

Aanvullende analyses stroefheid voorspellend model

Auteur **Jan Telman**
Datum **30 december 2020**
Referentie **RAP/20xxx/Tmn**
Project nummer **CQM1460**

Samenvatting

Dit document beschrijft de resultaten van aanvullend onderzoek naar het stroefheidvoorspellend model.

Het stroefheidvoorspellend model is oorspronkelijk geformuleerd als $STR_t = a + b \times {}^{10}\log(I_t/365)$. Hierin is STR_t de stroefheid van een hectometervak bij een leeftijd van t jaar. I_t is de cumulatieve intensiteit gemeten tot t jaar, in miljoen voertuigpassages.

Op dit model zijn in het verleden al analyses uitgevoerd, waarvan de resultaten zijn samengevat in hoofdstuk 1. De gevolgdde aanpak van het aanvullende onderzoek is beschreven in hoofdstuk 2.

In dit onderzoek zijn analyses uitgevoerd afzonderlijk voor hectometervakken op de buitenste en op de niet-buitenste rijstrook. Als restrictie is gehanteerd dat alleen data bij een leeftijd vanaf 2 jaar zijn meegenomen en alleen op de hoofdrijbanen (dus niet op de verbindingswegen). Verder zijn alleen metingen meegenomen bij een hogere snelheid: 70 km/u bij RAW proef 72 (RAW070) en 80 km/u bij SWF (SWF080). In dit rapport zijn de resultaten altijd bepaald voor de SWF080 metingen. Meetwaarden met RAW070 zijn omgerekend naar SWF080 volgens de bekende conversieformules voor open en dichte deklagen. Verder is een seizoenscorrectie op die SWF080 metingen gehanteerd.

Voor het berekenen van de cumulatieve intensiteit is per hectometervak eerst de gemiddelde etmaalintensiteit I_{mean} gedurende de levensduur berekend op basis van de beschikbare gegevens. Het stroefheidvoorspellend model kan vervolgens worden herschreven als

$$STR_t = a_i + b \times {}^{10}\log(L_t \times I_{mean} \times 10^{-6}).$$

Hierin is b de gemeenschappelijke helling voor een groep hectometervakken, waarbij de groep wordt bepaald door hectometervakken met hetzelfde deklaagtype. Het intercept a_i is het stroefheidsniveau bij een cumulatieve intensiteit van 10^6 voertuigpassages en dit intercept kan variëren over de hectometervakken.

Via de methodiek van een gegeneraliseerd lineair model is per deklaag de helling b geschat en het gemiddelde en de standaardafwijking (tussen hectometervakken) van het intercept a_i .

Tenslotte zijn in hoofdstuk 2 uitdrukkingen afgeleid voor de berekening van de levensduur per hectometervak, in termen van (rest)levensduur in jaren en totaal aantal voertuigpassages tot overschrijding van de stroefheidsnorm.

Een van de onderzoeksvragen was of het mogelijk is om deklagen te combineren in één voorspellend model. In hoofdstuk 2 is de relatie aangegeven tussen de maximaal toe te laten verandering in helling van het model onder de eis dat de voorspelde levensduur niet meer dan 1 jaar mag afwijken na combinatie van deklagen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de aanvullende analyses.

Als eerste stap zijn de modellen gefit per deklaag, afzonderlijk voor de buitenste en niet-buitenste rijstrook. Alle modelparameters per deklaag zijn in tabellen vermeld. De belangrijkste parameter is de helling b .

De hellingen variëren over de deklagen. Voor de open deklagen zijn de hellingen in het algemeen steiler (sterker negatief) dan voor de dichte deklagen. Opvallend is dat voor de niet-buitenste strook voor DAB en SMA onrealistische positieve hellingen werden gevonden. Dit is ook in het voorgaande



onderzoek onderkend, maar er is toen geen verklaring voor gevonden. De oorzaak ligt in elk geval niet aan de conversie tussen RAW en SWF. Ook voor alleen RAW metingen over M13 t/m M17 werden vakken gevonden met een oplopende stroefheid.

Vervolgens zijn de voorspelde levensduren per hectometervak berekend. Inzicht in de verdeling van levensduren is verkregen in de vorm van grafieken met een cumulatieve verdeling van levensduren. Hierbij bleek dat op de buitenste rijstrook met name voor DAB, DGD, SMA en ZOABTW voor veel hectometervakken een extreem hoge levensduren werd gevonden. Dit verschijnsel is ook in het TNO-onderzoek van 2013 al waargenomen en is te verklaren uit een flauwe helling in stroefheidsontwikkeling in combinatie met meetwaarden die nog ver van de normwaarde aflaggen. Door de voorspelde levensduur te vermenigvuldigen met de gemiddelde intensiteit is per hectometervak het totaal aantal voertuigpassages tot overschrijding van de stroefheidsnorm berekend.

Onderzocht is vervolgens welke hectometervakken beter of minder goed presteren in relatie tot stroefheid. Daarbij zijn de volgende criteria gesteld:

- Goed presterende wegvakken zijn vakken waarvoor het totaal aantal voertuigpassages gedurende de levensduur de 450 miljoen overschrijdt.
- Slecht presterende wegvakken zijn wegvakken die binnen de garantietermijn (5 jaar voor ZOABTW en 7 jaar voor overige deklagen) onder de normwaarde voor de stroefheid komen.

Voor de buitenste rijstrook geldt:

- 90 tot 98% van de hectometervakken haalt de garantietermijn voor de leeftijd.
- De percentages van vakken die de norm 450 miljoen voertuigpassages halen is i.h.a. lager (49 – 96%). Opvallend is dat voor ZOAB+ dit percentage heel laag is (9%), mogelijk ten gevolge van de vrij sterke helling -0,1825 in combinatie met een wat lagere intensiteit in vergelijking met ZOAB en ZOABTW.

Interessant is welke (2 tot 10%) hectometervakken de garantietermijn niet halen. Hierbij moet worden gelet op secties met meerdere aansluitende hectometervakken, dus niet op geïsoleerde hectometervakken om conclusies niet te baseren op uitzonderingen of meetfouten. Deze secties kunnen eenvoudig worden geselecteerd via de daarvoor voorgeprogrammeerde draaitabel in het bestand "levensduren en totale intensiteit per hmvak.xlsx".

Anderzijds zijn de hectometervakken interessant die de normwaarde van 450 miljoen voertuigpassages halen. Dit zijn er beduidend meer, en zijn ook weer te selecteren met een daarvoor opgezette afzonderlijke draaitabel in genoemd Excel bestand.

Tenslotte is nog onderzocht of het mogelijk is om deklagen samen te voegen in één gecombineerd bestand. Het hierbij gehanteerde criterium is dat na combinatie de voorspelde levensduur voor een hectometervak niet meer dan 1 jaar mag veranderen (bij een restlevensduur lager dan 5 jaar). Dit bleek zeer beperkt mogelijk. Op de buitenste rijstrook geldt dit alleen voor ZOAB en ZOABTW, op de niet-buitenste rijstrook alleen voor ZOAB en ZOAB+.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat geen zinvolle vereenvoudiging kan worden bereikt door het samenvoegen van deklagen, en dat dus het best met modellen per deklaag kan worden gewerkt.

1. Historie

1.1 Model voor het verloop in de stroefheid in relatie tot de cumulatieve verkeersintensiteit

In het verleden is voor het verloop van de stroefheid tegen de cumulatieve intensiteit het volgende model opgesteld:

$$STR_t = a + b \times {}^{10}\log(I_t/365) \quad \text{model (1)}$$

Hierin is STR_t de stroefheid van een hectometervak bij een leeftijd van t jaar. I_t is de cumulatieve intensiteit gemeten tot t jaar, in miljoen voertuigpassages.

1.2 Eerder onderzoek

In een eerste onderzoek¹ is model (1) gefit op een beperkte dataset met stroefheidsmetingen volgens RAW proef 72, bij 70 km/u. De analyse is destijds uitgevoerd op 8.317 records voor DAB en 26.175 records voor ZOAB met in het algemeen 1 a 2 metingen per hectometervak over de periode 2000 t/m 2007.

Bij de berekening van de modelcoëfficiënten a en b is destijds de volgende aanpak gevolgd (afzonderlijk voor DAB en ZOAB). Eerst zijn de datarecords gesorteerd naar oplopende levensduur (cumulatieve intensiteit) en vervolgens verdeeld over 20 klassen met evenveel datapunten.

Per levensduurklasse zijn berekend:

- X = de gemiddelde waarde voor de $10\log$ van de cumulatieve intensiteiten.
- Y = de gemiddelde stroefheid.
- s_Y = de standaardafwijking van de stroefheid binnen elke klasse.

Op de 20 klasse-gemiddelden is vervolgens het model $Y = a + b \times X$ gefit. Bovendien is de gemiddelde standaardafwijking s_{STR} over de s_Y van de verschillende klassen berekend.

deklaag	a	b	s_STR
ZOAB	0,470	-0,0845	0,0346
DAB	0,481	-0,0384	0,0436

Tabel 1. Coëfficiënten stroefheidsverloop (onderzoek 2013 voor RAW070).

In een vervolgonderzoek² is het stroefheidsvoorspellend model (1) gefit op de meetgegevens van de stroefheid en intensiteiten over de producties M13 t/m M19. Dit bood de mogelijkheid om de modelcoëfficiënten voor veel meer verschillende deklagen te berekenen. Bovendien zijn er per hectometervak veel meer meetgeneraties beschikbaar. Maximaal is een hectometervak 7 maal gemeten, maar in de

¹ TNO Notitie "Verloop stroefheid in relatie met aantal voertuigpassages en seizoen", G.B. Derksen, 4 maart 2013.

² Validatie stroefheidsvoorspellend model, Jan Telman, Q-Consult, 16 juli 2020



praktijk wordt dit niet altijd gehaald bijvoorbeeld omdat een hectometervak wordt onderhouden gedurende de onderzoeksperiode. Gemiddeld zijn er per hectometervak 3 metingen met RAW070 beschikbaar en 1 a 2 met SWF080.

De uitgebreidere meetset stelde de volgende uitdagingen:

- Hectometervakken kunnen op de buitenste of niet-buitenste rijstrook liggen; hiervoor is onderscheid gemaakt in de analyses.
- Metingen zijn verzameld met verschillende meetmethoden; hiervoor is conversie toegepast om de RAW070 metingen om te rekenen naar SWF080.
- Metingen worden verzameld op verschillende momenten in het jaar; hiervoor is een seizoenscorrectie toegepast.
- Metingen van eenzelfde hectometervak horen bij elkaar; hiervoor is de analysemethode aangepast en is een gegeneraliseerd lineair model gehanteerd.
- Er ontstaan veel modellen, namelijk per deklaag afzonderlijk en afzonderlijk per strook (buitenste / niet-buitenste); het is wenselijk om na te gaan of dit kan worden vereenvoudigd.

De gevolgde aanpak en gedetailleerde resultaten zijn vastgelegd in genoemde rapportage. De daarbij gevonden model coëfficiënten zijn weergegeven in de tabellen van Bijlage 1.

1.3 Vervolgonderzoek

In deze rapportage zijn de laatstgenoemde analyses op M13 t/m M19 nog eens herhaald, waarbij tevens is nagegaan in hoeverre het mogelijk is om het aantal modellen te reduceren door samenvoeging van deklagen.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de methodiek, met een beschrijving van:

- De gehanteerde restrictie op de in de analyse meegenomen meetwaarden.
- De conversie tussen RAW070 en SWF080 metingen.
- De correctie voor een eventueel seizoenseffect.
- De formulering van het stroefheidvoorspellend model in relatie tot de dagelijkse verkeersintensiteit.
- De berekening van de gemiddelde intensiteit.
- De statistische analysemethode volgens het gegeneraliseerde lineaire model.
- De berekening van de levensduur per hectometervak.
- Criteria voor samenvoeging van modellen.
- Criteria voor goed en slecht presterende vakken.

