

# Even een scheur vullen

## Nog niet zo simpel

Evert de Jong

### Samenvatting

Scheurvorming in asfalt is vanuit de dagelijkse praktijk tot en met fundamenteel wetenschappelijk niveau benaderd. Een eenvoudige handleiding over reparatie ontbreekt echter. In deze paper wordt een aanzet gegeven om de uitvoering te ondersteunen bij de keuze tussen de diverse uitvoeringsmogelijkheden. De materieel- en loonkosten zijn de dominante kostenposten en het (vul)materiaal maakt slechts een gering deel uit van de totale kosten. Daarom wordt er voor gepleit te kiezen voor het meest hoogwaardige materiaal. Daaraan vooraf gaat een uitgebreide analyse naar de oorzaak en de inpassing in de totale beheerstrategie.

Deze paper kan ook beschouwd worden als een aanzet voor meerdere ‘best practices’ bij de uitvoering van dagelijkse activiteiten bij de uitvoering van asfaltwerken. Dit naar aanleiding van NCHRP report 784.

### Preambule

Scheuren ontstaan

Scheuren bewegen

Scheuren groeien

Scheuren worden erger

Scheuren versnellen de achteruitgang van de verharding

### Steekwoorden

Asfalt, scheuren, reparatie, beheer en onderhoud



## 1. Inleiding

Naar de achtergronden van scheurgroei in asfalt zijn vele publicaties verschenen. In 1995 promoveerde Maarten Jacobs op dit onderwerp [1] en ter gelegenheid van het afscheid van prof. Molenaar is in 2012 het '7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements' in Delft georganiseerd [2]. Het staat er goed: het zevende congres! Het is dus geen onderwerp dat mag klagen over gebrek aan belangstelling. Ook al niet omdat op diverse niveaus, van hoog wetenschappelijk tot de dagelijkse praktijk van uitvoering, over de behandeling van scheuren wordt nagedacht.

De TRB heeft in 2014 een uitgave met de 'Best Practices for Crack Treatments for Asphalt Pavements' verzorgd [3]. In deze paper is ruim gebruikt gemaakt van deze TRB uitgave.

Het is de vraag of scheuren voorkomen kunnen worden. Dus of dit onderhoudsaspect bij een goed uitgevoerd ontwerp niet nodig is. Op de doorgaande wegen is scheurvorming al niet meer aan de orde. Vermoeiingsscheuren vanaf de onderkant komen door de grote laagdikte en daaruit voortvloeiende lage spanningen onderin niet meer voor. Het maatgevende schadecriterium aan het ZOAB oppervlak is rafeling. Rafeling manifesteert zich veel eerder dan dat er scheuren ontstaan. Of dit systeem, een vorm van perpetuel pavement, ook voor andere wegen (economisch) geschikt is, is geen literatuur gevonden.

Het behandelen van scheuren in asfaltverhardingen is een belangrijk onderdeel van het onderhoud. De constructieve sterkte wordt er nauwelijks door verbeterd. Het dient vooral om het binnendringen van water te voorkomen. Binnendringen van water zorgt voor een exponentiële versnelling van de schade. Het achterwege laten van maatregelen leidt tot verhoging van de kosten omdat de scheur steeds slechter wordt waardoor [4]:

1. Reparatie duurder wordt.
2. Levensduur afneemt.
3. Gebruikerskosten toenemen.
4. Gevaar voor verkeersdeelnemers toeneemt.


Onderhoudsmaatregelen, waaronder het vullen van scheuren, zien er over het algemeen eenvoudig uit. De neiging om iemand op pad te sturen met wat vulmateriaal ontstaat daarom snel. Dit is echter sterk af te raden. Het is repareren van scheuren is zowel een vak als een ambacht.

Gezien de overweldigende hoeveelheid literatuur en praktijkervaring is het onmogelijk een volledig beeld te schetsen van alle aspecten die rond scheuren spelen. Het betreft hier een beperkte aanzet om de kennis over scheuren en te nemen maatregelen te presenteren in een vorm die opdrachtgevers en opdrachtnemers kunnen gebruiken om op een gelijk kennisniveau te communiceren.

Voor de inventarisatie is de inschakeling van een deskundige adviseur van belang en bij de uitvoering een deskundige aannemer. Die hebben, elk op hun vakgebied, veel meer kennis dan hier wordt beschreven en zijn daarmee hun geld meer dan waard.

