

# Akoestische achteruitgang stille wegdekken afhankelijk van verkeersintensiteit!!

Christiaan Tollenaar  
*M+P*

Leo Visser  
*Provincie Noord-Holland*

## Samenvatting

Dat stil asfalt na verloop van tijd steeds meer van de initiële geluidreductie kwijtraakt, is bekend. Deze akoestische achteruitgang is verwerkt in de meest recente aanpassing van de Cwegdek procedure (Cwegdek = Cinitieel + Ctijd). Opmerkelijk is dat de oorzaak van de achteruitgang nog niet volledig is verklaard.

Uit geluidmetingen aan dunne geluidreducerende deklagen (DGD) in provincie Noord-Holland bleek, dat op een aantal druk bereden wegvakken opvallend lagere geluidreducties gemeten zijn dan op basis van de leeftijd verwacht mag worden. Om na te gaan of de verkeersintensiteit een relevante invloedsfactor is voor de akoestische achteruitgang van DGD is nader onderzoek uitgevoerd.

Het traditionele model, dat de akoestische achteruitgang van stille wegdekken beschrijft, houdt alleen rekening met de leeftijd van het wegvak. Dit onderzoek bevestigt, dat met de parameter 'leeftijd' het grootste deel van de akoestische achteruitgang verklaard kan worden. Daarnaast blijkt dat met de parameter 'verkeersintensiteit van zware motorvoertuigen' een significant extra deel van de akoestische achteruitgang verklaard kan worden.

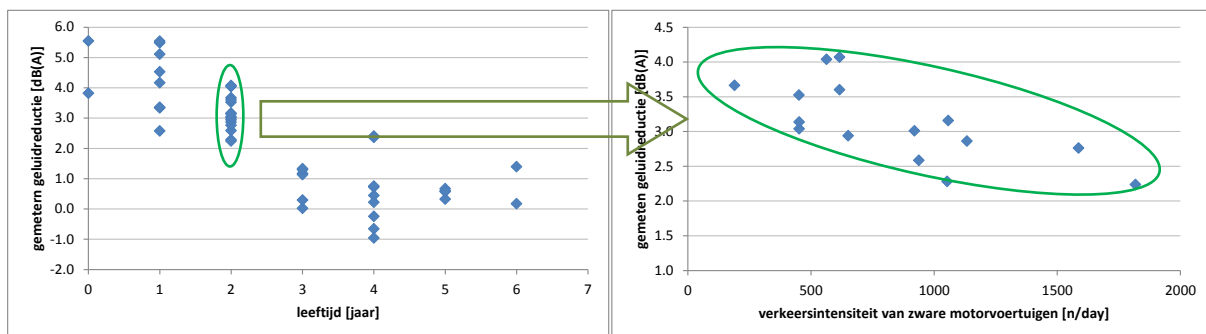
Het model blijkt door de toevoeging van de parameter 'verkeersintensiteit' 15% te kunnen worden verbeterd. Met het verbeterde model hebben wegbeheerders en beleidsmakers een beter instrument in handen voor het plannen van beheer en onderhoud en het maken van kosten baten analyses. Daarnaast kan het zinvol zijn om op intensief bereden wegvakken voor een asfaltmengsel te kiezen wat minder gevoelig is voor zware verkeersbelasting.

## 1. Inleiding

### Aanleiding en achtergrond

Op het provinciale wegennet van Noord-Holland zijn sinds 2008 ongeveer 50 wegvakken (ca. 81 km) voorzien van dunne geluidreducerende deklagen (DGD). Voor alle wegvakken gold bij oplevering een geluideis van 4,0 dB(A) voor lichte motorvoertuigen. Uit metingen, die M+P in de zomer van 2012 heeft uitgevoerd, blijkt dat een aantal wegvakken akoestisch slechter presteert dan verwacht. Om de oorzaak te vinden is een analyse uitgevoerd waarbij onder andere gekeken is naar leeftijd en de verkeersintensiteit per wegvak (zie figuur 1). Naar aanleiding van de analyse zijn onder andere de volgende conclusies geformuleerd:

- De toename van het wegverkeerslawaai als gevolg van het verouderen van het asfalt verloopt sneller dan verwacht mag worden op basis van eerder uitgevoerd onderzoek;
- Opvallend is dat (bijvoorbeeld) twee jaar oude wegvakken met een hoge verkeersintensiteit van zware motorvoertuigen een relatief lagere geluidreductie laten zien (zie figuur 1).



