



Akoestische karakterisatie van het wegennet in Wallonië met de CPX-methode: tweede meetcampagne 2020-2021

Inleiding

In 2020 heeft SPW Mobilité et Infrastructures de openbare aanbesteding “*Réalisation d’une campagne de mesures de caractérisation acoustique des revêtements sur le réseau wallon par la méthode CPX*” herhaald. In 2018 werd dit project aan het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw toegekend.

Het project (CPX2) omvat de uitvoering van CPX-metingen over een totale lengte van ongeveer 3 745 km wegen en autosnelwegen. De metingen zijn uitgevoerd in overeenstemming met de norm ISO 11819-2 (Internationale Organisatie voor Normalisatie, 2017a). In tegenstelling tot de opdracht van 2018-2019 (CPX1) werden alleen metingen met de P1-band (SRTT) uitgevoerd.



Die band stemt overeen met een band voor lichte voertuigen. Deze werden uitgevoerd bij een constante snelheid van 80 km/h wanneer de maximumsnelheid van het verkeer 90 of 120 km/h bedraagt en alleen op de trage rijstrook (V1) in de twee rijrichtingen. Een beperkt gedeelte van de metingen gebeurde bij 50 km/h, namelijk in gevaarlijke meetsituaties of bij de aanwezigheid van snelheidsbeperkingen (70 of 50 km/h).

Figuur 1 – Metingen met de CPX-aanhangwagen van OCW

Aangezien er geen metingen meer gebeurden met banden representatief voor vrachtverkeer, werd het aantal kilometer gemeten met de P1-band verhoogd. Bovendien werd een deel van de metingen gewijd aan een tweede passage op een gedeelte van het autosnelwegennet. Wat de timing betreft, verliep het project in twee fasen:

- de eerste fase vond plaats van 1 juli 2020 tot en met november 2020, waarna de weersomstandigheden niet meer geschikt waren (regen, luchttemperatuur) vanwege de herfst en de winter;
- de tweede fase liep van eind maart 2021 tot juni 2021 met als hoofddoel een nieuwe passage op het autosnelwegennet uit te voeren.

Methodologie

De Close ProXimity-methode (CPX)

De CPX-metingen (ISO-norm 11819-2 (ISO, 2017a)) werden voor deze tweede campagne 2020-2021 uitgevoerd met het toestel dat is afgebeeld in figuur 2, links, met referentieband P1 zoals afgebeeld in figuur 2, rechts. Het toestel staat beschreven in norm ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b). Voor meer informatie over de Close ProXimity-methode (CPX) kan je de OCW Mededelingen (Bergiers, 2018) of de OCW-website raadplegen (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2020).



Figuur 2 – CPX-aanhangwagen van OCW (links); binnenkant van de CPX-aanhangwagen met P1-band (rechts)

Gegeolokaliseerde foto's

In combinatie met het hierboven beschreven toestel werd de IMAJBOX® van OCW gebruikt om gegeolokaliseerde foto's te nemen. Per 20 m weglengte wordt een foto aan de geluidsmetingen gelinkt. De IMAJBOX® wordt bevestigd op de voorruit van het meetvoertuig (figuur 3).



Figuur 3 – Bevestiging van de IMAJBOX® op het meetvoertuig

Parameters van de meting

CPX-meting

Een meting uitgevoerd volgens de CPX-methode is enigszins onzeker door variatie in meetprocedure (bijvoorbeeld laterale positie van de banden, snelheidsvariatie), apparatuur voor geluids- en snelheidsmeting, variabele weersomstandigheden, verschillende achtergrondgeluiden van externe bronnen, eventuele ongewenste bijdragen van het trekkende voertuig en de keuze van de referentiebanden. Al deze factoren staan beschreven in norm ISO 11819-2 (ISO, 2017a, hoofdstukken 12, 13 en Bijlage K) en geven een uitgebreide onzekerheid die reikt tot 95 % van ongeveer 1.0 dB.

Er bestaat bovendien ook een onzekerheid door het gebruik van een andere set banden. De norm ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) vermeldt de volgende beïnvloedende parameters, waardoor de uitgebreide onzekerheid van 95 % ongeveer 0.6 dB bedraagt voor de P1-band:

- variaties tussen verschillende banden van hetzelfde type;
- variaties veroorzaakt door veranderingen in de eigenschappen van de banden als gevolg van slijtage en veroudering van het rubber (niet gerelateerd aan de hardheid);
- onzekerheid over de correctie van de rubberhardheid;
- onzekerheid over de correctie van de luchttemperatuur.

