

Referentie / Reference		Datum / Date : 25-02-2022	CQM B.V. Vonderweg 16 P.O. Box 414 NL - 5600 AK Eindhoven Phone +31 40 750 23 23 Fax +31 40 750 16 99 E-mail info@cqm.nl Internet www.cqm.nl Handelsregister 17076484 IBAN NL61RABO0359340598 BTW / VAT NL8012.28.505.B01
Bedrijf / Company	RWS - GPO		
T.a.v. / Attn.	Paul Kuijper		
C.c. / Copy			
Bijlage(n) / Enclosure			
Van / From	Jan Telman		
Tel. / Phone	+31 6 3400 4096	Pagina(s) / Page(s) : 1/4	
Onderwerp / Subject	Effect van het gebruik van de stroefheidsindex SI bij het fitten van een stroefheidvoorspellend model		

Dit stuk beschrijft het effect van het gebruik van de stroefheidsindex SI als basisgegevens voor het fitten van het stroefheidvoorspellend model.

1 Oorspronkelijke aanpak: modelfit op stroefheidswaarden

In voorgaande onderzoeken is het stroefheidvoorspellend model gefit als: $STR_t = a_i + b \times {}^{10}\log(l_t/365)$. Hierin is b waarde voor de trend van de stroefheid tegen de cumulatieve voertuigintensiteit. In het model is een gemeenschappelijke trendwaarde aangenomen voor hectometervakken binnen een zelfde deklaagsoort. De intercept a_i kan wel verschillend zijn over hectometervakken.

Het model is gefit door middel van een lineair mixed model. Dit levert per deklaag waarden op voor de helling b , het gemiddelde vakniveau μ_a , de spreiding in vakniveaus s_a , en voor de restspreiding s_{rest} . De restspreiding is een maat voor de spreiding van de individuele meetpunten rondom het model en deze spreiding wordt deels bepaald door de toevallige meetfout op de stroefheidswaarden.

In eerdere rapportages, zoals [1], werd aangegeven dat bij het fitten van het model het best kan worden uitgegaan van de oorspronkelijk gevonden stroefheidswaarden. Hierbij dient dan nog wel een omrekening plaats te vinden indien naast de huidige SWF080 gegevens ook nog RAW070 metingen in het bestand zitten. Verder is het mogelijk om te corrigeren voor een eventueel seizoenseffect.

De werkwijze heeft geleid tot modelcoëfficiënten zoals vermeld in tabellen 15 t/m 18 in genoemde rapportage.

2 Alternatieve aanpak: modelfit op AS of SI

In plaats van de originele stroefheidswaarden zou als input ook gebruik gemaakt kunnen worden van:

- de actuele stroefheid score (AS)
- de stroefheidsindex (SI)

Beide alternatieven worden in [1] niet aanbevolen.

Bij AS-scores wordt de normwaarde afgetrokken van de gemeten stroefheid STR , waarbij de normwaarde afhangt van het type deklaag (open of dicht). In [1] is grafisch weergegeven dat het gebruik van een AS score leidt tot afwijkende resultaten in de modelfit, indien in de data een overgang tussen RAW70 en SWF80 zit.

Indien – zoals in de toekomst het geval zal zijn – alleen met SWF80 wordt gerekend, vervalt dit argument. De modelfit op AS zal dan leiden tot dezelfde modelcoëfficiënten als de modelfit op STR , met als enige verschil dat de μ_a met de normwaarde wordt verminderd.

Bij het gebruik van de stroefheidsindex SI wordt de AS-score vervangen door een gewogen gemiddelde waarde over de laatste 3 meetgeneraties. Impliciet wordt hierbij uitgegaan van een stroefheidsafname van 0,01 per jaar.

Formulematig: $SI_i = (AS_i + 0,8 \times (AS_{i-1} - 0,01) + 0,5 \times (AS_{i-2} - 0,02)) / 2,3$

Hierin is SI_i de stroefheidsindex in jaar i . De index $i-1$ of $i-2$ duidt op meetmomenten 1 en 2 jaar terug. In de formule is voor de eenvoud uitgegaan van meetgeneraties met precies 1 jaar tussenruimte. In de volledige vorm van de formule wordt van de AS een waarde $(m/12) \times 0,01$ afgetrokken waarbij m het aantal maanden is dat tussen de i^e en de $i-1^e$ of $i-2^e$ meetgeneratie ligt.

De SI is bedacht omdat het effect van de meetspreiding te dempen door het gewogen gemiddelde te nemen. Dat leidt tot een meer betrouwbare schatting van de stroefheid op een bepaald moment.

In [1] wordt het gebruik van de SI voor de modelfit op statistische gronden afgeraden. Belangrijkste redenen zijn dat de SI's op een hectometervak onderling gecorreleerd zijn (en dat is in strijd met de statistische modelaannames) en dat impliciet wordt uitgegaan van een vaste afname van 0,01 per jaar. In het stroefheidvoorspellend model is die afname verschillend per hectometervak, namelijk groter bij grotere voertuigintensiteiten.