## 2. Inventarisatie

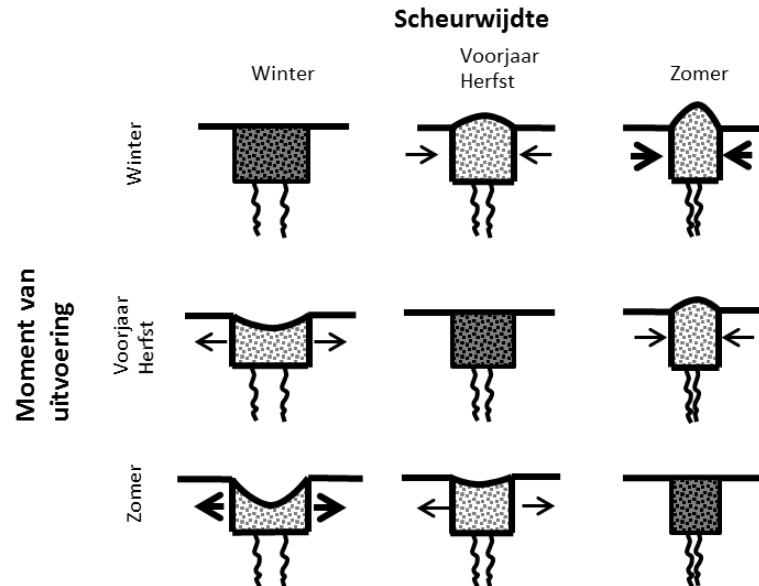
Voorafgaand aan welke andere activiteit dan ook moet een analyse van de scheuren plaatsvinden. Daarbij kunnen al aan het oppervlak de meeste oorzaken worden vastgesteld met een daaraan verbonden grove benadering van de maatregel. Dat kleine en incidentele scheuren in een ouder wegdek niet snel zullen groeien is evident. Maar de meeste situaties zijn complexer.

Type scheur	Foto	Oorzaak	Onderhoudsmaatregel
Vermoeiing		Overbelasting (onvoldoende draagkracht)	Vervangen door nieuwe constructie
Blokvormige scheuren		Verouderd of te weinig bindmiddel, verergerd door zwaar langzaam verkeer	Verbetering oppervlak, bijvoorbeeld overlaging.
Randscheuren		Zwakke ondergrond, mogelijk verergerd door bermbegroeiing	Bermversteving, drainage en scheuren vullen.
Langsscheuren		Slechte naad	Scheur vullen
Dwarsscheuren		Slechte daglas of reflectiescheur	Scheur vullen
Reflectiescheuren		Beweging in de onderliggende betonverharding	Scheuren vullen en overlagen

Tot de inventarisatie behoort ook het vaststellen van de scheurfactor, de verhouding tussen breedte en diepte. Ligt deze boven de 1,5 dan ontstaan er na het vullen grote spanningen waardoor de scheur binnen korte tijd weer terugkomt. Om deze spanningen te beperken is infrezen een oplossing.

### 3. Moment van de maatregelen

Omdat de scheurwijdte in de winter groot en in de zomer klein is, zijn het voorjaar en de herfst de beste momenten om deze te vullen. Dit is in een eenvoudig plaatje duidelijk te maken.



*Figuur 1*  
*Van boven naar beneden de uitvoering in de winter, voorjaar/herfst en de zomer met effect op de vulling van de scheur [5].*

### 4. Waar hangt de beslissing om scheuren te behandelen van af?

Het is wellicht een open deur maar in situaties waar binnen enkele jaren een reconstructie is voorzien moeten alleen maatregelen genomen worden om die periode door te komen.

De beslissing om maatregelen te nemen is afhankelijk van:

- Oorzaak.
- Type scheur.
- Percentage scheuren.
- Scheurwijdte.

Daarnaast kan de scheurdiepte van invloed zijn. En dat allemaal ook gezien vanuit de leeftijd van de verharding.

***Wachten met het nemen van maatregelen is wachten op verhoging van kosten. Want scheuren hebben de neiging zich steeds sneller te ontwikkelen.***

Het kan ook van een andere kant bekeken worden. Wanneer is het vullen van scheuren niet zinvol?

- De scheuren zijn te breed, te diep of te veel.
- Bij te veel beweging (meer dan 3 mm per jaar).
- Het wegdek is in te slechte conditie (vermoeiingsscheuren, craquelé).
- Beperkt aantal in een oud wegdek.
- Als er binnen korte tijd een reconstructie is voorzien.