Het is belangrijk hiermee rekening te houden bij de vergelijkingen (bv. tussen CPX1 en CPX2 en tussen verschillende passages).

Kenmerken van de banden

Met het oog op de tweede meetcampagne heeft OCW nieuwe P1-banden aangeschaft. Ze werden vooraf meer dan 400 km ingereden zoals vereist door de norm. We wijzen erop dat heel de meetcampagne 2020-2021 met eenzelfde set banden werd uitgevoerd.

Norm ISO 11819-2 (ISO, 2017a) verwijst naar norm ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b), waarin een range wordt gedefinieerd waarbinnen een correctie op basis van de rubberhardheid¹ wordt uitgevoerd, nl. 62-73 shore A voor P1. De correctieformule is opgenomen in het gedeelte "Correcties" van dit document. Er wordt 0.2 dB(A) gecorrigeerd per Shore A hardheid die afwijkt van de referentie 66. De resultaten van metingen uitgevoerd met banden met een hardheid hoger dan 66 Shore A, zoals het geval is voor CPX1 en CPX2, worden naar beneden gecorrigeerd.

Zoals voorgeschreven in de norm voert OCW regelmatig een rubberhardheidmeting uit tijdens het meetseizoen. De CPX2-resultaten van 2021 zijn daarom met - 0.74 tot - 0.76 dB(A) meer gecorrigeerd dan de oorspronkelijke CPX2-resultaten van 2020. Dit is van belang voor de vergelijking van de metingen, die zal worden toegelicht onder "Analyse van het effect van winterse omstandigheden".

Aangezien onder "Vergelijking CPX2 en CPX1" ook een vergelijking met de CPX1-resultaten wordt gemaakt, wordt hier ook kort ingegaan op de hardheid van de CPX1-meetbanden. Voor de CPX1-meetcampagne waren de banden harder dan de banden van de CPX2-campagne. De CPX1-resultaten zijn daarom met - 0.4 tot - 1.68 dB(A) meer gecorrigeerd dan de CPX2-resultaten.

We merken op dat de hardheidscorrectie voor de P1-banden in ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) recent in vraag werd gesteld door de werkgroep ISO/TC 43/SC 1/WG 33, die bezig is met de herziening van de relevante normen voor CPX-metingen. Op basis van nieuwe gegevens en onderzoek is uiteindelijk bij de herziening van ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) in 2021 besloten om de hardheidscorrectie voor de P1-band te verlagen van 0.2 naar 0.12 dB/Shore A. In dit project werd dezelfde hardheidscorrectie toegepast op alle meetresultaten om zo dezelfde methode te behouden en de vergelijkbaarheid van CPX1-CPX2 en 2020-2021 niet in het gedrang te brengen.

De huidige methode voor de meting van de hardheid met de durometer is zeer gevoelig aan de operator, wat niet wenselijk is voor een parameter die zo'n grote invloed heeft op het eindresultaat. Momenteel wordt onderzocht of digitale durometers de metingen van de hardheid kunnen verbeteren. Aangezien er echter nog niet voldoende studies beschikbaar zijn, is dit nog niet opgenomen in de herziening van 2021.

¹ ISO/TS 11819-3: "rubberhardheid = hoeveelheid uitgedrukt in eenheden Shore A van de indrukweerstand van het rubber van de band, gebaseerd op de indringingsdiepte van een conisch indringingslichaam, met gebruik van een durometer type A zoals gedefinieerd in ISO 858:2003" (ISO, 2017b)

Analyse en rapportage van de resultaten

Correcties

Zoals in de vorige sectie gedetailleerd, werden alle meetresultaten gecorrigeerd voor de rubberhardheid van de banden en de luchttemperatuur volgens de procedure beschreven in ISO 11819-2 (ISO, 2017a), ISO/TS 11819-3 (ISO, 2017b) en ISO/TS 13471-1 (ISO, 2017c):

$$L_{\text{CPX, corr}} = L_{\text{CPX, gemeten}} - \gamma (T - T_{\text{ref}}) - 0.2 (H_A - H_{A, \text{ref}})$$

$$\gamma = -0.14 + 0.0006 v$$

$$v = 50 \text{ of } 80 \text{ km/h}$$

$$T_{\text{ref}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H_{A, \text{ref}} = 66$$

Enkel voor beton diende er volgens de norm een andere temperatuurcorrectie te worden gebruikt:

$$\gamma (\text{beton}) = 0.10 + 0.0004 v$$

OCW GIS-tool

Met het oog op de vele data en om de weergave ervan te vergemakkelijken, werd er een beroep gedaan op de IT- en GIS-afdeling om een gedeelte van het proces te automatiseren.