*Figuur 1 Resultaat van de analyse van geluidmeetresultaten uit 2012. Geluidreductie als functie van leeftijd van het vak (links) en geluidreductie van twee jaar oude vakken als functie van voertuigintensiteit (rechts)*

Het idee, dat de verkeersintensiteit invloed kan hebben op de akoestische achteruitgang van wegdekken, is op zich niet nieuw [1,2], maar is niet eerder uit meetresultaten duidelijk naar voren gekomen. Wanneer in ogenschouw genomen wordt dat de verkeersintensiteit op het provinciale wegennet in Noord-Holland fors hoger is dan op het wegennet van de meeste andere provincies dan kan dat mogelijk verklaren waarom de gemeten geluidreducties onder het landelijke gemiddelde lagen.

### Onderzoeksvraag

Om vast te kunnen stellen of de parameter ‘verkeersintensiteit’ een significante rol speelt bij de akoestische achteruitgang van DGD is aanvullend onderzoek uitgevoerd. De onderzoeksvraag is als volgt geformuleerd: Is het gebruik van de weg van significante invloed op de akoestische veroudering van DGD?

## **Aanpak**

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is een aantal stappen doorlopen. Er is een voorspellingsmodel voor de akoestische achteruitgang van DGD in Noord-Holland bepaald op basis van leeftijdsinformatie van de wegvakken. Vervolgens is onderzocht of het model verbeterd kon worden met extra variabelen (verkeersintensiteit voor lichte en zware motorvoertuigen). Met een statistische analysemethode is bepaald welke variabelen een significante bijdrage leveren aan het verbeterde model. Als verkeersintensiteit significant bijdraagt kan de onderzoeksvraag positief worden beantwoord.

## **Afbakening**

Het onderzoek beperkt zicht tot meetresultaten aan DGD op provinciale wegen in Noord-Holland bij 80 km/h. Alle wegvakken waarop in 2012 een geluidmeting is uitgevoerd en waarvan aanlegjaar en verkeersintensiteit bekend zijn, zijn meegenomen in het onderzoek. Het betreft 46 wegvakken waarvan de geluidreductie voor lichte motorvoertuigen is gemeten. Er zijn geen opleveringsmetingen uitgevoerd. Er zijn daardoor geen initiële geluidreducties beschikbaar. Alle geluidreducties zijn berekend conform het Reken- en Meetvoorschrift Geluidhinder 2006 (Rmg 2006). De verkeersgegevens komen uit het verkeersmonitoringssysteem van de provincie. Voor het onderzoek zijn de jaargemiddelde weekdagintensiteiten uit 2009 gebruikt.

## **2. Theoretisch kader: akoestische veroudering van stil asfalt en het gebruik van de weg**

Dat stil asfalt na verloop van tijd steeds meer van de initiële geluidreductie kwijtraakt, is algemeen bekend. Deze akoestische achteruitgang van 0,5 à 1 dB per jaar voor dunne geluidreducerende deklagen (DGD) is meegenomen in de meest recente aanpassing van de Cwegdek procedure (Cwegdek = Cinitieel + Ctijd) [3].