De algemene criteria die daarbij worden gehanteerd zijn:

Te wijdt:

Bij een wijdte van meer dan 12 mm verdient het aanbeveling de ouderdom van de weg en de oorzaak te betrekken. Hoe ouder de weg hoe groter de kans dat een reparatie zinvol kan zijn. Als een bredere scheur ook beweging vertoont (maar binnen de marge van 3 mm) komt het vullen steeds minder in aanmerking. Ook is er een relatie met de maatregel. Een scheur met een breedte van 12 tot 20 mm is het frezen verstandig. Is de scheur breder dan 20 mm dan is het direct vullen aan te bevelen.

Te diep:

Een scheur die door de verharding heen loopt, bijvoorbeeld een reflectie scheur vanuit de (gebonden) fundering, heeft grote kans binnen afzienbare tijd terug te keren. Eerst frezen kan dan zinvol zijn.

Te veel:

Hiervoor geldt geen eenduidig criterium. Er wordt wel gemeld dat bij meer dan 135 m' scheurlengte per 100 m' wegvak het repareren niet zinvol zou zijn.

In het buitenland wordt wel eens een scrubseal toegepast. Deze methode bestaat uit het aanbrengen van een bitumenemulsie die met borstels op een veegwagen in de scheuren wordt geveegd. Aansluitend is een EAB of oppervlakbehandeling mogelijk. De gedachte achter deze benadering is dat de constructie nog voldoet maar het oppervlak door diverse invloeden is verouderd.

## **5. Wel of niet frezen**

In Nederland komt infrezen nauwelijks voor. Omdat uit het NCHR rapport blijkt dat het kosteneffectief is wordt er hier toch aandacht aan gegeven. Daarbij is discussie of het infrezen van langsscheuren voldoende rendement oplevert. Bij dwarsscheuren is er een groot spanningsverschil als de band net voor en net na de scheur op de weg drukt. Bij langsscheuren is dit effect veel minder. Infrezen is af te raden bij scheurwijdtes minder dan 3 mm, vermoeiingsscheuren, korte scheuren (minder dan 10 m), slechte wegconditie en dunne lagen (minder dan 50 mm).

Er moet een minimum wijdte zijn om voldoende materiaal in de scheur te krijgen. Is de scheur te smal dan blijft het materiaal aan het oppervlak hangen en komt de scheur binnen de kortste keren terug. Bij kleinere scheuren in een ouder wegdek kan deze behandeling wel effectief zijn.

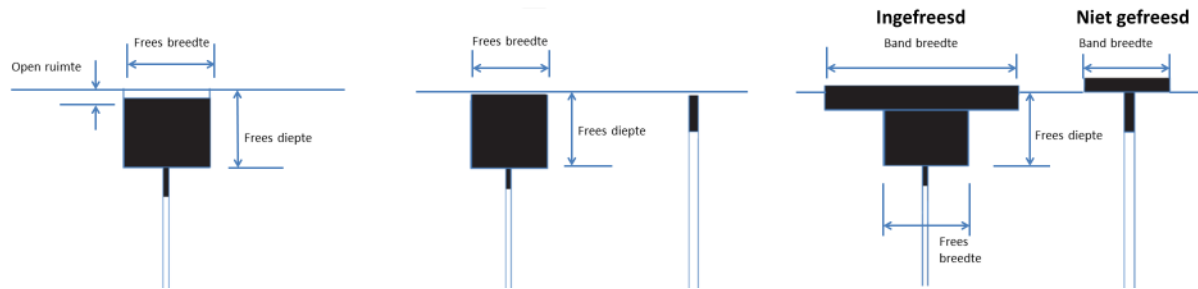
In de VS wordt aanbevolen om bij een scheurwijdte tussen 3 en 12 mm de scheur in te frezen. Ligt de scheurwijdte tussen 12 en 20 mm dan moet nagegaan worden wat de achtergrond van de scheur is en of frezen wel gewenst is. Bij deze beoordeling is vakmanschap en kennis nodig; engineering judgement. Bij scheuren wijder dan 20 mm is alleen vullen (na schoonmaken) de juiste maatregel.

