

Technisch Infoblad Fietscomfortmetingen

Kiwa KOAC
Schumanpark 43
7336 AS Apeldoorn
Nederland
www.kiwa-koac.com

Contact

Metingen
metingen@kiwa-koac.com
088 - 562 26 72

Gerelateerde producten

- Valgewichtdeflectie-metingen
- Stroefheidsmetingen 86% vertraagd wiel
- Langsvlakheidsmetingen



Al twintig jaar lang wordt de fietscomfortmeter FCM ingezet voor gegevensinwinning van de toestand van de verharding van fietsroutes en vrij liggende fietspaden. Deze gegevens omvatten de resultaten van de langsvlakheidsmeting en de visuele beoordeling van de schade rafeling, dwarsonvlakheid, scheurvorming en randschade. Daarnaast worden soort verharding, aanwezigheid van voor fietspaden typische schade als wortelgroei en mollengangen geregistreerd en wordt het fietspad en de directe omgeving op foto vastgelegd. Dit technisch infoblad beschrijft de wijze van meten en de bepaling van de conditie-indicatoren.

1 Toepassingsgebied

De FCM wordt vooral ingezet in het kader van de periodieke beoordeling van verhardingen. De resultaten van de meting en visuele beoordeling kunnen worden ingevoerd in informatiesystemen voor verhardingsonderhoud. Met behulp van deze systemen worden vervolgens meerjarenplanningen voor het wegonderhoud opgesteld. De wegbeheerder kan de digitale fotobeelden benutten bij de bepaling van het soort onderhoud, het beantwoorden van specifieke vragen en het beoordelen van de verkeers- en sociale veiligheid van het fietspad en de directe omgeving.

De meetresultaten leveren belangrijke input om doelstellingen uit het fietsbeleid te toetsen. Als voorbeeld kunnen de volgende inrichtingsaspecten worden genoemd:

- onderscheid naar ligging: fietspad, fietsstrook, fietsverharding direct grenzend aan rijweg of met strookscheiding;
- breedte en type fietspad of fietsstrook;
- snelheid en intensiteit van autoverkeer op aanliggende rijbaan;
- aanwezigheid geparkeerde auto's.

De resultaten van de analyse kunnen in themakaarten worden gepresenteerd. Door het gebruik van plaatsbepalingstechnieken kunnen de resultaten worden gepresenteerd op de ondergrond van Google Earth. Hiermee wordt de herkenbaarheid van de locatie van gemeten wegvakken voor politici, bestuur en beleid bevorderd.

2 Apparatuur en meetprincipe

De FCM bestaat uit een voertuig (zie figuur 1) met een langsvlakheidsmeetsysteem, een systeem voor foto-opname, een registratiesysteem voor visueel te beoordelen verhardingsschade en een GPS-ontvanger met inertiael navigatiesysteem.



Figuur 1 FCM-meetvoertuig

2.1 Meting langsvlakheid

Aan de achterzijde van de FCM zijn twee High Speed Road Profilers (HSRP) gemonteerd op een onderlinge afstand van 0,8 m. Dit is ongeveer de afstand tussen twee naast elkaar rijdende fietsers. De HSRP bestaat uit een combinatie van lasersysteem en een versnellingsopnemer. Uit de signalen van de HSRP wordt het langprofiel van de verharding bepaald binnen het golflengtegebied van ongeveer 20 mm tot 20 m. Voor meer informatie over de HSRP-meting, zie Technisch Infoblad Langsvlakheidsmetingen.

2.2 Visuele inspectie

De bijrijder registreert tijdens de meting de zichtbare verhardingsschade. De verschillende te beoordelen soorten verharding en de hierbij relevante schades zijn als druktoetsen op een hiervoor ontworpen toetsenbord aangebracht. De toetsaanslagen worden samen met informatie over de locatie opgeslagen in een computerbestand. Er wordt onderscheid gemaakt in lengteschade en lokale schade. Voorbeelden van lengteschade zijn rafeling en scheurvorming. Lokale schades zijn dwarsscheuren/voegen en gaten. Tevens kan de aanwezigheid van oneffenheden veroorzaakt door wortelgroei of mollengangen worden aangegeven. Tijdens de meting worden om de 10 m foto's gemaakt van het fietspad en de directe omgeving. Aan de foto's wordt informatie toegevoegd van de locatie waarop de foto is genomen.

2.3 Meting plaatsbepaling

De positie van het meetvoertuig wordt tienmaal per seconde via GPS bepaald. De positie wordt elke 5 m vastgelegd. De nauwkeurigheid van de vastgelegde posities wordt beïnvloed door de ontvangstkwaliteit van de GPS-signalen. Bij ongehinderde ontvangst is de nauwkeurigheid circa 1 m. Bij verstoring door bomen en gebouwen kan de nauwkeurigheid slechter worden. Als de kwaliteit van de GPS-ontvangst te slecht wordt voor de positiebepaling (bijvoorbeeld in een bos of onder een viaduct), wordt de positie geschat d.m.v. interpolatie uit de posities juist voor en na de locatie van slechte ontvangst.

2.4 Operationele condities

Meetsnelheid

De FCM-meting wordt uitgevoerd met een snelheid tussen 7,5 en 40 km/u. Bij de keuze van de meetsnelheid spelen de volgende factoren een rol:

- veiligheid van de fietsers
- gebruikintensiteit van het fietspad
- mogelijkheid van kunnen continueren van de meting zonder fietsers te hoeven inhalen en hierdoor af te wijken van de te volgen meetlijn (dwarspositie).