De CPX-metresultaten zijn beschikbaar per 20 m weglengte. Elke 5 m werd er een foto met de IMAJBOX® gemaakt. Zowel de foto's als de CPX-resultaten bevatten gps-coördinaten. Aan elke 20 m weglengte van de CPX werd de dichtstbijzijnde foto gelinkt. Vervolgens werden deze gegevens verbonden met de *filaire* van SPW door ook het dichtstbijzijnde punt te zoeken, met als doel er diverse gegevens in op te nemen zoals het type verharding of het betrokken district en ook om de metingen te koppelen aan het lineaire referentiesysteem van de *filaire*. Het maken van deze link tussen CPX, foto's en *filaire* gebeurde met behulp van een GIS-tool van OCW.

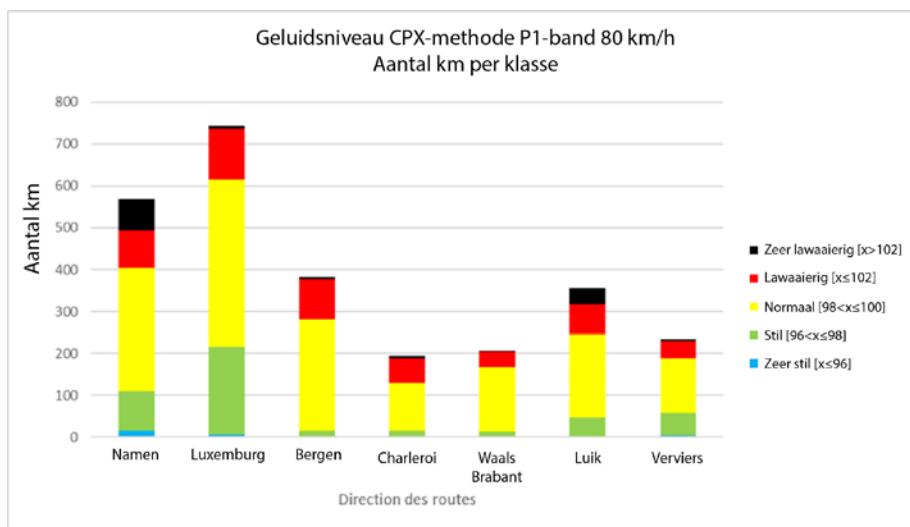
Voor elke gemeten weg wordt een Excel-tabel per as en rijrichting aan SPW bezorgd. Bovendien heeft OCW alle resultaten op cartografische dragers overgebracht om het lezen van de resultaten te vergemakkelijken.

Resultaten en analyses

CPX2-campagne

Dezelfde classificatie en kleurcodering als bij de meetcampagne 2018-2019 werden gebruikt. De classificatie bij 80 km/h is gebaseerd op degene die in Vlaanderen door het Agentschap Wegen en Verkeer wordt gebruikt. De classificatie bij 50 km/h werd daaruit afgeleid door OCW.

Figuur 4 toont het resultaat in detail, verdeeld per *Direction des Routes*.



