

# De ENDT-methode legt een relatie tussen het rolgeluid van wegverkeer en de oppervlaktetextuur van het wegdek

ing. R.C.L. van Loon  
*M+P - raadgevende ingenieurs*

drs. ing. C.C. Tollenaar  
*M+P - raadgevende ingenieurs*

R.J. Dekkers  
*KWS Infra b.v.*

E. Bobbink  
*Provincie Gelderland*

## **Samenvatting**

De oppervlaktetextuur van een wegdek heeft een directe relatie met rolgeluid. Zo zal een grovere steengradering meestal leiden tot meer oppervlaktetextuur en daarmee hogere rolgeluidniveaus. Plaatselijk kan het rolgeluid van een weg ook toenemen door bijvoorbeeld steenverlies. Bij een grof aggregaat (11-16 mm) heeft rafeling vaak hogere geluidniveaus tot gevolg. Bij diffuse rafeling van lichte tot matige omvang op fijnkorrelige mengsels (tot 6 mm) lijkt de invloed op het rolgeluid gering. Wanneer een stil wegdek in de loop der jaren zijn geluidreducerende werking verliest, is de oorzaak van die achteruitgang soms moeilijk te achterhalen. Een nieuwe analysemethode kan hierin meer inzicht verschaffen.

Gekoppeld aan de CPX-meting wordt met een laserprofilometer het hoogteprofiel van het wegdek gemeten. Uit deze meting worden echter niet de 'klassieke' textuurkentallen als de MPD en RMS bepaald. De effecten op het geluid kunnen met deze parameters namelijk niet afdoende beschreven worden.

Om textuur en geluidniveaus aan elkaar te koppelen wordt gebruik gemaakt van de ENDT (Estimated Noise Difference due to Texture). Deze ENDT geeft het verwachte verschil in rolgeluidniveau als gevolg van een afwijking van de textuur ten opzichte van een referentiewegdek. De ENDT wordt berekend met behulp van akoestisch relevante parameters uit het textuurprofiel. Net als de geluidniveaus uit de CPX-meting wordt de ENDT over een lengte van 20 m bepaald. Hiermee worden veranderingen in het rolgeluidniveau ten gevolge van textuurveranderingen verklaard.

## **1. Inleiding**

### **Verschillen in de akoestische prestatie van stille wegdekken**

Als gevolg van mechanische en chemische processen veranderen de eigenschappen van wegdekken in de tijd. Omdat het wegverkeersgeluid nauw samenhangt met de wegdekeigenschappen, zal een verandering van die eigenschappen over het algemeen leiden tot een verandering in het geluidsniveau. Hoewel het verkeersgeluid op praktisch alle wegdekken toeneemt in de tijd, varieert de mate waarin dit gebeurt zeer sterk. De toename van verkeersgeluid bij stille wegdekken is doorgaans groter dan bij conventionele wegdekken zoals SMA of DAB (tegenwoordig AC surf)

Om de ontwikkeling van de geluidreductie te volgen, worden veel stille wegdekken periodiek gemeten. Voor deze geluidmonitoring wordt doorgaans de CPX-methode toegepast. Bij deze meetmethode wordt met een meetaanhanger het rolgeluid over de gehele wegvaklengte gemeten. Naast het registreren van de geluidverandering bestaat de behoefte bij wegbeheerders en producenten van stille wegdekken om de oorzaak van de geluidveranderingen te bepalen. Op twee wegvakken onder beheer van de provincie Gelderland heeft KWS twee dunne geluidreducerende deklagen aangebracht. De wegvakken zijn beide in het najaar van 2008 aangebracht en kort na openstelling waren de geluidreducties op de wegvakken vergelijkbaar. Twee jaar later blijken de akoestische prestaties van deze wegdekken duidelijk te verschillen.

Om de oorzaak van de verschillen te achterhalen, is gelijktijdig met een CPX-meting de oppervlaktetextuur gemeten. Om een relatie te leggen tussen de geluid- en textuurgegevens van stille wegdekken is een nieuwe analysemethode gebruikt. Hiervoor worden de textuurgegevens omgerekend naar een zogenaamde ENDT -waarde (Estimated Noise Difference due to Texture). Deze ENDT geeft het verwachte verschil in rolgeluidniveau als gevolg van een afwijking van de textuur ten opzichte van een referentiewegdek.