Dwarspositie meting

In principe volgt de rechts gemonteerde HSRP tijdens de meting de route van de aan de berm-zijde rijdende fietser. Deze fietser zal vaak op de onvlakkere rand van de verharding rijden. Door met de rechter HSRP over deze rand te meten en met de linker HSRP over het vlakkere middengedeelte, wordt een goed beeld verkregen van de variatie in langsonvlakheid over de breedte van het fietspad.

Weer en wegdek

Het resultaat van de langsvlakheidsmeting kan worden beïnvloed door water en vervuiling op de verharding. Het wordt afgeraden om een langsvlakheidsmeting op een nat wegdek uit te voeren. Bij de HSRP-meting moet vanwege de lasers worden voorkomen dat opspattend water het lichtsignaal tussen de laser en het wegdek onderbreekt. Voor een betrouwbare meting is het noodzakelijk dat de verharding redelijk schoon is. Bladeren op de verharding zorgen bij de uitwerking van de meetdata voor een onvlakkere verharding dan er in werkelijkheid ligt. De operator zal in dit soort situaties de veeginstallatie op de FCM in werking stellen zodat bladeren vlak voor de laser worden weggeveegd (zie figuur 2). Vervuiling zal ook invloed kunnen hebben op de visuele beoordeling. Schades kunnen schuilgaan onder vervuiling en dus niet als schade zichtbaar zijn en worden genoteerd.



Figuur 2 Veeginstallatie FCM

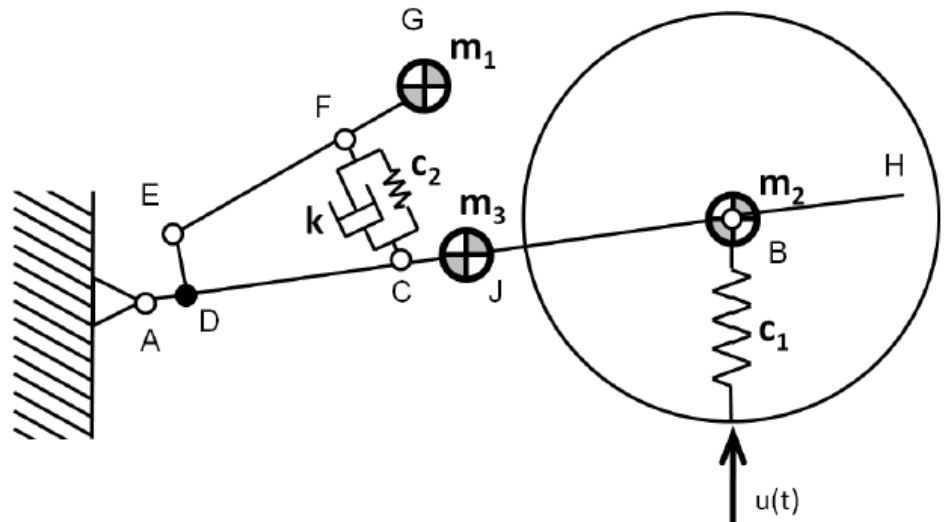
Opmerkingen

Tijdens de meting worden 'events' aangegeven bij aspecten zoals vervuiling, zijstraten, kruisingen enz. Deze events vergemakkelijken het koppelen van de meetresultaten aan de locatie in situ.

3 Verwerking meetgegevens

3.1 Langsvlakheid

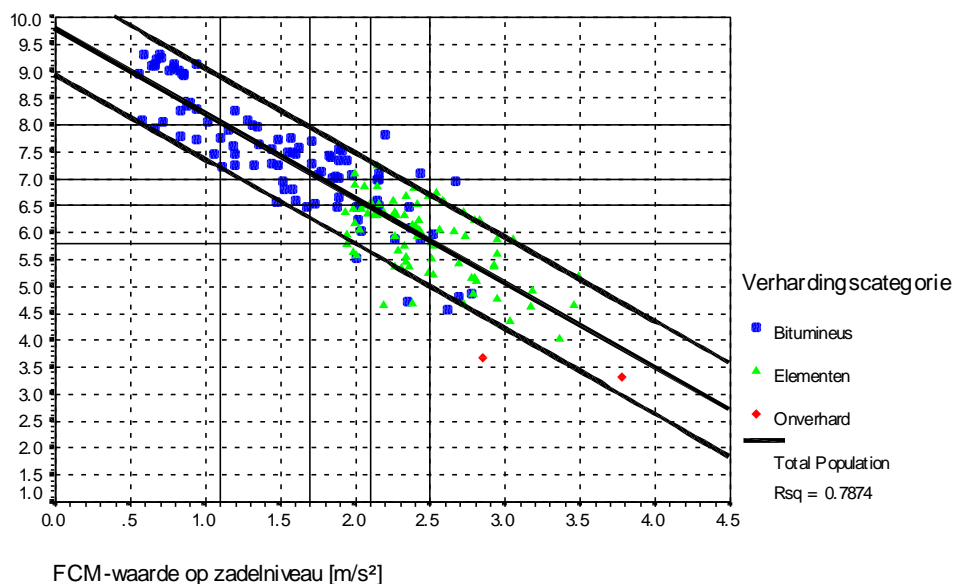
Uit de ruwe meetsignalen van de HSRP wordt het langsvlakheidsprofiel bepaald (voor details zie Technisch Infoblad Langsvlakheidsmetingen). Vervolgens wordt softwarematig met een gemodelleerde fietser (zie figuur 3) over dit langsvlakheidsprofiel gereden met 15 km/u. De hieruit bepaalde asversnellingen (gemeten op punt M) worden gewogen conform NEN-ISO 2631-1 "Mechanische trillingen en schokken - Beoordeling van de invloed van trillingen op het menselijk lichaam - Deel 1: Algemene eisen" en vervolgens softwarematig vertaald naar het niveau van versnellingen C_v , die een gemiddelde fietser op zadelniveau (berekend op punt G) zou ervaren.