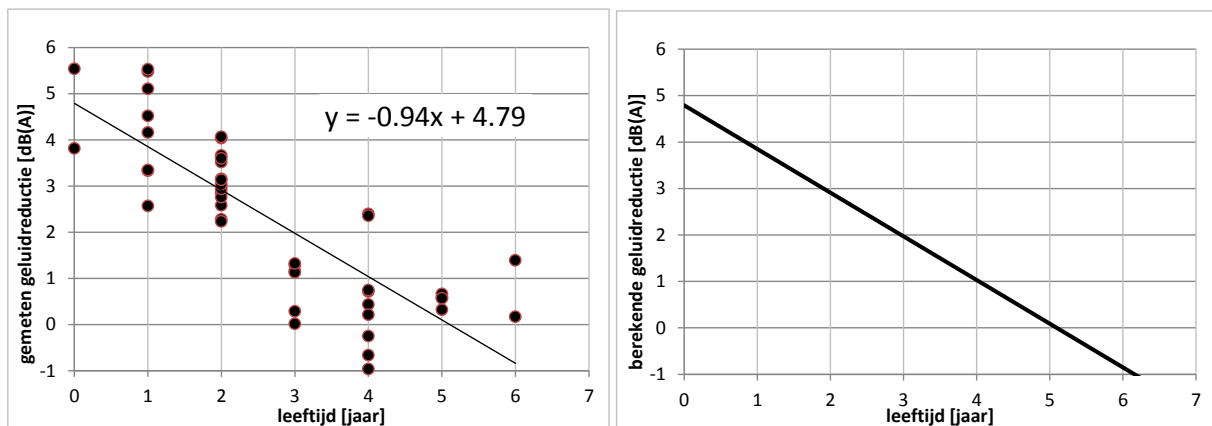
Opmerkelijk is, dat de oorzaak van de achteruitgang nog niet geheel is verklaard. Fysisch gezien kunnen we wel het één en ander verklaren. Bij rafelende wegdekken verandert de oppervlaktetextuur waardoor de akoestische eigenschappen veranderen. Bij niet gerafelde wegdekken blijken de geluidabsorberende eigenschappen na verloop van tijd af te nemen waardoor de geluidreductie verdwijnt. ‘Vervuiling’ wordt vaak genoemd als mogelijke oorzaak voor de afname van de geluidabsorberende eigenschappen.

In de literatuur over band/wegdekgeluid [1] valt te lezen dat de afname van de geluidabsorberende eigenschappen mogelijk verband heeft met de belasting van het wegdek door zwaar vrachtverkeer. De ‘naverdichtende werking’ wordt in dit verband genoemd als oorzaak voor de afname van het percentage holle ruimte en daaruit volgende afname van absorberende en geluidreducerende eigenschappen

In een Deens/Amerikaans onderzoek uit 2010 [2] wordt deze theorie voor het eerst onderbouwd aan de hand van meetresultaten. Helaas kon in deze studie slechts van een beperkt aantal meetlocaties gebruik gemaakt worden. Aanbevolen werd om dit effect nader te onderzoeken.

### 3. Analysemethode

Het reguliere model, waarmee de akoestische achteruitgang van DGD beschreven wordt, is enkel gebaseerd op leeftijdsinformatie van het wegvak [3]. Met het model kan de akoestische veroudering van een wegvak aan de hand van de leeftijd geschat worden. De coëfficiënten van een dergelijk model volgen uit regressieanalyse op een dataset met wegvakken waarvan de geluidreductie bepaald is en de leeftijd bekend is (zie figuur 2).



*Figuur 2 Regressieanalyse op meetresultaten met informatie over de leeftijd van de wegvakken (links) en rechts het daaruit afgeleide voorspellingsmodel voor de akoestische veroudering van dit wegdektype (berekende geluidreductie =  $-0,94 \times \text{leeftijd} + 4,49$ )*

Een (multivariabele) regressieanalyse kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. In dit onderzoek wordt ANOVA (Analysis Of variance) gebruikt. ANOVA [5] is een hulpmiddel c.q. toetsingsprocedure waarmee verschillende statistische gegevens worden berekend. Met die gegevens is het mogelijk om te bepalen welke ingevoerde parameters (leeftijd, verkeersintensiteiten, etc.) relevant zijn voor de regressieanalyse en daarmee ook een significante bijdrage leveren aan het model.

Uitgebreide ANOVA-berekeningen worden gewoonlijk met specifieke software uitgevoerd. Eenvoudige berekeningen, zoals gebruikt in dit onderzoek, kunnen ook met spreadsheetprogramma's als MS-Excel worden uitgevoerd. De belangrijkste resultaten uit de (ANOVA)-berekeningen, die voor deze analyse worden gedaan, zijn naast de coëfficiënten van het model, de ' $R^2$ ' en de 'p-waarde'. De  $R^2$  of 'determinatie coëfficiënt' geeft het percentage verklaarde variantie weer. De p-waarde geeft per onafhankelijke variabele aan of deze significant bijdraagt aan model. Variabelen met een p-waarde kleiner dan 0,05 worden als significant beschouwd. De variabelen met de kleinste p-waarden hebben het grootste verklarende vermogen.