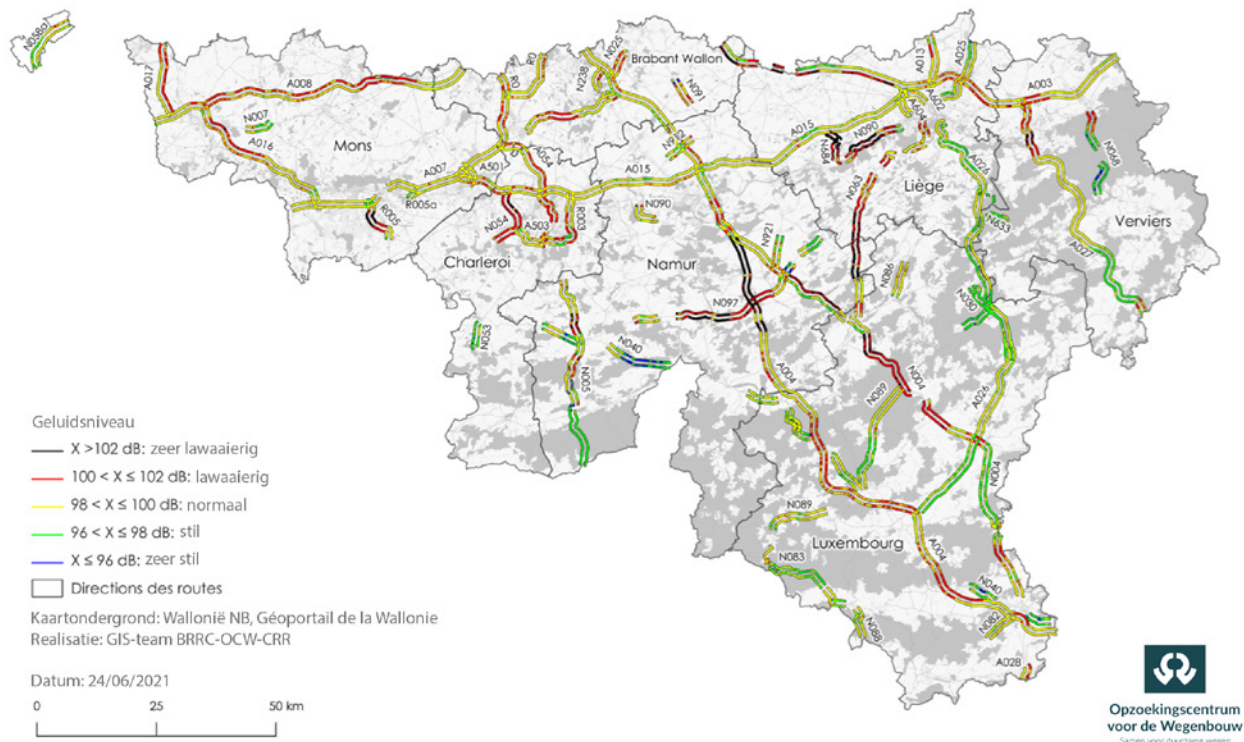
Figuur 4 – Onderverdeling in klassen en *Directions des routes* voor de metingen met P1-band bij 80 km/h, weergave in aantal km per klasse.

Figuur 5 toont de overzichtskaart van de CPX2-resultaten voor de P1-band bij 80 km/h in zowel positieve als negatieve rijrichting.

Van de totale meetresultaten in Wallonië is ongeveer 1 % van de wegen “zeer stil”, ongeveer 16.7 % “stil”, ongeveer 58.1 % “normaal”, ongeveer 19.2 % “lawaaiig” en ongeveer 5 % “zeer lawaaiig”.

Zoals eerder uitgelegd, werden bepaalde metingen uitgevoerd bij 50 km/h omwille van de omstandigheden. Aangezien het om een beperkt aantal km gaat (ongeveer 55 km), worden deze hier niet getoond.

A. Overzichtsk kaart met de resultaten van CPX2, P1-band bij 80 km/h, positieve en negatieve richting



Figuur 5 – Overzichtsk kaart van de CPX2-resultaten voor de P1-band bij 80 km/h in zowel positieve als negatieve rijrichting.

Vergelijking CPX2 en CPX1

Alle autosnelwegen werden gemeten met de P1-band bij 80 km/h, zowel tijdens de eerste meetcampagne in 2018-2019 (CPX1), als tijdens de tweede meetcampagne (CPX2) in 2020-2021. Dat maakt het mogelijk een eerste denkoefening te houden over de evolutie van de akoestische kwaliteit gedurende de twee campagnes. Voor meer gedetailleerde CPX1-resultaten, zie OCW Mededelingen (Bergiers & Marocchi, 2019).