Figuur 3 Modelling fiets voor bepaling trillingen

Bij de ontwikkeling van de eerste FCM in Nederland werd het oordeel van de fietser als onmisbaar geacht. Daarom is toen een validatie uitgevoerd in de vorm van een panelrating, waarbij fietsers rapportcijfers moesten toekennen aan het door hen ondervonden comfortniveau van verschillende wegvakken. Deze rapportcijfers zijn vervolgens gecorreleerd met de gemeten Cv-waarden van dezelfde wegvakken. In het validatieonderzoek hebben 109 fietsers een beoordeling van het comfort gegeven van 93 wegvakken van 100 m lengte.

In figuur 4 is de correlatie (met 85% betrouwbaarheidsinterval) weergegeven tussen de Cv-waarde (= FCM-waarde op zadelniveau) en het gemiddeld rapportcijfer per wegvak. De standaardfout in de conversie van Cv-waarde naar rapportcijfer blijkt onafhankelijk te zijn van de FCM-waarde en bedraagt ongeveer 0,8.



Figuur 4 Correlatie Cv-waarde op zadelniveau met paneloordeel

Uit de grafiek kan als een rapportcijfer 6- (zes min) als acceptatiegrens wordt gehanteerd, een bijbehorende waarde $C_v = 2,5 \text{ m/s}^2$ worden afgelezen. Uiteraard kunnen andere grenswaarden en interventieniveaus worden gekwantificeerd (zie Tabel 1). Deze niveaus kunnen in het bijzonder worden gebruikt in de ondersteuning van fietsvriendelijk beheerbeleid (zie ook paragraaf 5.4).

Tabel 1 Relatie rapportcijfer en Cv-waarde

| Rapportcijfer | Cv-waarde (m/s ²) | Omschrijving |
|---------------|----------------------------------|--------------------------|
| 6- | 2,5 | minimum acceptatieniveau |
| 6,5 | 2,1 | matig |
| 7,0 | 1,7 | redelijk |
| 8,0 | 1,1 | goed |
| >8,0 | <1,1 | uitstekend |

Standaard worden de Cv-waarde en het rapportcijfer grafisch en numeriek per 100 m gepresenteerd (zie figuur 5 en 6).

3.2 Visuele inspectie

Algemeen

Tijdens de meetrit voert de rijder een visuele inspectie uit. Daarbij registreert hij:

- type verharding
- verhardingsschade
- overige opmerkingen (events)

De volgende typen fietsverharding kunnen op het toetsenbord worden ingetoetst.

- AB asfalt(beton)
- OB oppervlakbehandeling
- CB cementbeton
- BT betontegels
- SS straatstenen
- OV overig

Op fietsverhardingen kunnen schades worden onderscheiden, die over grotere lengten kunnen voorkomen (lengteschade) en schades, die plaatselijk voorkomen (eventschade). Van de lengteschades wordt de locatie én de lengte vastgelegd; van de eventschade alleen de locatie. Bij de omschrijving van de schades is getracht zoveel mogelijk aan te sluiten bij de CROW-publicaties 146a en 146b (erratum februari 2013).

Inspectie asfaltverhardingen

- Rafeling (Lengteschade): Rafeling is het verlies van de stenen uit het oppervlak met een doorsnede groter dan 2 mm. Rafeling is voor fietsers vervelend, omdat het schadebeeld trillingen een verhoogde rolweerstand veroorzaakt. Daarnaast zijn de losse uitgereden stenen mogelijk de oorzaak van valpartijen. Op alle asfalt wegdekken wordt rafeling pas genoteerd vanaf matige rafeling. Van matige rafeling is sprake bij 20 tot 50% steenverlies per representatieve m². Rafeling wordt als ernstig gekwalificeerd bij meer dan 50% steenverlies. Rafeling tot 25 cm vanaf de rand van de verharding wordt niet als schade geregistreerd. De FCM-inspectie registreert de omvang matige en ernstige rafeling in strekkende meter fietspadlengte als één schade.
- Dwarsonvlakheid (Lengteschade): Onder dwarsonvlakheid wordt de vervorming van het warsprofiel verstaan, dat in lengterichting over een bepaalde lengte (minimaal 5 m) voortgaat. Dwarsonvlakheid kan over de gehele breedte van het fietspad voorkomen, maar dwarsonvlakheid in de rand van de verharding (tot 25 cm van de rand) wordt als randschade aangegeven. Dwarsonvlakheid op fietspaden wordt meestal veroorzaakt door niet-fietsverkeer zoals groen- en winteronderhoudsmaterieel en sluisverkeer. Dwarsonvlakheid wordt bij de FCM-inspectie geregistreerd vanaf de ernstkwalificatie matig; dat wil zeggen bij vervormingen groter dan 20 mm. De omvang van dwarsonvlakheid wordt in strekkende meter fietspadlengte geregistreerd.
- Scheurvorming (Lengteschade): Onder scheurvorming worden in CROW-publicatie 146 (erratum 2013) langsscheuren verstaan die al of niet verbonden zijn met scheuren in dwarsrichting. Een langsscheur zonder vertakkingen wordt lichte scheurvorming genoemd. Zodra een vertakking zichtbaar is, wordt de schade als matig geregistreerd. Dit onderscheid valt in de praktijk niet te maken tijdens de FCM-inspectie. Kiwa KOAC registreert daarom

alle zichtbare scheurvorming, met of zonder vertakkingen, als matige scheurvorming. Gevulde scheuren die conform CROW onder lichte scheurvorming vallen, worden bij de FCM-inspectie niet geregistreerd. Ernstige scheurvorming wordt ook als matige scheurvorming geregistreerd. Hieronder wordt scheurvorming verstaan waarbij de scheuren in lengterichting en in dwarsrichting een fijn- of grofmazig blokpatroon vormen (craquelé). De omvang van scheurvorming wordt bij asfaltverhardingen geregistreerd in strekkende meter fietspadlengte.

