



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

OCW Mededelingen

125

Innovaders in Concrete

2

OCW Mededelingen in een nieuw jasje!

3

BRAC News

OCW-opleidingscyclus 2021
Way ahead for sustainable roads

3

Milieu-impactstudie via TOTEM breidt uit
naar de wegenbouw

8

Connected & autonomous vehicles en
weginfrastructuur – stand van zaken en
toekomstverkenning

11

Licenties PradoWeb

15

BeP2S (*Better Performing Slurry Surfacing*):
vier jaar onderzoek werpt zijn vruchten af

16

Digital Workshops – Jouw voorsprong op de
digitale snelweg!

22

OCW meet de deflectie van wegen

23

OCW en AWV testen samen diffractoren
op laag scherm langs de N445 in Zele

26

OCW analyseert de prestaties en
duurzaamheid van rubberen
rijbaankussens in Brussel

28

Een nieuwe OCW-publicatie is nu
beschikbaar! Methode voor het in
kaart brengen en meten van kleur op
bouwplaatsen met gekleurd asfalt

31

BWVNews

24^e Belgisch Wegencongres uitgesteld
Nieuwe data: van 4 tot 7 april 2022 – Campus Gasthuisberg, KULeuven, Leuven

32

OCW Mededelingen

125



www.linkedin.com/company/brrc



www.youtube.com/c/BrrcBe

Innovaders in Concrete op 40^e editie van Concrete Day

Op 22 oktober 2020 organiseerde de Belgische Betongroepering (BBG) de **40^e editie van Concrete Day**, hét jaarlijkse evenement voor betonprofessionals. Dit jaar was het een digitaal evenement van anderhalf uur, met verschillende workshops.

Workshop Innovaders in Concrete

OCW, OCCN en WTCB namen deel als *Innovaders in Concrete* en onderstreepten het belang van collectief onderzoek. Tijdens deze gezamenlijke workshop stelde elk centrum ook een of meer eigen of gezamenlijke onderzoeksproject(en) voor.

OCW-onderzoeker Elia Boonen spreekt over meerdere OCW-projecten:

- **Be-Drain**, een project in samenwerking met OCCN en met een tweeledige normatieve doelstelling: (bijkomende) technische richtlijnen, prestatiekenmerken en bijbehorende proefmethoden opstellen voor poreus beton. Enerzijds voor toepassing als funderingsmateriaal in de wegstructuur of anderzijds als wegverharding zelf (= toplaag);
- **Gelavia**, een recent afgerond onderzoek rond vorst- en doozoutbestendigheid van wegebeton waarvoor OCW samenwerkte met WTCB en OCCN;
- meerdere projecten rond **recycling in de wegenbouw**.

De workshop *Innovaders in Concrete* herbekijken:
www.ocw.be/evenement/concreteday

Agenda

2 februari 2021

Post-Abu Dhabi webinar
www.abr-bwv.be

20 mei 2021

Vakbeurs Openbare Ruimte
Brussel
<https://openbareruimte.be/nl/home>

17-18 juni 2021

Salon des mandataires
Marche-en-Famenne
<https://municipalia.be>

12 oktober 2021

Symposium SilentRoads
Sterrebeek
<https://brrc.be/nl/opleiding/opleiding-overzicht/nieuwe-datum-symposium-silentroads-2021-over-wegverkeerslawaai>

14 oktober 2021

Concrete day
Brabant
Leuven

4-7 april 2022

Belgisch Wegencongres
Leuven
www.abr-bwv.be

2022 (datum te bevestigen)

Asphalt & Bitumen Day
Brussel
<https://www.eurobitume.eu/events/upcoming/>

OCW Mededelingen in een nieuw jasje!

125 is een mooi getal om onze reeks van OCW Mededelingen op papier af te sluiten.

Dit zal dan ook het laatste nummer zijn dat in je brievenbus valt: vanaf maart 2021 gaan we digitaal met een driemaandelijke **elektronische nieuwsbrief**.

Digitalisering, duurzaamheid en directe service zijn – zoals je wellicht weet – immers onze drijvende krachten.

Wil jij ook in 2021 op de hoogte blijven van onze innovatieve onderzoeksprojecten, publicaties, opleidingen, studiedagen, workshops en andere evenementen waar

we elkaar kunnen ontmoeten en kennis, informatie en ervaringen delen om **samen de wegbouw te versterken?**

Bevestig dan je interesse in onze communicatie en je gegevens via het **online-formulier** op de homepage van onze website: **www.ocw.be**

Deel deze link ook met je medewerkers, collega's of relaties voor wie onze nieuwsbrief interessant kan zijn, zodat zij zich online kunnen aanmelden.

Veel leesplezier met deze laatste Mededelingen op papier en we zien je in het voorjaar graag online terug!



OCW-opleidingscyclus 2021 Way ahead for sustainable roads

Na meer dan vijftien jaar is de driejarige OCW-opleidingscyclus in de winterperiode bij het begin van elk nieuw jaar een vertrouwd gegeven in de wegbouw.

Die traditie willen we uiteraard voortzetten, maar we willen ook mee-evolueren en innoveren om de kennis van de spelers op het veld op de best mogelijke en meest aangename manier te helpen verkrijgen.

Daarom behouden we de formule van een **driejarige cyclus** rond duurzame wegen:

- **2021 – Keuze van de materialen en oplossingen;**
- 2022 – Productie, uitvoering en controle;
- 2023 – Onderhoud en herstelling;

en **vier thema's**:

- Betonwegen;
- Asfaltwegen en andere bitumineuze toepassingen;
- Grondbehandeling;

- Essentiële elementen voor het ontwerp van kwaliteitsvolle fiets- en voetgangersvoorzieningen.

Voor elk thema organiseren we **twee sessies in de vorm van een webinar en gespreid over de maanden maart, april, mei en juni**, telkens afzonderlijk in **het Frans en het Nederlands**:

- een eerste sessie met **opfrissing en actualisering van de basiskennis**;
- een tweede sessie met **uitdieping van de kennis** rond het thema.

Noteer alvast de data in je agenda! Wij kijken uit naar jullie deelname aan onze opleidingscyclus in zijn nieuwe format.

Praktische informatie

- Online sessies, telkens in NL en FR, via Teams Live Event.
- Deelname per thema (twee sessies)
 - 80,00 € leden (excl. 21 % btw).
 - 130,00 € niet-leden (exclusief 21 % btw).

De OCW-leden zijn de ressorterende leden, alle wegbeheerders en de steunende leden.

- Inschrijven via onze website (<https://brcc.be/nl/opleiding/opleiding-overzicht/way-ahead-sustainable-roads-2021>).
- Je ontvangt de deelnamelink de dag voor de sessie.
- Certificaat van deelname op verzoek.

Vragen?

Belgian Road Academy
+32 2 766 03 55
training@brcc.be

* Programma onder voorbehoud van wijzigingen



THEMA 1

Betonwegen

Basisessie 9 maart 2021 – 9.30 - 12 uur
Verwelkoming <i>Elia Boonen</i>
Wegontwerp en keuze van het (beton)verhardingstype <i>Anne Beeldens (AB-Roads)</i>
Ontwerp van wegen met betonplaten <i>Elia Boonen</i>
PAUZE
Ontwerp van wegen met doorgaand gewapend beton <i>Elia Boonen</i>
Voegen- en wapeningsplan, een noodzaak van bij het ontwerp <i>Luc Rens (Febelcem)</i>

Uitdiepingsessie 25 maart 2021 – 9.30 - 12 uur
Verwelkoming <i>Elia Boonen</i>
Optimale samenstelling voor duurzaam wegbeton <i>Luc Rens (Inter-Beton)</i>
Voorschrijven van wegbeton <i>Luc Rens (Inter-Beton)</i>
PAUZE
Duurzaam ontwerp van (tram)busbanen en fietspaden <i>Anne Beeldens (AB-Roads)</i>
Andere speciale toepassingen met beton: rotondes, tweelaagse verhardingen en industriële buitenverhardingen <i>Elia Boonen</i>



THEMA 2

Asfaltwegen en andere bitumineuze toepassingen

Basissessie 1 april 2021 – 13.30 - 16 uur
Verwelkoming <i>Ann Vanelstraete</i>
Opbouw van een asfaltweg <i>Eric Van den Kerkhof</i>
De verkeersbelasting van een weg <i>Bart Beaumesnil</i>
Asfaltfamilies <i>Joëlle De Visscher</i>
Bitumen: rol en basiseigenschappen <i>Nathalie Piérard</i>
Keuze van de granulaten <i>Stefan Vansteenkiste</i>
PAUZE
Courante asfaltsoorten en standaardkeuzen <i>Bart Beaumesnil</i>
Hoe de handleiding gebruiken? <i>Eric Van den Kerkhof</i>

Uitdiepingssessie 22 april 2021 – 13.30 - 16 uur
Verwelkoming <i>Ann Vanelstraete</i>
De verschillende prestaties en hun verband met de asfaltsamenstelling – deel 1 <i>Eric Van den Kerkhof</i>
De verschillende prestaties en hun verband met de asfaltsamenstelling – deel 2 <i>Bart Beaumesnil</i>
PAUZE
Factoren die de keuze beïnvloeden – deel 1 <i>Eric Van den Kerkhof</i>
Factoren die de keuze beïnvloeden – deel 2 <i>Bart Beaumesnil</i>
Welk type asfalt voor welke toepassing? <i>Eric Van den Kerkhof</i>



THEMA 3

Grondbehandeling

Basisessie 6 mei 2021 – 9.30 - 12 uur
Verwelkoming <i>Colette Grégoire</i>
Kalk, praktische feedback en verband met standaardbestekken, Europese normalisatie en EULA-handleiding <i>Thierry Vanmol (Fediex)</i>
Cement en hydraulische bindmiddelen voor wegenbouw (HWB), praktische feedback en verband met standaardbestekken <i>Luc Rens (Febelcem)</i>
PAUZE
Mengselontwerp in het laboratorium <i>Colette Grégoire</i>

Uitdiepingsessie 20 mei 2021 – 9.30 - 12 uur
Verwelkoming <i>Colette Grégoire</i>
Uitvoering en controles <i>Frank Theys</i>
PAUZE
Ervaring van een wegennaannemer (kalkbehandeling) <i>Spreker te bevestigen</i>
Ervaring van een wegennaannemer (behandeling met cement en HBW) <i>Spreker te bevestigen</i>



THEMA 4

Essentiële elementen voor het ontwerp van kwaliteitsvolle fiets- en voetgangersvoorzieningen

Basissessie 8 juni 2021 – 13.30 - 16 uur
Verwelkoming <i>Wanda Debauche</i>
Ontwerp van een voor iedereen toegankelijke voetgangersvoorziening <i>An Volckaert</i>
Het contrast van stadsmeubilair: regels en goede praktijken <i>Ertan Dzhambaz</i>
Rekening houden met de behoeften van voetgangers bij de keuze van verhardingen <i>Olivier Van Damme</i>
PAUZE
Ontwerp en veiligheid van fietsvoorzieningen <i>Olivier Van Damme</i>
Het ontwerp van fietssnelwegen <i>An Volckaert</i>
De belangrijkste elementen in inrichtingsplannen <i>Olivier Van Damme</i>

Uitdiepingssessie 24 juni 2021 – 13.30 - 16 uur
Verwelkoming <i>Wanda Debauche</i>
De vlakheid van voetgangersverhardingen <i>Olivier Van Damme</i>
De vlakheid van fietspaden <i>Carl Van Geem</i>
PAUZE
Een voldoende stroefheid op fiets- en voetpaden: primaire vereiste voor comfort en veiligheid <i>Luc Goubert</i>

Milieu-impactstudie via TOTEM breidt uit naar de wegebouw

Bouwwerken zoals gebouwen en infrastructuur hebben een belangrijke impact op het leefmilieu omwille van hun operationeel energieverbruik en het gebruik van bouwmaterialen. Om die milieu-impact te berekenen en te optimaliseren door andere opties te kiezen in de ontwerpfase, werd in 2018 de berekeningshulp TOTEM¹ online geplaatst. Deze tool focust op de situatie in België en is bruikbaar voor gebouwen zoals woningen, kantoorgebouwen, scholen, enz. Gezien het grote belang voor heel België werken de drie regionale overheden² (OVAM, BIM en SPW) samen om hem verder te ontwikkelen. Binnen dat kader werkten WTCB en OCW recent samen aan een studie die de link naar de wegebouw maakt, met de naam "TOTEM Potentieelstudie"³. Deze studie omvat twee grote doelstellingen:

- het inschatten van de potentiële vermindering in milieu-impact van gebouwen door het gebruik van de TOTEM-tool tijdens de ontwerpfase en zo ook van het potentieel van TOTEM om beleidsdoel-einden te bereiken (deel 1);
- het inschatten van het potentieel van de methode achter TOTEM om de milieu-prestaties van andere bouwwerken dan gebouwen (vooral infrastructuurwerken) te verbeteren (deel 2).

In dit artikel bespreken we enkel deel 2 van de studie over de weginfrastructuur.

De studie analyseert specifieke aspecten en aandachtspunten bij de milieuevaluatie van infrastructuurwerken, en dit via een literatuurstudie en een casestudie-analyse van enkele wegtypes. Op basis van deze inzichten wordt het potentieel van een uitbreiding van de TOTEM-tool naar andere subsectoren in de bouw besproken en worden specifieke aanbevelingen betreffende de verdere ontwikkeling van de TOTEM-tool geformuleerd.

De literatuurstudie spitst zich toe op lopende ontwikkelingen in normen

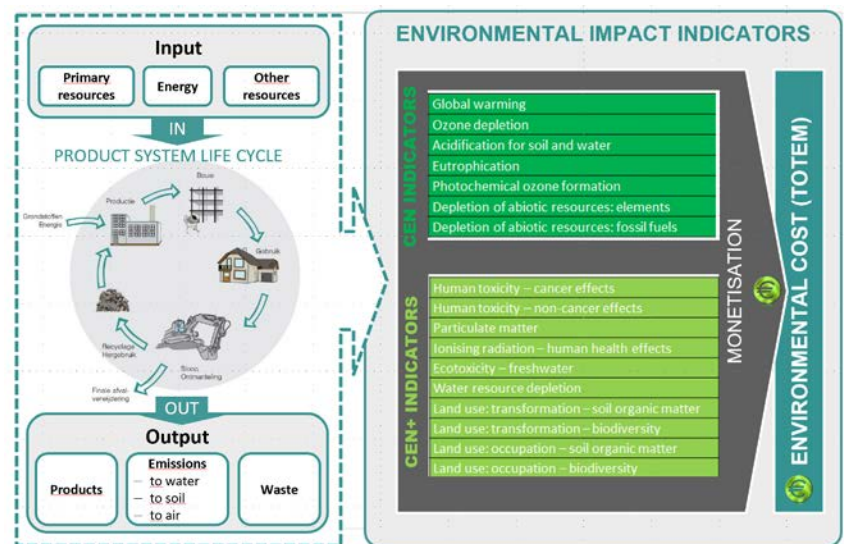
en regelgeving, bestaande studies en onderzoeksprojecten en buitenlandse ervaringen met de milieuprestaties van infrastructuurwerken. Hieruit blijkt dat normen en regelgeving in dit domein nog volop in ontwikkeling zijn, en achterlopen op de ontwikkelingen in de algemene bouwsector. Normen die oorspronkelijk werden opgesteld voor gebouwen dienen nu als inspiratiebron voor uitbreidingen naar infrastructuurwerken, aangepast aan de specifieke kenmerken van dit soort werken. Hieruit blijkt ook dat de berekening van de milieu-impact niet eenduidig gebeurt: verschillende levensduren, systeemgrenzen, methodes, scenario's, enz. worden gebruikt, waardoor studieresultaten niet onderling vergelijkbaar zijn. De uitgangspunten beïnvloeden ook sterk de resultaten: de conclusies hangen af van de onderzochte types gebruikte bouwmaterialen, de bouwactiviteiten, het gebruik, de verkeersdruk, enz.

Deze studie gaat na of de methode achter TOTEM in de praktijk kan worden gebruikt voor andere bouwwerken dan

gebouwen, in casu voor wegen. Dit doen we door voor twee wegvarianten de milieu-impact te bepalen via een zogeheten levenscyclusanalyse (LCA), conform de MMG-methode (Wille, 2012), die de wetenschappelijke basis vormt voor de berekeningen in TOTEM. Concreet werd voor een asfaltweg enerzijds en een betonweg anderzijds – volgens de dimensionering en samenstelling van wegen overeenkomstig de huidige praktijk in België – een levenscyclusanalyse uitgevoerd met inachtneming van zeventien milieu-impactindicatoren.

Om milieu-impactprofielen van verschillende bouwwerken of hun onderdelen eenvoudiger te kunnen vergelijken, worden de milieu-indicatoren gewogen en gesommeerd. De TOTEM-tool gebruikt een monetaisatie als wegingsmethode; het resultaat kan dan worden uitgedrukt als een gemonetariseerde enkelvoudige score (uitgedrukt in milieukosten in euro) (figuur 1).