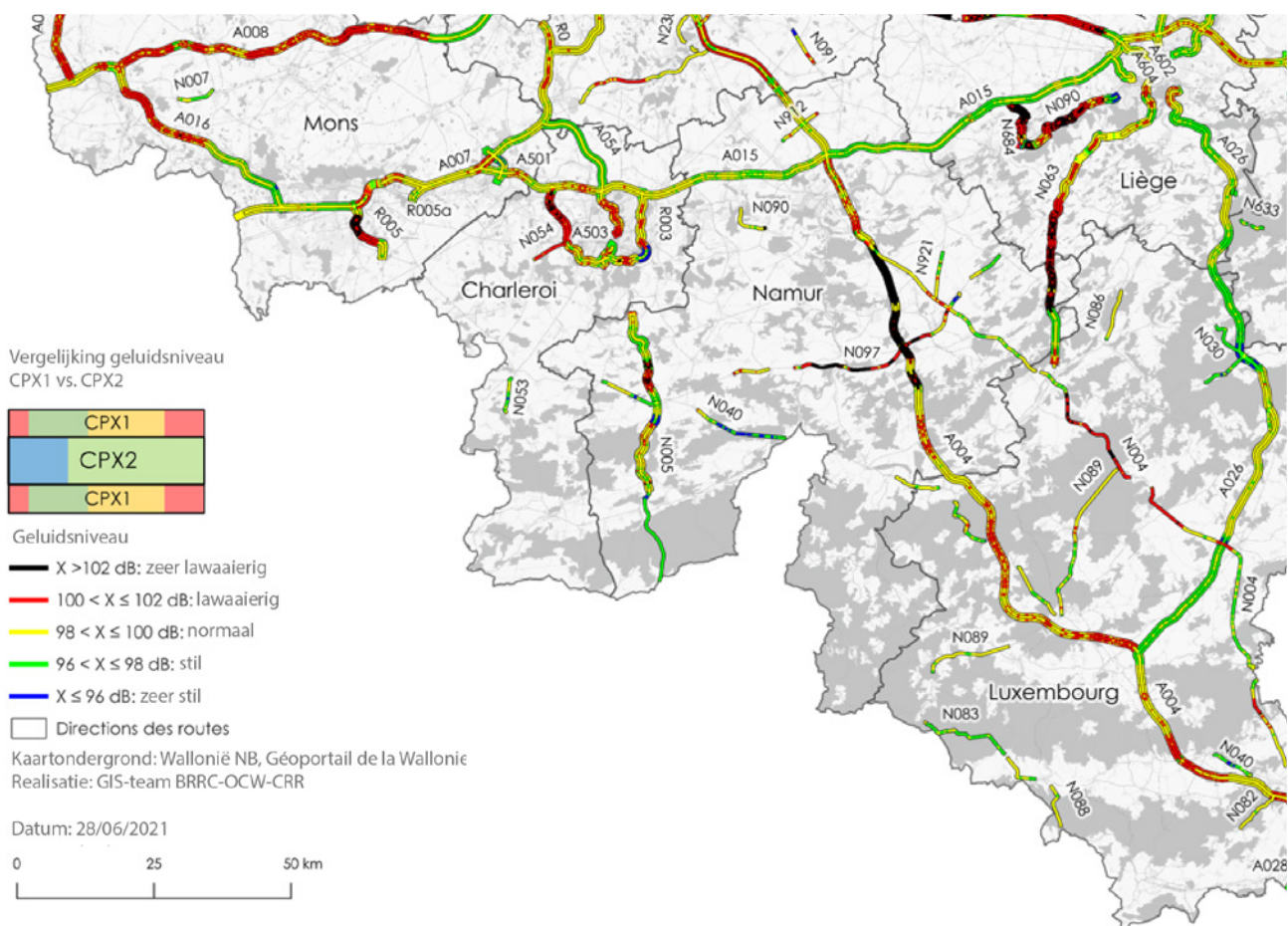
Om de tijdens de twee campagnes verkregen resultaten visueel voor te stellen, werden ze naar eenzelfde kaart overgebracht. Figuur 6 toont een gedeelte van de meetresultaten van CPX1 en CPX2 voor de “positieve” rijrichting². Over het algemeen lijken de geluidsniveaus gestegen te zijn. Het lijkt erop dat de klasse “stil” soms naar de klasse “normaal” is overgegaan. Zelfs een kleine verhoging van het geluidsniveau kan ertoe leiden dat wegsegmenten plotseling naar de volgende klasse overgaan, ook al bevonden zij zich aanvankelijk nog in de zeer stille klasse. Er zijn echter ook zones waar het geluidsniveau is gedaald, bijvoorbeeld voor het gedeelte van de autosnelweg A004 dat onder de verantwoordelijkheid van de *Direction des Routes du Brabant* valt. Uit gesprekken met de beheerders van het autosnelwegennet in Waals-Brabant is gebleken dat er tussen de uitvoering van CPX1 en CPX2 wegwerkzaamheden zijn uitgevoerd.

2 Opmerking over de kaart: Let op: de kaart toont slechts één rijrichting van de meting! De tweede meting, CPX2, wordt weergegeven door een lijn in het midden. De eerste meting, CPX1, wordt weergegeven door een dikkere lijn onder de lijn van de tweede meting. Aan beide zijden van de tweede meting is het resultaat van de eerste CPX1-meting dus zichtbaar (zie legende op de kaart) voor slechts één rijrichting van de meting: de positieve.