- Randschade (Lengteschade): Conform CROW-publicatie 146 (erratum 2013) hoeft deze schade bij de globale inspectie niet te worden geregistreerd; bij de FCM-inspectie wordt randschade wel geregistreerd. Onder randschade wordt verstaan matige of ernstige vervorming in lengte- of dwarsrichting, oneffenheden en/of scheurvorming aan één of beide randen van het fietspad. Met de rand van de verharding wordt een strook van 25 cm tot de kant van de verharding bedoeld. Deze rand is aan beide zijden van het fietspad aanwezig. De omvang van randschade wordt door de FCM-inspectie in strekkende meter fietspadlengte geregistreerd.
- Dwarsscheuren (Eventschade): Dwarsscheuren waarbij hoogteverschil aanwezig is tussen de scheurranden zijn een oorzaak van langsonvlakheid. De registratie hiervan geeft de wegbeheerder informatie over het ontstaan van oneffenheden en helpt hem bij de keuze van een doelmatige onderhoudsmaatregel. Als de hoogteverschillen tussen de scheurranden geen aanleiding geven tot enig discomfort voor de fietser, zullen de dwars-scheuren vanwege het ontbreken van enige relevantie, niet worden geregistreerd. De omvang van de relevante dwarsscheuren worden door de FCM-inspectie geregistreerd in stuks.
- Gaten (Eventschade): Gaten zijn plekken in het wegoppervlak, waar het materiaal van de bovenste verhardingslaag is verdwenen. Een uitzondering hierop is de oppervlakbehandeling. In dat geval is sprake van rafeling. Gaten veroorzaken voor de fietser discomfort en onveiligheid. Gaten kunnen voorkomen in de gehele breedte van het fietspad. Ook gaten in de rand van de verharding (25 cm tot kant verharding) worden als gaten geregistreerd. De FCM-inspectie registreert de omvang in stuks.
- Wortelgroei en mollengangen (Eventschade): Wortelgroei en mollengangen vormen door hun opbolling en verzakking een oorzaak van onvlakheid. De registratie hiervan geeft de wegbeheerder informatie over het ontstaan van oneffenheden en helpt de wegbeheerder bij de keuze van een doelmatige onderhoudsmaatregel. De FCM-inspectie registreert de omvang in stuks.

Cementbetonverhardingen

- Gescheurde betonplaten (Eventschade): Onder scheurvorming bij cementbetonverhardingen worden langsscheuren en/of dwarsscheuren verstaan die al of niet met elkaar verbonden zijn. Gevulde scheuren worden conform CROW-publicatie 146 (erratum 2013) beschouwd als lichte scheurvorming, maar worden bij de FCM-inspectie niet geïnspecteerd. Het onderscheid naar de ernst van scheurvorming wordt bij cementbetonverhardingen gemaakt op basis van scheurwijdte, hoogteverschil en afbrokkeling, die in de praktijk lastig blijkt waar te nemen. Bij de FCM-inspectie wordt de scheurvorming geregistreerd als matig. Bij de inspectie wordt in afwijking tot wat bij asfaltverhardingen gebruikelijk is, niet de lengte van schades aangegeven maar het aantal gescheurde platen. Tijdens de inspectie wordt bij scheurvorming per betonplaat slechts eenmaal op een toets gedrukt om aan te geven of een plaat is gescheurd.
- Gaten (Eventschade): Gaten zijn plekken in het wegoppervlak, waar het materiaal van de bovenste verhardingslaag is verdwenen. Gaten veroorzaken voor de fietser discomfort en onveiligheid. Gaten kunnen voorkomen over de gehele breedte van het fietspad. Ook gaten in de rand van de verharding (25 cm tot kant verharding) worden als gaten geregistreerd. De FCM-inspectie registreert de omvang in stuks. Er kunnen meer gaten per betonplaat worden geregistreerd.

Elementenverhardingen

- Dwarsonvlakheid (Lengteschade): Onder dwarsonvlakheid wordt de vervorming van het dwarsprofiel verstaan, die in lengterichting over een bepaalde lengte (minimaal 5 m) voortgaat. Dwarsonvlakheid kan over de gehele breedte van het fietspad voorkomen; dwarsonvlakheid in de strekklag (straatstenen in lengterichting gelegd) aan de rand van de verharding wordt niet als schade geregistreerd. Dwarsonvlakheid op fietspaden wordt meestal veroorzaakt door niet-fietsverkeer zoals groen- en winteronderhoudsmaterieel en

sluipverkeer. Hierbij valt te denken aan rijsporen en afhangende of kapot gereden randen. Bij diepe rijsporen en slecht doorlatende voegen kan deze schade na regenbuien leiden tot plasvorming. Dwarsonvlakheid wordt bij de FCM-inspectie geregistreerd vanaf de ernstkwalificatie matig d.w.z. vervormingen groter dan 25 mm. De omvang van het schadebeeld dwarsonvlakheid wordt in strekkende meter fietspadlengte geregistreerd.