## **2. Het onderzoek**

### **Aanpak**

De textuur van het wegdek is rijdend (gelijktijdig met de CPX-meting) gemeten. Hierbij wordt met behulp van een laserhoogtemeter (zie figuur 3) een langprofiel gemaakt van het wegdek. De horizontale resolutie is afhankelijk van de rijsnelheid, maar is ten minste 2 samples per mm.

Om de koppeling tussen de geluid en de textuurmeting te kunnen maken moeten een aantal verschillen tussen de meetgegevens worden overbrugd:

- De geluidniveaus worden bepaald per wegvaklengte van 20 m, terwijl bij de textuurmeting het hoogteprofiel bepaald wordt per 0,5 mm. De textuurgegevens moeten bewerkt worden naar een ééngetalswaarde per 20 m wegvaklengte.
- Met de klassieke textuurparameters MPD (Mean Profile Depth) en RMS (Root Mean Square) worden de geluideigenschappen van het wegdek niet afdoende beschreven. De

te bepalen textuurparameter moet een duidelijke relatie hebben met de akoestische prestatie van het wegdek

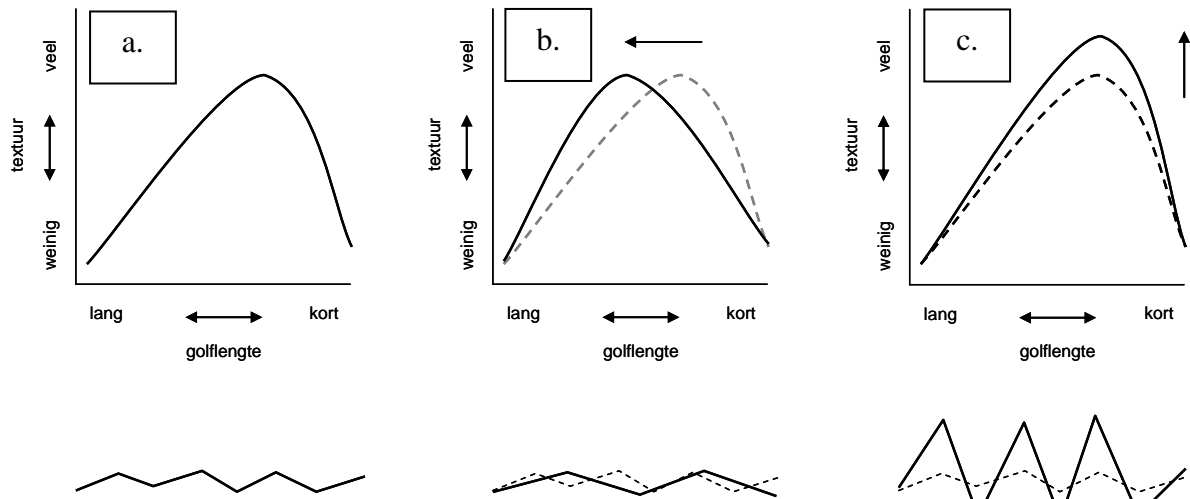


**Figuur 1 CPX-methode en textuurmeting**

### **Van hoogteprofiel naar een textuurspectrum**

In de praktijk is zo'n langsprofiel een combinatie van verschillende golflengte en –hoogten. De mate waarin een band in trilling wordt gebracht en waarbij dus veel of weinig geluid wordt geproduceerd, is met name afhankelijk van de textuurgolflengte. Om te weten in welke mate een wegdek een lawaaiige of stille textuur heeft wordt het textuurprofiel met behulp van een wiskundige ‘methode’, de Fourier-analyse, verdeeld over een reeks opeenvolgende golflengtebanden.

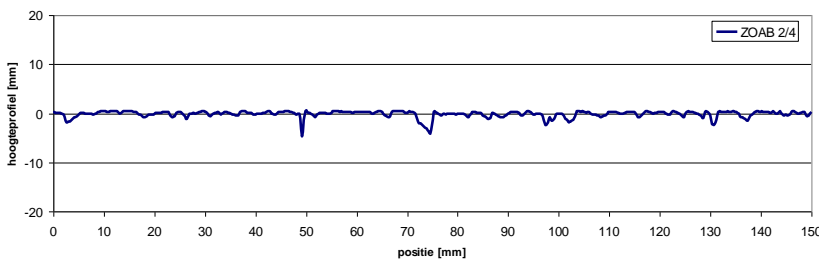
Dit textuurspectrum geeft voor een bepaalde wegvaklengte weer wat het aandeel is van de verschillende golflengtes. De piek van het spectrum geeft de dominante golflengte aan. Deze is bij wegdekken sterk gerelateerd aan de gradering (steengrootte). Voor een 0/5 mengsel zal de piek bij een golflengte rond de 8 mm liggen. De hoogte van het spectrum wordt bepaald door de hoeveelheid textuur. Hoe gladder het wegdek, hoe lager het spectrum. In figuur 2 is een schematische weergave van een textuurspectrum weergegeven. In de figuur is aangegeven wat het effect is van textuurveranderingen op het spectrum.