Merk ook op dat de bandenset voor CPX1 niet dezelfde was als voor CPX2. De correcties van de hardheid leiden tot extra onzekerheid, zoals vermeld onder “Parameters van de meting”. Het grote verschil in hardheid tussen de CPX1- en CPX2-metebanden en de recente studie waaruit blijkt dat in de norm een te grote hardheidscorrectie was voorgeschreven (zie “Parameters van de meting”), kunnen ertoe hebben geleid dat de CPX1-resultaten met ongeveer 0.7 dB(A) te veel naar beneden zijn gecorrigeerd in vergelijking met de CPX2-metresultaten. 0.7 dB(A) is van dezelfde orde van grootte als de verschillen die door veranderingen in het wegdek zouden kunnen worden veroorzaakt. Een herberekening van de CPX1- en CPX2-metresultaten met de voorgestelde nieuwe hardheidscorrectie zou kunnen helpen om de vergelijking te verbeteren.

De onzekerheden omtrent het meetresultaat die zijn opgemerkt en die in de norm worden beschreven, maken duidelijk dat het normaal is om verschillen tussen metingen te hebben en dat deze niet noodzakelijk rechtstreeks verband houden met werkelijke veranderingen in de akoestische kwaliteit van het wegdek. Alvorens op basis hiervan conclusies te trekken, dienen de resultaten met de nodige voorzichtigheid nader te worden bestudeerd. Door in de loop der tijd meer meetgegevens te verkrijgen, kunnen ook beter onderbouwde conclusies worden getrokken.

E. Vergelijking eerste meetcampagne CPX 1 2018-2019 en tweede meetcampagne 2020-2021 CPX 2
Resultaten CPX, P1-band bij 80 km/h, positieve richting



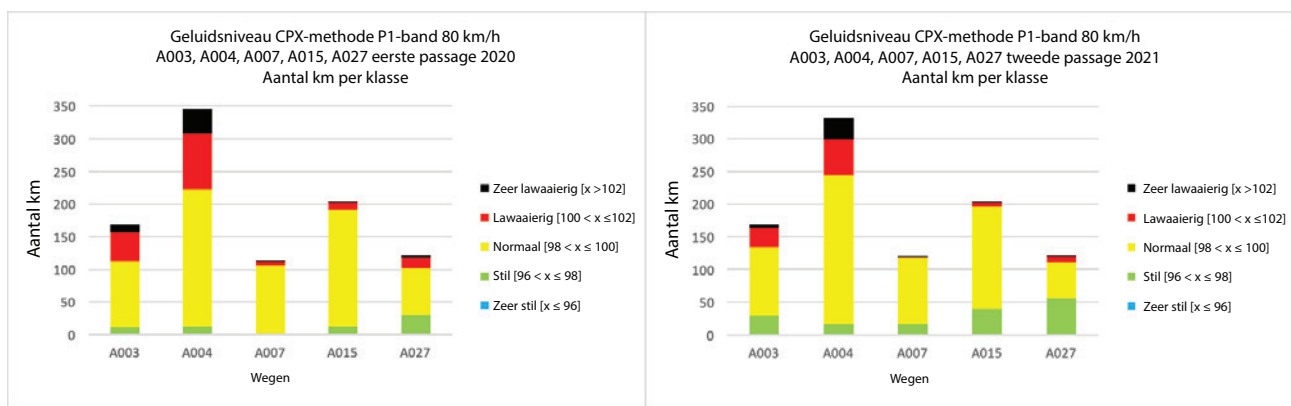
Figuur 6 – Vergelijking tussen de eerste (2018-2019) en de tweede (2020-2021) meetcampagne

Analyse van het effect van winterse omstandigheden

In het kader van de campagne CPX2 2020-2021 werd een selectie van autosnelwegen twee keer gemeten (in 2020 en 2021) om de evolutie van de akoestische kwaliteit van het wegdek te bestuderen, met name na de winterperiode. Het betrof de autosnelwegen A003, A004, A007, A015 en A027.

Tussen de eerste en de tweede meting zat een periode van ongeveer zes tot tien maanden. De eerste meting werd uitgevoerd van juli tot oktober 2020; de tweede van maart tot mei 2021.

Figuur 7 toont de meetresultaten voor deze vijf autosnelwegen in respectievelijk 2020 en 2021.



Figuur 7 – Verdeling per klasse en autosnelweg van de metingen met P1-band bij 80 km/h op autosnelwegen A003, A004, A007, A015, A027, eerste passage 2020 (links) en tweede passage 2021 (rechts); weergave in aantal km per klasse.