- Langsvoegen (Lengteschade): Bij elementenverhardingen veroorzaken bredere langsvoegen of langsvoegen met een bepaald hoogteverschil dezelfde problemen voor dis-comfort en onveiligheid als scheurvorming in asfaltverhardingen. De FCM-inspectie registreert langsvoegen met een hoogteverschil groter dan 10 mm én langsvoegen met een breedte groter dan 10 mm (exclusief de vellingkanten) wat bij in lengterichting gelegde betontegels overeenkomt met een voegbreedte groter dan 20 mm inclusief vellingkanten. Deze omvang van de schade wordt vastgelegd in strekkende meter fietspadlengte.
- Gaten (Eventschade): Gaten zijn locaties in het wegoppervlak, waar één of meerdere elementen verdwenen zijn. Gaten veroorzaken voor de fietser dis-comfort en onveiligheid. Gaten kunnen voorkomen over de gehele breedte van het fietspad en ook in de rand van de verharding. De FCM-inspectie registreert de omvang in stuks.
- Wortelgroei en mollengangen (Eventschade): Wortelgroei en mollengangen vormen oorzaken van oneffenheden. De registratie hiervan geeft de wegbeheerder informatie over het ontstaan van oneffenheden en helpt de wegbeheerder bij de keuze van een adequate onderhoudsmaatregel. De FCM-inspectie registreert de omvang in stuks.

Overzicht schades

Tabel 2 geeft een overzicht van de tijdens de FCM-inspectie genoteerde soorten schade.

Tabel 2

| Schadebeeld | Soort verharding | | | | | |
|---------------------|------------------|----|----|----|----|----|
| | AB | OB | CB | BT | SS | OV |
| Lengteschade | | | | | | |
| Rafeling | • | • | | | | • |
| Dwarsonvlakheid | • | • | | • | • | • |
| Scheurvorming | • | • | | | | |
| Langsvoegen | | | | • | | |
| Randschade | • | • | | | | • |
| Eventschade | | | | | | |
| Dwarsscheuren | • | • | | | | |
| Gescheurde platen | | | • | | | |
| Gaten | • | • | • | • | • | • |
| Wortelgroei | • | • | | • | • | • |
| Mollengangen | • | • | | • | • | • |

De resultaten van de inspectie worden per soort schade gerapporteerd (zie figuur 5 en 6).

3.3 Digitale foto's

De genomen foto's worden op digitale drager aangeleverd. De data worden per weg in een submap opgeslagen en voorzien van wegnaam, strook, kilometering en meetdatum, waardoor de foto's van specifieke wegvakken snel en eenvoudig zijn op te zoeken.

De meet- en inspectieresultaten kunnen ook worden gepresenteerd op een Google Earth achtergrond (zie figuur 7). Op deze manier is eenvoudig een overzicht te verkrijgen van de oorzaak van bepaalde meet- en inspectieresultaten. De tijdens de meting genomen foto's zijn via de Google Earth-presentatie oproepbaar.

4 Meetonzekerheid

De HSRP-meetsystemen van Kiwa KOAC nemen deel aan het jaarlijkse ringonderzoek, dat door CROW wordt georganiseerd. Deelnemende apparaten, die aan de door CROW gestelde criteria en eisen voldoen, ontvangen als bewijs hiervoor een certificaat. De door CROW gestelde eisen (CROW Platform Wegmetingen document 2551-15-115 "Toelatingsprocedure en ringonderzoek High Speed Road Profiler - versie 5") zijn weergegeven in Tabel 3. Het CROW-ringonderzoek gaat niet in op de Cv-waarde of de comfortindex. De juistheid- en precisiekenmerken worden in het ringonderzoek vastgesteld aan de hand van de IRI-waarde (zie Technisch Infoblad Langsvlakheid). De juistheid Cv-waarde is afkomstig uit het validatierapport nieuwe contactloze fietscomformeter, rapport I_0900202_2 van Kiwa KOAC.

Tabel 3 Prestatiekenmerken

| criterium | Eis CROW |
|--|--|
| Juistheid gemeten profiel | Absolute gemiddelde afwijking van referentieprofiel van verkeersdrempel over 10 meetruns: < 6% |
| Precisie gemeten profiel | Variatiecoëfficiënt van verhouding gemeten profiel en referentieprofiel van verkeersdrempel over 10 meetruns: < 3% |
| Korte termijn herhaalbaarheid IRI Precisie IRI ringonderzoek | Variatiecoëfficiënt \leq 3% (gehaald in 2016: 4%) (als niet gehaald alternatieve eis: standaard afwijking < 0,1 m/km) (gehaald 0,055 m/km) |
| Juistheid IRI ringonderzoek Afwijking IRI van consensuswaarde | Absolute gemiddelde afwijking over 9 van 10 wegvakken: < 10% (gehaald in 2016: tussen 1,4% en 1,85%) Standaardafwijking \leq 0,09 (gehaald in 2016: < 0,042) |
| Juistheid Cv-waarde | Intercept lineaire regressielijn met oer-FCM: $0 \pm$ toleranties 95%-betrouwbaarheidsinterval Helling lineaire regressielijn met oer-FCM: $1 \pm$ toleranties 95%-betrouwbaarheidsinterval |

5 Interpretatie meetresultaten

Uit de HSRP-meetdata kunnen diverse indicatoren voor de langsvlakheid worden afgeleid. De in Nederland meest gangbare indicatoren zijn:

- viagraaf afwijkingspercentage C5;
- rolrei-afwijking;
- International Roughness Index (IRI);
- comfortindex fietspaden.

5.1 Viagraaf

De toelaatbare waarde voor de meetresultaten geanalyseerd met de viagraaf is afhankelijk van de eisen die het contract van een bepaald werk staan. In het geval van een RAW-bestek specificeren de Standaard RAW Bepalingen 2010/2015 de volgende bepalingen.

Het viagraaf afwijkingspercentage C5 moet per meetvak kleiner dan of gelijk zijn aan:

- 2 voor een geheel nieuwe verharding volgens het bestek opgebouwd uit ten minste vier lagen of een op een bestaande verharde ondergrond of kunstwerk aangebrachte verharding, volgens het bestek opgebouwd uit ten minste een profileerlaag en een deklaag.
- 3 voor alle andere verhardingen.