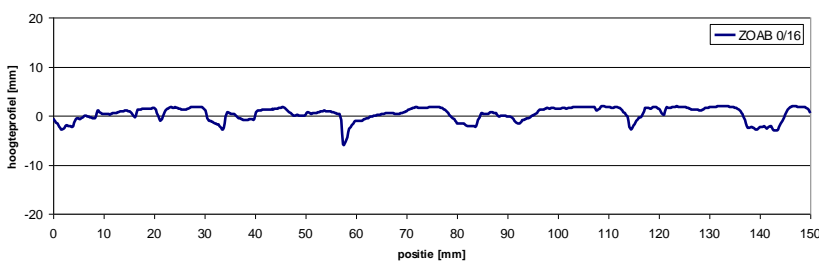
**Figuur 2** Schematische weergave van het textuurspectrum. a naar b: Bij een grotere golflengte (door bijv. een grovere gradering verschuift de piek naar links. b naar c: Wanneer de amplitude toeneemt (meer textuur), liggen de textuurwaarden van het spectrum toe.

De schematische weergave uit figuur 2 is aan de hand van twee ZOAB-wegdekken met verschillende graderingen duidelijk te illustreren. De verschillen tussen de 2/4 en 0/16 gradering zijn in het hoogteprofiel (a en b) duidelijk zichtbaar.

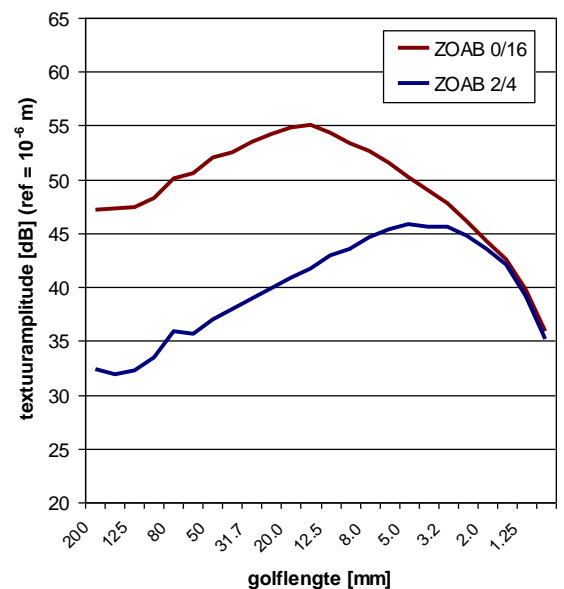
Van beide profielen is tevens het textuurspectrum weergegeven. ZOAB 0/16 heeft meer textuur en een langere golflengte. Dit is terug te zien in het spectrum. De piek ligt ten opzichte van ZOAB 2/4 hoger (meer textuur) en verder naar links (langere golflengtes).



**Figuur 3a** Textuurprofiel van een ZOAB 2/4



**Figuur 3b** Textuurprofiel van een ZOAB 0/16



**Figuur 3c** Het textuurspectrum van ZOAB 2/4 en 0/16.

## **Van een textuurspectrum naar een geluidwaarde**

Voor de analyse van deze textuurgegevens is het gemeten profiel opgesplitst in opeenvolgende secties van 20 meter lengte. Voor elke 20 m sectie is het textuurspectrum bepaald, ofwel het textuurniveau als functie van de golflengte in 1/3-octaaftanden, volgens ISO/DIS 13473-4. Dit spectrum is een maat voor de ruwheid van het wegdekoppervlak, uitgedrukt in decibel ten opzichte van 1  $\mu\text{m}$ .

De invloed van de textuurniveaus op het rolgeluidniveau is afhankelijk van de textuurgolflengte. Met andere woorden; de textuurniveaus zijn slechts binnen een bepaald golflengtegebied relevant voor het rolgeluid. Dit golflengtegebied ligt grofweg tussen de 100 en 20 mm. Buiten dit golflengtegebied is er nauwelijks een relatie tussen geluid- en textuurniveau.