De gemonetariseerde indicatoren worden berekend door de individuele indi-



Figuur 1 – Levenscyclusanalyse van een bouwproduct, bouwelement of gebouw, volgens de MMG-methode (Janssen et al., 2020) (afbeelding © WTCB)

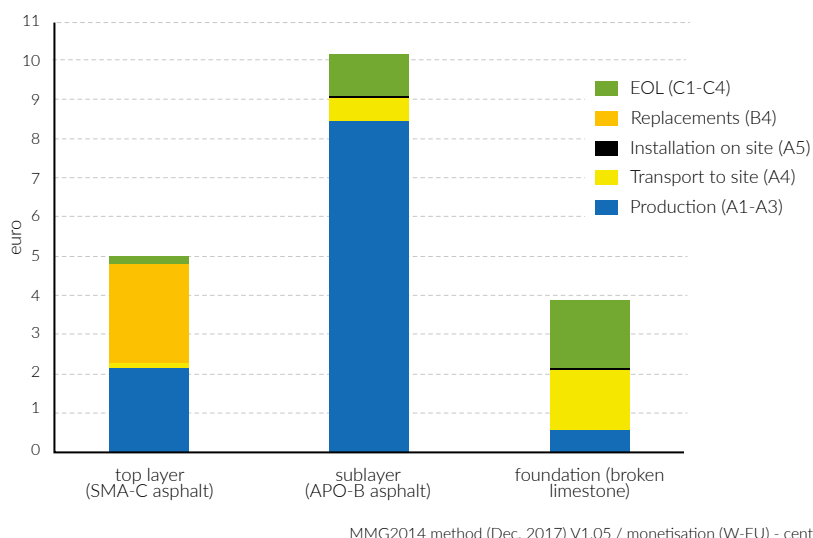
- 1 TOTEM staat voor *Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials*. Zie de drietalige website <https://www.totem-building.be/> voor alle informatie, evenals de publicatie (Allacker et al. 2020).
- 2 De partners in het project zijn de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij, Leefmilieu Brussel en de Service Public de Wallonie.
- 3 Zie Janssen, Delem, Wastiels & De Bock, 2020.

catoren te vermenigvuldigen met een monetarisatiefactor. Voorbeeld: 1 kg CO₂-equivalent X 0,05 €/kg CO₂-equivalent = 0,05 €. De verkregen waarde is een inschatting van het bedrag (milieukosten) in euro dat nodig is om de toegebrachte milieuschade te herstellen. Uiteraard verschilt dat bedrag helemaal van de aankooprij van de materialen, meer nog het staat er geheel los van, aangezien deze berekende kostprijs ook de kosten omvat die indirect door de maatschappij worden gedragen (bijvoorbeeld via de nefaste effecten op de biodiversiteit en dergelijke).

Het is in dit beknopte artikel uiteraard niet de bedoeling om de inhoud en de resultaten van de volledige studie in detail te bespreken – daarvoor verwijzen we graag naar de originele publicatie (Janssen et al., 2020) – maar ter illustratie gebruiken we toch enkele figuren uit deze studie om de lezer een beeld te geven. Belangrijke opmerking: de milieu-impact veroorzaakt door de infrastructuurgebruikers (bv. emissies of energieverbruik door voertuigen op de wegen) is niet opgenomen in de berekening; deze focust enkel op de wegenbouw zelf (maar houdt wel rekening met de opties in de eindelevensduurfase). De gebruiksfase kan echter 80 tot 90 % van de totale milieu-impact van een weg over zijn gehele levenscyclus vertegenwoordigen.

Concreet wordt een type asfaltweg gemodelleerd en uitgerekend volgens de MMG-methode die gebruikt wordt in de TOTEM-tool. De weg bestaat uit een steenslagfundering van 30 cm dikte in kalksteenslag, onderlagen in asfalt (type APO-B) met een totale dikte van 19 cm en een asfalttoplaag (type SMA-C) met een dikte van 4 cm. Voor deze weg – geschikt voor een verkeersbelasting bouwklasse B5 – wordt gerekend met een ontwerp levensduur van twintig jaar voor de onderlagen en tien jaar voor de toplaag (wat impliceert dat de toplaag een keer wordt vervangen). Figuur 2 toont hoe het resultaat van deze berekening voor de asfaltweg kan worden voorgesteld, bijvoorbeeld per laagtype en per fase in de levenscyclus, maar vele andere detailvoorstellungen zijn mogelijk.

Bituminous road B5 – reference case – 1m² – 20 years



MMG2014 method (Dec. 2017) V1.05 / monetisation (W-EU) - central

Figuur 2 – Gemonetariseerde milieu-impact voor 1 m² van de referentie-asfaltweg over een periode van 20 jaar, per laagtype en per fase in de levenscyclus (Janssen et al., 2020)

De resultaten voor de asfaltweg tonen aan dat de grootste milieu-impact afkomstig is van de asfaltonderlaag, gevolgd door de asfalttoplaag en de fundering. Bij de asfaltlagen heeft het productieproces de grootste impact (voor de toplaag is de impact van de vervanging na tien jaar eigenlijk ook vergelijkbaar met de impact van het productieproces aangevuld met de milieu-impact van het transport, de gebruiksfase en de eindelevensduurfase).

Voor de asfaltweg wordt naast een basis-scenario ook een variëte bestudeerd, gebaseerd op de huidige optimalisatiemogelijkheden voor de verschillende lagen van de asfaltwegstructuur (namelijk het gebruik van gerecycleerde granulaten en een lagere asfaltproductietemperatuur).

Bij LCA-analyses steunt de berekening van een volledig bouwwerk op een uitgebreide databank met gegevens van de onderliggende bouwelementen, en het softwareprogramma⁴ maakt het mogelijk het bouwwerk te optimaliseren door varianten te kiezen, bijvoorbeeld een dunnere of dikkere laagdikte, andere soorten grondstoffen, andere vervoersmiddelen voor het transport van de onderdelen of grondstoffen, andere machines voor de plaatsing op de

bouwplaats, andere manieren om met het afval om te gaan bij het einde van de levensduur, enz. Al deze aanpassingen kunnen worden uitgerekend en het resultaat kan worden beoordeeld op de gewijzigde milieu-impact.

In de studie wordt een optimalisatie voor de asfaltweg uitgevoerd met de volgende elementen: in de onderlaag worden een deel natuurlijke granulaten en bitumen vervangen door 50 % recycling van asfaltgranulaat, het asfalt voor de toplaag wordt geproduceerd bij een verlaagde temperatuur (AVT-techniek met schuimbitumen), en in de fundering wordt kalksteenslag vervangen door gerecycleerd betongranulaat.

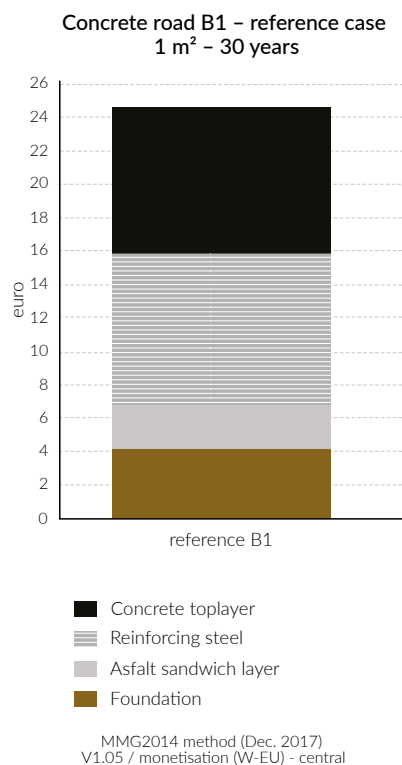
Een vergelijking tussen de referentieweg en de variant toont aan dat het optimalisatiepotentieel voor de individuele lagen varieert tussen 7 % en 46 %, en dat voor de volledige wegstructuur een maximale reductie in (totale) milieu-impact van circa 20 % kan worden bekomen wanneer de optimalisatie op de drie lagen wordt toegepast. Gelijkaardige betere resultaten worden bekomen voor de indicator voor klimaatopwarming (CO₂-emissies).

Als tweede casestudie (naast de hierboven besproken asfaltweg) wordt ook

4 Voor deze studie werd gebruik gemaakt van de LCA-software van SimaPro (versie 9.0) en de databank van Ecoinvent (versie 3.5); zie <https://simapro.com/2019/whats-new-in-simapro-9-0/> en www.ecoinvent.ch voor meer info.

een betonweg bestudeerd om te worden gemodelleerd en berekend met de TOTEM-methode voor de berekening van de milieu-impact. Deze betonweg – geschikt voor een verkeersbelasting bouwklasse B1 en met een ontwerplevensduur van 30 jaar – bestaat uit een fundering van 30 cm (cementgebonden kalksteenslag), een tussenlaag in asfalt (type ABT) van 5 cm dikte en een betonverharding van 25 cm dikte in doorgaand gewapend beton. Figuur 3 toont het resultaat van deze berekening voor de betonweg.

De resultaten voor de betonweg (figuur 3) tonen aan dat de betonnen top-laag (bestaande uit stortklaar wegbeton en wapeningsstaal) de grootste impact heeft, gevolgd door de fundering en de asfalttussenlaag. Het relatieve belang van het wapeningsstaal is zeer groot, groter bij de totale milieu-impact dan bij de indicator voor klimaatopwarming (CO₂-emissies).



Figuur 3 – Gemonetariseerde milieu-impact van 1 m² van de referentiebetonweg over een periode van 30 jaar, per laagtype (gesommeerd over alle fases van de levenscyclus) (Janssen et al., 2020)

Opgelet: het was niet de bedoeling van de studie om een ideale wegstructuur te berekenen, wel om te onderzoeken of de methodiek bruikbaar was voor zowel een asfalt- als een betonweg. Een een-op-eenvergelijking van beton- en asfaltwegen is niet de betrachting; in de referentiewegen gaat het om wegen bedoeld voor verschillende verkeersintensiteiten (in casu bouwklasse B5 voor de asfaltweg en bouwklasse B1 voor de betonweg).

De bovenstaande analyses gelden voor een individuele weg, of type weg, omgerekend naar een vooraf gekozen functionele eenheid van 1 m² wegoppervlakte. Dat kan eventueel naar een hoger niveau worden opgeschaald. Om een idee te krijgen van het belang van de milieu-impact van de wegenbouwsector voor een volledige regio, en in vergelijking met de residentiële bouwsector in Vlaanderen, wordt een ruwe opschaling uitgevoerd, waarbij de impact van de jaarlijkse uitvoering van asfaltwegen wordt vergeleken met de jaarlijkse bouw van nieuwe woningen in Vlaanderen. Hieruit blijkt dat de totale impact (wat de milieukost betreft) van de wegen even groot kan zijn als de totale impact van nieuwe woningen in Vlaanderen, indien de bijdrage van het operationeel energieverbruik van de woningen buiten beschouwing wordt gelaten. Deze cijfers moeten echter met voorzichtigheid worden behandeld, omdat hiervoor meerdere (vereenvoudigde) aannames moesten worden gemaakt.

Ten slotte analyseert de studie in zijn laatste hoofdstuk probleem- en verbeterpunten betreffende het potentiële gebruik van de TOTEM-methode en worden concrete aanbevelingen geformuleerd over de noodzakelijke functionaliteiten van TOTEM in geval van een uitbreiding naar andere sectoren.

Als conclusie geeft deze studie aan dat de algemene TOTEM-methode mogelijk kan worden gebruikt om de milieuprestatie van andere bouwwerken dan gebouwen in te schatten. Zover zijn we echter nog niet, en voor de praktische implementatie hiervan in een toekomstige versie van de tool zijn echter een aantal belangrijke aanvullingen nodig. Zo zouden bijkomende scenario's (bv. inzake transport of eindelevensduur) en standaardwaarden (bv. voor de referentielevensduur) specifiek voor deze

bouwwerken moeten worden gedefinieerd, zou de bibliotheek van materialen en processen moeten worden uitgebreid en is het noodzakelijk om wijzigingen op materiaalniveau toe te laten of te ondersteunen. Tot slot toont deze studie aan dat bijkomende modelleringsopties of tools zouden kunnen worden ontwikkeld om de impact van de bouwfase (bouwactiviteiten) beter in te schatten en te optimaliseren.

Literatuur

Allacker, K., Debacker, W., Delem, L., De Nocker, L., De Troyer, F., ... Bronchart, S. (2020). Environmental profile of building elements [update 2020]. Opgehaald van <https://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/Environmental%20profile%20of%20building%20elements%20-%20update%202020.pdf>

Janssen, A., Delem, L., Wastiels, L. & De Bock, L. (2020). *TOTEM potential. Part 2: Estimation of the potential of TOTEM for extension to subsectors in construction*. Mechelen: Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). Opgehaald van <https://www.totem-building.be/pages/download/list.xhtml>

Wille, D. (Ed.). (2012). *Milieugerelateerde materiaalprestatie van gebouwelementen*. Opgehaald van https://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1349102121400ovor121001_MMG_eindrapport.pdf

Luc De Bock
02 766 03 57
l.debock@brrc.be

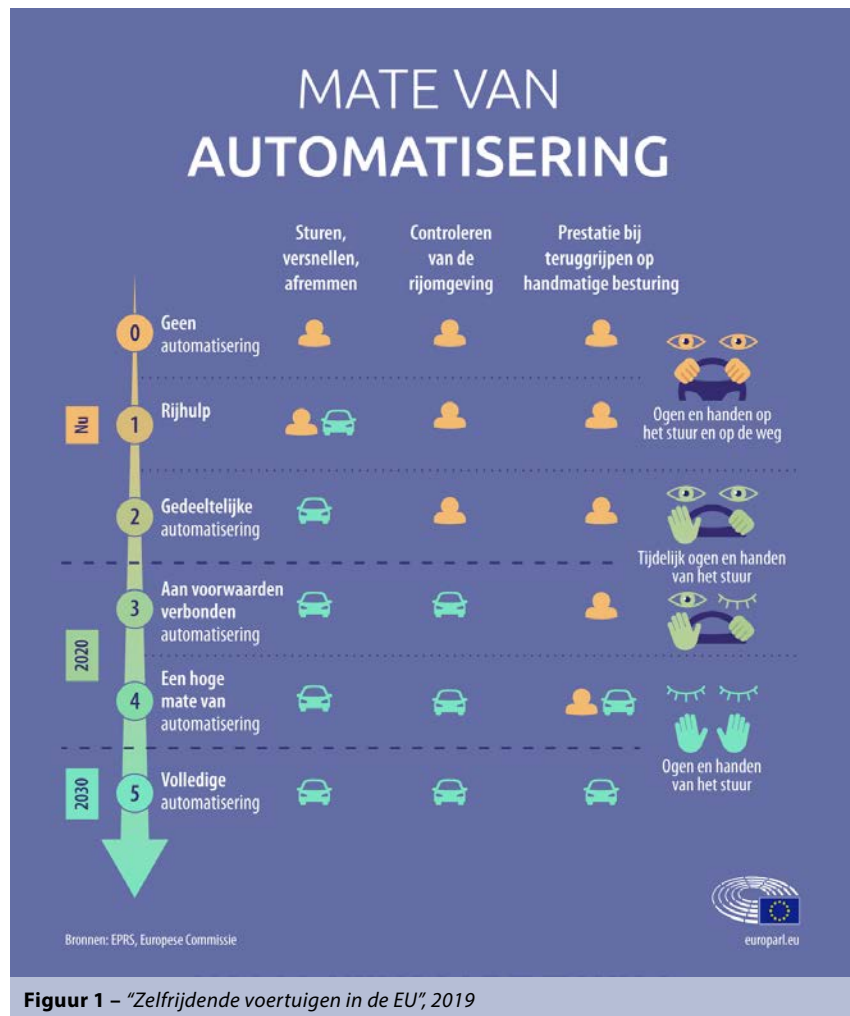


Connected & autonomous vehicles en weginfrastructuur – stand van zaken en toekomstverkenning

Volledig zelfrijdende en geconnecteerde voertuigen zijn nog veraf. Door de geleidelijke veralgemening van rijtaakondersteunende systemen in nieuwe wagens krijgen automobielconstructeurs en technologische bedrijven echter wel kansen om zulke systemen te verbeteren met het oog op autonoom verkeer. Terwijl wagens almaar evolueren, rijst ook de vraag naar de rol van weginfrastructuur in deze technologische ontwikkelingen. Moet weginfrastructuur worden aangepast om zelfrijdende voertuigen optimaal te laten functioneren? Zijn er vandaag al aanpassingen mogelijk of zinvol met het oog op zelfrijdende voertuigen in de toekomst?

Na overleg binnen TC1 en goedkeuring door het Comité voor het Programma, besloot OCW hier een korte studie aan te wijden. In het eerste semester van 2019 startte OCW met de screening van uiteindelijk ruim 200 documenten. Gelijktijdig werd een werkgroep (de werkgroep "CAV", *Connected & autonomous vehicles*) opgericht met een aantal relevante stakeholders. Samen met de leden van deze werkgroep werd getracht een beeld te krijgen van de te verwachten evoluties en de noden.