Hoofdstuk 3 geeft de resultaten, eerst per deklaag afzonderlijk en vervolgens na samenvoeging. Onderzocht is in welke mate het mogelijk is om deklagen te combineren in één model, zonder dat dit grote verschillen geeft in de berekende (rest)levensduur. Bovendien is aangegeven op welke wijze het mogelijk is om hectometervakken te selecteren die aanzienlijk beter of slechter presteren dan gemiddeld.



2. Methodiek van de analyses

2.1 Restricties op de in de analyses meegenomen meetwaarden

Bij de analyses zijn de volgende restricties gehanteerd:

- De leeftijd op het moment van meten was minimaal 2 jaar.
- De vakken liggen niet op een verbindingsweg. Hier gelden vaak andere boogstralen, meetsnelheden etc.
- Alleen metingen bij een hoge meetsnelheid zijn meegenomen, dus RAW070 en SWF080.
- Onderscheid is gemaakt naar buitenste en niet-buitenste rijstrook.

2.2 Conversie tussen RAW070 en SWF080 metingen.

In M13 t/m M17 zijn de metingen verricht met de RAW methode en in M18 en M19 met de SidewayForce methode. De meetwaarden volgens RAW zijn voorafgaand aan verdere analyses omgerekend naar SWF volgens de conversieformule $SWF080 = a + b \times RAW070$, zoals afgeleid in het RWS vergelijkingsonderzoek. De coëfficiënten a en b zijn deklaagafhankelijk. Deze waarden zijn overgenomen uit het TNO Rapport "Statistical Analyses skid resistance SWF versus RAW" van februari 2017 en weergegeven in onderstaande Tabel 2.

deklaag	intercept a	helling b	aantal hm
<i>open totaal</i>	-0,129	1,518	30.197
DGD	-0,022	1,366	470
ZOAB	-0,207	1,683	10.788
ZOAB+	-0,099	1,456	13.258
ZOABTW	-0,183	1,605	5.681
<i>dicht totaal</i>	0,094	1,114	1.778
DAB	0,122	1,079	1.105
SMA 11	-0,461	2,135	673

Tabel 2. Coëfficiënten voor de omrekening van RAW70 naar SWF80.

Uiteindelijk is ervoor gekozen om bij de conversie alleen onderscheid te maken tussen open en dichte deklagen (de cursief aangegeven waarden). Dit sluit aan bij de huidige praktijk, en bij de wens om niet voor elke deklaag een ander model te hanteren.

2.3 Correctie voor een eventueel seizoenseffect

Uit eerder door RWS uitgevoerd onderzoek is bekend dat stroefheidsmetingen worden beïnvloed door een sinusvormig seizoenseffect met een piek in het voorjaar en een dal in het najaar. Om hiervoor te corrigeren is de volgende relatie beschikbaar voor de SWF-metingen:

$$STRc = STR - 0,0263 \times \sin(b \times (\text{dagnr} + 20,3))$$



Hierin is b een constante, namelijk $360/365$ of $2\pi/365$, overeenkomend met een periode van 1 jaar voor de sinus (op basis van graden of radialen). D_{agr} is het dagnummer $1 \dots 365$ binnen het jaar voor de betreffende meetdatum.

Correctie voor eventuele seizoenseffecten is weliswaar zorgvuldig, maar het effect van het op het stroefheidvoorspellend model is waarschijnlijk beperkt. Een systematische fout in de trend (helling van het model) zonder seizoenscorrectie wordt alleen gevonden als in een serie van metingen op hetzelfde hectometervak toevallig steeds het eerste deel van die serie in het voorjaar is uitgevoerd en het laatste deel in het najaar, of omgekeerd. Dit is niet erg waarschijnlijk. Wel geldt dat na het wegnemen van een variatiebron ten gevolge van seizoenseffecten nauwkeuriger toetsing op trends mogelijk is.

2.4 Herformulering van het stroefheidvoorspellend model in relatie tot de dagelijkse verkeersintensiteit

Bij de modellering is de intensiteit niet over de gehele levensduur bekend. In plaats daarvan is de etmaalintensiteit bekend in enkele meetjaren. De cumulatieve intensiteit over de gehele levensduur moet dus worden geschat op basis van deze meetjaren. Hierbij is per hectometervak uitgegaan van het gemiddelde I_{mean} van de etmaalintensiteiten gedurende de meetperiode (voor berekening van I_{mean} zie paragraaf 2.5)

De cumulatieve intensiteit op een meetmoment kan vervolgens worden berekend als het product van de leeftijd L_d in dagen en de gemiddelde etmaalintensiteit I_{mean} .

Daarna volgt dus voor de cumulatieve intensiteit, gemeten in 10^6 passages, dat $I_t/365 = (L_d \times I_{mean})/365 = L_t \times I_{mean}$ met L_t de leeftijd in jaren. Dit volgt uit $L_t = L_d/365$.

Als dit wordt ingevuld in het bovengenoemde model (1), dan volgt:

$$STR_t = a_i + b \times {}^{10}\log(L_t \times I_{mean} \times 10^{-6}) \quad \text{model (2)}$$

Hierin is b de gemeenschappelijke helling voor een groep hectometervakken, waarbij de groep wordt bepaald door hectometervakken met hetzelfde deklaagtype.

Het intercept a_i is het stroefheidsniveau bij een cumulatieve intensiteit van 10^6 voertuigpassages. Dan is namelijk ${}^{10}\log(L_t \times I_{mean} \times 10^{-6}) = {}^{10}\log(1) = 0$. Dit niveau kan verschillen per hectometervak binnen betreffende groep en wordt dus aangegeven met een index i .

2.5 Berekening van de gemiddelde intensiteit

In de modellering speelt de gemiddelde intensiteit I_{mean} een belangrijke rol. Bij de berekening van deze I_{mean} moeten twee issues worden opgelost:

- Er zijn nogal wat missende waarden.
- Er zitten mogelijk uitbijters in.

Missende waarden voor een bepaald meetjaar zijn zoveel mogelijk ingevuld op basis van gelijke intensiteiten in andere meetjaren. Hierbij zijn aanliggende hectometervakken in dezelfde groep ingedeeld, als ze in minstens één meetjaar dezelfde intensiteiten hebben, en binnen ieder ander meetjaar geen verschillende niet-missende waarden. Onderstaande Tabel 3 toont hiervan een

voorbeeld. Binnen groep 4 kan de missende waarde voor M18 worden ingevuld als 36300. Binnen groep 5 kan voor M13 t/m M16 de waarde van de onderste regel worden ingevuld. Niet alle missing values kunnen worden ingevuld, maar er is ook niet in ieder meetjaar een corresponderende stroefheidsmeting. Evengoed is het nuttig deze exercitie uit te voeren, omdat daarmee voorkomen wordt dat de hectometervakken binnen dezelfde groep verschillende gemiddelde intensiteiten krijgen.

Na invulling van de missende waarden is per groep een gemiddelde intensiteit berekend, en vervolgens toegekend aan elk hectometervak in die groep. Voor de twee groepen in het voorbeeld geldt: voor groep 4 is het gemiddelde 36750 (het gemiddelde van 36300 en 37200) en voor groep 5 is het gemiddelde 40400 (het gemiddelde van de 6 waarden in de onderste regel). Eventuele extreme waarden zijn steeds per groep getoetst met de Grubb's outlier test, en niet meegenomen in de berekening van de gemiddelde intensiteit. In het genoemde voorbeeld was geen sprake van outliers.

hmvak	intgroep	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
001_1HRL_2RL_003,3_003,2	4	x	x	x	x	x	x	37200
001_1HRL_2RL_003,4_003,3	4	x	x	x	x	x	36300	37200
001_1HRL_2RL_003,5_003,4	5	x	x	x	x	x	43000	43700
001_1HRL_2RL_003,6_003,5	5	x	x	x	x	x	43000	43700
001_1HRL_2RL_003,7_003,6	5	x	x	x	x	x	43000	43700
001_1HRL_2RL_003,8_003,7	5	36200	35700	40500	43300	x	43000	43700

Tabel 3. Intensiteiten over de meetmomenten heen, voorbeeld van een tweetal groepjes hm-vakken op de buitenste rijstrook.

2.6 De statistische analysemethode volgens het gegeneraliseerde lineaire model

Bovengenoemd model (2) beschrijft alleen het theoretisch verloop van de stroefheid met de cumulatieve intensiteit. Als het model wordt gefit op de meetgegevens, moet ook rekening worden gehouden met verschillende spreidingsbronnen. Dit kan met een zogenaamd linear mixed model.

Er zijn twee spreidingsbronnen: de variaties in vakniveaus a_i en de restspreiding rond het model. In het linear mixed model wordt de variatie in vakniveaus gemodelleerd via een normale verdeling met gemiddelde μ_a en standaardafwijking s_a . De restspreiding is de variatie die niet door het model kan worden verklaard. Dit betreft met name meetonzekerheden. Deze restspreiding wordt zoals gebruikelijk bij regressieanalyses gemodelleerd als een normaal verdeelde grootheid met een gemiddelde 0 en een standaardafwijking s_{res} .

Intuïtief wordt bij een mixed linear model door de puntenwolk van $Y =$ stroefheid versus $X =$ cumulatieve intensiteit (op log-schaal) een best passende lijn getrokken met helling b en intercept μ_a . Voor de spreiding van de punten rond die lijn wordt onderscheid gemaakt tussen spreiding tussen vakken (s_a) en echte restspreiding (s_{res}). Er wordt dus rekening gehouden met het feit dat de punten in de wolk niet een volledig onafhankelijke spreiding vertonen, maar dat de punten in groepjes van hetzelfde hectometervak bij elkaar horen.



2.7 Model voor de berekening van de levensduur per hectometervak

De levensduur van een hectometervak is de leeftijd L_{norm} waarbij het hectometervak de normwaarde STR_{norm} bereikt. Voor de normwaarden voor de stroefheid, gemeten volgens de SWF methode bij 80 km/u, zijn de volgende waarden gehanteerd:

Open deklagen: 0,51
Dichte deklagen: 0,53

Uitgaande van een laatst bekende meetwaarde STR_t bij leeftijd L_t geldt:

$$\text{Levensduur: } L_{norm} = L_t \times 10^{(STR_{norm} - STR_t)/b} \quad (\text{in jaren}) \quad \text{model (3)}$$

Deze uitdrukking kan worden afgeleid door in model (2) de waarden voor STR_{norm} en STR_t in te vullen.

$$\text{Dus } STR_{norm} = a + b \times {}^{10}\log(L_{norm} \times I_{mean} \times 10^{-6})$$

$$\text{En } STR_t = a + b \times {}^{10}\log(L_t \times I_{mean} \times 10^{-6})$$

Neem van deze regels het verschil en gebruik de rekenregel ${}^{10}\log(A) - {}^{10}\log(B) = {}^{10}\log(A/B)$ zodat $STR_{norm} - STR_t = b \times {}^{10}\log(L_{norm}/L_t)$. Vervolgens moet hier het linker en rechterdeel worden gedeeld door b en vervolgens de 10-macht worden genomen om de uitdrukking in model (3) te bereiken.

Indien gewenst kan ook de restlevensduur worden berekend als:

$$\text{Restlevensduur: } RLD = L_{norm} - L_t = L_t \times (10^{(STR_{norm} - STR_t)/b} - 1) \quad (\text{in jaren}) \quad \text{model (4)}$$

De levensduur kan ook worden uitgedrukt in het totaal aantal voertuigpassages, cumulatief over de levensduur. Hiervoor geldt:

$$N_{tot} = L_{norm} \times 365 \times I_{mean} \times 10^{-6} \quad (\text{aantal in miljoenen}) \quad \text{model (5)}$$

Hierin is L_{norm} de levensduur in jaren en I_{mean} de gemiddelde intensiteit per etmaal.