Toepassen van een frequentieafhankelijke weging op het gemeten textuurspectrum van het onderzochte wegdek en de vergelijking met het spectrum van het referentiewegdek leidt tot de vaststelling van een ENDT (Estimated Noise Difference due to Texture). Deze ENDT geeft een schatting van het verschil in rolgeluidniveau als gevolg van een afwijking van het textuurspectrum ten opzichte van een referentiespectrum. Wanneer het textuurspectrum hoger ligt dan het referentiespectrum, dan zal de ENDT meer dan 0 dB(A) bedragen, wat weergeeft dat de rolgeluidniveaus voor deze locatie hoger zullen liggen dan gemiddeld. Ligt het textuurspectrum voor een bepaalde locatie juist lager dan de referentie, dan is de ENDT dus negatief.

### **3. *Onderzoek naar de afname van de geluidreductie***

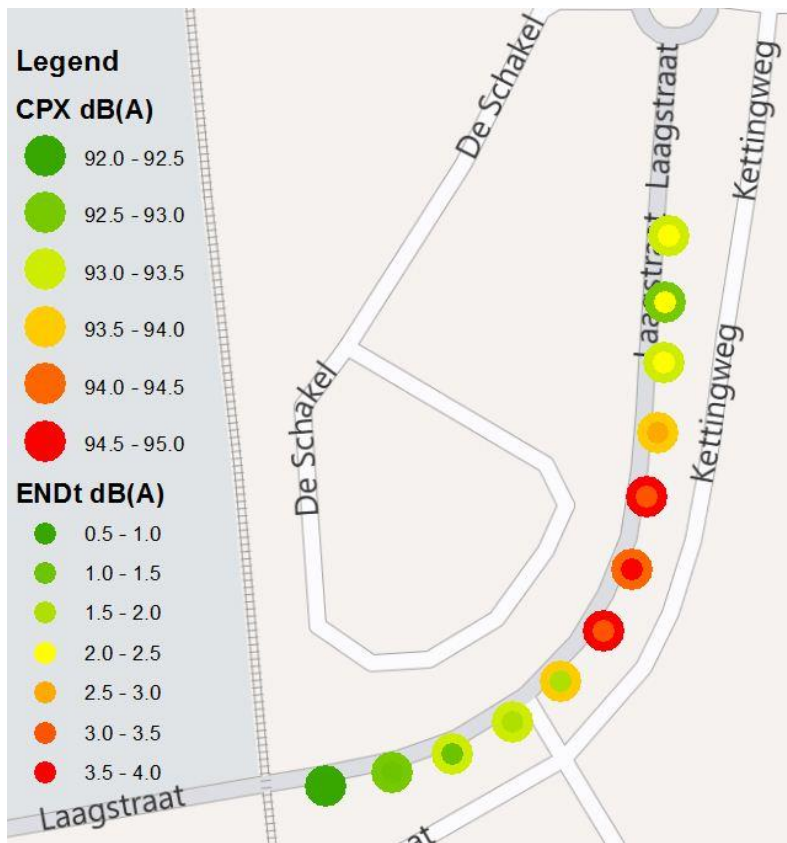
#### **Praktijktest: Laagstraat Vught**

Deze meet- en analysemethode is getest op een ‘oude’ dunne geluidreducerende deklaag. Op de Laagstraat in Vught ligt een stil wegdek wat in het kader van de subsidieregeling stille wegdekken (SSW) is aangelegd. Het wegdek is inmiddels acht jaar oud en heeft een groot deel van de oorspronkelijke geluidreducerende eigenschappen verloren. Op delen van het wegvak is sprake van rafeling. In het kader van het monitoringsprogramma van SSW is recent een CPX-meting uitgevoerd. Om na te gaan of de afname van de geluidreductie toegeschreven kan worden aan de veranderingen in oppervlaktetextuur is tevens een textuurmeting gedaan.