Tijdens de discussies met deze experts in de werkgroepvergaderingen (in totaal zes) en via bilateraal overleg bleek het niet altijd vanzelfsprekend om de focus op weginfrastructuur te behouden. Sommigen zien de introductie van zelfrijdende voertuigen als een hefboom om andere ontwikkelingen mogelijk te maken. Vooral in steden lijkt de invoering van zelfrijdende voertuigen één van vele ontwikkelingen die een invloed kunnen hebben op de inrichting van de openbare ruimte. Om bijvoorbeeld te vermijden dat steden verder dichtslippen, blijken begeleidende maatregelen gewenst (promoten van deelsystemen, versterking openbaar vervoer, enz.).



Figuur 1 – "Zelfrijdende voertuigen in de EU", 2019

Doelstellingen

Wegbeheerders nemen een eerder afwachtende houding aan voor wat betreft de consequenties voor verkeersveiligheid en mobiliteit. Anderzijds kunnen de gegevens van de geconnecteerde voertuigen nuttig worden gebruikt voor *asset* en *traffic management*. Ook de EC ziet hierin een beloftevolle toekomst (zie Gedelegeerde Verordeningen 886/2013¹ en 2015/962²). Bovendien hoopt de EC dat

de ontwikkelingen rond zelfrijdende voertuigen een drijfveer kunnen zijn voor investeringen in R&D en op die manier kunnen bijdragen tot de welvaart en economische groei in de Europese Unie. Voor autoconstructeurs zijn zelfrijdende en geconnecteerde voertuigen geen doel op zich. Zij zien deze ontwikkeling voornamelijk als een middel om *zero-incident* en *zero-emission* voertuigen na te streven, wat bijdraagt aan een goed imago binnen de context van een duurzame samenleving.

1 Gedelegeerde Verordening (EU) nr. 886/2013 van de Commissie van 15 mei 2013 tot aanvulling van Richtlijn 2010/40/EU van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de gegevens en procedures voor het aanbieden, waar mogelijk, van minimale universele verkeersveiligheidsinformatie die kosteloos is voor de gebruikers (Gedelegeerde Verordening [EU] N° 886/2013, 2013)

2 Gedelegeerde Verordening (EU) 2015/962 van de Commissie van 18 december 2014 ter aanvulling van Richtlijn 2010/40/EU van het Europees Parlement en de Raad wat de verlening van EU-wijde realtimeverkeersinformatiediensten betreft (Gedelegeerde Verordening [EU] N° 2015/962, 2015)

Drijfveren voor de ontwikkeling van CAV zijn respectievelijk de economische welvaart, verkeersveiligheid, congestie, mobiliteit, inname van ruimte, energie-efficiëntie & milieuvriendelijkheid, en wegcapaciteit. Inzicht in de drijfveren om geconnecteerde en autonome voertuigen op de openbare weg toe te laten is nuttig om het verband tussen CAV en de weginfrastructuur te kunnen duiden. De haalbaarheid van de doelstellingen en drijfveren zijn sterk afhankelijk van het uitgestippelde beleid, van overleg en samenwerking tussen de verschillende stakeholders, en van duidelijke keuzes die rekening houden met maatschappelijke wensen en behoeften.

De belofte naar een betere mobiliteit, minder ruimtebeslag en energie-efficiëntie zijn niet louter gekoppeld aan technologische ontwikkelingen, maar hangen evenzeer af van maatschappelijke keuzes (bv. het stimuleren van deelvoertuigen, performant openbaar vervoer, uitdoofscenario's voor voertuigen op fossiele brandstoffen en beschikbaarheid van voldoende 'propere' elektriciteit) (Morlion, 2018).

Hinderpalen

Onderzoek geeft aan dat bij 90 % van de verkeersongevallen de bestuurder op één of andere manier een rol speelt. Als deze bestuurder kan worden vervangen door een feilloos algoritme zou de verbetering van de verkeersveiligheid fenomenaal kunnen zijn. Daarvoor moeten echter nog enkele belangrijke obstakels worden overwonnen. In de overgangperiode naar een volledig autonome mobiliteit zal de menselijke bestuurder nog lang een rol blijven spelen. In rijomstandigheden die het zelfrijdende voertuig niet kan afhandelen, wordt voorzien dat de menselijke bestuurder gevraagd zal worden de rijtaak over te nemen. Het is nog maar de vraag of bestuurders met alsmear minder rijervaring (aangezien de wagen dikwijls zelfstandig zal rijden) in staat zullen zijn om deze kritische situaties voldoende snel in te schatten en correct over te nemen. Zeker in het geval van geconnecteerde voertuigen die hun rijgedrag mee laten bepalen door informatie die via communicatiesystemen

in het voertuig wordt gebracht, is het belangrijk dat deze informatie correct en betrouwbaar is (en bv. voldoende beschermd tegen cyberaanvallen). Het is bovendien nog maar de vraag hoe de interactie tussen intelligente voertuigen en voetgangers of fietsers zal verlopen.

Allerlei technologische verbeteringen zouden toelaten dat zelfrijdende voertuigen dichter op elkaar rijden en de beschikbare weginfrastructuur dus efficiënter benutten (20 tot 40 % meer voertuigen). Voor het zover is, lijkt het echter zo dat de tussenafstand bij gemengd verkeer (zelfrijdend + niet-zelfrijdend) toeneemt en de vlotheid van het verkeer verder afneemt. De bijkomende capaciteit dreigt bovendien te worden ingenomen door extra bijkomende vervoersvraag (jongeren, mensen met een beperking).

Opportunities

De Vlaamse overheid wil vandaag vooral inzetten op regulier openbaar vervoer langs de grote assen, aangevuld met andere vervoersmodi voor het traject tot of vanaf de assen die door openbaar vervoer worden bediend. Voor dat aanvullende traject geloven de openbaarvervoermaatschappijen erg in zelfrijdende taxi's (robotaxi's) en shuttles. De Lijn, MIVB en verschillende andere aanbieders van transport experimenteren met zelfrijdende shuttles; momenteel nog vooral op privéterrein maar in de toekomst uitgebreid naar de openbare weg.

Veel personenwagens blijven een groot deel van de dag ongebruikt. Zeker in een stedelijke omgeving zorgt dit voor druk op de openbare ruimte. Vlot beschikbare gedeelde voertuigen kunnen de behoefte aan een eigen wagen verminderen en zo de druk op de openbare ruimte verlichten. Simulaties tonen aan dat in een middelgrote stad een beperkte vloot gedeelde robotaxi's (35 % voor de spits, 10 % gemiddeld over een etmaal), gecombineerd met performant openbaar vervoer, volstaat om tegemoet te komen aan de vervoersvraag. In die simulatie is de voorwaarde dan wel dat alle gebruikers van privaat vervoer zouden overstappen naar gedeeld vervoer. In zulk

scenario is er weliswaar een lichte stijging van het aantal afgelegde kilometers maar komt er tegelijkertijd ook heel wat ruimte vrij door bijvoorbeeld minder behoefte aan parkeerplaatsen.

Toekomstgericht denken in scenario's rond het parkeren van autonome voertuigen is essentieel. Door parkeerbeleid en milieubeleid aan elkaar te koppelen kan de dreiging worden weggenomen dat steden vast komen te zitten door een ongecontroleerde invoering van autonome voertuigen. Tijdens de minder drukke periode moeten deze voertuigen, in afwachting van een volgende opdracht, op een efficiënte manier kunnen worden geparkeerd. Er dient te worden vermeden dat zelfrijdende voertuigen lange (onnuttige) verplaatsingen afleggen (en op die manier bijdragen tot meer stilstand) omdat parkeermogelijkheden onvoldoende beschikbaar of te duur zouden zijn.

Infrastructuur

Zelfrijdende voertuigen zullen vermoedelijk eerst in relatief eenvoudige verkeerssituaties, zoals autosnelwegen, hun nut bewijzen. In een stedelijke omgeving met verschillende weggebruikers, snelheden en conflictsituaties wordt de uitdaging snel groter.

Met het Inframix-project wordt getracht om vast te leggen welk niveau van infrastructuur is vereist om langsheen een bepaald wegvak (of binnen een bepaald *Operational Design Domain*³), bepaalde niveaus van zelfrijdend verkeer toe te laten. Deze infrastructuurniveaus worden vastgelegd als ISAD-levels⁴ en slaan vooral op de technologische en communicatie-infrastructuur.

Digitale infrastructuur is sowieso een voorwaarde voor volledig zelfrijdend vervoer. Een digitale voorstelling van weginfrastructuur, de omgeving, de geldende regels, communicatie-infrastructuur, enz. moet helpen om informatie in het voertuig te brengen; nu nog ter info van de menselijke bestuurder, later als gegevensbron voor het actief aansturen van voertuigen. Omgekeerd kunnen gegevens die worden verzameld door een vloot gecon-

3 *Operational Design Domain of ODD*: slaat op een wegvak maar ook op tijdstip, weersomstandigheden, aanwezige verkeer, enz.

4 ISAD-levels: *Infrastructure Support levels for Automated Driving*

	Level	Name	Description	Digital information provided to AVs			
				Digital map with static road signs	VMS, warnings, incidents, weather	Microscopic traffic situation	Guidance: speed, gap, lane advice
Conventional infrastructure	E	Conventional infrastructure / no AV support	Conventional infrastructure without digital information. AVs need to recognise road geometry and road signs.				
	D	Static digital information / Map support	Digital map data is available with static road signs. Map data could be complemented by physical reference points (landmarks signs). Traffic lights, short term road works and VMS need to be recognized by AVs.	X			
Digital infrastructure	C	Dynamic digital information	All dynamic and static infrastructure information is available in digital form and can be provided to AVs.	X	X		
	B	Cooperative perception	Infrastructure is capable of perceiving microscopic traffic situations and providing this data to AVs in real-time.	X	X	X	
	A	Cooperative driving	Based on the real-time information on vehicle movements, the infrastructure is able to guide AVs (groups of vehicles or single vehicles) in order to optimize the overall traffic flow.	X	X	X	X

Figuur 2 – Russ, Lytrivis & Datler, 2020

necteerde voertuigen ook nuttig worden gebruikt voor verkeersmanagement, het plannen van onderhoud en het actueel houden van de digitale voorstelling van weginfrastructuur. Digitale infrastructuur kan aanvullen waar fysieke infrastructuur te kort schiet (bv. signalisatie onvoldoende leesbaar). Gegevens van geconnecteerde voertuigen kunnen worden gebruikt om digitale kaarten up-to-date te houden. Het is vanzelfsprekend belangrijk dat beide gesynchroniseerd blijven. Gedelegeerde Verordening EU/2015/962 legt hiervoor de verantwoordelijkheid bij wegeadministraties, wegbeheerders en dienstverleners.

Ontwerprichtlijnen voor wegen zijn momenteel gebaseerd op de behoeftes van menselijke weggebruikers. Volledig zelfrijdend verkeer is nog veraf en zelfs de meest geavanceerde voertuigen zullen voor probleemsituaties nog geruime tijd blijven terugvallen op de menselijke bestuurder. Het is echter niet te verkiezen om te wachten op volledig zelfrijdend vervoer om ontwerprichtlijnen bij te sturen. Een geleidelijke aanpassing, waarbij bijvoorbeeld wordt gekeken naar de mogelijke aanpassingen voor bepaalde wegonderdelen om een zeker niveau van automatisering toe te laten, is te verkiezen.

Desalniettemin zijn er tendensen die mogelijk een rol zullen spelen in hoe wegen in de toekomst worden gebouwd en ingericht. Door daar vandaag reeds rekening mee te houden, is het misschien mogelijk om toekomstige aanpassingen te beperken (*no regret measures*)

Sensoren zijn gebaat bij goed zichtbare, eenvoudige en liefst eenvormige boodschappen (zowel wegmarkeringen als verkeersborden). Verschillende autoconstructeurs dringen daarop aan en zowel binnen de Verenigde Naties⁵ als door de Europese Commissie⁶ wordt onderzocht op welke manier dit kan worden verbeterd. Variabele verkeersborden en verkeerslichten kunnen bijkomend voorzien worden van communicatieapparatuur zodat zij hun status kunnen doorgeven aan naderende voertuigen of om toe te laten dat de status wordt aangepast door naderende prioritaire voertuigen (verkeerslichtenbeïnvloeding). Anderzijds zijn sommigen overtuigd dat de mogelijkheden van camerasystemen en verwerkingsalgoritmen zullen toelaten om minder goed zichtbare boodschappen correct te herkennen en te interpreteren.

Weefstroken laten toe om het verkeer op drukke autosnelwegen bij dicht op

elkaar volgende op- en afritten vlotter te laten verlopen. In het geval van zelfrijdend verkeer met mogelijk kortere tussenafstanden, dient er voldoende ruimte te zijn om weefbewegingen toe te laten. Het kan zinvol zijn om hier rekening mee te houden bij de aanleg van op- en afritten en de mogelijkheid van latere uitbreiding in het achterhoofd te houden.

De ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen gaat hand in hand met die van schonere (elektrische) voertuigen. Het blijkt dat de gemiddelde massa van nieuw verkochte voertuigen vooralsnog toeneemt. Voor bijvoorbeeld de ontwikkeling van afscherpende constructies en botsvriendelijke palen is dit een ontwikkeling die in de toekomst een rol kan gaan spelen. Samen met de tendens naar grotere vrachtwagens, meer collectief vervoer en kleinere afstanden tussen voertuigen (in het geval van uitsluitend autonoom verkeer), lijkt het bovendien dat de belasting op infrastructuur (wegen, bruggen, enz.) kan toenemen. Ontwerprichtlijnen en onderhoudsstrategieën zullen daar in de toekomst wellicht rekening mee moeten houden.

In een stad wordt de situatie complexer. De snelheid ligt doorgaans een stuk lager en is minder homogeen. Bovendien wordt de ruimte gedeeld tussen openbaar en individueel vervoer, fietsers, voetgangers en almaar meer alternatieve vormen van mobiliteit. Infrastructuur (wegennis, parkeervoorzieningen, laadinfrastructuur, enz.) dient rekening te houden met al deze gebruikers. Als bijvoorbeeld oversteekplaatsen verdwijnen en voetgangers kunnen kiezen waar zij oversteken heeft dit gevolgen voor (het gebruik van) infrastructuur. Voetpad en weggoppervlak zouden bijvoorbeeld in hetzelfde vlak kunnen liggen en dienen op één of andere manier (visueel) te worden onderscheiden.

De ondoordachte invoering van bijkomend (zelfrijdend) vervoer in een stadsomgeving wordt door sommigen gezien als een bedreiging voor de leefbaarheid. MaaS (*Mobility as a Service*) en gedeeld (autonoom) vervoer heb-

5 UNECE Global Forum for Road Traffic Safety, Expert Group on Road Signs and Signals <http://www.unece.org/trans/main/welcwp1.html>

6 Europese Commissie: *Expert Group on Road Infrastructure Safety* ter voorbereiding van de herziening van Richtlijn 2008/96/EC (Richtlijn 2008/96/EC, 2008)



Figuur 3 – Roston, 2017

ben echter de potentie een bijdrage te leveren aan deze leefbaarheid⁷. Het is dan belangrijk dat dit gedeeld vervoer vlot beschikbaar is. In een stad dienen voldoende locaties te worden voorzien waar een gebruiker kan overschakelen tussen verschillende vervoersmodi, waar hij zijn wagen of fiets veilig kan achterlaten en waar hij eventueel nog snel een boodschap kan doen.

Openbaar vervoer lijkt een belangrijke rol te gaan spelen in de toekomst. Openbaarvervoermaatschappijen zien zelfrijdende shuttles als een manier om hun aanbod te vergroten. De testen die vandaag worden uitgevoerd met shuttles laten zien dat onder meer een goede wegdekwaliteit en geen obstakels belangrijk zijn voor het veilig functioneren van een shuttle. In een aantal gevallen werd om die reden de verkeerssituatie (voorrangsregels) zelfs aangepast voor de duurtijd van de test. Bij een aantal testen bleek de GPS-dekking onvoldoende (nauwkeurig) en dienden er bijkomende referentiepunten te worden geplaatst.

Wanneer?

De voorspellingen over wanneer zelfrijdende voertuigen gemeengoed zullen zijn, lopen heel erg uiteen. Normale, menselijke bestuurders zullen nog lang het uitgangspunt moeten blijven bij de inrich-

ting van infrastructuur. Zelfrijdende voertuigen zijn dikwijls gebaat bij maatregelen die ook voor menselijke bestuurders zinvol zijn (herkenbare en uniforme signalisatie, een kwalitatief wegoppervlak).

Wegbeheerders kunnen er niet onderuit om rekening te houden met een onzekere toekomst. Bij (her)aanleg van infrastructuur is het zinvol om al rekening te houden met eventuele toekomstige aanpassingen (voorzieningen voor communicatie-infrastructuur, gebruik als wisselstrook, enz.). Steden in het bijzonder dienen zich te beraden over de rol van – al dan niet geautomatiseerde – voertuigen in hun toekomstvisie en op welke manier dit de inrichting van de stad mee bepaalt.