Bij brede scheuren kan het aanbrengen van een rugvulling in de scheur wenselijk zijn om te voorkomen dat er te veel materiaal naar de bodem zakt. De rugvulling voorkomt ook te hoge

spanningen in het voegvulmiddel bij grote temperatuurwisselingen. Deze rugvulling moet ca. 25 % breder zijn dan de scheurwijdte en bestand tegen de het voegvulling.

## 6. Systemen

De verschillende systemen, inclusief de ingefreesde, worden hieronder weergegeven. De minimale freesbreedte en –diepte is 12 mm. Maar de optimale afmeting voor de breedte ligt tussen 25 – 38 mm. Voor de diepte geldt 15 tot maximaal 35 mm.



Figuur 2: Verzonken

Figuur 3: Volzetten

Figuur 4: Afdichten

### Verzonken (figuur 2)

Geschikt ter voorbereiding op een overlaging. De vulling minimaliseert de overgang tussen beide randen. Een diepte van 5 – 10 mm is gebruikelijk. De vulling moet 6 tot 12 maanden voor de overlaging worden uitgevoerd.

### Volzetten (Flush fill), al dan niet gefreesd (figuur 3)

Ter voorbereiding op een oppervlakbehandeling of een EAB.

Scheurvulmiddel is over algemeen een gemodificeerde bitumenemulsie.

### Afdichten, al dan niet gefreesd (figuur 4)

Afdichten bestaat uit het aanbrengen van materiaal in en aan weerszijden van de scheur, overband genoemd. Een 'overband' is geschikt voor het onderliggende wegennet. Een overband is esthetisch niet fraai. Desondanks kan het effectief zijn omdat de randen goed beschermd worden. Het wordt daarom in Nederland veel toegepast. Ook als naadbeschermer. De overband moet worden afgestrooid om te voorkomen dat het materiaal vlak na aanleg aan de banden plakt en zo het materiaal uit de scheur trekt. Als er aansluitend een overlaging wordt voorzien is een overband niet gewenst (en niet nodig) omdat het aanleiding tot een hobbel kan zijn. Het ingefreesde systeem (links in figuur 4) is geschikt voor scheuren groter dan 3 mm. Het niet gefreesde systeem (rechts in figuur 4) is geschikt voor scheuren tot 3 mm. De breedte van de overband moet beperkt blijven tot 7 cm en een dikte van één mm. en loopt aan weerszijden uit tot het wegoppervlak. De hoogte boven het wegdek moet beperkt blijven om beschadiging door sneeuwruimers te voorkomen.

Als er aansluitend overlaagd wordt met EAB of een oppervlakbehandeling wordt voorzien, moet worden nagegaan of deze het voegvulmiddel beïnvloeden. Alleen als via een proef of uit ervaring is gebleken dat er geen risico is, kan de combinatie worden uitgevoerd. Bij een oppervlakbehandeling mag geen steenslag door het verkeer in de voegvulmassa verdwijnen. Hiervoor is ervaring uit eerdere projecten noodzakelijk.

Om doorslaan van de voegvulling te voorkomen moet de scheur tenminste een half jaar voorafgaand aan het aanbrengen van de EAB of de oppervlakbehandeling plaatsvinden.

## **7. Materiaalkeuze**

De kosten voor het vullen van een scheur bestaan voor het overgrote deel uit arbeid en materieel.

Een andere grote kostenpost bestaat uit de verkeersmaatregelen, de afzettingen.

De materiaalkosten maken een veel kleiner deel uit van de projectkosten. Besparing op de kwaliteit van het materiaal is daarom onverstandig: **Goedkoop is duurkoop.**

Er is een grote verscheidenheid aan vulmaterialen. Om het hoogste rendement van de maatregel te bereiken is de keuze voor het beste materiaal voor de betreffende situatie het meest effectief.

De keuze van de voegvulmassa vereist zowel kennis van het project als de verschillende eigenschappen. Allereerste vereiste is dat het materiaal voldoende de bewegingen kan volgen en aan de randen van de scheur blijft hechten. Nagegaan moet worden aan welke eisen het materiaal moet voldoen. Zo kan het bij wat grotere bewegingen gekozen worden voor een hoog percentage rubber. Maar dit leidt tot een hoog visceus materiaal dat minder vloeit in kleine scheuren.

Ligt de scheur onder een grote helling dan speelt het verwekingspunt van het voegvulmateriaal een belangrijke rol. Omdat het voegvulmiddel bij hogere temperaturen zachter wordt, kan steenslag makkelijker in de voegvulmassa verdwijnen waardoor de stroefheid afneemt.