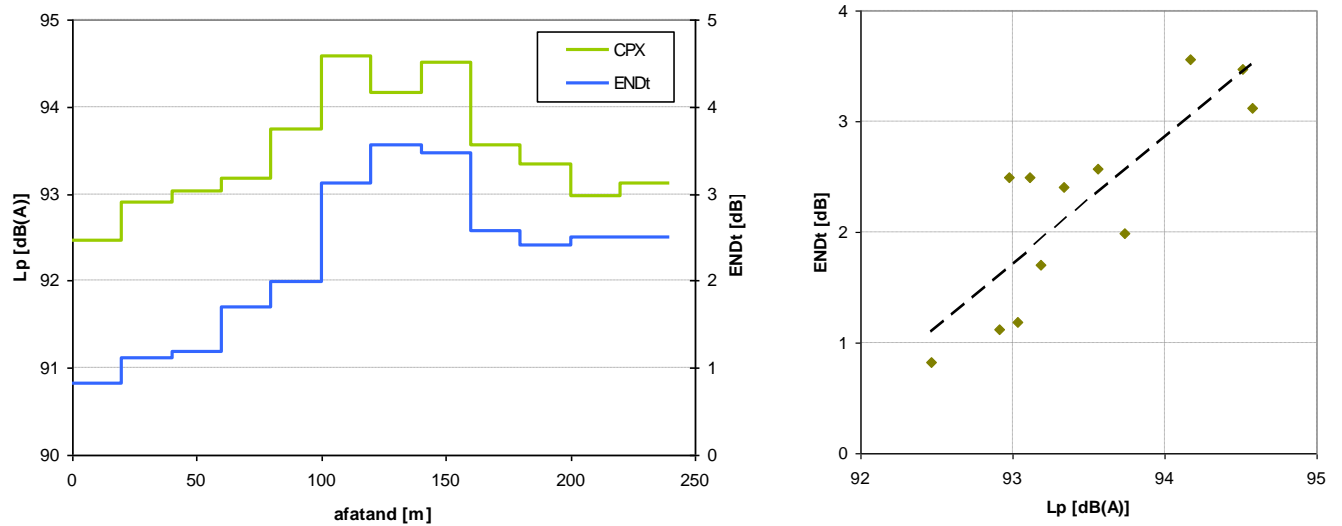


**Figuur 4 Rafeling op de oude dunne geluidreducerende deklaag**

In figuur 5 zijn de CPX- en ENDT -waarden per 20m wegvaklengte weergegeven. Uit de figuur blijkt dat er een verband is tussen de CPX- en ENDT waarde. De hogere geluidniveaus binnen het wegvak kunnen verklaard worden aan de hand van de textuurgegevens. Uit een visuele beoordeling van het wegvak blijkt dat op de 20m wegvakken met hoge geluidniveaus en een hoge ENDT rafeling in grote omvang is opgetreden. De 20m wegvakken met relatief betere akoestische eigenschappen laten veel minder rafeling zien.



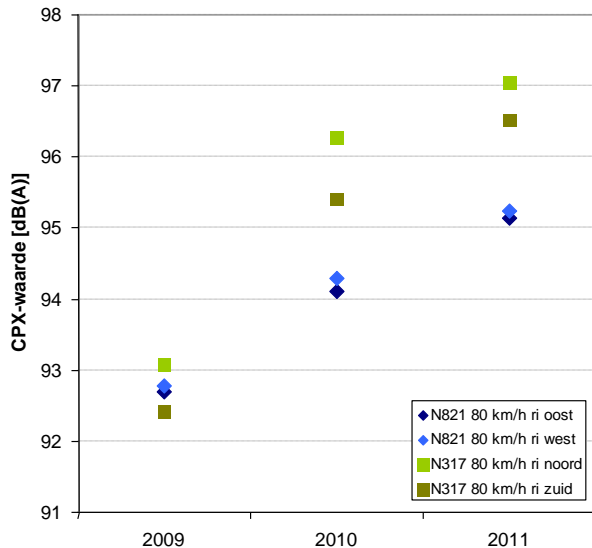
**Figuur 5** Geografisch weergave van het gemeten geluidsniveau en de op basis van de textuurmeting voorspelde toename van het geluidsniveau (ENDt)



**Figuur 6** (links) CPX- en ENDt waarde uitgezet tegen de afstand per 20 m. (rechts) het verband tussen CPX- en ENDt -waarden.

## Onderzoek aan twee wegvakken in Gelderland

De twee te onderzoeken geluidreducerende wegdekken zijn aangelegd op wegen bij Ulft (N 317) en Barchem (N821) welke in beheer zijn bij de provincie Gelderland. De akoestische eigenschappen zijn bij oplevering en na twee jaar gemeten. De gemeten afname van de geluidreducerende eigenschappen en de verschillen in de resultaten, geven aanleiding voor nader onderzoek.

