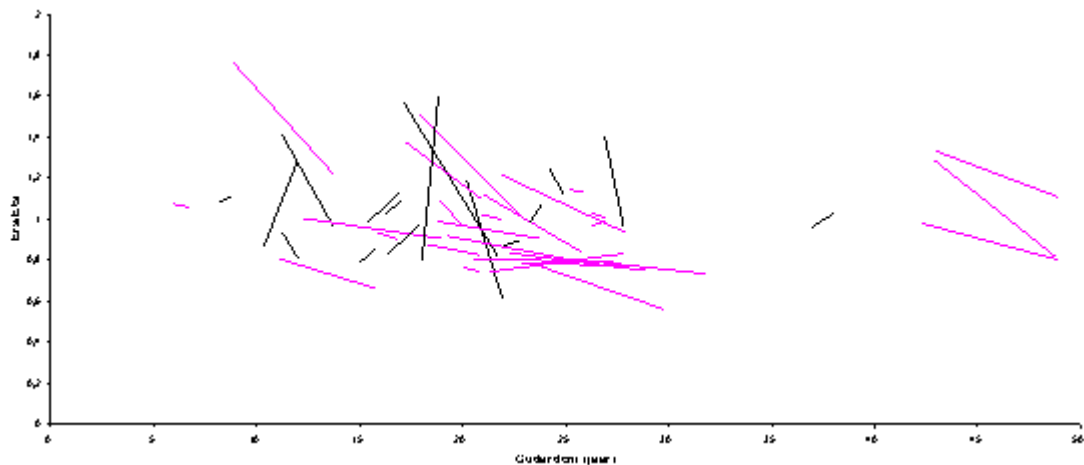


Figuur 3: Vergelijking nauwkeurigheid teruggerekende stijfheidsmoduli traditioneel en STRADA

4.5 Herontwerp op basis van VGD-metingen in belast rijspoor

Een belangrijk nieuw element in de evaluatiemethodiek van STRADA is de mogelijkheid om een herontwerp te maken op basis van VGD-metingen die in het belaste (rechter) rijspoor zijn uitgevoerd en waarvoor slechts een beperkte hoeveelheid aanvullende gegevens, zoals onderhoudshistorie en historische verkeersgegevens, nodig zijn. De werkgroep heeft onderzocht welke bestaande methoden in principe hiervoor in aanmerking komen. Hierbij is zowel gekeken naar Nederlandse als buitenlandse evaluatiemethoden. Uiteindelijk is gekozen om twee Nederlandse methoden nader te beschouwen. Een methode is ontwikkeld door Rijkswaterstaat en gaat uit van een afname van de stijfheid van het asfalt in de loop van de tijd. Bij een afname van de stijfheid met 50% is einde levensduur bereikt. De andere methode is ontwikkeld door BAM Wegen en gaat uit van een equivalente laagdikte.

De vragen ‘Op welke wijze verloopt de stijfheid van het asfalt met het aantal lastherhalingen?’ en ‘Wanneer is einde levensduur bereikt?’ zijn onderwerp geweest van theoretische beschouwingen in de werkgroep. Ook zijn deflectiedata van een groot aantal SHRP-NL proefvakken beschouwd om te bekijken of er een relatie kan worden gevonden tussen de asfaltstijfheid in het rechter rijspoor en tussen de rijsporen. In figuur 4 is de verhouding van beide stijfheden gegeven voor een groot aantal proefvakken. De verhouding is uitgezet tegen de ouderdom van de proefvakken. De verbindingslijnen tussen de meetpunten laten metingen zien op hetzelfde proefvak, maar op verschillende tijdstippen.



Figuur 4: Verloop verhouding Ers/Ets voor alle vakken met de ouderdom

Figuur 4 laat zien dat op basis van de SHRP-NL data geen eenduidige conclusies kunnen worden getrokken. De werkgroep heeft daarom besloten om naar VGD-data te zoeken die aan specifieke voorwaarden voldoen (o.a. onderhoudshistorie bekend, berekende restlevensduren tussen 0 en 20 jaar, et cetera).

De data van deze wegvakken worden ten tijde van het schrijven van deze paper verzameld en geanalyseerd. Het uiteindelijke doel is om een evaluatiemethode op te leveren die gemiddeld gezien dezelfde restlevensduur oplevert als de ‘klassieke’ evaluatiemethode op basis van metingen tussen de rijsporen. Tijdens de Infradagen 2014 zullen de resultaten ten aanzien van dit onderdeel van STRADA worden gepresenteerd.

5. Referenties

- 1 Paper 31 STRADA, CROW Infradagen 2012.
- 2 Deflectieprofiel geen valkuil meer. Publicatie 92. CROW, Ede, augustus 1995.
- 3 Falling Weight Deflectometer calibration guide. Report D11-07. CROW, Ede, augustus 2011.
- 4 FWD Correlation Trial 2011. Report D11-08. CROW, Ede, december 2011.
- 5 FWD Correlation Trial 2013. Report D13-05. CROW, Ede, november 2013.