2.8 Criteria voor samenvoeging van modellen per deklaag

Uitgangspunt is dat modellen voor verschillende deklagen kunnen worden samengevoegd, indien dit maar weinig effect heeft op de berekende restlevensduur. Uit modellen (3) en (4) in de voorgaande paragraaf blijkt dat de restlevensduur wordt bepaald door de huidige situatie (leeftijd bij laatste meting, en afstand tot de normwaarde) en dat de invloed van het model alleen loopt via de helling b .

De relatie tussen verschil in restlevensduren en verschil in helling kan als volgt worden weergegeven.

- Stel dat een hectometervak een leeftijd L (jaar) heeft, een restlevensduur T (jaar) en een helling b . Dan geldt voor dat vak volgens model (3) dat $L + T = L \times 10^{(STR_{norm} - STR_t)/b}$. Dit kan worden omgerekend naar $(STR_{norm} - STR_t)/b = {}^{10}\log\left(1 + \frac{T}{L}\right)$
- Stel dat de restlevensduur verschuift van T naar T_f jaar indien de helling b een factor f maal zo groot wordt. Dan geldt dus $(STR_{norm} - STR_t)/(f \times b) = {}^{10}\log\left(1 + \frac{T_f}{L}\right)$.



- Als de 2 vergelijkingen op elkaar gedeeld worden, volgt $f = \frac{{}^{10}\log\left(1+\frac{T}{L}\right)}{{}^{10}\log\left(1+\frac{T_f}{L}\right)}$

Deze rekenregels kunnen nu worden gebruikt om te berekenen dat:

- De restlevensduur maximaal Δ jaar lager wordt, dus $T_f = T - \Delta$, indien de helling van het samengestelde model niet meer dan een factor f_{upp} steiler wordt, met $f_{upp} = \frac{{}^{10}\log\left(1+\frac{T}{L}\right)}{{}^{10}\log\left(1+\frac{T-\Delta}{L}\right)}$
- De restlevensduur maximaal Δ jaar hoger wordt, dus $T_f = T + \Delta$, indien de helling van het samengestelde model niet meer dan een factor f_{low} minder steil wordt, met $f_{low} = \frac{{}^{10}\log\left(1+\frac{T}{L}\right)}{{}^{10}\log\left(1+\frac{T+\Delta}{L}\right)}$

Voor een maximale verandering van de restlevensduur van 1 jaar (delta: $D = 1$) geeft Tabel 4 de maximale verschillen tussen de helling van het samengestelde model en die van de afzonderlijke modellen per deklaag, afhankelijk van leeftijd (L) en restlevensduur (T). Hierbij is het effect van de restlevensduur (T) groter dan het effect van de leeftijd (L).

leeftijd	L	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20
restlevd	T	7	6	5	4	7	6	5	4	7	6	5	4
delta	D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	f_low	0,90	0,89	0,86	0,83	0,90	0,88	0,85	0,82	0,89	0,87	0,85	0,82
	f_upper	1,13	1,16	1,21	1,28	1,14	1,17	1,22	1,30	1,14	1,18	1,22	1,30

Tabel 4. Maximaal toelaatbare verschillen in helling voor 1 jaar afwijking in geschatte restlevensduur.

Indien wordt uitgegaan van een restlevensduur van $T = 5$ jaar, volgt uit de tabel dat de voorspelling van de levensduur niet meer dan 1 jaar verandert als na samenvoeging de helling van het model binnen 0,86 en 1,21 maal de oorspronkelijke helling blijft.

2.9 Criteria voor goed en slecht presterende vakken

Goed presterende wegvakken zijn vakken waarvoor het totaal aantal voertuigpassages gedurende de levensduur de 450 miljoen haalt. Dus in termen van model (5): $N_{tot} \geq 450$.

Slecht presterende wegvakken zijn wegvakken die binnen de garantieperiode onder de normwaarde voor de stroefheid komen. Dat wil zeggen, vakken met volgens model (3) een levensduur $L_{norm} \leq 5$ jaar voor ZOABTW en een levensduur $L_{norm} \leq 7$ jaar voor alle overige deklagen.



3. Resultaten per deklaag

Als eerste stap zijn – afzonderlijk voor de buitenste en de niet-buitenste strook – de modellen gefit per deklaag. Daarbij zijn de volgende stappen doorlopen (zie vorig hoofdstuk):

- Selectie van relevante meetgegevens (leeftijd \geq 2jaar, hoofdrijbanen, RAW070 en SWF080).
- Conversie van RAW070 meetwaarden naar SWF080.
- Correctie van de SWF080 waarden voor een seizoenseffect.
- Inschatting van de gemiddelde etmaalintensiteit.
- Fitten van het model (2): $STR_t = a_i + b \times {}^{10}\log(L_t \times I_{mean} \times 10^{-6})$ via de methodiek van generaliseerde lineaire modellen.
- Berekening van de levensduren en N_{tot} volgens model (3) en model (5).

Alle resultaten in dit rapport gelden voor de stroefheidswaarde gemeten volgens SWF080.

3.1 Berekening van de model coëfficiënten per deklaag, per strook

De resultaten van het fitten van het model per deklaag staan in onderstaande tabellen, afzonderlijk voor de buitenste en de niet-buitenste rijstrook. De rijen zijn gesorteerd naar deklaagtype (dicht vs. open) en vervolgens naar deklaag. De oranje velden geven de 6 meest voorkomende deklagen aan.

De waarden voor nmeet, nhm, nperhm en nuitb geven respectievelijk aan het aantal beschikbare meetwaarden, het aantal verschillende hectometervakken, het gemiddeld aantal meetwaarden per hectometervak en het aantal meetwaarden dat gedurende de modelfit als uitbijter werd gesignaleerd en weggelaten.

De belangrijkste parameter is de helling b. De waarde se_b geeft de standaardafwijking voor de nauwkeurigheid waarmee deze helling is geschat en onder 'b signif' is aangegeven of de helling b significant verschillend is van 0 (dit is het geval als b meer dan $2 \times se_b$ van 0 verschilt). Opvallend is dat voor een aantal deklagen de helling – tegen de verwachtingen in – positief is, soms zelfs significant en positief.

Voor de open deklagen zijn de hellingen in het algemeen steiler (sterker negatief) dan voor de dichte deklagen.

Na de tabellen is nog een grafische vergelijking van de hellingen per deklaag gegeven.

Voor het niveau is de parameter mu_a van belang, het gemiddelde niveau over de hectometervakken, en de parameter sig_a die de standaardafwijking voor de spreiding in niveaus tussen hectometervakken aangeeft.

De waarde se_a geeft de standaardafwijking voor de nauwkeurigheid waarmee mu_a is bepaald, en de waarde se_res is een maat voor de restspreiding in meetwaarden die niet door vakverschillen of door variaties in leeftijd en intensiteit worden verklaard.



type	deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
dicht	CEBE	16	4	4,0	0	0,6193	0,0169	0,0195	0,0393	0,0248	nee	0,0530
dicht	CEG	20	5	4,0	0	0,6099	0,0420	0,0864	-0,2455	0,1008	ja	0,0545
dicht	CEG-E	66	24	2,8	0	0,7056	0,0187	0,0853	-0,3573	0,0390	ja	0,0339
dicht	CEO	382	89	4,3	4	0,5815	0,0084	0,0768	0,1186	0,0358	ja	0,0318
dicht	COMBID	155	35	4,4	0	0,5941	0,0059	0,0154	-0,0512	0,0288	nee	0,0630
dicht	DAB	24.109	7.617	3,2	139	0,6245	0,0007	0,0561	-0,0112	0,0014	ja	0,0399
dicht	DABGB	30	9	3,3	0	0,5898	0,0141	0,0377	-0,0992	0,0513	nee	0,0330
dicht	EAB	3.805	1.504	2,5	29	0,6578	0,0019	0,0674	0,0074	0,0038	nee	0,0379
dicht	EOB	54	20	2,7	0	0,7780	0,0293	0,1267	0,0338	0,0507	nee	0,0438
dicht	HSB-E	13	11	1,2	0	0,6938	0,0426	0,1412	-0,1880	0,0375	ja	0,0052
dicht	OAB	887	412	2,2	4	0,6355	0,0026	0,0434	-0,0672	0,0086	ja	0,0391
dicht	OAB-R	60	37	1,6	0	0,5872	0,0052	0,0185	-0,0184	0,0181	nee	0,0315
dicht	SMA	12.054	3.125	3,9	27	0,6461	0,0009	0,0459	-0,0655	0,0021	ja	0,0410
dicht	STAB	292	136	2,1	1	0,6778	0,0025	0,0148	-0,0304	0,0149	ja	0,0359
open	DAD	2.691	722	3,7	40	0,7096	0,0033	0,0827	-0,0672	0,0059	ja	0,0499
open	DGD	4.231	1.130	3,7	9	0,6821	0,0026	0,0812	-0,0272	0,0038	ja	0,0431
open	DIV-BI	42	18	2,3	0	0,7736	0,0244	0,1010	-0,3713	0,0569	ja	0,0248
open	NOVACP	211	61	3,5	2	0,6307	0,0029	0,0000	-0,2110	0,0250	ja	0,0518
open	ZOAB	115.286	31.348	3,7	878	0,6250	0,0003	0,0526	-0,1321	0,0008	ja	0,0397
open	ZOAB+	83.964	22.387	3,8	398	0,6318	0,0004	0,0546	-0,1825	0,0007	ja	0,0337
open	ZOABDI	2.151	622	3,5	12	0,6795	0,0027	0,0578	-0,1256	0,0069	ja	0,0525
open	ZOABTW	37.955	9.660	3,9	145	0,7046	0,0006	0,0555	-0,1323	0,0011	ja	0,0340
open	ZOEAB	3.827	2.123	1,8	3	0,6403	0,0018	0,0627	-0,0599	0,0055	ja	0,0672

Tabel 5. Modelparameters, geldig voor SWF080, buitenste rijstrook, na seizoenscorrectie.

type	deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
dicht	CEG-E	30	10	3,0	0	0,8895	0,0260	0,0810	-0,5687	0,0491	ja	0,0178
dicht	CEO	175	64	2,7	0	0,5554	0,0065	0,0491	-0,3224	0,0361	ja	0,0248
dicht	COMBID	85	35	2,4	0	0,0000		0,5813	0,0000		nee	0,0786
dicht	DAB	12.511	5.468	2,3	97	0,6805	0,0008	0,0476	0,0308	0,0016	ja	0,0342
dicht	EAB	358	260	1,4	0	0,6447	0,0044	0,0545	0,0263	0,0088	ja	0,0463
dicht	EOB	10	8	1,3	0	0,8168	0,0494	0,1346	-0,0730	0,0825	nee	0,0374
dicht	OAB	170	118	1,4	0	0,6613	0,0050	0,0333	0,0587	0,0319	nee	0,0475
dicht	SMA	677	517	1,3	6	0,6701	0,0023	0,0425	0,0383	0,0061	ja	0,0311
dicht	STAB	138	132	1,0	0	0,7008	0,0019	0,0146	0,0259	0,0158	nee	0,0162
open	DAD	118	100	1,2	0	0,7374	0,0085	0,0673	-0,1901	0,0252	ja	0,0533
open	DGD	2.277	1.037	2,2	15	0,6821	0,0023	0,0563	-0,0389	0,0067	ja	0,0589
open	ZOAB	49.947	21.876	2,3	238	0,6197	0,0005	0,0566	-0,1156	0,0015	ja	0,0433
open	ZOAB+	10.772	7.380	1,5	67	0,6398	0,0008	0,0599	-0,1240	0,0020	ja	0,0292
open	ZOABDI	436	180	2,4	5	0,6824	0,0048	0,0606	-0,0903	0,0096	ja	0,0269
open	ZOABTW	8.303	4.623	1,8	40	0,7182	0,0009	0,0566	-0,0935	0,0028	ja	0,0303
open	ZOEAB	984	791	1,2	2	0,6394	0,0029	0,0520	-0,0491	0,0101	ja	0,0675