Een volledig zelfrijdende vloot (SAE L5) is nog veraf. Als dit ooit wordt gerealiseerd, kan dit het ontwerp en de bouw van infrastructuur ingrijpend wijzigen. In het rapport wordt dit, vandaag utopisch, scenario eveneens kort aangehaald.

Besluit

De werkzaamheden van de werkgroep CAV hebben geleid tot een digitaal rapport dat in het Engels beschikbaar is op de OCW-website (<https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/connected-autonomous-vehicles-weginfrastructuur>)

en binnenkort ook in het Nederlands en Frans zal verschijnen. We nodigen jullie uit om dit rapport te lezen, en zijn benieuwd naar jullie reacties.

Op veel vlakken is boeiende informatie terug te vinden. Een deel over de context (omschrijving van CAV, doelstellingen, SAE-levels, uitrol van CAV, en hinderpalen). Een tweede deel gaat concreet in op de relatie tussen CAV en infrastructuur: fysieke / digitale infrastructuur, thema "autosnelwegen", thema "wegen in stedelijke omgeving" en thema "shuttles". We besteden aandacht aan ontwerprichtlijnen, wegontwerp en weguitrusting.

In het rapport staan ook conclusies over de mogelijke gevolgen voor de weginfrastructuur en de wegbeheerders. Het gaat over conclusies waarvan het aannemelijk is dat ze enkele jaren zullen gelden na publicatie van het onderhavige rapport op het vlak van weginfrastructuur zelf en tevens het grotere plaatje op het vlak van "(on)zekerheid en complexiteit" en "maatschappelijke evoluties en beleid".

Tot slot willen we een bijzonder woord van dank uitspreken aan de actieve leden van de werkgroep CAV.

Hinko van Geelen
02 775 82 39
h.vangeelen@brrc.be



Kris Redant
010 23 65 38
k.redant@brrc.be



⁷ Deelauto's zouden 2,5 tot 13 individuele wagens kunnen vervangen

Literatuur

Gedelegeerde Verordening (EU) Nr. 886/2013 van de Commissie van 15 mei 2013 tot aanvulling van Richtlijn 2010/40/EU van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de gegevens en procedures voor het aanbieden, waar mogelijk, van minimale universele verkeersveiligheidsinformatie die kosteloos is voor de gebruikers. (2013). *Publicatieblad van de Europese Unie*, L247, 6-10. Opgehaald van <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

Gedelegeerde Verordening (EU) 2015/962 van de Commissie van 18 december 2014 ter aanvulling van Richtlijn 2010/40/EU van het Europees Parlement en de Raad wat de verlening van EU-wijde realtimeverkeersinformatie

tiediensten betreft. (2015). *Publicatieblad van de Europese Unie*, L157, 21-31. Opgehaald van <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

Morlion, P. (2018, Januari 6). *Met de zelfrijdende auto krijgen onze mobiliteitsministers een historische kans op een visonair beleid* [Opinie]. Knack. Opgehaald van <https://www.knack.be>

Richtlijn 2008/96/EG van het Europees Parlement en de Raad van 19 november 2008 betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur. *Publicatieblad van de Europese Unie*, L 319, 59-67. Opgehaald van <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

Roston, B.A. (2017, april 4). Bosch and Daimler team to make fully autonomous vehicles for city driving. *SlashGear*. Opgehaald van <https://www.slashgear.com/>

Russ, M., Lytrivis, P. & Datler, B. (2020, mei). *Inframix press-conference* [Presentatie]. Opgehaald van <https://www.inframix.eu/presentations/>

Zelfrijdende auto's in de EU: Sciencefiction wordt werkelijkheid. (2019, januari 14). Nieuws Europees Parlement. Opgehaald van <https://www.europarl.europa.eu/news/nl>

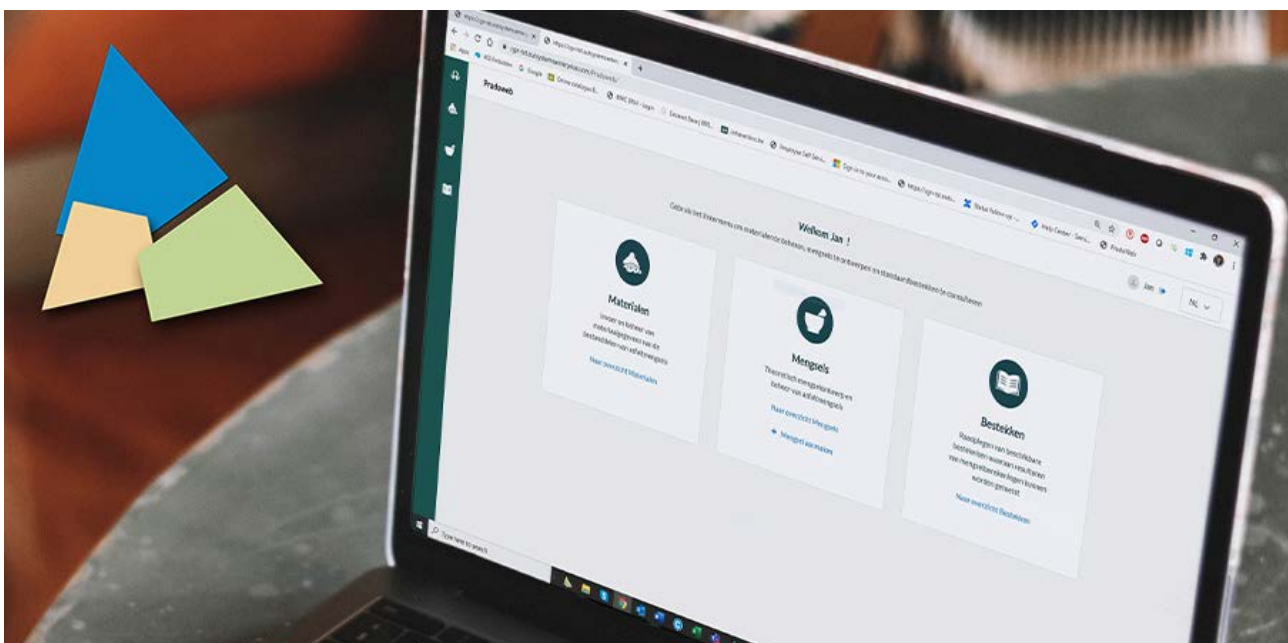
Licenties PradoWeb

PradoWeb, de **nieuwe OCW-software voor het theoretisch ontwerp van bitumineuze mengsels**, werd op 26 november en 3 december tijdens een interactieve webinar aan het publiek voorgesteld. De doelstellingen van PradoWeb en de belangrijkste verbeteringen ten opzichte van de vorige software (PradoWin) kwamen aan bod. Tijdens een korte demo

kregen de deelnemers een beeld van het gebruiksgemak. Ten slotte volgde alle informatie over gebruiksmodaliteiten, licenties, ondersteuning en opleidingen.

Heb je dit webinar gemist? Geen nood, raadpleeg onze website voor verdere informatie (<https://brrc.be/nl/innovatie/innovatie-overzicht/pradoweb>).

Joëlle De Visscher
02 766 03 24
j.devisscher@brrc.be



BeP2S (Better Performing Slurry Surfacing): vier jaar onderzoek werpt zijn vruchten af

Een slem is een bitumineus mengsel van minerale aggregaten, bitumenemulsie, water en eventuele additieven, dat op de bouwplaats koud wordt bereid en verwerkt met aangepast mobiel materieel (figuur 1). Van zodra de bitumenemulsie in situ wordt gemengd met de overige bestanddelen, start het brekingsproces, waarbij water vrijkomt en de cohesie van het mengsel toeneemt.

Slemlagen worden toegepast als oppervlakbehandeling, om de toestand van het wegoppervlak te herstellen én om de onderliggende lagen te beschermen tegen waterindringing. De kostprijs is laag, ruwweg een kwart van de vervangingskost van een toplaag, en de hinder voor het verkeer en de omwonenden is beperkt. Na slechts enkele

uren is de weg opnieuw toegankelijk voor het verkeer.

Regelmatige toepassing in het kader van een goed geplande en preventieve onderhoudsstrategie houdt de conditie van het wegdek op niveau, verlengt de levensduur van de onderliggende lagen en leidt tot kostenbesparing op korte en lange termijn. Ook vanuit ecologisch en maatschappelijk oogpunt is het een zeer duurzame techniek. Het gaat immers om een koude toepassing, met beperkt materiaalverbruik, minder materiaaltransport en beperkte hinder.

In België beperkt de toepassing van slems zich meestal nog tot wegen met weinig en licht verkeer. Uitbreiding naar wegen met zwaarder verkeer, zoals in sommige andere landen al gebeurt, be-

tekent dat er nog veel groeipotentieel is. In het Engels maakt men binnen de slems (*slurry surfacing*) een onderscheid tussen *microsurfacing* en *slurry seal*, waarbij een *microsurfacing* bedoeld is voor zwaarder verkeer. Het onderscheid ligt in het gebruik van een emulsie op basis van polymeer gemodificeerd bitumen en vaak ook een meer discontinue korrelverdeling. In het Nederlands zou men *microsurfacing* kunnen vertalen als "hoogwaardige slem".

Het succes van een slemtoepassing hangt echter af van tal van factoren, zoals de keuze van de bestanddelen, de mengselformule, de toestand van de weg, de te verwachten weerscondities bij aanleg, de uitvoering van de bouwplaats en de termijn voor openstelling voor het verkeer. De impact van al deze



Figuur 1 – Slem aan de achterzijde van de slemmachine

factoren is echter nog onvoldoende gekend, waardoor een slemtoeepassing niet altijd het verhoopte resultaat geeft. Dit is een rem, in het bijzonder voor de uitbreiding naar zwaarder verkeer. Er is dus nood aan meer technisch-wetenschappelijke kennis over slems, als we het potentieel ervan ten volle willen benutten.

OCW heeft de voorbije vier jaar uitgebreid onderzoek gevoerd, om de technologie van slems in ons land naar een hoger kennisniveau te tillen, dankzij de steun van het Bureau voor Normalisatie. Deze bijdrage beschrijft de doelstellingen en de belangrijkste resultaten van dit project.

Projectdoelstellingen

De doelstelling van het door het NBN gesubsidieerde project was om via normgericht onderzoek bij te dragen tot meer duurzame slemlagen en tot uitbreiding van de toepassing op ons wegennet, waardoor de beperkte budgetten die beschikbaar zijn voor het in stand houden van een veilig, comfortabel en bedrijfszeker wegennet optimaal benut kunnen worden.

In de eerste biënnale was het project gericht op de evaluatie en **de verbetering van de Europese proefmethodes voor slems** (reeks NBN EN 12274 "Slemlagen – Proefmethodes"). Vele vragen met betrekking tot de procedures, testcondities en precisie lagen op tafel. Daarnaast zijn er in Europa ook een aantal niet genormaliseerde proefmethodes gekend, die complementair of als alternatief voor de bestaande Europese proefmethodes worden voorgesteld.

Proefmethodes voor **emulsies en de residuale bindmiddelen** kwamen ook aan bod. De kenmerken van de bitumenemulsie en de interactie van de emulsie met de andere bestanddelen zijn immers bepalend voor het brekingsproces en de opbouw van de cohesie, terwijl de kenmerken van het residuale bindmiddel bepalend zijn voor de prestaties van de slem in de gebruiksfase.

Visuele inspectie van slemlagen is erg belangrijk voor de sector, in het kader van de "TAIT" (*Type Approval Installation Trial*) en bij de oplevering van bouwplaatsen. De visuele inspectie is onderwerp van deel 8 van de reeks NBN EN 12274. Naast de evaluatie en verbetering van deze norm, was een bijkomende doelstelling om aanbevelingen te doen voor eisen na een jaar en, in geval van verlenging van de garantieperiode, na drie jaar. Om deze doelstelling te realiseren werden tal van bouwplaatsen opgevolgd, reeds van vóór de aanleg, en nadien jaarlijks geïnspecteerd.

In de tweede biënnale reikten de projectdoelstellingen verder en werd er **een procedure ontwikkeld voor het ontwerp van slemmengsels**. Deze ontwerpprocedure laat toe om op een rationele en efficiënte manier, en in minder tijd, een goede mengselformule te vinden, die is aangepast aan het seizoen, de toepassing en het verkeer.

Wat is er gerealiseerd?

Proeven op slems

Een goed presterende slem moet voldoen aan de volgende vereisten:

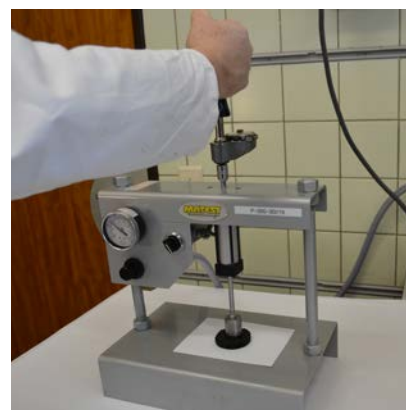
- zodra de bestanddelen in situ zijn gemengd, moet het mengsel voldoende lang mengbaar blijven. Zoniet riskeert men klontvorming en verstopping in de machine;
- de consistentie van het mengsel moet gepast zijn: een te stug mengsel is moeilijk te spreiden en een te lopend mengsel leidt tot segregatie en afvloeiing aan de randen;
- na aanleg moet de cohesie van het mengsel in een korte tijdsspanne een voldoende hoog niveau bereiken. De bedoeling is immers om de weg snel terug open te stellen voor het verkeer;
- de slem moet een goede weerstand bieden aan slijtage en rafeling veroorzaakt door het verkeer. Water is daarbij meestal een verzwarende factor;
- de slem moet een goede weerstand bieden aan zweten. Dit is het fenomeen van opstijgend bindmiddel, wat aanleiding geeft tot een vet oppervlak met sterk verlaagde stroefheid.

Voor elk van deze prestaties zijn proeven opgezet, beoordeeld en verbeterd. Ter illustratie tonen figuren 2 tot 4 de Europese proeven voor respectievelijk consistentie, opbouw van cohesie en weerstand tegen slijtage. Naast de bestaande proeven van de reeks NBN EN 12274 werden voor sommige prestaties ook nieuwe, alternatieve proeven opgezet en geëvalueerd.

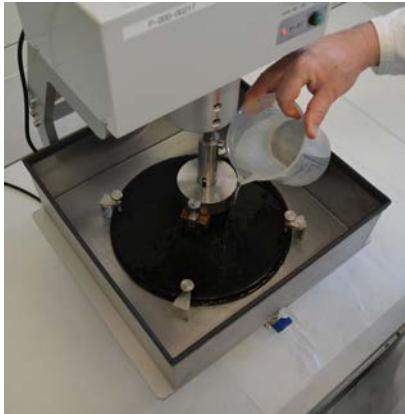
Een bijzondere proefnorm in de reeks NBN EN 12274 is deel 7 (Schud-/slijtproef) (figuur 5). Dit is geen proef op het volledige slemmengsel, maar op de combinatie van de bitumenemulsie met een afgezeefde fractie (0/2 mm) van het aggregaat en een kleine hoeveelheid cement. De proef beoordeelt



Figuur 2 – Proef voor consistentie volgens NBN EN 12274-3



Figuur 3 – Proef voor cohesie volgens NBN EN 12274-4



Figuur 4 – Proef voor weerstand tegen slijtage volgens NBN EN 12274-5



Figuur 5 – Schud-/slijtproef volgens NBN EN12274-7



dus niet rechtstreeks een mengselrepresentatie, maar wel de compatibiliteit van de emulsie met het aggregaat. In die zin is de proef van belang voor de keuze van de bestanddelen van het mengsel, meer bepaald de combinatie aggregaat-bitumenemulsie.

Concreet zijn voor al de proeven de volgende zaken gerealiseerd:

- beoordeling van herhaalbaarheid en onderscheidend vermogen en verbeteringen aan de methodes om deze te verhogen;
- verbeteringen aan testcondities, voor een betere simulatie van de condities bij aanleg;
- beproeving van verschillende mengselvarianten, om de invloed van de belangrijkste mengselparameters (bestanddelen en samenstelling) te onderzoeken;
- voorstel van streefwaarden voor de resultaten;
- aanbevelingen ter verbeteringen van de normen, overgemaakt aan het betrokken Europese normalisatiecomité CEN/TC227/WG2 *Surface Dressing, Sprays and Slurry Surfacing (incorporating Microsurfacing)*.

Het laboratorium is vandaag uitgerust voor al deze proeven, met een hoge expertise inzake de normen en de proefuitvoering.

Proeven op bitumenemulsies en residuale bindmiddelen

De bitumenemulsie speelt een sleutelrol in het slemmengsel. Het is dus cruciaal om een goede keuze te maken, af-

hankelijk van het seizoen, de toepassing en het verkeer. Maar welke kenmerken van de emulsie zijn nodig om die keuze te maken en welke proefmethodes zijn hiervoor aangewezen?