De resultaten van de tweede meting lijken grotendeels onveranderd, of zelfs iets stiller. Een daling van het geluidsniveau wordt niet verwacht als het wegdek niet is vernieuwd. We verwachten eerder een stijging of stabilisatie. De volgende invloeden kunnen de vermindering van het geluid verklaren:

- Als de hardheid van de banden toeneemt, worden de geluidsniveaus naar beneden gecorrigeerd (zie "Kenmerken van de banden" en "Correcties"). De meetbanden waren bij de metingen van 2021 ongeveer 4 Shore A harder dan bij de metingen in 2020. Als gevolg van de nieuwe lagere hardheidscorrectie die in de herziening van de norm wordt vermeld (zie "Parameters van de meting"), is het meetresultaat voor 2021 waarschijnlijk met ongeveer 0.3 dB(A) te veel gecorrigeerd ten opzichte van 2020.
- De metingen in 2020 werden hoofdzakelijk uitgevoerd bij hogere temperaturen (ca. 16 – 24 °C) dan de metingen in 2021 (ca. 6 - 16 °C). De geluidsniveaus worden naar beneden gecorrigeerd (zie "Correcties") voor temperaturen lager dan 20 °C (bv. - 1.29 dB(A) voor 6 °C en 80 km/h) en naar boven voor temperaturen hoger dan 20 °C (bv. + 0.37 dB(A) voor 24 °C en 80 km/h). De werkgroep ISO/TC 43/SC 1/WG 27, die de relevante normen (ISO/TS 13471-1 (ISO, 2017c)) herzielt, heeft opgemerkt dat de huidige temperatuurcorrectie in de toekomst nog verder moet worden verbeterd. De onzekerheid van de temperatuurcorrectie kan dus ook invloed hebben gehad op de resultaten.

Gezien de onzekerheden (zie “Parameters van de meting”) van de meetmethode, de verandering in de hardheid van de banden tussen juli 2020 en maart 2021 en het beperkte aantal gegevensreeksen in de tijd, kan niet worden gesproken van een significant verschil. Het dient te worden benadrukt dat het moeilijk is om op basis van slechts twee gegevensreeksen duidelijke conclusies te trekken. Hoe meer meetgegevens er beschikbaar zijn, hoe betrouwbaarder de analyse die eruit volgt.

Conclusies en vooruitzichten

Buiten de huidige opdracht zouden de resultaten van CPX1 versus CPX2 verder kunnen worden onderzocht door de geluidsniveaus van CPX2 en CPX1 van elkaar af te trekken. Dat zou een nauwkeuriger beeld geven van de veranderingen die er zijn. Momenteel zijn alleen de overgangen van de ene klasse naar de andere zichtbaar, maar verhogingen binnen dezelfde klasse niet. De grootteorde van het verschil is niet duidelijk. Volgens de huidige classificatie zou het verschil tussen 0.1 en 3.9 dB(A) kunnen bedragen.

Een volledige lijst van wegwerkzaamheden waarbij het wegdek is gewijzigd/hersteld en die hebben plaatsgevonden tussen CPX1 en CPX2 en tussen CPX2, passage 1 (2020) en passage 2 (2021), kan helpen om de resultaten te interpreteren en sommige veranderingen in geluidsniveaus beter te begrijpen.

Het uitvoeren van extra meetcampagnes in de loop der tijd kan de betrouwbaarheid van de conclusies over de ontwikkeling van de geluidskwaliteit in de loop der tijd vergroten. Om het gewenste tijdsinterval tussen de meetcampagnes te bepalen, zou gebruik kunnen worden gemaakt van de ervaring die de afgelopen jaren door AWWV is opgedaan. Als het interval te lang is, bestaat het risico dat bepaalde veranderingen of ontwikkelingen worden gemist. Voor sommige nieuwe wegdekken is er bijvoorbeeld een snelle toename van de geluidsniveaus in het eerste jaar, waarna er een stabilisatie optreedt.

Op basis van de beschikbare gegevens van CPX1 en CPX2 kan een meer gedetailleerde statistische analyse worden gemaakt van de invloed van de ouderdom van het wegdek op het geluidsniveau (en dus niet alleen naargelang van de klasse waartoe het wegdek behoort). De gemiddelde geluidsniveaus zouden per type wegdek kunnen worden bepaald, alsook de spreiding van het resultaat aan de hand van de standaardafwijking en de voor een bepaald type wegdek gemeten minimale en maximale geluidsniveaus.

De meetresultaten van CPX1 en CPX2 zouden kunnen worden herberekend op basis van de nieuwe hardheidscorrectie die is voorgesteld voor de P1-metbanden (0.12 dB(A)/shore A in plaats van 0.2 dB(A)/shore A) om de onzekerheid van het eindresultaat te verminderen. De toepassing van dezelfde hardheidscorrectie wordt aanbevolen met het oog op de vergelijkbaarheid. Ofwel wordt 0.2 dB(A)/shore A voor alle metingen gehandhaafd (zoals momenteel het geval is), ofwel worden CPX1 en CPX2 herberekend met de nieuwe hardheidscorrectie.