Indien in enig meetvak van 100 m lengte het afwijkingspercentage C5 de aangegeven grenswaarde overschrijdt, wordt bij het overwegen van de te nemen maatregelen naast de C5 ook de f5 in de beschouwing betrokken.

De analyse van de langsvlakheid met de viagraaf wordt in principe gebruikt voor opleveringscontrole van asfalt- en cementbetonverhardingen. Op weggedeelten korter dan 300 m, in horizontale bogen met een straal kleiner dan 200 m en in verticale bogen met een straal kleiner

dan 10.000 m wordt de bepaling met de rolreimethode gedaan. Deze beperkingen dateren uit de tijd dat nog met een fysieke viagraaf of rolrei werd gemeten.

5.2 Rolrei

De toelaatbare waarde voor de meetresultaten bepaald met de rolrei is afhankelijk van de eisen die het contract van een bepaald werk staan. In het geval van een RAW-bestek specificeren de Standaard RAW Bepalingen 2010/2015 de volgende bepalingen.

Een rolrei-afwijking moet per meetvak kleiner dan of gelijk zijn aan:

- 3 mm voor een geheel nieuwe verharding, volgens het bestek opgebouwd uit ten minste vier lagen of een op een bestaande verharde ondergrond of kunstwerk aangebrachte verharding, volgens het bestek opgebouwd uit ten minste een profileerlaag en een deklaag.
- 4 mm voor een op een zandbed of fundering aangebrachte verharding, volgens het bestek opgebouwd uit drie lagen;
- 5 mm voor een op een zandbed of fundering aangebrachte verharding, volgens het bestek opgebouwd uit twee lagen en voor weggedeelten in bogen met een horizontale straal kleiner dan 200 m dan wel een verticale straal kleiner dan 10.000 m en voor weggedeelten korter dan 300 m.

Ter plaatse van dwarsnaden mag de afwijking niet groter zijn dan 5 mm.

5.3 IRI-waarde

Voor de IRI bestaan geen algemeen geaccepteerde eisen. In CROW-publicatie 147 'Wegbeheer 2011' worden de in tabel 4 genoemde IRI-waarden als richtlijn of strengere richtlijn gehanteerd.

Tabel 4 Grenswaarden IRI

| Soort weg | Richtlijn | Strengere richtlijn |
|---|-----------|---------------------|
| Stroomweg I, II en gebiedsontsluitingsweg I | 3,5 | 2,5 |
| Alle andere (lagere-ordewegen) | 5,1 | 3,5 |

5.4 Fietscomfort

Tot de datum van verschijnen Errata CROW-publicatie 147 'Wegbeheer' werd het fietscomfort uitgedrukt in de comfortindex CI. Vanaf februari 2013 wordt het fietscomfort op fietspaden en fietsroutes uitgedrukt in een de Cv-waarde. Tabel 5 toont de door CROW gehanteerde grenswaarden.

Tabel 5 Grenswaarden Cv-waarde voor alle verhardingstypen

| Eis | Waarde Cv-waarde |
|------------------------------|------------------|
| Waarschuwingsgrens | 2,1 |
| Richtlijn | 2,5 |
| Strengere waarschuwingsgrens | 1,7 |
| Strengere richtlijn | 2,1 |

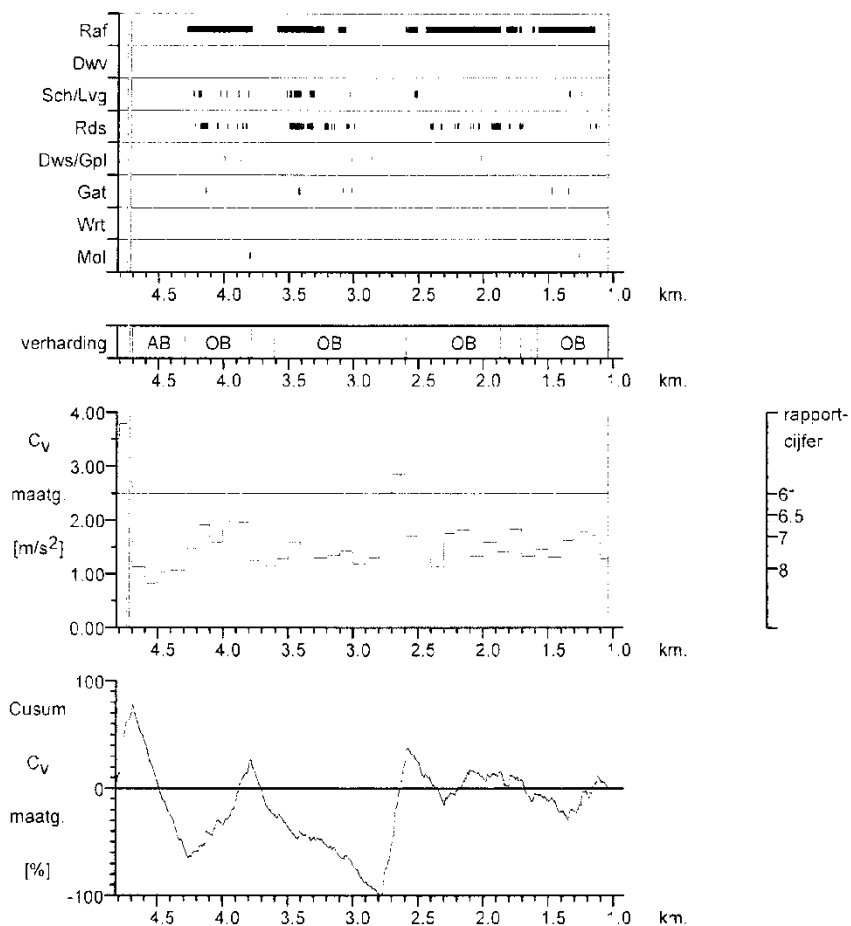
Ondanks dat de Cv-waarde de geldende maat is voor het fietscomfort, wordt het fietscomfort toch nog vaak in een comfortindex uitgedrukt. Dit komt omdat veel databestanden in het kader van beheer openbare ruimte nog niet zijn omgebouwd naar de Cv-waarde. Bovendien bemoeit de overgang naar de meeteenheid Cv-waarde het maken van trendanalyses fietscomfort op basis van comfortindex. Waarden voor de comfortindex (CI) kunnen voor verschillende soorten wegverharding als volgt uit de Cv-waarden worden berekend:

asfalt + beton $CI = 19,2 \times Cv - 16,3$

elementen $CI = 37,7 \times Cv - 41,0$

Projectnummer :
 Wegnaam :
 Rijbaan :
 Rijstrook :
 Wegvak :
 Nulpunt :
 Meetdatum :
 Programma :

Figuur: A
 KOAC-NPC
 Schumanpark 43
 7336 AS Apeldoorn
 Tel. 088-5622672
 Fax. 088-5622511
 www.koac-npc.com



Figuur 5 Voorbeeld grafische weergave FCM-resultaten



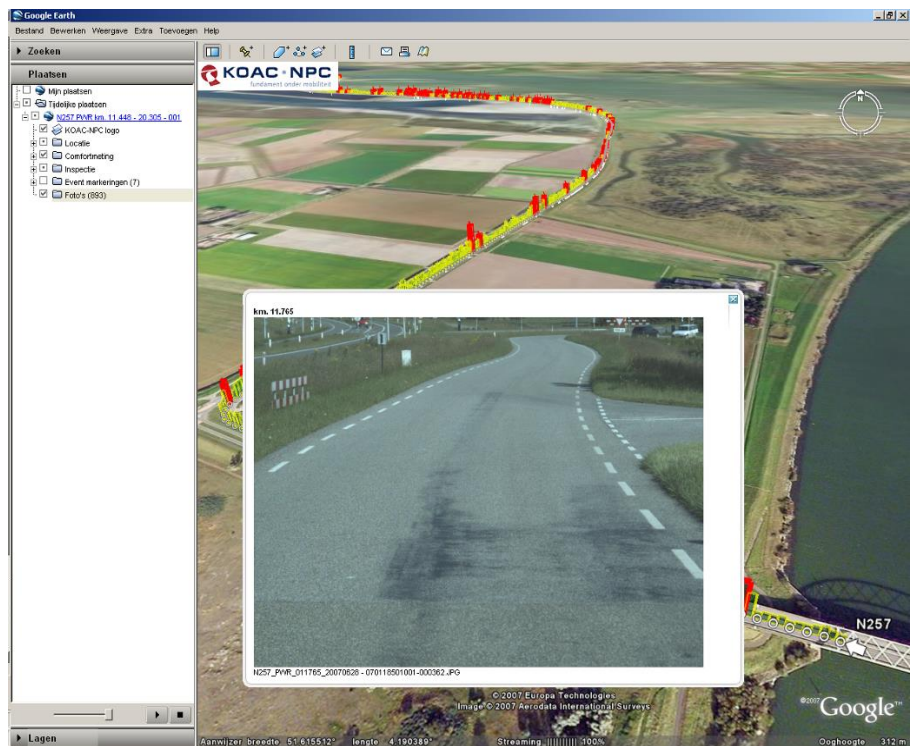
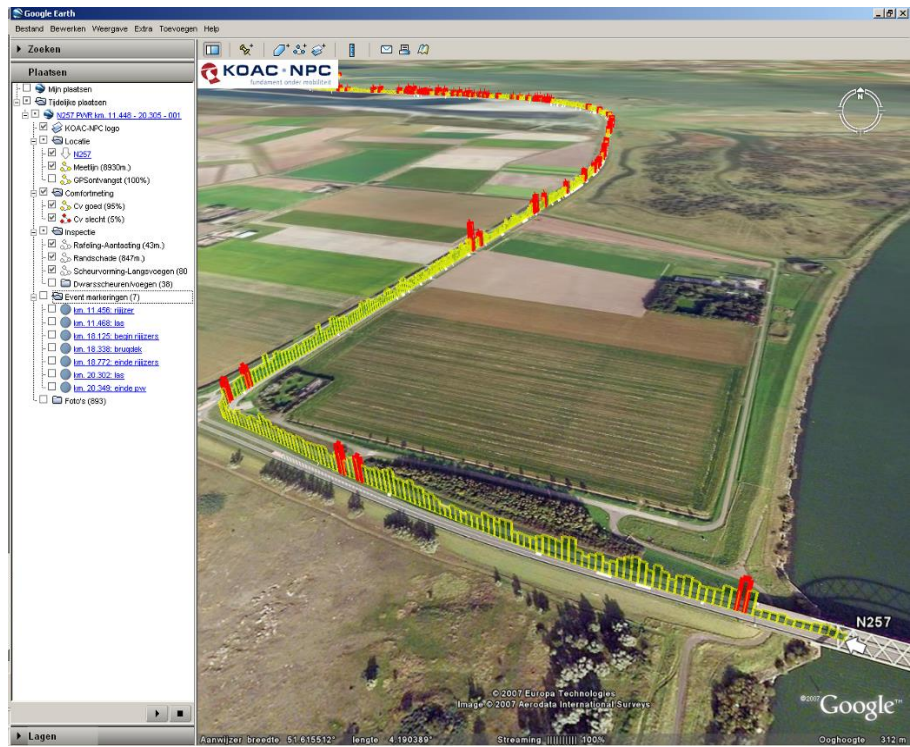
Projectnummer :
 Wegnaam :
 Rijbaan :
 Rijstrook :
 Wegvak :
 Nulpunt :
 Meetdatum :
 Programma :