Door de met het model berekende resultaten uit te zetten tegen de gemeten resultaten wordt de kwaliteit van het model zichtbaar. Hoe dichter de  $R^2$  bij 1 (100%) ligt, hoe dichter de berekende waarden bij de gemeten waarden liggen. De p-waarde wordt in dit onderzoek gebruikt om te bepalen of de verschillende parameters voor 'verkeersintensiteit' een significante bijdrage leveren voor het voorspellingsmodel van de akoestische achteruitgang van DGD.

## 4. Resultaat

### Standaard model

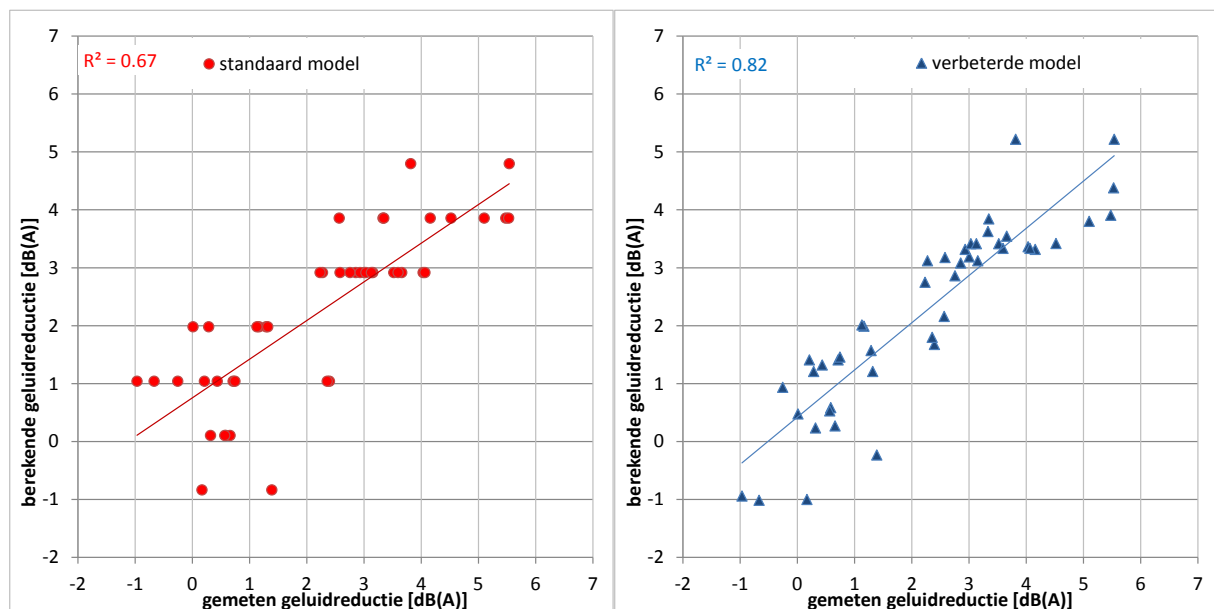
Voor de bepaling van het standaard verouderingsmodel van DGD op het provinciale wegennet van Noord-Holland zijn 46 wegvakken beschikbaar. Er is een regressieanalyse uitgevoerd op een dataset met gemeten geluidreducties met als variabele de leeftijd van het wegvak. Op basis van het gevonden model zijn voor deze wegvakken geluidreducties berekend. Door de berekende geluidreducties uit te zetten tegen de gemeten reducties wordt duidelijk wat de kwaliteit van het model is (figuur 3). Het model heeft een  $R^2$  van 0,67. Dat wil zeggen dat het model 67% van de variantie verklaart.

### Verbeterde model

Voor de verbetering van het model zijn van de 46 wegvakken verkeersgegevens toegevoegd. Er zijn etmaalgegevens voor lichte- en zware motorvoertuigen bekend.

Uit de ANOVA-berekening met de variabelen 'leeftijd', 'verkeersintensiteit zware motorvoertuigen' en 'verkeersintensiteit lichte motorvoertuigen' blijkt dat de variabele 'verkeersintensiteit lichte motorvoertuigen' een p-waarde heeft van 0,5. Deze variabele draagt niet significant bij aan het model. De p-waarde van de variabele 'verkeersintensiteit zware motorvoertuigen' blijkt wel aan het criterium ( $<0,05$ ) te voldoen.