De voegvulmassa is altijd polymeergemodificeerd en bevat vulstof. De vulstof (hoeveelheid en soort) maakt of het materiaal geschikt is voor fijne scheurtjes (lekker dun zodat het goed in kan lopen) of dat meer geschikt is voor bredere scheuren die wat robuuster materiaal verlangen met wat draagkracht.

Het is dus zaak in goed overleg met de leverancier of andere specialist de keuze te maken.

### ***7.1 Warm of koud?***

Uit meerdere studies blijkt dat scheuren gevuld met hete voegvulmassa tweemaal zolang functioneren als scheuren die met koud materiaal (emulsies) zijn gevuld [6, 7, 8, 9].

Daarnaast zijn emulsies niet geschikt als er veel vries/dooi cycli optreden. Een levensduur voor scheuren gevuld met emulsies varieert tussen 1 tot 4 jaar. Scheuren gevuld met hete massa functioneren tussen de 3 tot 8 jaar. Uit deze ruime bandbreedtes mag de conclusie worden getrokken dat de lokale situatie grote invloed heeft op de levensduur. Omdat emulsie voor meer dan 40 % uit water bestaan en dit water verdampt, is het niet zo gek dat dit materiaal minder geschikt is. Tenzij het heel fijne scheurtjes betreft waar warm bitumen niet goed indringt.

Essentieel is: Hoe duur het materiaal ook is; het blijft de laagste kostenpost [9].

## **8. Uitvoering**

### **8.1 Veiligheid en werkruimte**

Het komt zelden voor dat scheurreparaties op een wegvak zonder verkeer kunnen worden uitgevoerd. Het werkvak moet tijdelijk voor het verkeer worden afgesloten (tijdelijke, rijdende afzetting) en dat levert hinder op. Hoe dan ook. En die hinder moet tot een minimum worden teruggebracht. Dat legt druk op de uitvoering. De veiligheid vraagt permanente aandacht omdat de situatie telkens kan wijzigen. Even iets pakken buiten de afzetting of toch nog een deel van de scheur meepakken die bij de voorbereiding over het hoofd was gezien, leidt direct tot onveilige omstandigheden. Ondanks de duidelijke beschrijvingen in de CROW publicaties 96 a en b is er altijd een grijs gebied. Onderschat nooit het gedrag van de weggebruikers. Er zitten altijd vreemde snuiters tussen die menen dat de afzetting voor hun niet geldt. Of het leuk vinden de pylonen om te rijden. Veiligheid mag nooit ter discussie staan. Hierbij heeft de wegbeheerder/opdrachtgever een grote verantwoordelijkheid. De uitvoerenden zelf moeten uiteraard de juiste veiligheidskleding dragen. En op de juiste manier. Want als de broekspijpen in de laarzen zitten en er komt heet voegvulmateriaal op de broek, dan loopt het zo de laars in. Een lange broek waarvan de pijpen vrij hangen is dus een eis. Evenals lange mouwen, hittebestendige handschoenen, veiligheidsbril en veiligheidschoenen. Op het werk mogen geen mensen aanwezig zijn die niet aan alle veiligheidseisen voldoen! Het komt nog steeds voor dat heet bindmiddel (170 à 180 graden Celsius) op de huid terecht komt. Dit mag niet worden verwijderd. Koelen met water is de enige maatregel. Het bindmiddel moet vanzelf van de huid loslaten. Dat kan langere tijd duren. Dat een EHBO kist, brandblusser e.d. aanwezig moeten zijn spreekt voor zich. Uit een verkenning onder wegbeheerders in de VS (tabel) blijkt het belang van de voorbereiding op het resultaat.

Aandachtspunt	Invloedsfactor
Reiniging voorafgaand aan vullen	20 %
Materiaal	17 %
Neerslag tijdens uitvoering	15 %
Uitvoeringstechniek	13 %
Buitentemperatuur	13 %
Nette frees strook	12 %
Materieel	10 %

### **8.2 Materieel**

De voegvulmassa wordt op de juiste temperatuur gebracht en gehouden waarvoor een thermostaat een essentieel onderdeel is. Daarbij moet er rekening mee worden gehouden dat elke fabrikant eigen systemen en handleidingen heeft die gevolgd moeten worden. De juiste temperatuur is afhankelijk van de eigenschappen van de voegvulmassa. Deze worden door de leverancier opgegeven. Het is van het grootste belang dat deze worden opgevolgd. Dit geldt ook voor koude producten en helemaal voor (polymeer) gemodificeerde materialen. Het op de juiste temperatuur houden is essentieel voor het verwerkingsproces en de juiste vulling.