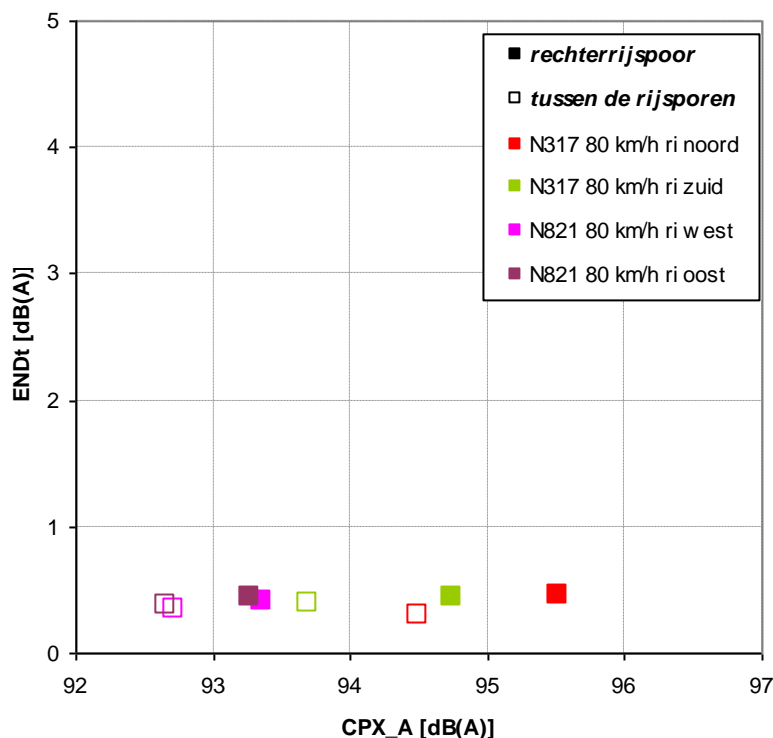


**Figuur 7** CPX-resultaten van de metingen op de N317 bij Ulft en de N821 bij Barchem.

Om na te gaan welke wegdekeigenschappen hebben geleid tot de afname van de geluidreductie is besloten de oppervlaktetextuur te meten. Op de wegvakken is een gecombineerde CPX/textuur-meting uitgevoerd. Per 20 m wegvaklengte is zowel een CPX-waarde als een ENDT -waarde bepaald.

De metingen op de twee wegvakken zijn zowel in het rechter rijspoor als tussen de rijsporen uitgevoerd. Om na te gaan of er een verband is tussen textuur (ENDT) en het geluidniveau zijn de gemeten CPX-waarden en de berekende ENDT waarden tegen elkaar uitgezet in een spreidingsdiagram (zie figuur). Uit de figuur blijkt dat de variatie in CPX-waarden niet terug te vinden is in een gelijke variatie in de ENDT -waarde. Hieruit kan worden afgeleid dat de verschillen in de akoestische eigenschappen op de N317 en N821 niet kunnen worden verklaard door verschillen in oppervlaktetextuur.





*Spreidingsdiagram CPX- en ENDT - waarden in het rechterrijspoor en tussen de rijsporen op de N317 bij Ulft en de N821 bij Barchem*

#### 4. Conclusies

Op wegvakken waar textuur een relevante parameter is voor de akoestische eigenschappen blijkt dit ook uit de bepaling van de ENDT -waarde. Het koppelen van de textuurgegevens aan de geluidgegevens door middel van de ENDT kan in die gevallen een goed instrument voor onderzoek aan stille wegdekken. In situaties waar geen rafeling optreedt of weinig variatie zit in de textuureigenschappen van het wegdek biedt de ENDT geen verklaring voor de variatie in akoestische eigenschappen.

#### 5. Literatuur

- [1] ISO/CD 11819-2, “ Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The Close-Proximity (CPX) method”, 12-03-2011;ISO-CPX;
- [2] WG42TT group, Acoustics – Specification of test tracks for the purpose of measuring noise emitted by road vehicles and their tyres – Annex A: Calculation of the Expected pass-by Noise level Difference from Texture level variation of road surface (ENDT), ISO/TC43/SC1/WG42TTN257, 20-08-2009;

- [3] P. Klein, J-F. Hamet, Expected pass-by Noise level Difference from Texture level variation of the road surface, EU 5th framework project SILVIA, report no. SILVIA-INRETS-021-00-WP2-25/05/05;
- [4] ‘Characterization of pavement texture by using surface profiles – Part 4: Spectral analysis of texture profiles’, ISO/DIS 13473-4;text ISO;
- [5] ‘Verandering van geluideigenschappen van ZSA-SD (N317 Ulft, N821 Barchem)’, M+P.KWS.11.03.1, 19 december 2011.