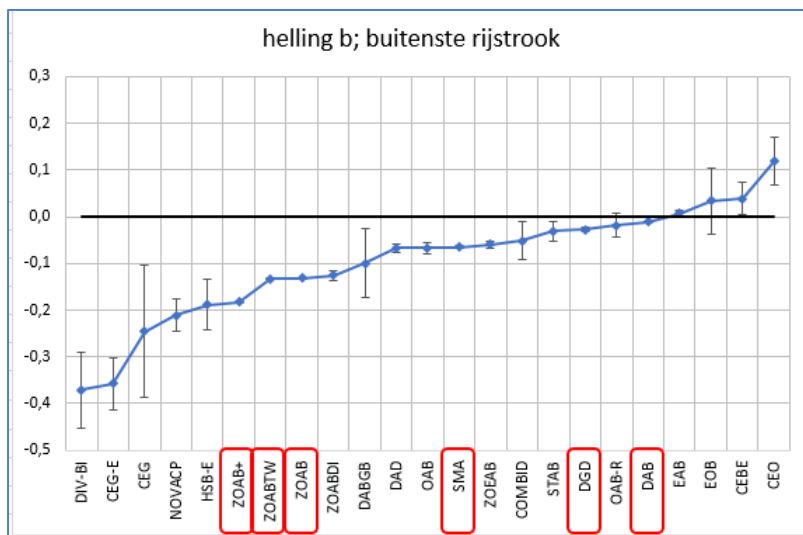
Tabel 6. Modelparameters, geldig voor SWF080, niet-buitenste rijstrook, na seizoenscorrectie.

De helling b is grafisch weergegeven in onderstaande figuren, afzonderlijk voor de buitenste rijstrook (Figuur 1) en de niet-buitenste rijstrook (Figuur 2). De deklagen zijn daarbij gesorteerd naar de waarde van de gevonden helling. Rood omlijnd zijn de 6 meest voorkomende deklagen.

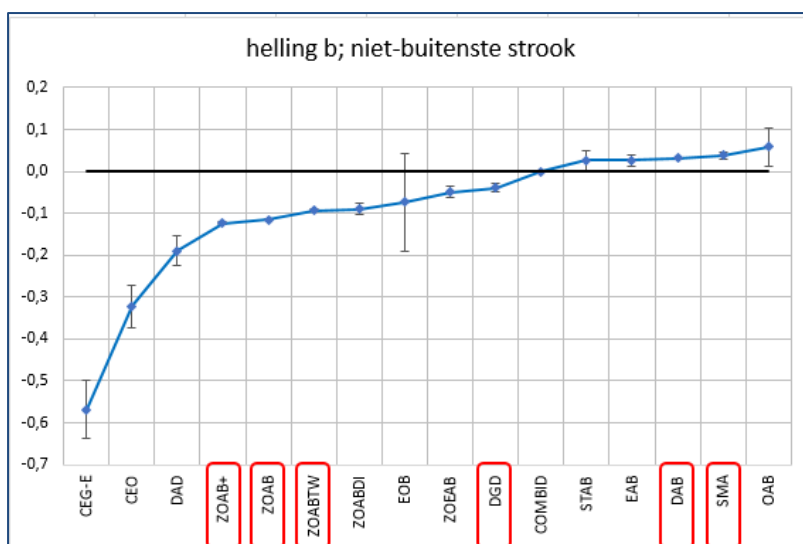


De hellingen variëren over de deklagen. Er zijn enkele deklagen aan de linkerkant met sterk negatieve hellingen, en zelfs enkele deklagen aan de rechterkant met een onrealistische, positieve helling. Voor de niet-buitenste strook geldt dit zelfs voor DAB en SMA! Dit is ook in het voorgaande onderzoek onderkend, maar er is toen geen verklaring voor gevonden. De oorzaak lag toen in elk geval niet aan de conversie tussen RAW en SWF. Ook voor alleen RAW metingen over M13 t/m M17 werden vakken gevonden met een oplopende stroefheid.

Van elke helling b is ook de se_b bekend, een standaardafwijking voor de mate van zekerheid van die helling. Deze se_b wordt kleiner bij een groter aantal beschikbare meetwaarden. Het verschil van 2 hellingen heeft een 95% marge van ongeveer $2\sqrt{2} \times se_b$. Hiervan is gebruik gemaakt door bij ieder punt een marge van $\sqrt{2} \times se_b$ te tekenen. Als de marges van twee punten elkaar niet overlappen, liggen ze dus meer dan $2\sqrt{2} \times se_b$ uit elkaar en zijn ze statistisch significant verschillend.



Figuur 1. Helling voor SWF080 per deklaagtype; buitenste rijstrook.



Figuur 2. Helling voor SWF080 per deklaagtype; niet-buitenste rijstrook.



3.2 Berekening van de levensduren per deklaag, per strook

Met behulp van model (3) uit paragraaf 2.7 is per hectometervak de levensduur per hectometervak berekend op basis van de laatst gemeten stroefheid en leeftijd. Een overzicht hiervan is opgenomen in de file "levensduren en totale intensiteit per hmvak.xlsx".

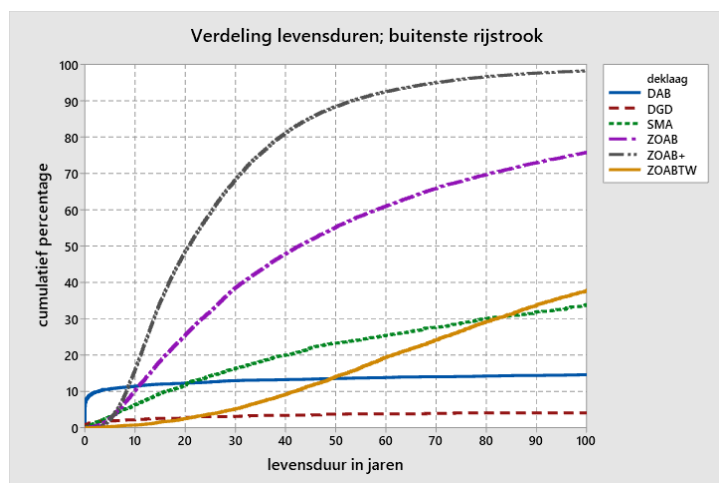
Voor de 6 meest voorkomende deklagen is de cumulatieve verdeling van levensduren weergegeven in onderstaande figuren, met onderscheid naar buitenste en niet-buitenste rijstrook. De cumulatieve verdeling geeft bij een bepaalde levensduur aan welk percentage hectometervakken die levensduur of een kortere levensduur haalt. Zo geeft bijvoorbeeld Figuur 3 aan dat bij ZOAB 40% van de hectometervakken (op de buitenste rijstrook) een levensduur van 30 jaar of korter heeft. Dus 60% heeft een levensduur van meer dan 30 jaar.

Voor de buitenste rijstrook (zie Figuur 3) geldt:

- Voor DAB, DGD, SMA en ZOABTW zijn de geschatte levensduren extreem hoog; de grafiek laat zien dat er een laag percentage vakken zijn met een korte levensduur.
- Ook voor ZOAB zijn de levensduren hoog.

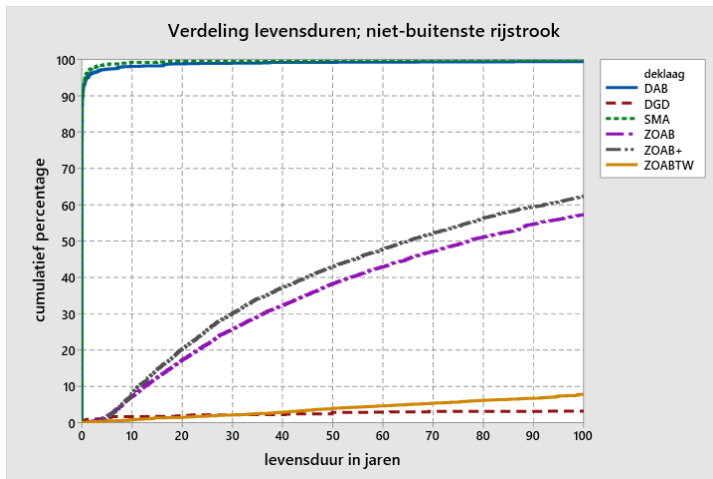
Dit verschijnsel is ook in het TNO-onderzoek van 2013 al waargenomen en is te verklaren uit een flauwe helling in stroefheidsontwikkeling in combinatie met meetwaarden die nog ver van de normwaarde afliggen.

Voor de niet-buitenste rijstrook (zie Figuur 4) is aanvullend nog een vreemd verschijnsel te zien voor DAB en SMA. Hier zijn de levensduren juist extreem laag: orde 95% van de hectometervakken heeft een levensduur van ongeveer 5 jaar. Dit komt door de niet-realistische schatting van een positieve helling in de stroefheidsontwikkeling. Daardoor komt de geschatte levensduur niet na maar vóór de laatst gemeten leeftijd te liggen. Dit is uiteraard niet realistisch en moeilijk te verklaren. Inspectie van de data liet zien dat er inderdaad vakken zijn met een oplopende stroefheid over de tijd. De oorzaak ligt dus niet in een foutieve modellering of conversie van RAW070 naar SWF080 meetwaarden.



Figuur 3. Cumulatieve verdeling van levensduren, buitenste rijstrook.

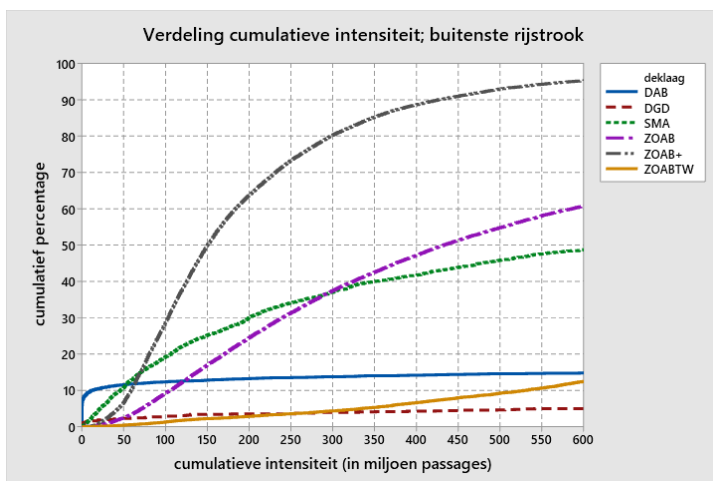




Figuur 4. Cumulatieve verdeling van levensduren, niet-buitenste rijstrook.