Temperatuurverschillen moeten binnen de toleranties van de leverancier blijven. Hiervoor is het meestal nodig dat de massa in beweging moet blijven. Er zijn meerdere materieelleveranciers met elk een eigen systeem van roerwerken en indirecte verwarming.

Schoonhouden is in alle gevallen van belang.



### 8.3 Uitvoering

De eerste actie is het frezen van des scheur, als daarvoor is gekozen. Frezen moet zoveel mogelijk over het midden van de scheur plaatsvinden. Dit was met de vanwege de kosten enige decennia geleden uit de gratie geraakte vingerfrees al een moeilijke opgave, met een router (zaagblad met nokken) is het bijna onmogelijk de grillige scheuren te volgen. Toch moet dit met de nodige zorgvuldigheid plaatsvinden met een grens van 3 mm tussen de rand en de scheur. Spatten van de rand mag niet voorkomen. Ontstaat dat wel dan moet uitgekeken worden naar andere freesmethode.



*Links goed freeswerk*

*Rechts slecht freeswerk (gespatte rand)*

Aansluitend volgt het schoonblazen met een hete luchtflans. Dit moet in alle systemen plaatsvinden. Het onvoldoende schoonmaken is een veel voorkomende fout. Wordt hieraan onvoldoende aandacht besteed dan hecht de voegvulmassa onvoldoende. Voorafgaand vegen van het wegoppervlak is in veel gevallen ook vereist. De hete luchtflans moet een druk van circa 7 bar hebben en een minimum capaciteit van 250 m<sup>3</sup>/uur [6, 7, 10]. De temperatuur van de lucht ligt al snel boven de 800 graden Celsius, dus ver boven het vlampunt van bitumen. Voor het welslagen van de reparatie is de afstand tussen de hete luchtflans en de gietmond van belang. Bij een te grote afstand zijn de contactvlakken al te veel afgekoeld en is de hechting met de warme voegvulmassa minder. Een hechtprimer (op oplosmiddelbasis of als emulsie) zorgt voor een goede hechting met de altijd ruwe wanden. De voegvulmassa moet tot het oppervlak van de weg komen, tenzij er naderhand overlaagd wordt en een inbouwdiepte noodzakelijk is. Daarbij moet de krimp tijdens afkoelen worden meegerekend. Het is van cruciaal belang dat de temperatuur voldoet aan de opgave van de leverancier. Is de massa te heet dan is de viscositeit te laag en bij een te lage temperatuur is de viscositeit te hoog om de scheur goed te vullen. Naderhand is dit niet visueel te controleren.

Nabehandeling is noodzakelijk om beschadiging te voorkomen en om te voorkomen dat banden aan het materiaal plakken en de voegvulmassa uit de scheur trekken. Daarvoor kan worden afgestrooid met fijne steenslag (leislag), een release agent of afdekken met plastic/papier.

leislag is plat en hecht beter dan steenslag waardoor dit bijna altijd gewenst is.

### 8.4 Weersomstandigheden

De meest geschikte periode van uitvoering is in het voorjaar of de herfst. Helaas zijn dat vaak ook de perioden met de meeste regenval. Regen tijdens de uitvoering is een reden om het werk direct neer te leggen. Een beetje wind kan geen kwaad, kan zelfs positief zijn. Maar

harde wind is aanleiding tot lelijk werk omdat de slierten voegvulmassa niet in de hand zijn te houden. En de voegvulmassa in de onverwarmde slang koelt te snel af tijdens pauzes.

### **8.5 Kwaliteitscontrole**

In principe is de opdrachtnemer, de aannemer, verantwoordelijk voor de kwaliteit, de prestatie.

Toch is controle door de opdrachtgever noodzakelijk. De vraag is dan waar en hoeveel controle optimaal is. Controle op het product is vanwege de geringe hoeveelheden niet haalbaar via het nemen en testen. De meest efficiënte benadering is te kiezen voor een ISO gecertificeerd bedrijf en producten die aan de NEN-EN normen voldoen. Tijdens de uitvoering moet de toezichthouder deskundig zijn en letten op het materieel, werking van de thermostaat en de temperatuur. Een lastig aspect is de toetsing op de kwaliteit van de uitvoering. Daarvoor is naast de deskundigheid van de toezichthouder ook een goede verstandhouding met de uitvoerende ploeg van belang. Het bijhouden en inzien van de dagrapporten levert veel informatie. Evalueer tot slot geregeld de prestatie [11].