Specifieke weggedeelten zouden kunnen worden geselecteerd om de evolutie van een bepaald type wegdek meer in detail te volgen en nader te bestuderen. Dat kan bijvoorbeeld nuttig zijn voor de soorten wegdekken die in de toekomst veel door SPW zullen worden gebruikt. Op deze geselecteerde weggedeelten zouden op geregelde tijdstippen aanvullende metingen kunnen worden georganiseerd om de evolutie te volgen.

Aangezien alleen de akoestische kwaliteit van het wegdek is gemeten, is het niet mogelijk het verband te leggen met andere kenmerken van het wegdek die veranderd kunnen zijn. Als SPW beschikt over resultaten van textuurmetingen op dezelfde wegen, kunnen deze worden gebruikt om de resultaten en de veranderingen op het vlak van akoestische kwaliteit beter te begrijpen.

Toekomst

OCW richtte in juni 2020 een OCW Werkgroep Geluid op waaraan AWW, Leefmilieu Brussel, Brussel Mobiliteit en SPW deelnemen. Binnen deze werkgroep zal ook een forum CPX worden opgestart, waarvoor dergelijke meetcampagnes input kunnen geven. Ze kunnen nuttig zijn als input voor de bepaling van wegdekcorrectietermen voor *noise mapping*, de bepaling van de evolutie van het geluidsniveau per wegdektype in de tijd en als input voor de standaardbestekken SB 250, CCT *Qualiroutes* en/of de opvolger van TB 2015.

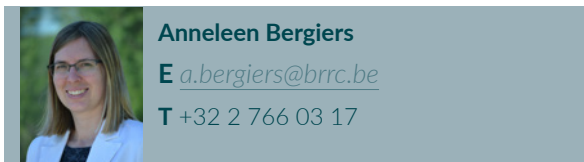
OCW heeft met de meetcampagnes CPX1 (2018-2019) en CPX2 (2020-2021) haar expertise verder uitgebouwd en staat ter beschikking om deze aan externen aan te bieden: metingen, gegeolokaliseerde foto's gelinkt aan metingen, analyses (al dan niet gelinkt aan de weg/kilometerpalen), opmaak van statistieken en grafieken van meetresultaten, vergelijking van meetcampagnes en evolutie in de tijd tot en met cartografie met data op kaart en/of creatie van een online database.

Op het Belgisch Wegencongres 2022 zullen de resultaten van CPX2 worden gepresenteerd (dag 4 asset management).

Dit project heeft ook duidelijk gemaakt dat er nood is aan meer gegevens. Het moet leiden tot denkoefeningen waaruit een stappenplan kan voortvloeien, zodat het gebruik van dit type voertuig op lange termijn een aanvulling kan vormen op de reeds beschikbare instrumenten voor het controleren van de prestaties van verhardingen.

Dankwoord

Een speciaal woord van dank aan alle OCW-medewerkers die dit boeiende project mee mogelijk hebben gemaakt! We danken ook van harte Bruno Schepers van de *Direction des études environnementales et paysagères* voor zijn actieve deelname aan het project.



Literatuur

- Bergiers, A. (2018). Project “CPX-metingen DG01 SPW” in de startblokken. OCW *mededelingen*, (114), 11-12.
- Bergiers, A. & Marcocci, S. (2019). De akoestische kwaliteit van het Waalse wegennet in kaart. OCW *mededelingen*, (121), 10-13.
- International Organization for Standardization. (2017a). *Acoustics: Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2: The close-proximity method* (ISO 11819-2). <https://www.iso.org/standard/39675.html>
- International Organization for Standardization. (2017b). *Acoustics: Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 3: Reference tyres* (ISO/TS 11819-3). <https://www.iso.org/standard/70808.html>
- International Organization for Standardization. (2017c). *Acoustics: Temperature influence on tyre/road noise measurement. Part 1: Correction for temperature when testing the the CPX method* (ISO/TS 13471-1). <https://www.iso.org/standard/25630.html>
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. (2020). *Instrumenten voor wegbeheerders. Fiche 11: CPX: Geluidsmetingen volgens de Close ProXimity (CPX)-methode* (OCW Synthese No SN 48, rev. 1). <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/cpx-geluidsmetingen-volgens-close-proximity-methode>