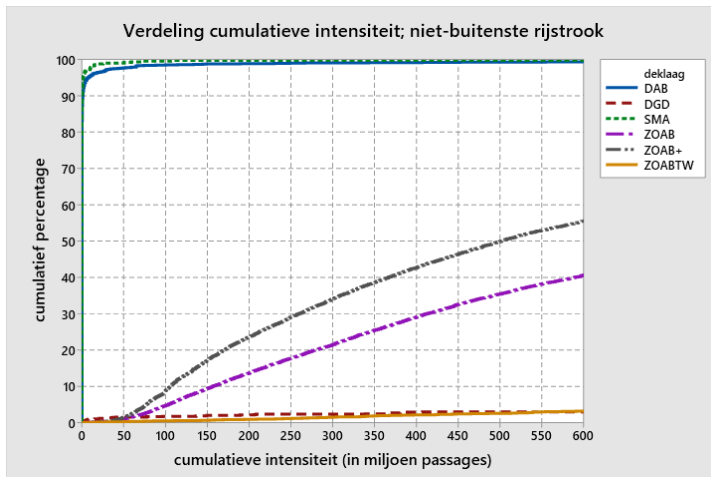
De totale intensiteit op een hectometervak tot het bereiken van de normwaarde is berekend op basis van de levensduur en de intensiteit op dat vak volgens model (5) uit paragraaf 2.7. De cumulatieve verdelingen van deze intensiteiten zijn weergegeven in onderstaande figuren, met onderscheid naar buitenste en niet-buitenste rijstrook.

Omdat de intensiteiten tussen hectometervakken over het algemeen niet extreem verschillend zijn, vertonen de grafieken ongeveer dezelfde vorm als hierboven al besproken voor de levensduren. De conclusies voor de cumulatieve intensiteit zijn dan ook vergelijkbaar met die voor de levensduur.



Figuur 5. Cumulatieve verdeling van totale intensiteit, buitenste rijstrook.





Figuur 6. Cumulatieve verdeling van totale intensiteit, buitenste rijstrook.

3.3 Goed en slecht presterende vakken

3.3.1 Overzicht met percentages vakken die aan de eisen voldoen

In paragraaf 2.9 zijn de volgende criteria benoemd voor vakken die beter of minder goed presteren in relatie tot stroefheid:

- Goed presterende wegvakken zijn vakken waarvoor het totaal aantal voertuigpassages gedurende de levensduur groter de 450 miljoen haalt. Dus in termen van model (5): $N_{\text{tot}} \geq 450$.
- Slecht presterende wegvakken zijn wegvakken die binnen de garantieperiode onder de normwaarde voor de stroefheid komen. Dat wil zeggen, vakken met volgens model (3) een levensduur $L_{\text{norm}} \leq 5$ jaar voor ZOABTW en een levensduur $L_{\text{norm}} \leq 7$ jaar voor alle overige deklagen.

Voor de 6 meest voorkomende deklagen zijn de resultaten samengevat in onderstaande Tabel 7.

deklaag	n_hm	helling	norm gehaald			leeftijd	intensiteit	deklaag	n_hm	helling	norm gehaald			leeftijd	intensiteit
			levensduur	totaal passages							levensduur	totaal passages			
DAB	7.617	-0,0112	89,6%	86,6%	12,2	15.108	DAB	5.468	0,0308	2,2%	0,5%	18,6	18.196		
DGD	1.130	-0,0272	98,1%	95,6%	6,7	17.040	DGD	1.037	-0,0389	98,4%	97,0%	6,2	24.146		
SMA	3.125	-0,0655	95,4%	56,1%	10,7	9.834	SMA	517	0,0383	1,0%	0,0%	12,6	11.631		
ZOAB	31.348	-0,1321	94,8%	48,6%	8,1	32.223	ZOAB	21.876	-0,1156	96,3%	67,4%	10,3	33.514		
ZOAB+	22.387	-0,1825	93,7%	8,8%	6,1	24.965	ZOAB+	7.380	-0,1240	96,5%	53,6%	5,9	27.865		
ZOABTW	9.660	-0,1323	99,7%	92,1%	7,1	40.250	ZOABTW	4.623	-0,0935	99,6%	97,6%	6,3	40.154		

Tabel 7. Overzicht van percentages hm-vakken die de norm voor levensduur of totaal aantal passages halen; links = buitenste rijstrook, rechts = niet-buitenste rijstrook.

Voor de buitenste rijstrook geldt:

- 90 tot 98% van de hectometervakken haalt de norm voor de leeftijd.
- De percentages van vakken die de norm 450 miljoen voertuigpassages halen is i.h.a. lager. Opvallend is dat voor ZOAB+ dit percentage heel laag is (8,8%), mogelijk ten gevolge van de vrij sterke helling -0,1825 in combinatie met een wat lagere intensiteit in vergelijking met ZOAB en ZOABTW.

Voor de niet-buitenste rijstrook geldt:



- Minimaal 96% van de vakken haalt de norm voor de leeftijd. Dit geldt niet voor DAB en SMA waarvoor het model een onrealistische positieve helling heeft gekregen op basis van de data.
- De percentages van vakken die de norm 450 miljoen voertuigpassages halen is i.h.a. wat lager. Ook hier geldt voor DAB en SMA een uitzonderingssituatie.

3.3.2 Selectie van vakken die de garantieperiode niet halen

Behalve voor DAB en SMA op de buitenste rijstrook haalt het overgrote deel van de hectometervakken de garantieperiode van 5 jaar (ZOABTW) of 7 jaar (overige deklagen). Een klein deel van de hectometervakken haalt de garantieperiode dus niet. Om na te gaan welke vakken dit zijn is in de Excel-file met levensduren "levensduren en totale intensiteit per hmvak.xlsx" een draaitabel opgenomen in het tabblad "buitenste garantie niet gehaald". En op dezelfde wijze is voor de niet-buitenste rijstrook een draaitabel opgenomen in het tabblad "niet-buit garantie niet gehaald".

Dit tabblad ziet eruit zoals weergegeven in onderstaande figuur. In de eerste 3 rijen staan de selectiecriteria voor de tabel, te weten:

- De deklaag: hier kan door de gebruiker een keuze worden gemaakt voor de verschillende deklagen; in het voorbeeld is deklaag ZOAB gekozen.
- Het selectie criterium ">norm_Ntot"; die is hier niet van toepassing, dus de keuze is dan (Alle).
- Het selectie criterium ">norm_lev"; hier is de keuze "0" om te selecteren welke vakken de garantieperiode niet halen.

Vervolgens ontstaat een tabel met per weg en baan (in de rijen) en strook (in de kolommen) het aantal hectometervakken dat niet aan de garantieperiode voor de levensduur voldoet. Interessant zijn langere (aaneengesloten) stukken, die kunnen worden opgespoord door op de grotere getalwaarden te dubbelklikken.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	deklaag	ZOAB								
2	>norm_Ntot	(Alle)								
3	>norm_lev	0								
4										
5	Aantal van hmvak Kolomk									
6	Rijlabels		1RL	1RR	2RL	2RR	3RL	3RR	4RL	4RR
7	001									
8	1HRL			35		11				
9	1HRR				75		4			
10	002									
11	1HRL			6		1		1		
12	1HRR						2			
13	003									
14	1HRL			5						
15	1HRR				2					
16	004									
17	1HRL			12		52				
18	1HRR				7		77			

Figuur 7. Deel van de draaitabel met vakken die de garantieperiode niet halen.

Als bijvoorbeeld wordt dubbelgeklikt op het getal 35 ontstaat een nieuw tabblad van de vorm zoals weergegeven in onderstaande Tabel 8. Hieruit is bijvoorbeeld te zien dat in deze 35 vakken een stuk ligt van 6 (vrijwel) aaneengesloten hectometers die niet aan de garantieperiode voldoen.



deklaag	hmvak_aanlegjaar	weg	baan	strook	nRAW	nSWF	leeftijd	STRc	m_int	levduur	Ntot	norm_lev	norm_Ntot	>norm_lev	>norm_Ntot
ZOAB	001_1HRL_2RL_140,9_140,8_2003	001	1HRL	2RL		1	0	9,22	0,467	26886	4,38	42,94	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_140,8_140,7_2003	001	1HRL	2RL		1	0	9,22	0,467	26886	4,38	42,94	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_133,5_133,4_2008	001	1HRL	2RL		1	0	3,22	0,543	26886	5,74	56,29	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_130,3_130,2_2009	001	1HRL	2RL		2	0	3,29	0,547	30414	6,25	69,43	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_130,2_130,1_2009	001	1HRL	2RL		2	0	3,29	0,486	30414	2,17	24,09	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_127,4_127,3_2009	001	1HRL	2RL		5	0	6,78	0,504	30214	6,13	67,55	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_127,3_127,2_2009	001	1HRL	2RL		5	0	6,78	0,498	30214	5,51	60,77	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_127,2_127,1_2009	001	1HRL	2RL		5	0	6,78	0,507	30214	6,46	71,22	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_115,0_114,9_2007	001	1HRL	2RL		2	0	6,28	0,47	33714	3,14	38,67	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_111,7_111,6_2005	001	1HRL	2RL		2	0	8,28	0,47	34486	4,14	52,15	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_111,5_111,4_2007	001	1HRL	2RL		2	0	6,28	0,485	34486	4,09	51,54	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_088,3_088,2_2006	001	1HRL	2RL		5	2	11,25	0,471	25157	5,68	52,17	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_088,0_087,9_2006	001	1HRL	2RL		5	1	10,26	0,482	25157	6,32	58,06	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_087,8_087,7_2006	001	1HRL	2RL		5	1	10,26	0,487	25157	6,90	63,35	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_071,8_071,7_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,494	32657	5,91	70,40	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_071,0_070,9_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,485	32657	5,05	60,18	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_070,8_070,7_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,501	32657	6,67	79,54	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_070,6_070,5_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,498	32657	6,33	75,49	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_070,5_070,4_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,495	32657	6,01	71,64	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_070,3_070,2_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,488	32657	5,32	63,41	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_069,9_069,8_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,476	28271	4,32	44,54	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_069,8_069,7_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,492	28271	5,70	58,86	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_069,7_069,6_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,496	28271	6,12	63,11	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_065,3_065,2_2010	001	1HRL	2RL		4	2	7,83	0,482	31314	4,79	54,77	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_062,0_061,9_2014	001	1HRL	2RL		0	2	3,26	0,543	32400	5,84	69,03	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_061,9_061,8_2014	001	1HRL	2RL		0	2	3,26	0,517	32400	3,71	43,88	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_061,8_061,7_2014	001	1HRL	2RL		0	2	3,26	0,491	32400	2,36	27,89	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_061,7_061,6_2014	001	1HRL	2RL		0	2	3,26	0,503	32314	2,91	34,29	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_061,6_061,5_2014	001	1HRL	2RL		0	2	3,26	0,528	32314	4,49	53,01	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_061,5_061,4_2014	001	1HRL	2RL		0	1	2,26	0,53	32314	3,21	37,92	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_057,1_057,0_2009	001	1HRL	2RL		5	0	6,18	0,507	32300	5,89	69,43	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_057,0_056,9_2009	001	1HRL	2RL		5	0	6,18	0,503	32300	5,44	64,13	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_056,9_056,8_2009	001	1HRL	2RL		5	0	6,18	0,507	32300	5,89	69,43	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_054,5_054,4_2014	001	1HRL	2RL		0	2	4,25	0,457	29843	1,70	18,53	7	450	0
ZOAB	001_1HRL_2RL_038,8_038,7_2014	001	1HRL	2RL		0	1	3,03	0,542	39600	5,32	76,86	7	450	0

Tabel 8. Voorbeeld van hectometervakken die niet aan de garantieperiode voor de levensduur voldoen (ZOAB, buitenste rijstrook).

3.3.3 Selectie van vakken die meer dan 450 miljoen voertuigpassages halen

Behalve voor DAB en SMA op de buitenste rijstrook haalt een groot deel van de hectometervakken de eis dat er minimaal 450 miljoen voertuigpassages mogelijk zijn voordat de stroefheid onder de normwaarde komt. Om na te gaan welke vakken dit zijn op de buitenste rijstrook is een draaitabel opgenomen in het tabblad "buitenste 450 miljoen gehaald". En op dezelfde wijze is voor de niet-buitenste rijstrook een draaitabel opgenomen in het tabblad "niet-buit 450 miljoen gehaald".