In eerste instantie zijn er de klassieke kenmerken van bitumenemulsies, weergegeven in tabel 1. Deze kenmerken zijn nuttig, hetzij voor de formulering van de slem, voor de uitvoering of voor de prestaties na aanleg. Volgens onze bestekken moeten deze kenmerken voldoen aan de eisen van de norm NBN EN 13808 (Raamwerk voor de specificatie van kationische bitumenemulsies).

Alle emulsies gebruikt in dit project zijn gekenmerkt volgens de proeven in tabel 1. Daarnaast werden bijkomende analyses uitgevoerd op de residuale bindmiddelen met technieken zoals FT-IR spectroscopie, DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) en latroscan (chromatografische scheidingstechniek), om meer informatie te hebben over de aard en generische samenstelling van het bindmiddel. Zo kon onder andere worden vastgesteld of het bitumen behoort tot de groep van “naftenische” of “paraffinische” bitumina. In het verleden werden uitsluitend naftenische bitumina aangewend, omdat ze gemakkelijker emulgeerbaar zijn en zorgen voor een

	NBN-methode	Meting	Belang van de eigenschappen voor de
Zeeffrest	EN 1429	Stabiliteit bij opslag/fijnheid	Uitvoering (breking)
BWKE	EN 13075-1	Type breking	Formulering/Uitvoering
pH	EN 12850	Zuurheid/basiciteit van de emulsie	Formulering (invloed op de reactiviteit)
Uitstroomtijd	EN 12846-1	Viscositeit	Formulering/Uitvoering
Bindmiddelgehalte	EN 16849	Bitumengehalte van de emulsie	Formulering
Naaldpenetratie (pen)		Hardheid van het residuale bindmiddel	Gedrag van de slem bij gemiddelde temperaturen
T Ring-en-kogelverweking (TR&K)		Verwekingspunt van het residuale bindmiddel	Gedrag van de slem bij zomerse temperaturen

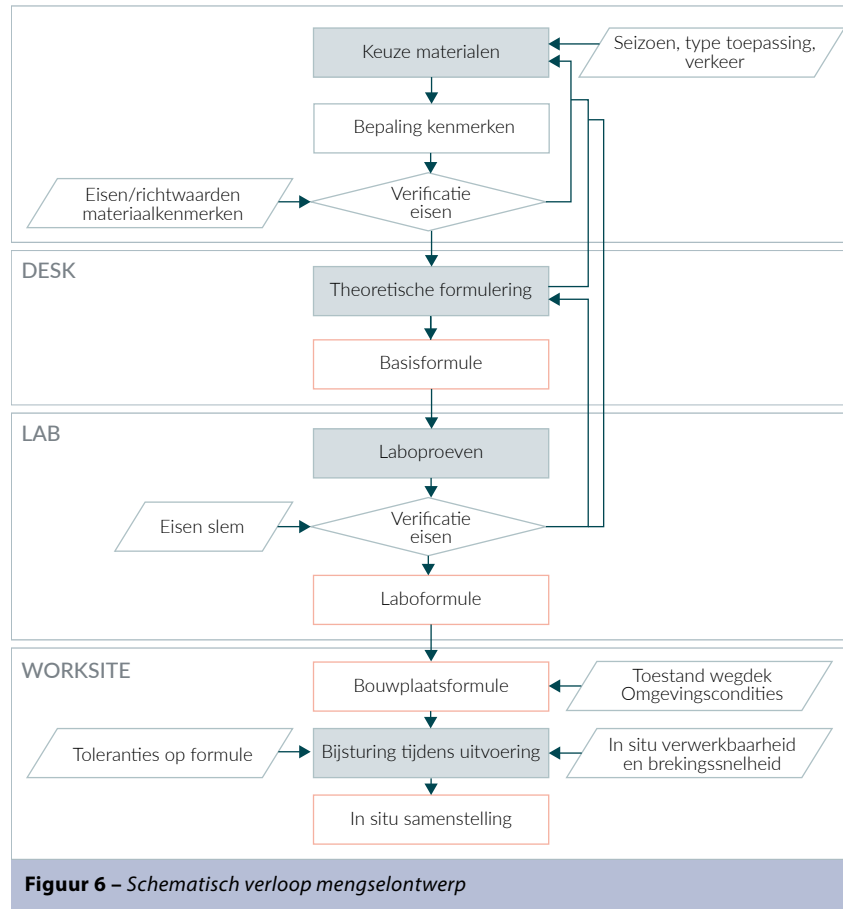
Tabel 1 – Nuttige kenmerken voor bitumenemulsies voor slems

snelle toename van de cohesie van de slem. De toekomstige beschikbaarheid van deze groep van bitumina is echter onzeker, zodat er momenteel een omschakeling gaande is naar emulsies op basis van paraffinische bitumina.

Een ander kenmerk van de bitumenemulsie, specifiek voor de toepassing in slems, is de stabiliteit in contact met cement. Cement wordt vaak toegevoegd aan slems, weliswaar in kleine hoeveelheden (1 à 3 %), om de consistentie te verbeteren en de brekingsnelheid te beïnvloeden. Een emulsie die onstabiel is in contact met cement, zou in een slem erg gevoelig kunnen zijn aan de toevoeging van cement of aan het veranderen van de hoeveelheid cement. Dit laatste gebeurt nog tijdens de uitvoering. Voor dit kenmerk werd de proefmethode NBN EN 12848 "Bepaling van de mengstabiliteit van bitumenemulsies met cement" gebruikt. De norm specificeert het gebruik van een standaard cementtype, maar in dit project werd ook de invloed van het type cement onderzocht. Het proefresultaat blijkt zeer gevoelig te zijn aan het type cement. Dit wijst erop dat verandering van het type cement in een slemmengsel ook grote gevolgen kan hebben voor de breking en de prestaties van de slem. Uit het onderzoek volgden bovendien aanbevelingen voor verbetering van de norm NBN EN 12848.

Voor wegen met zwaarder verkeer is een emulsie op basis van polymeer gemodificeerd bitumen de juiste keuze. In het project zijn hoofdzakelijk emulsies op basis van SBS gemodificeerd bitumen en enkele latex gemodificeerde emulsies beproefd. Laatstgenoemden zijn tweefasige emulsies bestaande uit een bitumenemulsie en een latexemulsie. Ze werden aangeleverd door buitenlandse producenten, in het kader van de activiteiten van RILEM-werkgroep TC280-CBE (*Cold Bitumen Emulsion technologies*), waaraan OCW deelneemt. Latex gemodificeerde bitumenemulsies zouden gemakkelijker te produceren zijn en langer stabiel blijven.

In het geval van de polymeer gemodificeerde bitumenemulsies werden additionele proeven uitgevoerd op de residuale bindmiddelen: DSR (*Dynamic Shear Rheometer*, NBN EN 14770) om de complexe stijfheidsmodulus te bepalen en de Vialitproef (NBN EN 13588) om de cohesieve sterkte te bepalen. Toepassing van laatstgenoemde proef-



Figuur 6 – Schematisch verloop mengselontwerp

methode heeft aanleiding gegeven tot aanbevelingen voor verbetering van de norm. De proef is wel onderscheidend voor verschillende bindmiddelen, maar spijtig genoeg kon er geen correlatie worden vastgesteld met proeven op slems. Vermoedelijk zijn er, naast de cohesieve sterkte van het bindmiddel, te veel andere factoren die de cohesie van de slem beïnvloeden. De proef is dus weinig relevant voor de kenmerking van emulsies voor slems.

Mengselontwerpprocedure voor slems

Er werd een procedure uitgewerkt voor het ontwerp van slemmengsels. De bedoeling van de procedure is om op een efficiënte manier en met een minimum aan proeven, zo snel mogelijk een goede mengselformule te vinden. De procedure betreft alle fases van het ontwerp, van de materiaalkeuze tot de aanleg (figuur 6).

Voor de keuze van de materialen werden aanbevelingen opgesteld op basis van het seizoen, de toepassing en het verkeer. Zo zal men in het geval van

zwaar verkeer kiezen voor een emulsie van polymeer gemodificeerd bitumen. De keuze steunt niet enkel op de kenmerken van de individuele materialen, maar ook op kenmerken van combinaties van materialen. Voor de beoordeling van de compatibiliteit tussen het gekozen aggregaat en de bitumenemulsie is er de proef NBN EN 12274-7 en voor de stabiliteit van de emulsie in contact met cement is er de proef NBN EN 12848, uitgevoerd met het gekozen type cement.

Voorafgaand aan de fase van de laboratoriumproeven op de slem is er een theoretische fase voorzien. Hierin wordt een theoretische schatting gemaakt van de benodigde hoeveelheid emulsie, vertrekkende van de korrelverdeling van het aggregaat. In deze fase kan ook de korrelverdeling van het aggregaat worden bijgesteld. Voor zwaar en snel verkeer kiest men voor een hoger steengehalte, omwille van de stabiliteit en de hogere stroefheid. Een voorafgaandelijke theoretische studie vraagt relatief weinig tijd en voorkomt dat men in het laboratoriumonderzoek te veel varianten moet "uitproberen".

Prestatiekenmerk	Proefmethode	Proefresultaat	Streefwaarden
Mengbaarheid	Manuele mengtest	Mengtijd (in s)	Mengtijd \geq 120 s
Consistentie	NBN EN 12274-3	Uitvloeï (in cm, tot op 1 decimaal)	Uitvloeï tussen 2,0 en 3,0 cm
Opbouw van cohesie (C)	NBN EN 12274-4	Torsiekoppel (in Nm, tot op 1 decimaal)	Na 30 minuten: $C \geq 1,2$ Nm Na 60 minuten: $C \geq 2,0$ Nm
Weerstand tegen slijtage/rafeling	NBN EN 12274-5	Materiaalverlies (in g/m ²)	Materiaalverlies \leq 540 g/m ²
Weerstand tegen zweten/vervorming (*)	Wielspoorproef met aangepaste testcondities, in combinatie met zandvlekproef	Spoordiepte (in mm) Textuurdiepte (in mm)	Nog niet bepaald

(*) optioneel, enkel voor "hoogwaardige slems", dus voor zwaar verkeer.

Tabel 2 – Proefmethodes en streefwaarden aanbevolen in het kader van mengselontwerp

De laboratoriumfase maakt gebruik van de proeven die we aanbevelen op basis van het voorgaande rond alle proefmethodes (tabel 2). Ze staan geordend volgens complexiteit (benodigde tijd en materiaal) en worden dan ook bij voorkeur in die volgorde uitgevoerd. Wanneer men er niet in slaagt om het gewenste resultaat te behalen, moet men terugkeren naar het theoretisch ontwerp of de materiaalkeuze wijzigen. Efficiënt mengselontwerp wil dat de eventuele aanpassingen aan het slemmengsel zeer gericht zijn op het verbeteren van een bepaalde prestatie, zonder een te nadelige impact te hebben op de overige prestaties. Dat vereist een goed inzicht in de invloed van alle mogelijke mengselparameters op de verschillende prestaties. In dit project werd hierover maximale kennis opgebouwd, steunende op de vele proefresultaten en op bijkomende data uit de internationale literatuur. Voor sommige parameters kunnen we daardoor goed de impact voorspellen. Voor andere parameters daarentegen is dat niet altijd mogelijk, omdat veel afhangt van de interactie met de andere bestanddelen. Enige kennis van de fysico-chemische eigenschappen van de gebruikte emulsie en het cement kan helpen, maar deze kennis is meestal niet beschikbaar voor de slemproducent. De proeven op slems zijn dus echt noodzakelijk om finaal uit te wijzen of een gegeven mengselformule werkt.

Op de bouwplaats zelf zullen er ten slotte mogelijk nog aanpassingen nodig zijn af-

hankelijk van de weerscondities. In deze fase nog van bestanddeel veranderen is echter ten stelligste af te raden.

De nieuwe OCW-handleiding voor slemlagen (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 2020) zal verder worden aangevuld met een hoofdstuk gewijd aan mengselontwerp. Deze handleiding is beschikbaar op de OCW-website: <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/handleiding-slemlagen>.

Methode voor visuele inspectie en aanbevelingen voor eisen in de bestekken

De initiële doelstelling was de evaluatie en de verbetering van de bestaande norm NBN EN 12273-8. Toepassing van de norm op een aantal bouwplaatsen door verschillende inspecteurs toonde echter snel dat de reproduceerbaarheid problematisch is en nauwelijks te verbeteren door aanpassingen aan de norm. De oorzaken voor de slechte reproduceerbaarheid konden duidelijk worden aangetoond, met name het combineren van verschillende schadebeelden in eenzelfde schaderesultaat, een slechte definitie van de schadebeelden, het ontbreken van ernstgraden per schadebeeld en het schatten van de oppervlakte van de schadebeelden. Daarom werd resoluut geopteerd voor een andere aanpak en de ontwikkeling van een nieuwe OCW-methode.

De nieuwe OCW-methode vertrekt van duidelijkere definities van de schade-

beelden (rafeling, scholvorming, zweten, enz.) en baseert zich op de idee om de te inspecteren zone van de bouwplaats op te splitsen in gestandaardiseerde rechthoeken (subverdelingen) waarvoor men de ernstgraad van de schadebeelden registreert. Het resultaat geeft per schadebeeld de procentuele hoeveelheid aan subverdelingen die aangetast zijn en de ernstgraad van het beschouwde schadebeeld. De nieuwe OCW-methode werd toegepast op verschillende bouwplaatsen door verschillende inspectieploegen. Daarbij kon worden aangetoond dat de resultaten reproduceerbaar zijn en dat de methode de evolutie van de defecten in verloop van de tijd goed weergeeft.

Op basis van deze nieuwe OCW-inspectiemethode konden er al haalbare prestatie-eisen worden voorgesteld voor het belangrijkste schadebeeld "rafeling". Voor de andere schadebeelden is de dataverwerking van alle inspecties nog aan de gang, zodat de haalbaarheid van mogelijke prestatie-eisen voorlopig nog niet kan worden gevalideerd. Er wordt aanbevolen om de standaardbestekken bij een volgende herziening aan te passen volgens de nieuwe prestatie-eisen. Via dit onderzoeksproject blijkt ook dat de door Walonië opgelegde garantieperiode van drie jaar voor slemlagen haalbaar is.

Deze nieuwe OCW-methodiek zal verder worden toegelicht in de OCW-handlei-

ding voor slemlagen (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 2020).

De idee om schade niet op basis van geschatte oppervlakte, maar op basis van aanwezigheid in op voorhand gedefinieerde subverdelingen te rapporteren, werd overgenomen door de werkgroep CEN/TC227/WG2, die zich momenteel toelegt op een nieuwe methode voor de inspectie van slembouwplaatsen op Europees niveau (prEN 12274-9).

Aanbevelingen voor de uitvoering

In de voorbije vier jaar werden er een twintigtal bouwplaatsen bezocht, waarvan verschillende met visuele inspecties werden gemonitord. Indien mogelijk werd de toestand vooraf in beeld gebracht met de Imajbox®, een camerasysteem gemonitord op een rijdend voertuig (figuur 7). Op basis van de beelden werd er nadien een visuele index voor slembouwplaatsen ($I_{v_{slem}}$) bepaald, die een maat is voor de algehele structurele conditie van de bestaande weg. De $I_{v_{slem}}$ is echter verschillend van de visuele index (I_v) beschreven in de OCW-handleiding MN 89: Visuele inspecties en wegennetbeheer. De $I_{v_{slem}}$ gebruikt aangepaste wegingsfactoren om structurele schadebeelden meer te benadrukken dan schade aan de textuur van de toplaag. Wanneer de $I_{v_{slem}}$ lager is dan een bepaalde drempel ($I_{v_{slem}} < 0,7$), heeft overlaging met een slem geen zin meer en zijn structurele ingrepen nodig.

Scheuren en andere lokale gebreken dienen in elk geval vooraf behandeld of hersteld te worden, zoniet zal deze schade zich zeer snel reflecteren in de nieuw aangebrachte slem (zie handleiding (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 2020)).

Het bijwonen van deze bouwplaatsen heeft heel wat geleerd over goede uitvoeringspraktijken. Een voorbeeld is de inzet van bandenwalsen, die de cohesie verhogen en een gelijkmatige textuur geven. Deze en andere aanbevelingen voor de uitvoering zullen verder worden uitgewerkt in de OCW-handleiding voor slemlagen (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 2020).

Conclusies

Vandaag beschikt OCW over een laboratorium waarin alle proeven van de reeks NBN EN 12274 operationeel zijn, alsook additionele proeven die nuttig zijn voor de kenmerking van de bestanddelen, combinaties van bestanddelen of het slemmengsel in zijn geheel. De expertise en ervaring opgebouwd met deze proeven staat ten dienste van de hele sector.

Dit onderzoek heeft geleid tot een hoog kennisniveau over de invloed van bestanddelen, de samenstelling en de omgevingscondities op de prestaties.