## **9. Opmerkingen en conclusies**

Onderhoudsmaatregelen als het vullen van scheuren, zien er over het algemeen eenvoudig uit. De neiging om dan iemand op pad te sturen met wat vulmateriaal om in de scheur te gieten, kan snel ontstaan. Dit moet echter sterk worden afgeraden. Het repareren van scheuren is zowel een vak als een ambacht.

De praktische dagelijkse uitvoering kan nog sterk worden verbeterd. Daarvoor moet een verbinding worden gelegd tussen de wetenschappelijke kennis en de uitvoeringspraktijk.

De relatie tussen de inspecteurs die de visuele waarnemingen rapporteren en de beslissers over de te nemen maatregelen is niet eenduidig en kan worden verbeterd.

Zowel de te nemen maatregel als de uitvoering kent veel details die bij de afweging moeten worden betrokken. Dit vereist een goed totaalbeeld van de historie, de situatie alsmede de plannen. Uitvoering van scheurreparatie terwijl de wegconstructie binnen enkele jaren wordt opgebroken, is zinloos.

Even een scheur vullen is dus niet aan de orde.

## **10. Aanbevelingen**

1. Uitvoeren van een studie naar de economische effecten van een asfaltverharding waar scheurvorming (of andere schades) wordt voorkomen.
2. Uitwerken van de diverse onderdelen van de dagelijkse, ambachtelijke onderdelen van de asfaltbranche op basis van best practices.

## **11. Stellingen**

1. Bij een goed uitgevoerd ontwerp ontstaan geen scheuren.
2. Scheuren, en schade in het algemeen, zijn de natuurlijke voorspellers van de restlevensduur en daarom noodzakelijk bij de procesbeheersing van beheer en onderhoud.

### **13. Literatuur**

1. Jacobs, M.M.J., 'Crackgrowth in asphaltic mixes', 14 februari 1995, ISBN 90-9007965-3,
2. Scarpas, A.; Kringos, N.; Al-Qadi, I.; Loizos, A. (Eds.), '7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements', 2012, ISBN 978-94-007-4566-7
3. Decker, D.; 'Best Practices for crack treatments for asphalt pavements, NCHRP report 784, TRB, Washington D.C., 2014, ISBN 978-0-309-30793-2
4. Chong, G. J., and Phang, W. A., "Improved Preventative Maintenance: Sealing Cracks in Flexible Pavements in Cold Regions", Transportation Research Record 1205, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1988.
5. Masson, J.-F., Boudreau, S., and Girard, C., "Guidelines for Sealing and Filling Cracks in Asphalt Concrete Pavement: A Best Practice by the National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure," Federation of Canadian Municipalities and National Research Council, Canada, 2003.
6. Yildirim, Y., Qatan, A., and Prozzi, J., "Field Manual For Crack Sealing in Asphalt Pavements," Research Project 0-4061-P3, Center for Transportation Research, University of Texas at Austin, 2006.
7. Crack Treatment, Chapter 4, Maintenance Technical Advisory Guide, California Department of Transportation, Sacramento, California, 2009.
8. Ponniah, J., "Crack Sealing in Flexible Pavements: A Life-Cycle Cost Analysis," Report PAV-92-04, Ontario Ministry of Transport, Downsview, Ontario, Canada, 1992.
9. Eaton, R. A., and Ashcraft, J., "State-of-the-Art Survey of Flexible Pavement Crack Sealing Procedures in the United States," Cold Regions Research and Engineering Laboratory Report 92-18, Hanover, New Hampshire, 1992.
10. Reay, S., Appleyard, M., Van Dam, T., and Sandberg, L. B., "Sealing and Filling of Cracks for Bituminous Concrete Pavements: Selection and Installation Procedures," Michigan Technological University in cooperation with Michigan Department of Transportation, 1999.
11. Smith, K. L., and Romine, A. R., "Materials and Procedures for Sealing and Filling Cracks in Asphalt-Surfaced Pavements—Manual of Practice," FHWA Report No. FHWA-RD-99-147, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1999.