Dit tabblad ziet eruit zoals weergegeven in onderstaande figuur. In de eerste 3 rijen staan de selectiecriteria voor de tabel, te weten:

- De deklaag: hier kan door de gebruiker een keuze worden gemaakt voor de verschillende deklagen; in het voorbeeld is deklaag ZOAB gekozen.
- Het selectie criterium ">norm_Ntot"; hier is de keuze "1" om te selecteren welke vakken de waarde 450 miljoen halen.
- Het selectie criterium ">norm_lev"; die is hier niet van toepassing, dus de keuze is dan (Alle).

Vervolgens ontstaat een tabel met per weg en baan (in de rijen) en strook (in de kolommen) het aantal hectometervakken dat niet aan de garantieperiode voor de levensduur voldoet. Interessant zijn langere (aaneengesloten) stukken, die kunnen worden opgespoord door op de grotere getalwaarden te dubbelklikken.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	deklaag	ZOAB											
2	>norm_Ntot 1												
3	>norm_lev (Alle)												
4													
5	Aantal van h Koloml												
6	Rijlabels		1RL	1RR	2RL	2RR	3RL	3RR	4RL	4RR	5RL	5RR	6RR
7	001												
8	1HRL				342			53					
9	1HRR		4		435			57					
10	002												
11	1HRL	9		335		72			9				
12	1HRR		2		519		68			27			
13	003												
14	1HRL	1		25									
15	1HRR					24							
16	004												
17	1HRL			203		153		80		109			
18	1HRR		1		200		217		66		57		

Figuur 8. Deel van de draaitabel met aantallen vakken die meer dan 450 miljoen voertuigpassages halen.

3.4 Samenvoegen van deklagen

3.4.1 Mogelijkheden tot samenvoeging

In de eerder getoonde Figuur 1 en Figuur 2 is af te lezen dat meerdere deklagen een ongeveer gelijke helling laten zien. Dit leidt tot de vraag of het mogelijk is om die deklagen te combineren in een gemeenschappelijk model. In paragraaf 2.8 is hiervoor een criterium afgeleid: namelijk, dat de voorspelling van de levensduur niet meer dan 1 jaar verandert als na samenvoeging de helling van het model binnen 0,86 en 1,21 maal de oorspronkelijke helling blijft.

Bij samenvoeging van twee deklagen ontstaat een model met een helling die een gewogen gemiddelde zal zijn van de twee oorspronkelijke hellingen. De gewichtsfactoren zijn bij benadering het aantal hectometervakken voor beide deklagen, maar de uiteindelijke helling is ook afhankelijk van de ligging van de puntenwolken van de deklagen ten opzichte van elkaar. Via deze benadering is getoetst of het mogelijk is om deklagen te combineren.

Het resultaat van deze voorlopige toetsing staat in onderstaande tabellen. Steeds is weergegeven welke 2 deklagen vergeleken zijn, wat hun aantallen hectometervakken zijn en hun hellingen, en wat dan de gecombineerde helling zou worden. In de laatste kolommen staan nog de verhoudingen tussen de gecombineerde helling en de oorspronkelijke helling van de 1^e of 2^e deklaag. Alleen de combinaties die voldoen aan de range 0,86 – 1,21 zijn weergegeven. De zes belangrijkste deklagen zijn oranje gemarkeerd.



deklaag1	deklaag2	nhm1	nhm2	helling1	helling2	helling combi	combi/he1	combi/he2
EOB	CEBE	20	4	0,0338	0,0393	0,0347	1,03	0,88
SMA	OAB	3.125	412	-0,0655	-0,0672	-0,0657	1,00	0,98
DAD	OAB	722	412	-0,0672	-0,0672	-0,0672	1,00	1,00
DAD	SMA	722	3.125	-0,0672	-0,0655	-0,0658	0,98	1,00
DGD	STAB	1.130	136	-0,0272	-0,0304	-0,0275	1,01	0,91
DIV-BI	CEG-E	18	24	-0,3713	-0,3573	-0,3633	0,98	1,02
NOVACP	CEG	61	5	-0,2110	-0,2455	-0,2136	1,01	0,87
NOVACP	HSB-E	61	11	-0,2110	-0,1880	-0,2075	0,98	1,10
ZOAB+	HSB-E	22.387	11	-0,1825	-0,1880	-0,1825	1,00	0,97
ZOAB+	NOVACP	22.387	61	-0,1825	-0,2110	-0,1826	1,00	0,87
ZOABDI	ZOAB	622	31.348	-0,1256	-0,1321	-0,1320	1,05	1,00
ZOABTW	ZOAB	9.660	31.348	-0,1323	-0,1321	-0,1321	1,00	1,00
ZOABTW	ZOABDI	9.660	622	-0,1323	-0,1256	-0,1319	1,00	1,05
ZOEAB	COMBID	2.123	35	-0,0599	-0,0512	-0,0598	1,00	1,17
ZOEAB	OAB	2.123	412	-0,0599	-0,0672	-0,0611	1,02	0,91
ZOEAB	SMA	2.123	3.125	-0,0599	-0,0655	-0,0632	1,06	0,97
ZOEAB	DAD	2.123	722	-0,0599	-0,0672	-0,0618	1,03	0,92

Tabel 9. Hellingen bij combinaties van deklagen, buitenste rijstrook.

deklaag1	deklaag2	nhm1	nhm2	helling1	helling2	helling combi	combi/he1	combi/he2
EAB	DAB	260	5.468	0,0263	0,0308	0,0306	1,16	0,99
STAB	DAB	132	5.468	0,0259	0,0308	0,0307	1,18	1,00
STAB	EAB	132	260	0,0259	0,0263	0,0262	1,01	0,99
ZOAB+	ZOAB	7.380	21.876	-0,1240	-0,1156	-0,1177	0,95	1,02
ZOABTW	ZOAB	4.623	21.876	-0,0935	-0,1156	-0,1117	1,20	0,97
ZOABTW	ZOAB+	4.623	7.380	-0,0935	-0,1240	-0,1123	1,20	0,91
ZOABTW	ZOABDI	4.623	180	-0,0935	-0,0903	-0,0934	1,00	1,03
ZOEAB	DGD	791	1.037	-0,0491	-0,0389	-0,0433	0,88	1,11

Tabel 10. Hellingen bij combinaties van deklagen, niet-buitenste rijstrook.

Voor de buitenste deklaag blijkt uit Tabel 9 dat ZOAB en ZOABTW mogelijk te combineren zijn. Voor de niet-buitenste deklaag blijkt uit Tabel 10 dat ZOAB, ZOAB+ en ZOABTW mogelijk gecombineerd kunnen worden. Voor deze combinaties het model opnieuw gefit, en onderzocht is hoeveel de levensduren dan afwijken van de oorspronkelijke berekeningen. Het resultaat volgt in de volgende paragraaf.

3.4.2 Samenvoeging van enkele deklagen

Bovengenoemd tweetal en drietal deklagen zijn gecombineerd geanalyseerd. De resulterende modellen staan in de volgende tabellen. Het effect op de berekende levensduren staat in de daarna volgende grafieken.

deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
ZOAB	115.286	31.348	3,7	878	0,6250	0,0003	0,0526	-0,1321	0,0008	ja	0,0397
ZOABTW	37.955	9.660	3,9	145	0,7046	0,0006	0,0555	-0,1323	0,0011	ja	0,0340
combi	153.110	41.009	3,7	1.154	0,6436	0,0003	0,0667	-0,1438	0,0007	ja	0,0377

Tabel 11. Oorspronkelijke modellen en gecombineerd model, buitenste rijstrook.

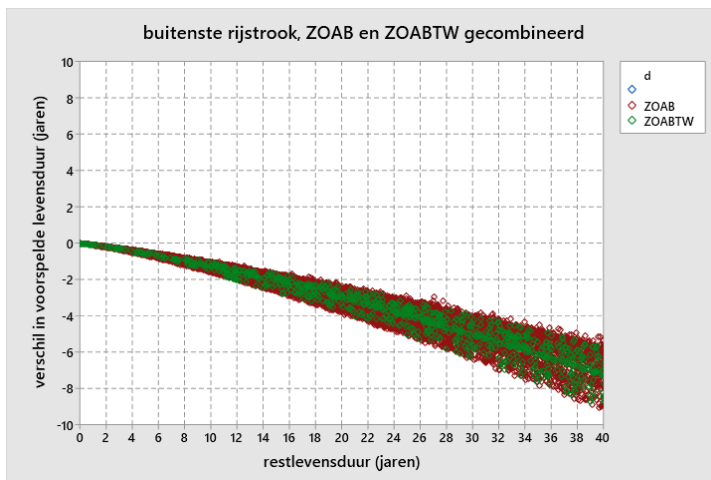


deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
ZOAB	49.947	21.876	2,3	238	0,6197	0,0005	0,0566	-0,1156	0,0015	ja	0,0433
ZOAB+	10.772	7.380	1,5	67	0,6398	0,0008	0,0599	-0,1240	0,0020	ja	0,0292
ZOABTW	8.303	4.623	1,8	40	0,7182	0,0009	0,0566	-0,0935	0,0028	ja	0,0303
combi	69.031	33.877	2,0	336	0,6349	0,0004	0,0643	-0,1126	0,0011	ja	0,0408

Tabel 12. Oorspronkelijke modellen en gecombineerd model, niet-buitenste rijstrook.

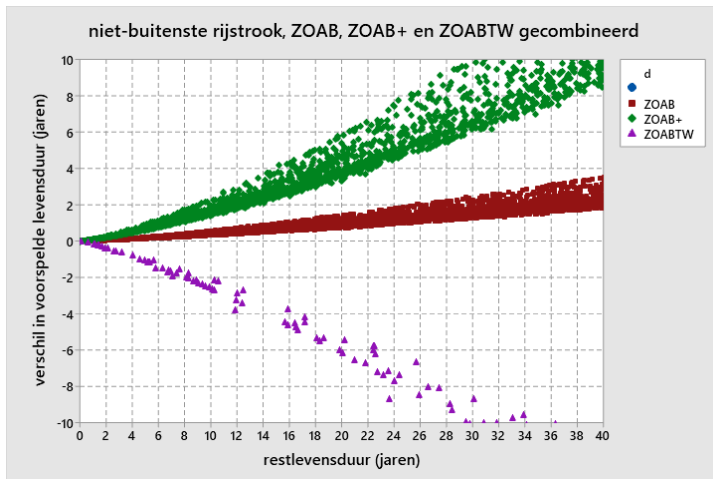
In onderstaande grafieken is het verschil tussen de berekende levensduren – d.w.z. die volgens het gecombineerde model minus die volgens oorspronkelijke model (= per deklaag apart) – verticaal uitgezet tegen de restlevensduur uit het oorspronkelijke model op de horizontale as. Ieder punt is hier een hectometervak en kleuren geven het onderscheid tussen de deklagen. Het is logisch dat het verschil in berekende levensduren bij 0 start als de restlevensduur 0 is (d.w.z. hectometervak zit op de norm) en toeneemt bij langere restlevensduren.

Figuur 9 laat zien dat op de buitenste rijstrook voor hectometervakken met een restlevensduur tot ca 8 jaar er weinig effect is van het combineren van de deklagen ZOAB en ZOABTW in één model. De geschatte levensduur wordt in het gecombineerde model maximaal 1 jaar lager, en dit geldt op dezelfde manier voor ZOAB als voor ZOABTW. Op de niet-buitenste rijstrook blijkt in Figuur 10 dat het effect van samenvoeging groter is: vooral voor ZOAB+ en ZOABTW verandert de voorspelde levensduur al snel meer dan 1 jaar.