Tabel: A
 KOAC-NPC
 Schumanpark 43
 7336 AS Apeldoorn
 Tel. 088-5622672
 Fax. 088-5622511
 www.koac-npc.com

| Wegvak van km. | Wegvak tot km. | ver- har- ding | Comfort- getal gem. | Rapport cijfer | Raf m. | Dwv m. | Sch/ Lvg m. | Rds m. | Dws/ Gpl stuks | Gat stuks | Wrt stuks | Mol stuks |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 4.820 | 4.800 | | 3.5 | 4.3 | | | | | | | | |
| 4.800 | 4.742 | BT | 3.8 | 3.8 | | | | | | | | |
| 4.719 | 4.702 | BT | 2.7 | 5.6 | | | | | | | | |
| 4.702 | 4.700 | AB | 3.2 | 4.8 | | | | | | | | |
| 4.700 | 4.600 | AB | 1.1 | 8.0 | | | | | | | | |
| 4.600 | 4.500 | AB | 0.8 | 8.5 | | | | | | | | |
| 4.500 | 4.400 | AB | 1.0 | 8.1 | | | | | | | | |
| 4.400 | 4.300 | AB | 1.1 | 8.1 | | | | | | | | |
| 4.300 | 4.295 | AB | 1.0 | 8.2 | | | | | | | | |
| 4.295 | 4.200 | OB | 1.5 | 7.4 | 90 | | 9 | 4 | | | | |
| 4.200 | 4.100 | OB | 1.9 | 6.8 | 100 | | 16 | 53 | | 2 | | |
| 4.100 | 4.000 | OB | 1.6 | 7.3 | 100 | | 5 | 10 | | | | |
| 4.000 | 3.900 | OB | 2.0 | 6.6 | 100 | | 11 | 9 | 1 | | | |
| 3.900 | 3.800 | OB | 2.0 | 6.7 | 100 | | 11 | 19 | 2 | | | 1 |
| 3.800 | 3.786 | OB | 2.5 | 5.9 | 14 | | | | | | | 1 |
| 3.786 | 3.700 | AB | 1.0 | 8.2 | | | | | | | | |
| 3.700 | 3.611 | AB | 1.1 | 8.0 | | | | | | | | |
| 3.611 | 3.600 | OB | 1.4 | 7.6 | 1 | | | | | | | |
| 3.600 | 3.500 | OB | 1.3 | 7.8 | 100 | | | | | | | |
| 3.500 | 3.400 | OB | 1.6 | 7.3 | 100 | | 7 | 5 | | | | |
| 3.400 | 3.300 | OB | 1.4 | 7.5 | 100 | | 72 | 99 | | 7 | | |
| 3.300 | 3.200 | OB | 1.3 | 7.7 | 67 | | 43 | 48 | | | | |
| 3.200 | 3.100 | OB | 1.4 | 7.6 | 25 | | | 32 | | | | |
| 3.100 | 3.000 | OB | 1.4 | 7.5 | 37 | | 4 | 21 | 1 | 2 | | |
| 3.000 | 2.900 | OB | 1.2 | 7.9 | | | | 4 | | | | |
| 2.900 | 2.800 | OB | 1.3 | 7.7 | 5 | | | | 1 | | | |
| 2.800 | 2.759 | OB | 2.3 | 6.1 | | | | | | | | |
| 2.758 | 2.700 | BT | 2.6 | 5.6 | | | | | | | | |
| 2.700 | 2.601 | BT | 2.8 | 5.3 | | | | | | | | |
| 2.601 | 2.600 | AB | 2.9 | 5.2 | | | | | | | | |
| 2.600 | 2.588 | AB | 4.0 | 3.5 | 10 | | | | | | | |
| 2.588 | 2.510 | OB | 1.3 | 7.6 | 73 | | 22 | | | | | |
| 2.510 | 2.500 | AB | 1.3 | 7.8 | | | | | | | | |
| 2.500 | 2.437 | AB | 1.3 | 7.8 | 9 | | | | | | | |
| 2.437 | 2.400 | OB | 1.3 | 7.7 | 33 | | | 12 | | | | |
| 2.400 | 2.300 | OB | 1.1 | 8.0 | 100 | | | 23 | | | | |
| 2.300 | 2.200 | OB | 1.8 | 7.0 | 100 | | | 10 | | | | |
| 2.200 | 2.100 | OB | 1.8 | 6.9 | 100 | | | 14 | | | | |
| 2.100 | 2.000 | OB | 1.3 | 7.7 | 100 | | | 23 | 1 | | | |
| 2.000 | 1.900 | OB | 1.6 | 7.3 | 100 | | | 44 | | | | |
| 1.900 | 1.867 | OB | 1.8 | 6.9 | 33 | | | 33 | 1 | | | |
| 1.867 | 1.831 | AB | 0.9 | 8.4 | | | | | | | | |
| 1.831 | 1.800 | OB | 1.4 | 7.6 | 29 | | | 5 | | | | |
| 1.800 | 1.747 | OB | 2.1 | 6.4 | 53 | | | 3 | | | | |
| 1.747 | 1.731 | AB | 1.6 | 7.3 | | | | | | | | |



Figuur 6 Voorbeeld numerieke weergave FCM-resultaten



Figuur 7 Google Earth presentatie van FCM-resultaten Tekst.