Er werd een procedure voor mengselontwerp opgesteld. Door een voorafgaandelijke theoretische fase en door een gerichte bijsturing van de slem op basis van bovenstaande kennis, kan men in minder tijd en met minder middelen tot een betere en meer duurzame samenstelling komen.

Een nieuwe methode voor de visuele inspectie van gebreken van slems werd ontwikkeld. In tegenstelling tot de huidige Europese proefmethode is de reproduceerbaarheid erg goed.

De vele bouwplaatsen die in dit project werden gemonitord bieden de kans om aanbevelingen te doen voor de uitvoering, die de kwaliteit en de duurzaamheid van de slemlagen ten goede komen.

Perspectieven

Er is veel toekomst voor slemlagen, als deel van duurzaam wegbeheer met beperkte budgetten. Ook de vraag voor toepassing op wegen met zwaarder verkeer zal toenemen.

Vandaag de dag kan men niet blijven voortgaan op gekende recepten voor slems, omdat er veel beweegt en verandert in de sector. Enkele voorbeelden:

- gezien de toekomstige verminderde beschikbaarheid van naftenische bitu-



Figuur 7 – Imajbox®, om de toestand van het wegdek in beeld te brengen

mina, is de productie van emulsies aan het overschakelen naar paraffinische bitumina. Het op punt stellen van deze emulsies is niet eenvoudig en de prestaties van de slems mogen hierdoor niet in het gedrang komen;

- voor toepassingen op wegen met zwaarder verkeer moet men emulsies met polymeer gewijzigde bindmiddelen gebruiken. In ons land zijn dat gewoonlijk emulsies op basis van SBS gemodificeerde bitumina. In het buitenland zien we echter een toenemend gebruik van gemodificeerde bitumenemulsies op basis van latex en het is te verwachten dat deze binnenkort ook in België hun intrede zullen doen;
- het type cement dat vandaag meestal wordt toegepast in ons land (type CEM II/B-M (S-V) 32,5 N) zal in de komende jaren van de markt verdwijnen, omwille van een tekort aan vliegassen. Men zal dus andere types moeten gebruiken. Dat zal aanpassingen vragen aan de slemformules, gezien de impact van het type cement op de breking en de slemprestaties.

De sector staat dus voor heel wat veranderingen en nieuwe uitdagingen. Daar-

om is het belangrijk dat zowel de producenten van de emulsies als de uitvoerders van slemwerken zich hierop kunnen voorbereiden en optimaal gebruik maken van de beschikbare proeven en kennis. Mede dankzij dit project is OCW klaar om de sector hierin bij te staan.

Dankbetuiging

Dit project kwam tot stand dankzij de financiële ondersteuning van NBN (overeenkomsten CCN/NBN/PN16A04,B04 en CCN/NBN/PN18A21,B21).

Verder wensen wij onze dank te betuigen aan alle leveranciers, producenten en uitvoerders van slemwerken, voor hun bereidwillige medewerking; Eddy Wouters, Philippe Bourdon, Anne Fondu, Joeri Feremans, Erik Kestens, Philippe Peaureaux, Yorrick Pinte, Els Schelkens en Peter Vanelven, voor hun onvermoeibare inzet en zorg voor de vele proeven, de monitoring van de bouwplaatsen en de visuele inspecties; Tim Massart en Alain van Buylaere voor de hulp en het delen van hun er-

varing bij het uitwerken van de nieuwe inspectiemethodiek.

Co-auteurs

Alexandra Destrée, Nathalie Piérard, Stefan Vansteenkiste, Bart Beaumesnil, Ben Duerinckx en Tine Tanghe.

Joëlle De Visscher
02 766 03 24
j.devisscher@brrc.be



Literatuur

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). (2020). *Handleiding voor slemlagen* (OCW Aanbevelingen No A98 – V1). Brussel: Auteur.

Digital Workshops – Jouw voorsprong op de digitale snelweg!

In 2019 organiseerden OCW en enkele sterke partners de **Digi-Barometer**, een online benchmark voor wegenbouwers. De resultaten toonden dat kleine en grote aannemers op de digitale snelweg meerijden. De meeste Belgische wegenbouwbedrijven zijn al ver gevorderd op het vlak van interne bedrijfsvoering, organisatie en automatisering. Andere trends zijn nog in de ontdekkingsfase, zoals BIM. Alle deelnemers zijn zich echter bewust van de relevantie van verdere **digitalisering** in hun vakgebied.

Om de wegenbouwers te inspireren op het vlak van digitale mogelijkheden heeft het Digi-Barometerteam besloten om in 2020 twee reeksen van online workshops te organiseren: een in het begin van de zomer en een in november. Er worden onder meer casestudies en concrete getuigenissen met elkaar gedeeld.

Heb je een van de Digital Workshops bijgewoond en vond je het onderwerp interessant? Wil je het met je collega's delen? Of kon je er niet bij zijn?

Op onze website vind je de links naar de opnames van de verschillende **Digital Workshops**:

<https://brrc.be/nl/innovatie/innovatie-overzicht/digital-workshops-jouw-voorsprong-digitale-snelweg>

Zo kan je ze rustig bekijken of herbekijken.



Xavier Cocu
010 23 65 26
x.cocu@brrc.be



OCW meet de deflectie van wegen

Draagkracht van een weg: verwachtingen van weggebruiker en beheerder

Van een weg wordt verwacht dat mensen en goederen er decennialang in een groot aantal voertuigen op een veilige en comfortabele wijze over kunnen rijden. De draagkracht van de wegopbouw moet voldoende zijn om de grote lasten van het verkeer te kunnen dragen. Daarom wordt de wegopbouw in de ontwerpfase gedimensioneerd voor het verwachte aantal voertuigen gedurende de gewenste levensduur van de weg. Voor de theoretische levensduur van een weg wordt gewoonlijk gekozen voor 20, 30 of 40 jaar. Het verkeer dat van de weg gebruik zal maken in die periode moet worden voorspeld, gewoonlijk aan de hand van recente verkeerstellingen en een aanname van de jaarlijkse aangroei van het verkeer in de volgende decennia.

Wegen verslijten en de twee belangrijkste factoren daarvoor zijn de weersomstandigheden en de verkeersbelasting. Wanneer het werkelijke verkeer overeenkomt met het in de ontwerpfase voorspelde verkeer, dan zal de wegopbouw sterk genoeg zijn om het verkeer te kunnen dragen. Toch zullen de materialen die in de wegopbouw zijn gebruikt, vermoeien onder de belasting door de voertuigen: bitumineuze verhardingen kunnen scheuren, er kan spoorvorming optreden, cementgebonden funderingen kunnen ook scheuren. De aanwezigheid van water in een wegfundering zal de draagkracht doen afnemen. Een slechte hechting tussen verschillende lagen in de wegopbouw vermindert de transitie van de verkeersbelasting naar de lagere delen van de wegopbouw en veroorzaakt versnelde veroudering van de bovenste lagen. Bij de berekeningen in de ontwerpfase wordt dan ook rekening gehouden met door de verkeersbelasting veroorzaakte vervormingen en spanningen op verschillende, kritiek geachte, dieptes in de wegopbouw, aan de boven- of onderkant van de verschillende lagen.

De belasting van de weg door een aslast veroorzaakt een kleine, tijdelijke doorbuiging van de weg. Bij deflectiemetingen wordt de doorbuiging van het

wegoppervlak gemeten, die wordt veroorzaakt door een gecontroleerde belasting van de weg. De interpretatie van de deflectiekromme geeft interessante informatie over de draagkracht van een bestaande weg.

Traditionele meettoestellen voor deflectiemetingen

Voor de opmeting van de deflecties van een weg bestaan er een heleboel verschillende toestellen.

- De benkelmanbalk is een oude waarde onder de toestellen: een balk met een beweegbare taster wordt op de weg gelegd, een vrachtwagen rijdt langzaam achteruit naast de balk waardoor het wegoppervlak doorbuigt. De taster meet de deflectie. Dergelijke meting verloopt heel gecontroleerd, maar ook erg traag. De vrachtwagen rijdt zo traag dat de belasting haast statisch is.
- De Franse Lacroix-deflectograaf en de Britse versie ervan gebruiken kort gesteld de meettechniek van de benkelmanbalk die op een vrachtwagen is gemonteerd. Dergelijke toestellen kunnen aan 4 tot 8 km/h om de 5 à 10 m een meting uitvoeren.
- De Curviameter pakt het anders aan met drie geofoons gemonteerd op een ketting: de gecontroleerde beweging van de ketting plaatst een geofoon op een vaste plaats op het wegoppervlak, terwijl de vrachtwagen zorgt voor een voorbijrijdende belasting van de weg. De drie geofoons meten om beurten een punt op. Zo wordt de weg aan 18 km/h om de 5 m bemonsterd. De Curviameter was lange tijd het snelste meetvoertuig voor deflectiemetingen, er zijn er een tiental gebouwd en ze worden nog steeds gebruikt in Spanje, Frankrijk en Zuid-Amerika. Het nadeel van al deze technieken is dat ze de erg kleine doorbuigingen van in beton uitgevoerde wegen niet nauwkeurig genoeg kunnen opmeten.
- De valgewichtdeflectiemeter (FWD) is een meettoestel dat ook al erg lang bestaat. Het wordt tegenwoordig wereldwijd gebruikt op wegen en vliegvelden en als nieuwe referentie aanzien. Verspreid over de planeet zijn er enkele honderden in gebruik. De meting met

een FWD gebeurt bij stilstand: een valend gewicht brengt een kracht over op de weg die een voorbijrijdend voertuig moet simuleren terwijl zeven of meer geofoons op verschillende afstanden van de plaats van impact tegelijkertijd de doorbuiging van de weg in een kort tijdsinterval opmeten.

- De *Heavy Weight Deflectometer* (HWD) is een variant die grotere krachten kan uitoefenen en op vliegvelden wordt gebruikt. De geofoons op de FWD zijn tien keer gevoeliger dan die van de Curviameter en kunnen dus op betonwegen worden ingezet. Doordat de metingen bij stilstand worden uitgevoerd, is de FWD een ideaal meettoestel om op projectniveau zeer gerichte metingen uit te voeren. Naast de evaluatie van de draagkracht, worden de FWD en de HWD ook gebruikt voor de evaluatie van krachtoverdracht aan voegen tussen twee betonplaten. Het nadeel is alweer dat het bemonsteren van één meetpunt al gauw enkele minuten in beslag neemt.
- De Fast-FWD is een moderne aanpassing van de klassieke FWD, die toelaat om twee tot drie keer sneller te werken.

Deflectiemetingen aan de snelheid van het verkeer

Al deze meettoestellen hinderen het verkeer. Om deflectiemetingen uit te kunnen voeren met een voertuig dat meer rijdt in het verkeer moeten echter contactloze sensoren worden gebruikt. Sinds de jaren 1990 werden hiervoor lasers met variabel succes getest: zo is in de Verenigde Staten een prototype van de *Rolling Wheel Deflectometer* (RWD) operationeel. In het begin van deze eeuw werd door de Deense firma Greenwood de *Traffic Speed Deflectometer* (TSD) op de markt gebracht. De TSD maakt gebruik van een reeks Doppler lasers die de snelheid meten waarmee de weg doorbuigt onder de belasting van de vrachtwagen.

Op dit ogenblik zijn er wereldwijd 16 TSD's in gebruik genomen, onder andere in Duitsland, Italië, Polen, Denemarken en Engeland, evenals in Australië en Nieuw-Zeeland, Zuid-Afrika, de VS en China. Ze rapporteren om de 10 m

en rijden aan snelheden tot 80 km/h. De recentste versie van Doppler lasers zou moeten toelaten om kleinere deflecties te meten en te rapporteren op kortere afstanden dan om de 10 m, maar dat wordt nog onderzocht en bevindt zich in experimentele fase. Enkele jaren geleden werd door de firma Dynatest de Raptor ontwikkeld, met een ander type laser: de metingen van drie opeenvolgende lijnlasers worden op elkaar gelegd en een ingenieuze berekeningswijze levert deflecties af. De Raptor is nu overgenomen door de firma Ramböll en het is nog even afwachten of die technologie ook vaker zal worden gebruikt.

Deflectiemetingen door OCW

Uitrusting

OCW voert al heel lang deflectiemetingen uit: eerst met een benkelmanbalk, later met een Lacroix-deflectograaf van het lange type, die op zijn beurt in 1994 vervangen werd door de Curviameter, die in 2019 buiten dienst werd gesteld. In 2004 werd geïnvesteerd in een valgewichtdeflectiemeter (FWD) met negen gefoons. OCW heeft onlangs een *Fast Falling Weight Deflectometer* (Fast-FWD) aangekocht, ook met negen gefoons, die binnenkort de 16 jaar oude FWD zal vervangen.

De nieuwe Fast-FWD is uitgerust met een geïntegreerde GPS, waardoor de meetresultaten gemakkelijker op een

kaart kunnen worden gezet indien er geen referentiepunten (hectometerpaaltjes, huisnummers, verlichtingspalen, enz.) zijn in de omgeving. Dat doet zich voor op open ruimten zoals parkings en industrieterreinen. Een andere toepassing van de GPS is het achteraf kunnen terugvinden van een positie waar een FWD-meting is gebeurd om er een kernboring te doen.

Om de opgemeten deflecties naar behoren te kunnen interpreteren, moet de opbouw van de weg gekend zijn: de laagdiktes en de gebruikte materialen. Vaak ontbreekt dergelijke informatie voor de oudere wegen en dan is het nuttig om laagdiktes te kunnen opmeten. Door continue metingen met een grondradar (*Ground Penetrating Radar*, GPR) te combineren met enkele goed gerichte kernboringen, kan een behoorlijk beeld van de wegoopbouw worden gevormd. We zien dat gebruikers van toestellen om deflecties te meten ook gebruikmaken van de GPR. Dat geldt ook voor OCW, dat sinds 2010 heeft geïnvesteerd in een eigen GPR en zich heeft uitgerust met antennes van verschillende frequenties, geschikt voor diverse situaties en toepassingen.

Kwaliteit van de metingen

Om kwalitatief hoogstaande meetresultaten af te kunnen leveren, is het van belang om het meettoestel volledig te beheersen, de kwaliteit van de eigen metingen regelmatig te bewaken, ervaringen uit te



wisselen met andere gebruikers van een dergelijk meettoestel en deel te nemen aan vergelijkende metingen.

Omdat de meettoestellen eerder zeldzaam zijn, zoeken gebruikers contact met elkaar over de grenzen heen. Voor kwaliteitsborging van FWD's worden campagnes met vergelijkende metingen georganiseerd in Nederland (door CROW, om de 2 jaar), in Duitsland (bij BAST, jaarlijks) en in Engeland (door TRL, om de 2 jaar). In Frankrijk organiseert STAC regelmatig vergelijkende metingen voor HWD's en FWD's die op vliegvelden meten. OCW en AWW nemen vaak deel aan de vergelijkende metingen in Nederland. OCW heeft ook al tweemaal deelgenomen aan die in Duitsland en eenmaal aan die in Frankrijk.



Uitwisseling van ervaringen

In de Verenigde Staten wordt jaarlijks een bijeenkomst voor de gebruikers van FWD's georganiseerd. In Europa zijn er de voorbije twintig jaar ook al negen dergelijke bijeenkomsten gehouden door Europese gebruikers. Een ervan werd in 2010 door OCW georganiseerd in Sterrebeek. De webstek van de *European Users' Group* wordt gehost door OCW.

COST-actie 336, een door de EU gesteund project dat FWD-gebruikers samenbracht, publiceerde een belangrijk document dat gedetailleerde aanbevelingen geeft voor het gebruik van de FWD. Het rapport is haast prenormatief en de belangrijkste Europese referentie voor FWD-gebruikers. Ook OCW heeft meegeschreven aan dit document.

De DaRTS-groep (*Deflections at near Road Traffic Speed*) werd opgezet op initiatief van TRL en *Highways England* in 2012 en heeft tot doel om de recentste ontwikkelingen rond deflectiemetingen op de voet te kunnen volgen. De groep kwam sinds de oprichting al dertien keer bij elkaar. Het is een besloten gezelschap van onderzoekers, dienstverleners en wegbeheerders uit de hele wereld, waarvan de meesten de TSD gebruiken. De groep werd aangevuld met gebruikers van de Curviometer en met de producent van de Raptor. OCW werd al uitgenodigd vanaf de allereerste bijeenkomst van de DaRTS-groep, omwille van onze lange ervaring met de Curviometer. De DaRTS-groep komt vaak samen in de rand van conferenties of workshops, waaraan de leden vaak ook bijdragen met presentaties en papers. De interesse van de TSD-gebruikers van de DaRTS-groep in de ervaringen met de Curviometer heeft OCW ertoe aangezet om in 2015 een workshop rond de Curviometer te organiseren. Hierover werd al gerapporteerd in OCW Mededelingen 102. Onze aanwezigheid in de DaRTS-groep stelt ons in staat de recentste ontwikkelingen op het gebied van meettoestellen voor deflectiemetingen te volgen. Door onze actieve deelname aan de DaRTS-groep en de Europese *FWD Users' Group* zijn we wereldwijd gekend en een geprivilegieerde gesprekspartner.