Figuur 9. Effect op berekende levensduur bij samenvoeging ZOAB en ZOABTW op buitenste rijstrook.





Figuur 10. Effect op berekende levensduur bij samenvoeging ZOAB, ZOAB+ en ZOABTW op niet-buitenste rijstrook.

3.4.3 Samenvoeging van alle deklagen, met onderscheid naar open en dicht

Tenslotte is nog onderzocht wat de effecten op de berekende levensduur zijn wanneer alle open of alle dichte deklagen worden samengevoegd. Dit is afzonderlijk uitgevoerd op de hectometervakken op de buitenste rijstrook en op de hectometervakken op de niet-buitenste rijstrook.

Voor dichte deklagen (DAB en SMA) op de niet-buitenste rijstrook werden zowel voor de afzonderlijke modellen als voor het gecombineerde model een onrealistisch positieve helling gevonden. Deze combinatie is daarom niet verder onderzocht.

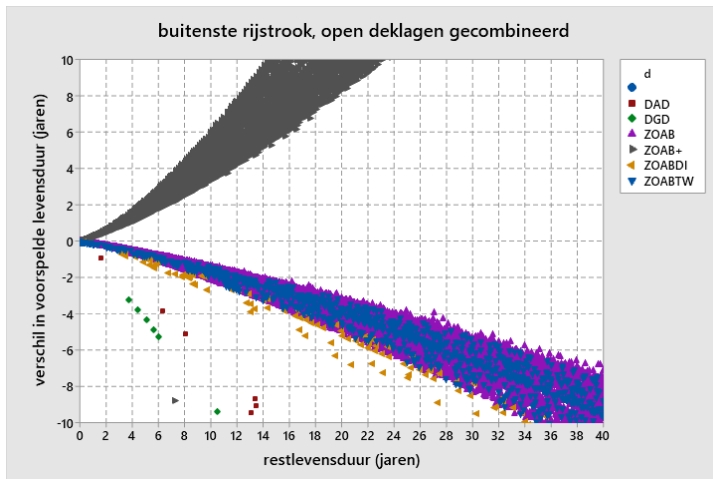
Voor de open deklagen op de buitenste rijstrook staan de modellen – afzonderlijk per deklaag en gecombineerd – in Tabel 13. De gecombineerde helling wordt $b = -0,1483$. Deze waarde ligt het dichtst bij die van de meest voorkomende deklagen ZOAB, ZOABTW en ZOAB+. De spreiding sig_a tussen hectometervakken wordt logischerwijs wat groter bij de combinatie.

deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
DAD	2.691	722	3,7	40	0,7096	0,0033	0,0827	-0,0672	0,0059	ja	0,0499
DGD	4.231	1.130	3,7	9	0,6821	0,0026	0,0812	-0,0272	0,0038	ja	0,0431
ZOAB	115.286	31.348	3,7	878	0,6250	0,0003	0,0526	-0,1321	0,0008	ja	0,0397
ZOAB+	83.964	22.387	3,8	398	0,6318	0,0004	0,0546	-0,1825	0,0007	ja	0,0337
ZOABDI	2.151	622	3,5	12	0,6795	0,0027	0,0578	-0,1256	0,0069	ja	0,0525
ZOABTW	37.955	9.660	3,9	145	0,7046	0,0006	0,0555	-0,1323	0,0011	ja	0,0340
combi	246.092	65.864	3,7	1.668	0,6417	0,0003	0,0673	-0,1483	0,0005	ja	0,0372

Tabel 13. Buitenste rijstrook, open deklagen, modellen per deklaag afzonderlijk en gecombineerd.

Het effect van samenvoeging op de voorspelde levensduur staat in Figuur 11. Voor ZOAB en ZOABTW zijn de effecten gering, in overeenstemming met het resultaat in de vorige paragraaf. Voor de overige open deklagen worden de afwijkingen al snel groter dan 1 jaar.





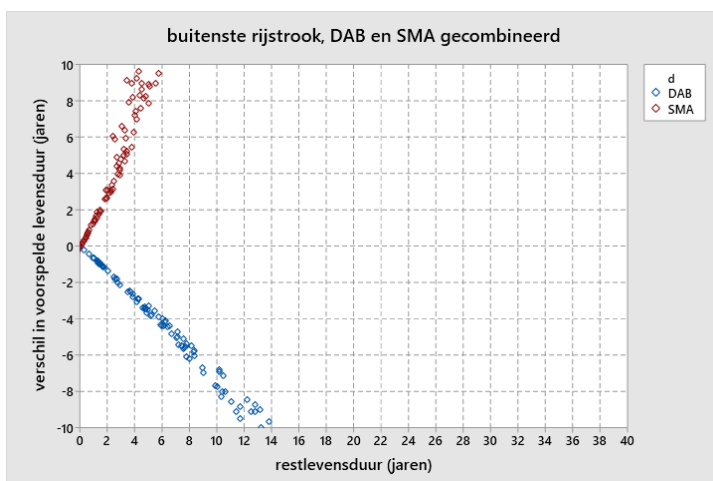
Figuur 11. Effect op berekende levensduur bij samenvoeging open deklagen op buitenste rijstrook.

Voor de dichte deklagen op de buitenste rijstrook staan de modellen – afzonderlijk per deklaag en gecombineerd – in Tabel 14.

type	deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
dicht	DAB	24.109	7.617	3,2	139	0,6245	0,0007	0,0561	-0,0112	0,0014	ja	0,0399
dicht	SMA	12.054	3.125	3,9	27	0,6461	0,0009	0,0459	-0,0655	0,0021	ja	0,0410
model3	combi	36.174	10.742	3,4	155	0,6307	0,0006	0,0543	-0,0304	0,0012	ja	0,0406

Tabel 14. Buitenste rijstrook, dichte deklagen, modellen per deklaag afzonderlijk en gecombineerd.

Het effect van samenvoeging op de voorspelde levensduur is af te lezen in Figuur 12. Te zien is dat zowel voor DAB als SMA de afwijking al snel groter wordt dan 1 jaar.



Figuur 12. Effect op berekende levensduur bij samenvoeging dichte deklagen op buitenste rijstrook.

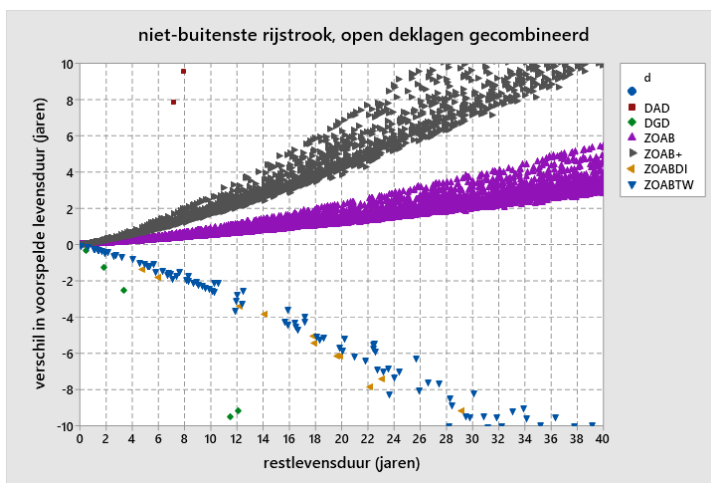
Voor de open deklagen op de niet-buitenste rijstrook staan de modellen – afzonderlijk per deklaag en gecombineerd – in Tabel 15.



deklaag	nmeet	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	sig_a	b	se_b	b signif	se_res
DAD	118	100	1,2	0	0,7374	0,0085	0,0673	-0,1901	0,0252	ja	0,0533
DGD	2.277	1.037	2,2	15	0,6821	0,0023	0,0563	-0,0389	0,0067	ja	0,0589
ZOAB	49.947	21.876	2,3	238	0,6197	0,0005	0,0566	-0,1156	0,0015	ja	0,0433
ZOAB+	10.772	7.380	1,5	67	0,6398	0,0008	0,0599	-0,1240	0,0020	ja	0,0292
ZOABDI	436	180	2,4	5	0,6824	0,0048	0,0606	-0,0903	0,0096	ja	0,0269
ZOABTW	8.303	4.623	1,8	40	0,7182	0,0009	0,0566	-0,0935	0,0028	ja	0,0303
combi	71.822	35.196	2,0	396	0,6367	0,0004	0,0644	-0,1110	0,0011	ja	0,0412

Tabel 15. Niet-buitenste rijstrook, open deklagen, modellen per deklaag afzonderlijk en gecombineerd.

Het effect van samenvoeging op de voorspelde levensduur is weergegeven in Figuur 13. Voor ZOAB en ZOAB+ zijn de effecten gering, in overeenstemming met het resultaat in de vorige paragraaf. Voor de overige open deklagen worden de afwijkingen al snel groter dan 1 jaar.



Figuur 13. Effect op berekende levensduur bij samenvoeging open deklagen op niet-buitenste rijstrook.

3.4.4 Conclusie ten aanzien van het samenvoegen van deklagen

Uit de voorgaande paragrafen is te zien dat het samenvoegen van deklagen maar beperkt mogelijk is. Het is niet goed mogelijk om de open of dichte deklagen in één model te combineren. Dit leidt tot grote afwijkingen in de voorspelde levensduur.

Daarom wordt aanbevolen om afzonderlijke modellen per deklaag te blijven hanteren.



Bijlage 1 Oude resultaten per deklaag

Onderstaande 4 tabellen tonen de resultaten per deklaag uit de voorgaande analyses. Het verschil tussen de tabellen is de combinatie van buitenste rijstrook (wel / niet) en seizoenscorrectie (wel / niet).

De modellen gelden voor stroefheid gemeten volgens SWF bij 80 km/u. De modellen zijn afgeleid op data op hoofdrijbanen, met een leeftijd vanaf 2 jaar en op metingen met hogere snelheden (SWF080 en RAW070, via conversie naar SWF080).

In de tabellen is per deklaagtype achtereenvolgens vermeld:

- Het aantal records n en het aantal verschillende hectometers nhm . Daaruit is berekend $nperhm = n/nhm$, d.w.z. het gemiddeld aantal metingen per hectometervak. Dit ligt ongeveer op 3 a 4, dus gemiddeld is een hectometervak in de 7 jaar 3 a 4 keer gemeten. Dit kan een onderschatting zijn, want bijv. bij overlaging wordt de oude en nieuwe situatie als aparte vakken gezien.
- Het aantal records dat als uitbijter werd beschouwd tijdens het fitten van het model.
- Het gemiddelde μ_a van de vakniveaus (bij 10^6) passages, en een standaardafwijking se_a voor de mate van nauwkeurigheid waarmee die μ_a bepaald is.
- De helling b voor de trend in het voorspellingsmodel, en een standaardafwijking se_b voor de mate van nauwkeurigheid waarmee die b bepaald is.
- Een toets of de helling significant verschillend van 0 is.
- Een standaardafwijking s_a voor de variatie in vakniveaus.
- Een standaardafwijking s_{rest} voor de restspreiding en het door het model verklaarde percentage van de variantie in stroefheidswaarden.