Na herhaling van de ANOVA-berekening met de variabelen 'leeftijd' en 'verkeersintensiteit zware motorvoertuigen' is het verbeterde model bepaald. Opnieuw zijn voor de 46 wegvakken geluidreducties berekend en uitgezet tegen de gemeten geluidreducties (figuur 3). Het verbeterde model laat met een  $R^2$  van 0,82 een verbetering van 15% zien ten opzichte van het standaard model.



*Figuur 3 Weergave van de voorspellende kwaliteit van de modellen: berekende geluidreducties uitgezet tegen de gemeten geluidreducties. In de linker figuur de met het standaard model berekende geluidreducties uitgezet tegen de gemeten geluidreducties en rechts het rekenresultaat van het verbeterde model uitgezet tegen de gemeten geluidreducties.*

Uit de resultaten van de ANOVA-berekening blijkt dat met de variabele ‘leeftijd’ het grootste deel van de akoestische achteruitgang verklaard kan worden. De variabele ‘voertuigintensiteit’ van zware motorvoertuigen blijkt echter ook een significant verklarend vermogen te hebben.

## **5. Conclusies, aanbevelingen en discussie**

### **Conclusies**

Uit de statistische analyse volgt, dat naast leeftijd van het asfalt, ook de intensiteit van zware motorvoertuigen een relevante parameter is voor de akoestische veroudering van de weg. De aanwijzing uit het vooronderzoek dat de afname van de geluidreductie van DGD voor lichte motorvoertuigen ook afhankelijk is van het gebruik van de weg is daarmee statistisch onderbouwd.

### **Aanbevelingen**

Voor wegbeheerders geeft dit inzicht de mogelijkheid om locatie specifiek te plannen op onderhoud. Bij het maken van afspraken tussen opdrachtgever en leverancier van stil asfalt is deze locatie specifieke benadering wellicht ook van belang.

Een andere aanpak kan zijn dat op wegvakken met een hoge verkeersintensiteit voor alternatieve asfalmengsels wordt gekozen.

### **Discussie**

Niet eerder hadden we de beschikking over een grote hoeveelheid metingen aan DGD op provinciale wegen, die zo druk bereden worden als die in Noord-Holland (factor 10 hogere intensiteiten dan in bijvoorbeeld provincie Gelderland). Het is niet ondenkbaar, dat het effect van het gebruik van de weg bij wegen met een veel lagere verkeersintensiteit beperkt is.

M+P heeft naar aanleiding van de in dit artikel beschreven bevindingen ook enkele analyses uitgevoerd op meetresultaten aan Provinciale wegen in Zuid-Holland en het Rijkswegennet. Van de wegen in Zuid-Holland waren geen verkeersgegevens beschikbaar. Uit de monitoring aan een aantal tweestrooks wegen blijkt echter dat de rechter rijstrook akoestisch sneller veroudert dan de linker. Een verklaring door het intensievere gebruik van de rechterrijstrook door zware motorvoertuigen is hier wellicht mogelijk.

Uit een eerste analyse van gegevens van tweelaags ZOAB op rijkswegen blijkt dat ook daar een verband wordt gevonden tussen verkeersintensiteit en de akoestische veroudering van het wegdek. Verder blijkt dat de variabele ‘initiële geluidreductie’ hier het model nog verder kan verbeteren.

Aanbevolen wordt om te onderzoeken voor welke wegdektypes het gebruik van de weg van invloed is op de akoestische levensduur. Gelijktijdig moet vastgesteld worden vanaf welke voertuigintensiteit rekening gehouden moet worden met dit effect.

## **6. Referenties**

- [1] Tyre/Road Noise Reference Book. Ulf Sandberg and Jerzy A. Ejsmont. INFORMEX 2002.  
See: <http://www.informex.info/>;
- [2] H. Bendtsen, Q. Lu, and E. Kohler, “Acoustic Aging of Asphalt Pavements: A Californian/Danish Comparison”, may 2010, Reprint Report UCPRC-RP-2010-01;
- [3] ‘De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer 2012’, CROW-publicatie 316, Ede, September 2012;
- [4] website stillerverkeer.nl;
- [5] T.H. Wonnacott, R.J. Wonnacott, ‘Introductory Statistics 5<sup>th</sup> ed.’, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1990.