Door FeHRL werd de werkgroep *Bearing Capacity at Traffic Speed* (BeCaTS) opgestart die zal werken rond standaarddocumenten over het gebruik van toestellen zoals de TSD en de Raptor en de

interpretatie van hun meetresultaten. Een dergelijk initiatief werd ook gestart in de VS met het NCHRP-project 10-105 *Verification of Traffic Speed Deflection Devices' (TSDs) Measurements*, voornamelijk bedoeld voor TSD en RWD. Tijdens de recentste vergadering van de DaRTS-groep vond een kruisbestuiving plaats. Er bestaat ook een gebruikersgroep van de TSD, die ervaringen uitwisselt die rechtstreeks verband houden met dat specifieke meettoestel.

Diensten aan de sector

Jaarlijks wordt door wegbeheerders een beroep gedaan op OCW voor het beoordelen van de draagkracht van wegen. De toepassingen zijn divers van aard: wegsecties in industrieterreinen, beheerd door gemeenten, intercommunales of *Brussels Airport Company*, wegen rond de gebouwen van een distributiebedrijf, metingen aan de nieuwe WIM-installaties van SPW, op de kaaien van een containerterminal. In het verleden deed SPW ook beroep op OCW voor metingen ter voorbereiding van het opstellen van een bestek voor specifieke projecten.

Ook voor een PPS-project werd OCW gevraagd om deflectiemetingen en de interpretatie ervan uit te voeren, om de *as built* toestand te kunnen rapporteren aan AWW. Net na de aanleg van een nieuwe wegomgeving is het interessant om een eerste meting uit te voeren die data oplevert over de initiële staat van de weg. Latere metingen, wanneer de wegomgeving vermoeid is geraakt, kunnen dan met de oorspronkelijke staat worden vergeleken.

Op projectniveau kunnen deflectiemetingen een aanwijzing geven voor lokale zwakten in de wegomgeving van een bestaande weg. Zo kan de wegbeheerder gericht overgaan tot versterking van de fundering waar nodig. Of dergelijke interpretaties mogelijk zijn, hangt sterk af van de aard van de wegomgeving en vereist expertise.

In het verleden hebben we toekomstige gebruikers van de FWD opgeleid en studenten bijgestaan met informatie en documentatie. De FWD werd ook ingezet bij enkele gesubsidieerde onderzoeksprojecten. De Fast-FWD zal ook in de toekomst voor onderzoeksdoeleinden worden ingezet.

Net als zijn voorganger zal de Fast-FWD worden ingezet op projectniveau, om wegbeheerders in staat te stellen de resterende draagkracht van de bestaande wegomgeving te beoordelen. Op kleine, door veel zwaar vervoer bereiden wegnetten, zoals industrieterreinen, kan de Fast-FWD in combinatie met de grondradar worden ingezet om snel het hele wegennet te beoordelen en prioriteiten vast te stellen voor de verbetering van de draagkracht. In het verleden hebben we de FWD ook ingezet voor de beoordeling van lastoverdracht aan voegen van wegen in betonplaten. Die eigenschap van betonplaten is niet te verwarren met het opwippen van betonplaten, dat opgemeten kan worden met de Faultimeter. Onderzoek door OCW toonde eerder al een conformiteit tussen beide metingen aan, maar geen een-op-eenrelatie: lastoverdracht en opwippen zijn twee verschillende fenomenen.

OCW is steeds beschikbaar om met de Fast-FWD metingen uit te voeren in opdracht van aannemers, wegbeheerders of andere partijen in het kader van een PPS-contract.

Contactpersoon voor het bestellen van metingen

Tim Massart
010 23 65 43
t.massart@brrc.be



Meer informatie over de Fast-FWD en andere meettoestellen voor deflectiemetingen

Carl Van Geem
010 23 65 22
c.vangeem@brrc.be



OCW en AWW testen samen diffractoren op laag scherm langs de N445 in Zele

Wat zijn diffractoren?

Diffractoren zijn een recente uitvinding die kan helpen om de blootstelling aan verkeerslawaai van woningen in de nabijheid van verkeersaders te verminderen. Zij bestaan uit een reeks smalle gleuven met variërende diepte, die parallel aan de as van de weg worden geplaatst. Verkeerslawaai dat zich langs de grond voortplant en over de diffractor richting nabijgelegen huizen trekt, brengt de lucht in de gleuven aan het trillen als waren het lange, platte orgelpijpen. De verschillende gleuven trillen bij verschillende golflengten en gaan op hun beurt secundaire geluidsbronnen vormen, waarvan het geluid het overtrekkende verkeerslawaai naar boven doet afbuigen. Hierdoor ontstaat ter hoogte van de woningen een verlaging van de verkeerslawaai-blootstelling.

Op een aantal plaatsen in Nederland zijn er al diffractoren in de grond ingewerkt (figuur 1) en dat geeft typisch een geluidsreductie van 2 à 3 dB.

Wanneer de diffractoren op een laag scherm worden geplaatst, zijn er echter veel hogere reducties mogelijk, althans op kortere afstanden van het systeem. In 2017 voerde OCW al samen met AWW een meetcampagne uit langs een tijdelijke opstelling bij een secundaire weg in Enschede, Nederland. Die campagne leverde bemoedigende resultaten op: tot 9 dB reductie voor lawaai van auto's, ook al bedroeg de hoogte van scherm en diffractoren slechts 45 cm.

Een eerste proefopstelling in Vlaanderen

Op verzoek van AWW werd in de zomer van 2019 een 140 m lange, tijdelijke opstelling geplaatst langs de N445 in Zele, die daar voorzien is van een recent wegdek in gedevelde betonplaten. De opstelling bestond uit diffractoren met een breedte van 1,05 m, geplaatst op een 1,10 m hoog scherm (figuur 2). De bedoeling was om te meten op grotere afstanden en op verschillende meethoogtes

om na te gaan of deze maatregel nuttig zou kunnen zijn bij gewestwegen met 2x1 rijstrook en woningen in de onmiddellijke omgeving.

Er werden geluidsmetingen uitgevoerd op 15, 50 en 70 m achter de diffractoren en bij wijze van referentie ook op een gelijkaardige locatie zonder diffractoren. Als geluidsbron werden een personenwagen die reed aan 70 km/h en een vrachtwagen die reed aan 50 km/h gebruikt. Telkens werd het maximaal geluidsniveau bij de passage gemeten. Zowel passages op de rijstrook aanliggend aan de diffractoren als op de overliggende rijstrook werden beschouwd en dit om de invloed van de afstand van de geluidsbron te kunnen evalueren. De gemeten geluidsreducties als functie van de afstand en voor de personenwagens op de dichtste rijstrook zijn weergegeven in figuur 3.

Voor een personenwagen op de andere rijstrook is de reductie vooral voor een waarnemer op korte afstand van de opstelling wat lager en dit geldt ook voor een vrachtwagen als geluidsbron.

Bepaling van het netto-effect van de diffractor

Een belangrijke onderzoeksvraag die op basis van de metingen in Zele onvoldoende kon worden beantwoord was: welk deel van de geluidsreducties is te wijten aan het effect van het laag scherm en welk deel aan de diffractoren zelf? Daarom werden in juni 2020 door AWW en OCW nog een reeks bijkomende metingen uitgevoerd op een speciale site in Twente (een vliegveld dat buiten gebruik werd gesteld) met een opstelling gelijkaardig aan die in Zele. Op deze locatie bevond zich echter ook een scherm met exact dezelfde hoogte, maar zonder diffractor. Er werden gelijkaardige metingen uitgevoerd met een personenwagen en een vrachtwagen, waarbij de voertuigen op dezelfde afstanden van de opstellingen en met dezelfde snelheden passeerden als bij de proef in Zele.

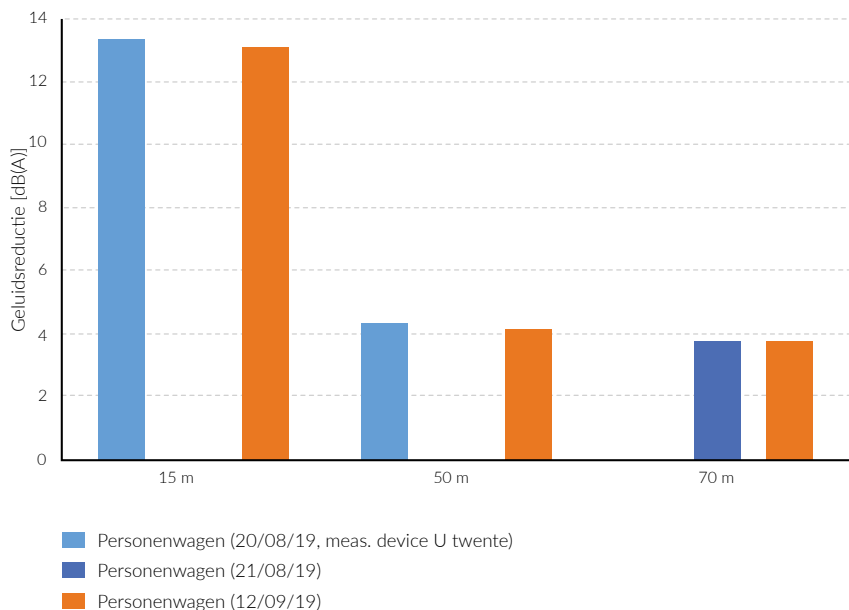


Figuur 1 – Geprefabriceerde betonnen diffractoren, ingewerkt in de grond. Hummelo, provincie Gelderland, Nederland, 2015 (4SILENCE)

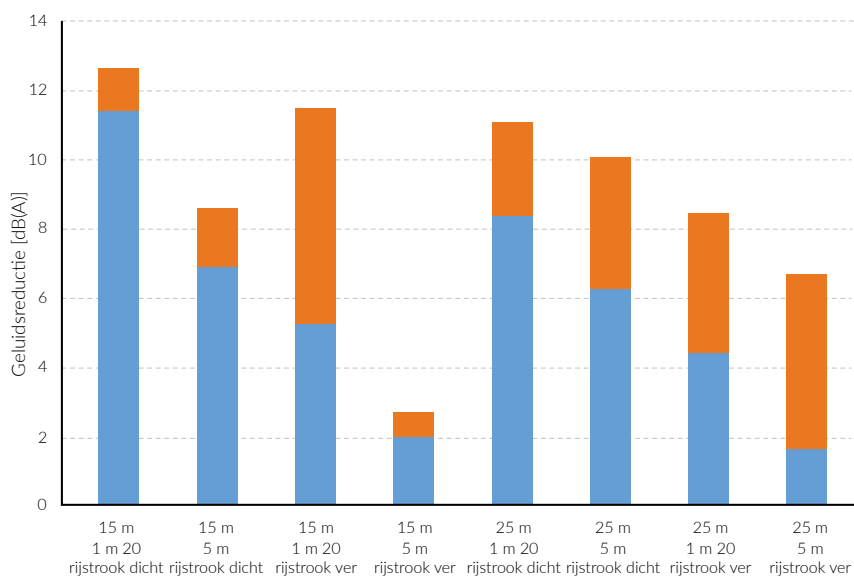


Figuur 2 – Tijdelijke diffractoren op laag scherm langs de N445 in Zele, 2019

1 Ontwikkeld aan de Universiteit Twente, Nederland en nu gecommmercialiseerd door de firma 4SILENCE.



Figuur 3 – Verschil in geluidsniveau met en zonder proefopstelling voor de personenwagen op de dichtste rijstrook (Vanhooreweder & Goubert, s.d.)



Figuur 4 – Verschil in geluidsniveau met en zonder proefopstelling voor de personenwagen. Het rode gedeelte is het aandeel van de diffractoren; het blauwe gedeelte dat van het 1 m hoog absorberend scherm. Bij de labels langs de abscis is het bovenste getal de afstand van de waarnemer tot de voorzijde van het scherm; het tweede getal is de meethoogte en ten slotte wordt ook aangegeven op welke (fictieve) "rijstrook" de personenwagen zich bevond (Vanhooreweder & Goubert, s.d.)

Het aandeel van de diffractoren en de muur blijkt te variëren naargelang de situatie. Het scherm alleen zorgt voor een grote geluidsreductie wanneer waarnemer en bron zich beide dicht bij de diffractoren op laag scherm bevinden (en de microfoon op lage hoogte). In die situatie dragen de diffractoren

maar marginaal bij. Het aandeel van de diffractoren is dan weer significant wanneer de waarnemer en/of de bron zich van de opstelling verwijderen, behalve wanneer de zichtlijn niet meer wordt onderbroken. Dat is het geval bij een microfoon op 5 m en auto op verste rijstrook.

Conclusies

De totale proefopstelling (1 m hoge absorberende muur met daarop de diffractoren) levert mooie geluidsreducties op bij een 2x1 weg. Op wat grotere afstand draagt de diffractor significant – ca. 3 dB – bij aan de totale geluidsreductie.

De totale opgemeten geluidsreducties zijn lager dan bij een klassiek, 4 m hoog geluidsscherm (= 12 dB(A) op 30 m en 10 dB(A) op 50 m), maar de visuele hinder voor de omwonenden en weggebruikers is zeer beperkt door de lage hoogte van de proefopstelling. Het geluidsverminderend effect kan worden vergeleken met een AGT-wegverharding, maar dan met het voordeel dat het akoestisch effect niet vermindert met de tijd en de functionele levensduur veel langer is (te vergelijken met geluidsschermen). Het nadeel is wel dat een AGT-verharding een bronmaatregel is waardoor het effect veel verder merkbaar is dan bij een overdrachtsmaatregel.

Literatuur

Vanhooreweder, B. & Goubert, L. (s.d.). *Rapport: Proefproject diffractoren N445 Zele (Zomer 2019), vliegbasis Twente (Juni 2020)*. S.l.: Auteurs

Luc Goubert
02 766 03 51
l.goubert@brrc.be



Barbara Vanhooreweder
(AWV)





OCW analyseert de prestaties en duurzaamheid van rubberen rijbaankussens in Brussel

In 2016 wou Brussel Mobiliteit (via de Directie Beheer en Onderhoud van de Wegen) verschillende soorten rubberen rijbaankussens testen, waarvoor geen opening in de verharding moet worden gemaakt. Om deze voorzieningen te beoordelen, in het bijzonder de duurzaamheid en de prestaties ervan, deed Brussel Mobiliteit een beroep op OCW. OCW monitorde het proces, gaande van de keuze van de locatie, de keuze van de kussens tot de plaatsing van de kussens. Op de parallelweg van de Louizalaan werden zes rijbaankussens geplaatst. Om de beoordelingen uit te voeren, heeft het Centrum de afgelopen drie jaar ter plaatse metingen (analyse van verkeer, geluid en trillingen) en waarnemingen (veranderingen in de staat van de kussens en de verhardingen) uitgevoerd.

Om het geluids- en trillingseffect van deze voorzieningen te beoordelen, heeft Leefmilieu Brussel bovendien gezorgd voor de plaatsing van geluidsniveaumeters en seismische versnellingsmeters aan de rand van de weg.

Na afloop van deze werkzaamheden heeft OCW een rapport opgesteld waar-

in de gegevens die door de verschillende partijen werden verzameld, zijn samengebracht. Er worden ook enkele lessen getrokken over de duurzaamheid van deze rubberen kussens en hun effecten. Deze effecten betreffen enerzijds het verkeer en anderzijds het milieu, met name de geluids- en trillingseffecten. Dit artikel geeft een overzicht van de informatie in dit rapport, waarvan de volledige inhoud op aanvraag beschikbaar is bij OCW.

Methodologie

In totaal werden zes kussens, drie verschillende modellen van drie leveranciers, geïnstalleerd op zes locaties op de parallelweg van de Louizalaan. De locaties werden strategisch geselecteerd op basis van de gegevens die door OCW op het terrein werden verzameld (twee soorten verhardingen en weggedeelten met verschillende verkeersvolumes).

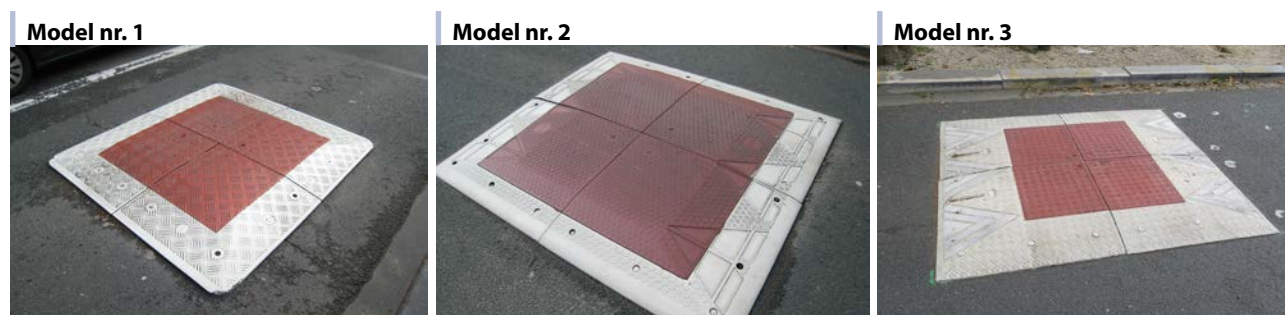
Tabel 1, blz. 29, toont de drie rijbaankussens, vervaardigd van gevulkaanseerd rubber. Elk kussen is 2 m lang, 1,80 m breed en 65 mm hoog.