Het meest interessant is de helling b . In een aantal gevallen wordt een onrealistische positieve helling b (rood gemarkeerd) gevonden, die soms ook nog statistisch significant is. Op de niet-buitenste rijstrook komt dit vaker voor dan op de buitenste rijstrook.



deklaag	n	nhm	nperhm	nuittb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
CEBE	16	4	4,0	0	0,5953	0,0192	0,0363	0,0263	nee	0,0281	0,0482	33%
CEG	23	7	3,3	0	0,5861	0,0333	-0,1148	0,0710	nee	0,0791	0,0509	58%
CEG-E	66	24	2,8	0	0,6839	0,0184	-0,3589	0,0379	ja	0,0841	0,0330	94%
CEO	384	89	4,3	2	0,5727	0,0075	0,1452	0,0316	ja	0,0695	0,0264	86%
COMBID	154	35	4,4	1	0,5843	0,0059	-0,0774	0,0275	ja	0,0195	0,0562	12%
DAB	24.136	7.751	3,1	252	0,6253	0,0007	-0,0145	0,0013	ja	0,0536	0,0320	73%
DABGB	30	9	3,3	0	0,5834	0,0134	0,0622	0,0443	nee	0,0365	0,0284	62%
DAD	2.692	726	3,7	15	0,7014	0,0029	-0,0667	0,0054	ja	0,0707	0,0546	64%
DGD	4.300	1.348	3,2	9	0,6901	0,0021	-0,0259	0,0037	ja	0,0714	0,0406	73%
DIV-BI	43	19	2,3	0	0,7618	0,0227	-0,3469	0,0844	ja	0,0924	0,0402	92%
EAB	3.785	1.508	2,5	34	0,6441	0,0018	0,0182	0,0035	ja	0,0655	0,0327	81%
EOB	51	21	2,4	0	0,7635	0,0242	0,0667	0,0485	nee	0,1048	0,0483	79%
HSB-E	13	11	1,2	0	0,7125	0,0417	-0,1857	0,0339	ja	0,1382	0,0047	100%
NOVACP	192	63	3,0	1	0,6169	0,0042	-0,2152	0,0272	ja	0,0158	0,0480	29%
OAB	880	413	2,1	11	0,6329	0,0021	-0,0571	0,0072	ja	0,0359	0,0304	64%
OAB-R	60	37	1,6	0	0,6062	0,0049	-0,0421	0,0163	ja	0,0216	0,0241	53%
SMA	12.068	3.167	3,8	65	0,5999	0,0013	-0,0414	0,0028	ja	0,0690	0,0491	65%
STAB	292	136	2,1	1	0,7000	0,0024	0,0050	0,0142	nee	0,0167	0,0323	21%
ZOAB	116.353	31.772	3,7	811	0,6227	0,0003	-0,1247	0,0008	ja	0,0527	0,0442	61%
ZOAB+	84.167	22.507	3,7	374	0,6280	0,0004	-0,1455	0,0007	ja	0,0484	0,0343	74%
ZOABDI	2.135	734	2,9	8	0,6766	0,0024	-0,1023	0,0067	ja	0,0547	0,0490	56%
ZOABTW	38.027	9.783	3,9	162	0,6940	0,0006	-0,0944	0,0012	ja	0,0517	0,0376	62%
ZOEAB	3.854	2.140	1,8	4	0,6349	0,0017	-0,0625	0,0052	ja	0,0607	0,0633	47%

Tabel 16. Resultaten M13 t/m M19 per deklaag, RAW70 en SWF80 buitenste rijstrook, geen seizoenscorrectie.

deklaag	n	nhm	nperhm	nuittb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
CEBE	16	4	4,0	0	0,6125	0,0172	0,0399	0,0242	nee	0,0217	0,0506	29%
CEG	23	7	3,3	0	0,5805	0,0335	-0,1266	0,0702	nee	0,0803	0,0494	62%
CEG-E	66	24	2,8	0	0,6903	0,0193	-0,3166	0,0389	ja	0,0885	0,0338	94%
CEO	384	89	4,3	2	0,5695	0,0082	0,1462	0,0344	ja	0,0757	0,0289	86%
COMBID	154	35	4,4	1	0,5883	0,0061	-0,0608	0,0284	ja	0,0200	0,0584	11%
DAB	24.228	7.751	3,1	160	0,6269	0,0007	-0,0161	0,0014	ja	0,0551	0,0375	67%
DABGB	30	9	3,3	0	0,5802	0,0139	-0,0708	0,0480	nee	0,0375	0,0307	58%
DAD	2.679	726	3,7	28	0,7062	0,0031	-0,0617	0,0057	ja	0,0779	0,0516	70%
DGD	4.300	1.348	3,2	9	0,6927	0,0023	-0,0547	0,0037	ja	0,0788	0,0390	77%
DIV-BI	43	19	2,3	0	0,7729	0,0235	-0,3739	0,0678	ja	0,0987	0,0304	96%
EAB	3.790	1.508	2,5	29	0,6496	0,0018	0,0078	0,0037	ja	0,0662	0,0357	78%
EOB	51	21	2,4	0	0,7688	0,0273	0,0528	0,0522	nee	0,1196	0,0471	83%
HSB-E	13	11	1,2	0	0,6987	0,0410	-0,1042	0,0648	nee	0,1351	0,0090	100%
NOVACP	192	63	3,0	1	0,6230	0,0039	-0,2051	0,0272	ja	0,0107	0,0496	25%
OAB	886	413	2,1	5	0,6299	0,0023	-0,0687	0,0078	ja	0,0375	0,0365	58%
OAB-R	60	37	1,6	0	0,5931	0,0049	-0,0318	0,0164	nee	0,0190	0,0279	38%
SMA	12.078	3.167	3,8	55	0,6003	0,0014	-0,0545	0,0029	ja	0,0719	0,0510	66%
STAB	292	136	2,1	1	0,6761	0,0023	-0,0173	0,0144	nee	0,0141	0,0336	14%
ZOAB	116.262	31.774	3,7	902	0,6223	0,0003	-0,1360	0,0008	ja	0,0557	0,0424	64%
ZOAB+	84.102	22.507	3,7	439	0,6275	0,0004	-0,1622	0,0006	ja	0,0506	0,0313	77%
ZOABDI	2.135	734	2,9	8	0,6747	0,0024	-0,1412	0,0068	ja	0,0573	0,0493	58%
ZOABTW	38.035	9.783	3,9	154	0,6970	0,0006	-0,1000	0,0011	ja	0,0525	0,0355	65%
ZOEAB	3.855	2.140	1,8	3	0,6349	0,0018	-0,0542	0,0054	ja	0,0620	0,0653	46%

Tabel 17. Resultaten M13 t/m M19 per deklaag, RAW70 en SWF80 buitenste rijstrook, met seizoenscorrectie.



deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
CEG-E	30	10	3,0	0	0,8683	0,0252	-0,5818	0,0469	ja	0,0787	0,0170	97%
CEO	175	64	2,7	0	0,5631	0,0068	-0,3297	0,0378	ja	0,0499	0,0292	88%
COMBID	85	36	2,4	1	0,5876	0,0047	0,0653	0,0579	nee	0,0000	0,0807	-21%
DAB	12.565	5.574	2,3	168	0,6816	0,0007	0,0398	0,0016	ja	0,0493	0,0286	76%
DAD	169	153	1,1	0	0,6845	0,0068	-0,2086	0,0231	ja	0,0655	0,0537	72%
DGD	2.300	1.065	2,2	8	0,7000	0,0022	-0,0237	0,0064	ja	0,0526	0,0573	45%
EAB	358	260	1,4	0	0,6297	0,0047	0,0308	0,0094	ja	0,0604	0,0464	64%
EOB	10	8	1,3	0	0,7987	0,0436	-0,0494	0,0748	nee	0,1169	0,0396	88%
OAB	170	118	1,4	0	0,6796	0,0044	0,0614	0,0281	ja	0,0309	0,0413	36%
SMA	666	528	1,3	6	0,6038	0,0044	0,0819	0,0113	ja	0,0859	0,0556	76%
STAB	138	132	1,0	0	0,6859	0,0017	0,0628	0,0140	ja	0,0110	0,0163	40%
ZOAB	50.341	22.205	2,3	212	0,6208	0,0005	-0,1088	0,0016	ja	0,0628	0,0454	68%
ZOAB+	10.914	7.477	1,5	44	0,6253	0,0007	-0,1062	0,0020	ja	0,0576	0,0307	82%
ZOABDI	403	189	2,1	3	0,6980	0,0049	-0,0787	0,0139	ja	0,0628	0,0289	84%
ZOABTW	8.339	4.658	1,8	37	0,7028	0,0009	-0,0547	0,0029	ja	0,0576	0,0329	75%
ZOEAB	991	800	1,2	1	0,6334	0,0030	-0,0382	0,0101	ja	0,0620	0,0616	49%

Tabel 18. Resultaten M13 t/m M19 per deklaag, RAW70 en SWF80 niet-buitenste rijstrook, geen seizoenscorrectie.

deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
CEG-E	30	10	3,0	0	0,8850	0,0264	-0,5560	0,0534	ja	0,0822	0,0194	96%
CEO	175	64	2,7	0	0,5540	0,0066	-0,3427	0,0367	ja	0,0484	0,0286	88%
COMBID	85	36	2,4	1	0,5926	0,0047	0,1260	0,0596	ja	0,0000	0,0831	-17%
DAB	12.588	5.574	2,3	145	0,6841	0,0007	0,0288	0,0015	ja	0,0471	0,0293	72%
DAD	169	153	1,1	0	0,6949	0,0068	-0,2194	0,0232	ja	0,0669	0,0530	74%
DGD	2.300	1.065	2,2	8	0,7027	0,0020	-0,0472	0,0062	ja	0,0455	0,0596	39%
EAB	358	260	1,4	0	0,6381	0,0045	0,0251	0,0089	ja	0,0594	0,0415	67%
EOB	10	8	1,3	0	0,8107	0,0486	-0,0706	0,0813	nee	0,1323	0,0373	91%
OAB	170	118	1,4	0	0,6634	0,0047	0,0496	0,0293	nee	0,0349	0,0407	42%
SMA	666	528	1,3	6	0,6156	0,0042	0,0680	0,0109	ja	0,0810	0,0570	72%
STAB	138	132	1,0	0	0,6850	0,0018	0,0442	0,0147	ja	0,0138	0,0154	48%
ZOAB	50.312	22.203	2,3	241	0,6202	0,0005	-0,1155	0,0015	ja	0,0604	0,0466	66%
ZOAB+	10.908	7.477	1,5	50	0,6338	0,0007	-0,1142	0,0019	ja	0,0573	0,0295	84%
ZOABDI	403	189	2,1	3	0,6805	0,0043	-0,1163	0,0128	ja	0,0541	0,0277	84%
ZOABTW	8.341	4.658	1,8	35	0,7079	0,0009	-0,0805	0,0029	ja	0,0580	0,0325	77%
ZOEAB	990	799	1,2	2	0,6373	0,0029	-0,0374	0,0098	ja	0,0545	0,0649	41%

Tabel 19. Resultaten M13 t/m M19 per deklaag, RAW70 en SWF80 niet-buitenste rijstrook, met seizoenscorrectie.



CONSULTANTS IN QUANTITATIVE METHODS

Tallose variabelen. Tallose x'jes. Zijn ze incidenteel of structureel? Wat is hun samenhang, hun invloed, wat is echt van belang en wat niet?

CQM helpt organisaties om complexe processen inzichtelijk te maken. Met kwantitatieve modellen creëren wij de structuur om fact based beslissingen te nemen en processen te analyseren. Zo optimaliseren wij planning en logistiek en verbeteren wij product- en procesinnovatie. Intelligentie, die organisaties structureel op een hoger niveau brengt. CQM analyseert en lost op, met een groot inlevingsvermogen in uw specifieke problematiek.

[Zo werken wij. Van X naar U.](#)

CQM B.V.

T +31 40 750 23 23
E info@cqm.nl
I www.cqm.nl

Vonderweg 16
5616 RM Eindhoven
P.O. Box 414
5600 AK Eindhoven
The Netherlands

Trade register 17076484
IBAN NL61RABO0359340598
VAT NL801228505B01