Onze teams hebben twee verkeersanalyses uitgevoerd met behulp van pneumatische telsingangen (type Metrocount MC5600) en een dopplerradar (type Icoms TMS SA), voor en na de plaatsing van de rijbaankussens. De eerste campagne vond plaats van 8 tot 16 november 2017 en de tweede van 6 tot 13 november 2018.

Er werden verschillende gegevens verzameld om het effect van de kussens te beoordelen:

- voertuigsnelheden voor en na plaatsing om het effect van het kussen wat betreft snelheidsmatiging (effectiviteit) te beoordelen;
- verkeersvolume en -type, met het oog op de beoordeling van de weerstand van het kussen tegen belasting door het verkeer.

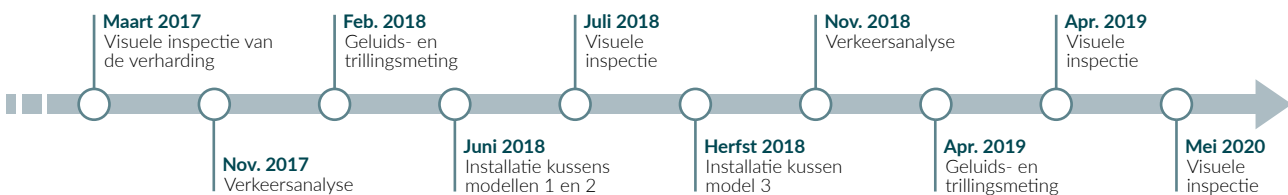
Naast deze metingen heeft OCW in maart 2017, juli 2018, april 2019 en mei 2020 vier keer de sites bezocht en er visuele inspecties uitgevoerd om de evolutie van de toestand van de verharding en de kussens te observeren.



Figuur 1 – Verschillende modellen kussens

Site	Locatie van het kussen (huisnummer)	Model van het kussen	Verkeersanalyseapparatuur
1	Nr. 360	Model nr. 1	Dopplerradar
2	Nr. 322	Model nr. 2	Geen metingen op deze site
3	Nr. 280	Model nr. 3	Pneumatische telslangen
4	Nr. 230	Model nr. 2	Pneumatische telslangen
5	Nr. 208	Model nr. 1	Geen metingen op deze site
6	Nr. 120	Model nr. 1	Pneumatische telslangen

Tabel 1 – Locaties van kussens en meetapparatuur



Figuur 2 – Datums van uitgevoerde metingen en interventies

Daarnaast voerde Tractebel op verzoek van Leefmilieu Brussel een meetcampagne uit om de geluids- en trillingseffecten van de kussens te bepalen. Tijdens de campagne werden trillingsmetingen uitgevoerd voor en na de plaatsing van het kussen, ter hoogte van huisnummers 270 en 116. Ter hoogte van huisnummer 120 werden geluidsmetingen uitgevoerd, ook voor en na de plaatsing van het kussen. Het verslag werd aan OCW bezorgd zodat het in de analyse kon worden opgenomen.

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de uitgevoerde metingen en interventies (type en periode).

Resultaten

De resultaten van al deze metingen worden gepresenteerd aan de hand van standaardfiches. Voor elke site is een fiche opgesteld met alle informatie die voor deze locatie beschikbaar is. Elke fiche bevat de hiernavolgende informatie:

- **Locatie**: schematische weergave van de site met de locatie van het kussen en de meetpunten.
- **Kenmerken van de site**: afstand tussen het begin van het weggedeelte en het kussen, mogelijke aanwezigheid van een oversteekplaats voor voetgangers, parkeerplaatsen, positie van het kussen over de breedte van de weg, enz.

- **Type en staat van de verharding**.
- **Model van het kussen**.
- **Plaatsingsdatum**.
- **Staat van het kussen**: evolutie van de staat van het kussen na visuele inspectie met foto's (van 23 juli 2018 tot 14 mei 2020).
- **Verkeersvolume en soorten voertuigen (indien deze gegevens beschikbaar zijn)**: aantal voertuigen per dag en opdeling van de voertuigen in verschillende categorieën: fietsen, motorfietsen, wagens, bestelwagens, vrachtwagens en bussen, gelede vrachtwagens. Evolutie van het verkeer in 2018 ten opzichte van 2017.
- **Effect van het kussen op de gereden snelheden (indien deze gegevens beschikbaar zijn)**: vergelijking van de voertuigsnelheden voor en na de plaatsing van het kussen.
- **Geluid en trilling (indien deze gegevens beschikbaar zijn)**: analyse van het door Leefmilieu Brussel ter beschikking gestelde verslag, waarbij de effecten van de kussens op het vlak van geluid en trilling voor en na de plaatsing worden vergeleken.

Conclusie

Staat van de kussens

Het type verkeer is vrijwel identiek voor alle sites, met vooral auto's (74 %) en ongeveer 5 % bussen en vrachtwagens (LTB). Het verkeersvolume is relatief

hoog op de gehele laan met een maximum van 6 847 voertuigen per dag voor site 4.

Deze studie was vooral verkennend. Het was niet de bedoeling om een uitgebreid testprotocol te ontwikkelen dat het mogelijk zou maken om alle gevallen in detail te onderzoeken. Op basis van de beschikbare informatie is het dus niet mogelijk om een duidelijke conclusie te trekken over de duurzaamheid van de verschillende geteste kussenmodellen, noch om een verband te leggen tussen de weerstand van een kussenmodel en het type en de dichtheid van het verkeer. Enerzijds omdat het aantal beschikbare sites onvoldoende is om alle combinaties van variabele parameters te dekken, anderzijds omdat er niet voor alle sites verkeersgegevens beschikbaar zijn.

Er kunnen echter wel enkele eerste elementen worden vastgesteld betreffende het gebruik van dit type kussen. We zien immers dat aan het einde van deze studie twee van de zes geplaatste kussens na 1,5 tot 2 jaar moesten worden verwijderd. Na twee jaar vertonen drie van de andere vier voorzieningen merkbare sporen van slijtage op de plaats waar ze door de banden van auto's worden overreden (hoeken en randen). Het zal nodig zijn om de evolutie van deze beschadigingen te blijven observeren en de stabiliteit van de kussenelementen in de komende maanden te controleren.

Sites	Model	2019					Datums	Type verharding	Staat van de verharding (2020)	Staat van het kussen (2020)
		Totaal /dag	Auto (%)	Van (%)	LTB (%)	ATT (%)	Plaatsing – Verwijdering			
Site 1 (nr. 360)	Model nr. 1	4800	/	/	/	/	06/2018 – /	Stone Mastic Asphalt	Scheuren in de verharding	Randen van het kussen beschadigd
Site 2 (nr. 322)	Model nr. 2	/	/	/	/	/	06/2018 – /	Stone Mastic Asphalt	Geen scheuren, goede staat	Geen vervorming, goede staat
Site 3 (nr. 280)	Model nr. 3	5544	75 %	7 %	3 %	0,4 %	11/2018 – 05/2020	Stone Mastic Asphalt	Oppervlakkige beschadiging van de verharding	Loslaten van elementen en verwijderen van het kussen
Site 4 (nr. 230)	Model nr. 2	6847	74 %	8 %	5 %	0,5 %	06/2018 – /	Schlamm	Lichte scheuren	Licht loslaten aan de randen van het kussen
Site 5 (nr. 208)	Model nr. 1	/	/	/	/	/	06/2018 – 05/2020	Schlamm	Sporen van het kleefmiddel na verwijdering	Loslaten van elementen en verwijderen van het kussen
Site 6 (nr. 118)	Model nr. 1	5343	73 %	6 %	4 %	0,4 %	06/2018 – /	Stone Mastic Asphalt	Geen scheuren, goede staat	Randen van het kussen beschadigd

Tabel 2 – Staat van de kussens (Van = Bestelwagen, LTB = Light Truck and Bus, ATT = Art. and Trail Truck)

Alleen al met het oog op dit resultaat kunnen wij uit voorzorg, en in afwachting van een meer volledige studie, alleen maar adviseren om het gebruik van deze modellen van kussens die op de rijbaan zijn bevestigd te beperken tot tijdelijke installaties gedurende enkele maanden, voor wegen met een gemiddeld dagelijks verkeer van ongeveer 5 000 tot 6 000 voertuigen. Het gebruik ervan kan voor een langere periode worden overwogen op wegen met beperkt lokaal verkeer.

Effect van kussens op de snelheid

Tabel 3 geeft duidelijk aan dat de installatie van de kussens een positief effect had op de vermindering van de gereden snelheden.

We kunnen vaststellen dat de snelheid van de voertuigen op alle locaties is verminderd na plaatsing van de kussens, ongeacht het model van het kussen. De snelheidsvermindering van de 85-percentiel snelheid (V85) varieert tussen 2 en 7 km/h, afhankelijk van de oorspronkelijke V85 en de afstand tussen het toestel en het meetpunt. Uit de resultaten blijkt dat het aandeel van de voertuigen die meer dan 30 km/h rijden, aanzienlijk is gedaald.

Geluid en trilling

De geluidsmetingen zijn uitgevoerd op site 6 (nr. 116). Volgens het rapport van Tractebel is er bijna geen verschil in geluid tussen de resultaten voor en na de plaatsing van de kussens. De geluidswaarden in 2018 en 2019 zijn echter

hoger dan de algemeen aanvaarde standaardgeluidswaarden.

De trillingsmetingen werden uitgevoerd op site 6 (nr. 116) en site 3 (nr. 270). Volgens het rapport van Tractebel stegen de trillingsniveaus licht na plaatsing van de kussens.

Perspectieven

Deze verkennende studie geeft een beter inzicht in het gebruik van op de rijbaan bevestigde rubberen rijbaankussens, waarvoor geen opening in de verharding moet worden gemaakt. Zoals hierboven aangegeven was het aantal beschikbare sites echter onvoldoende om alle combinaties van variabele para-

Sites	Model	2017		2018		Afstand tussen kussen en meetpunt	Vermindering V85
		V85 km/h	> 30 km/h	V85 km/h	> 30 km/h		
Site 1 (nr. 360)	Model nr. 1	42	64 %	39	51 %	41 m	- 3 km/h (7 %)
Site 2 (nr. 322)	Model nr. 2	/	/	/	/	/	/
Site 3 (nr. 280)	Model nr. 3	37	44 %	33	26 %	29 m	- 4 km/h (11 %)
Site 4 (nr. 230)	Model nr. 2	40	49 %	38	34 %	28 m	- 2 km/h (5 %)
Site 5 (nr. 208)	Model nr. 1	/	/	/	/	/	/
Site 6 (nr. 118)	Model nr. 1	42	68 %	35	39 %	22 m	- 7 km/h (17 %)

Tabel 3 – Effect van de kussens op de gereden snelheid

meters te dekken. Bovendien maakten het kader van de studie en de lokale context die specifiek was voor elke site het niet mogelijk om volledige verkeersgegevens te verzamelen voor alle sites, of om een grondige studie van de toestand van de wegstructuur uit te voeren. De plaatsing van de voorzieningen gebeurde 's nachts, binnen het kader van een algemeen onderhoudscontract en kon niet volledig worden gedocumenteerd.

Deze eerste studie vertoont dan ook diverse leemtes. Het zou nuttig zijn om deze bij een eventuele toekomstige, meer gedetailleerde analyse aan te vullen.

Naar aanleiding van de presentatie van dit rapport aan Brussel Mobiliteit en Leefmilieu Brussel, werd besloten dat wanneer deze kussens in de toekomst op de Brusselse gewestwegen worden aangebracht, ze door onze teams kunnen worden gemonitord. Zo kunnen we de verschillende parameters vervolledigen en de expertise op dit gebied verder uitbreiden.

Ben jij aannemer of beheerder van gewestelijke of gemeentelijke wegen en heb je enige ervaring met de plaatsing van deze voorzieningen of met de duurzaamheid/de effecten ervan, aarzel dan

niet om ons hierover te informeren. We zullen samen bekijken hoe we deze voorzieningen zo goed mogelijk kunnen gebruiken.

Ertan Dzhambaz
010 23 65 19
e.dzhambaz@brrc.be



Een nieuwe OCW-publicatie is nu beschikbaar! Methode voor het in kaart brengen en meten van kleur op bouwplaatsen met gekleurd asfalt



kleur in situ van gekleurde asfaltmengsels direct op de bouwplaats in kaart te brengen en waar mogelijk te meten.

Deze methode MN 99 omvat:

- een visuele inspectie van de weg met betrekking tot de kleur;
- het gebruik van een spectrofotometer in de meetbare zones;
- de verwerking en de uitdrukking van de resultaten van de kleurmetingen in de meetbare zones.

Deze methode is bedoeld om de kleur van een bouwplaats met gekleurd asfalt weer te geven. Het is belangrijk erop te wijzen dat deze methode:

- niet leidt tot een eenduidig resultaat voor de kleur van de volledige bouwplaats;
- niet aangeeft of de kleur van de bouwplaats al dan niet conform is.

De methode is te beschouwen als een instrument dat het mogelijk maakt:

- de homogeniteit van de kleur van de bouwplaats weer te geven;
- de eventuele vakken met heterogeniteit (en/of verontreiniging) in kaart te brengen die van invloed zijn op de kleur;
- met de spectrofotometer (type 45°/0°) zones te identificeren waar oordeelkundig kleurmetingen kunnen worden uitgevoerd (in deze beproevingsmethode "meetbare" zones genoemd);

Kleurwaarneming is een subjectieve interpretatie van bepaalde prikkels en erg persoonsgebonden. Deze perceptie hangt af van verschillende factoren zoals de toestand van het wegdek, de weersomstandigheden en de waarnemer en zijn positie.

Deze subjectiviteit van kleur kan op bouwplaatsen tot veel discussies leiden tussen de verschillende partijen die bij de uitvoering van gekleurd asfalt betrokken zijn. Een aangebrachte gekleurde asfaltverharding die voor de ene persoon bordeaux/bruin is, kan voor iemand anders rood zijn.

Om een oplossing voor dit probleem voor te stellen, heeft OCW een objectievere beproevingsmethode ontwikkeld om de

- de kleur te meten in zones die als meetbaar zijn geïdentificeerd.

Deze methode zou niet mogelijk zijn geweest zonder de proactieve medewerking van de leden van de OCW-werkgroep BAC-6 "Gekleurd asfalt" en de OCW-medewerkers van de afdeling Asfaltwegen, andere bitumineuze toepassingen en chemie. We bedanken ze hartelijk!

Op dit moment is deze methode alleen in elektronisch formaat beschikbaar op de OCW-website: <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/methode-kaart-brengen-meten-kleur-bouwplaatsen-gekleurd-asfalt>

Alexandra Destrée
02 766 03 88
a.destree@brrc.be



Ann Vanelstraete
02 766 04 02
a.vanelstraete@brrc.be





Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

De **weg** ter harte
Au cœur de la **route**



24^e Belgisch Wegencongres uitgesteld Nieuwe data: van 4 tot 7 april 2022 – Campus Gasthuisberg, KULeuven, Leuven

Binnen de huidige context van de COVID-19-pandemie heeft het Organisationscomité van het **Belgisch Wegencongres** beslist om de **24^e editie** uitstellen. Zo kan het congres in zijn gebruikelijke vorm worden georganiseerd, met een combinatie van kennisuitwisseling en netwerkmomenten.

Het congres zal nu plaatsvinden van **4 tot 7 april 2022**, nog steeds op de Campus Gasthuisberg van de KULeuven.

Mis dit belangrijke evenement voor de sector niet en blokkeer alvast je agenda!

Het programma krijgt steeds meer vorm. Neem contact op met het secretariaat voor de nieuwste ontwikkelingen, eventuele blijken van belangstelling of als je meer informatie wenst.

Bénédicte Houtart
02 775 82 33
info@abr-bwv.be



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Samen voor duurzame wegen

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30.01.1947

Verantw. uitgever: A. De Swaef, Woluwedal 42 – 1200 Brussel

Maatschappelijke zetel

Woluwedal 42
1200 BRUSSEL
Tel.: +32 (0)2 775 82 20

brrc@brrc.be

Laboratoria

Fokkersdreef 21
1933 STERREBEEK
Tel.: +32 (0)2 766 03 00

Avenue A. Lavoisier 14
1300 WAVRE
Tel.: +32 (0)10 23 65 00



www.linkedin.com/company/brrc



www.youtube.com/c/BrrcBe

Redactie

M. Van Bogaert
J. Cornil
J. Neven
J. Vandermeulen
M. Descamps

ISSN: 0777-2580