3 Effect van het gebruik van de SI – theoretisch

Voor een theoretische beschouwing gaan we voor de eenvoud uit van een lineair dalend model voor de stroefheid, of AS-waarde, per jaar. In jaar i is de stroefheid op een hectometervak:

$$AS_i = A + B \times i + e_i$$

waarbij A het intercept is, B de jaarlijkse afname en e_i de restfout voor de meetspreiding en eventuele fluctuaties rond de trendlijn. Voor de restfout geldt een normale verdeling met gemiddelde 0 en standaardafwijking s_{rest} .

Als we uitgaan van een jaarlijkse meetcyclus geldt voor betreffend hectometervak dat de stroefheidsindex voldoet aan:

$$SI_i = A - (1,8/2,3) \times (B + 0,01) + B \times i + u_i$$

Dit volgt via het invullen van het model voor AS_i in de eerder genoemde uitdrukking voor SI.

Vergelijking van SI_i met AS_i leert dat voor een specifiek hectometervak geldt:

- de helling voor SI is dezelfde als die voor AS, namelijk gelijk aan B
- de intercept voor SI is anders dan die voor AS als de echte helling B ongelijk is aan $-0,01$
- de restterm u_i voor SI is een gewogen gemiddelde van 3 resttermen e_i , e_{i-1} en e_{i-2} en zal dus een kleinere restspreiding vertonen dan die voor AS

Het effect van het gebruik van de SI in plaats van de AS voor het fitten van een stroefheidvoorspellend model zit dus in de intercept. Het probleem is daarbij dat de intercept voor verschillende hectometervakken op een verschillende manier wordt beïnvloed:

- hectometervakken waar de stroefheid steiler verloopt dan de 0,01 per jaar, dus met $B < -0,01$, krijgen via de SI een hoger intercept dan bij de AS;
 - o immers: als $B < -0,01$ geldt $A - (1,8/2,3) \times (B + 0,01) > A$
- hectometervakken waar de stroefheid minder steil verloopt, dus met $B > -0,01$, krijgen via de SI een lager intercept dan bij AS
 - o immers: als $B > -0,01$ geldt $A - (1,8/2,3) \times (B + 0,01) < A$

Conclusie: bij de overstap van AS naar SI zullen in de grafiek van stroefheid tegen de tijd de "puntenwolkjes" per hectometervak op een verschillende manier naar boven of beneden schuiven. Dit heeft een onbekend effect op de modelfit, afhankelijk van de verhouding in aantallen vakken die naar boven of naar beneden schuiven en op welke positie in de tijdschaal die vakken zitten.

4 Effect van het gebruik van de SI – praktisch

Het effect van het gebruik van de SI is ook praktisch onderzocht, namelijk door het stroefheidvoorspellend model te fitten op basis van de SI. Daarbij zijn de volgende aannames gedaan:

- Geen correctie van SI voor seizoenseffect; correctie is praktisch niet goed mogelijk omdat niet altijd bekend is op welke dag elk van de samenstellende AS-waarden is gemeten.
- Geen conversie van RAW70 naar SWF80 mogelijk; aanname is dat dit impliciet al is bereikt door in de AS de stroefheid te verminderen met de corresponderende normwaarde voor RAW70 of SWF80.

In onderstaande tabellen staan de resultaten voor STR en voor SI en het verschil tussen de uitkomsten. In de onderste tabel staan de verschillen als SI minus STR als de kop “versch” aangeeft, en SI / STR als de kop “ratio” aangeeft. Te zien is dat bij het gebruik van de SI:

- de spreidingsmaten s_a en s_{rest} kleiner worden
- de helling b i.h.a. groter en
- de intercept μ_a lager (N.B. verschillen zijn hier gecorrigeerd voor de normwaarden 0,53 bij dicht en 0,51 bij open deklagen, die bij de SI methode worden afgetrokken van STR).

buitenste rijstrook, RAW70 (omgerekend naar SWF80) en SWF80, geen seizoenscorrectie

resultaten STR												
deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	μ_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_{rest}	%verkl
DAB	24.136	7.751	3,1	252	0,6253	0,0007	-0,0145	0,0013	ja	0,0536	0,0320	73
DGD	4.300	1.348	3,2	9	0,6901	0,0021	-0,0259	0,0037	ja	0,0714	0,0406	73
SMA	12.068	3.167	3,8	65	0,5999	0,0013	-0,0414	0,0028	ja	0,0690	0,0491	65
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
ZOABTW	38.027	9.783	3,9	162	0,6940	0,0006	-0,0944	0,0012	ja	0,0517	0,0376	62
resultaten SI												
deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	μ_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_{rest}	%verkl
DAB	24.062	7.748	3,1	326	0,0760	0,0006	-0,0002	0,0009	nee	0,0502	0,0156	91
DGD	4.293	1.348	3,2	16	0,1191	0,0016	0,0316	0,0029	ja	0,0524	0,0327	70
SMA	12.005	3.167	3,8	128	0,1024	0,0007	-0,0542	0,0012	ja	0,0396	0,0169	82
ZOAB	115.431	31.774	3,6	1.733	0,0805	0,0002	-0,0879	0,0004	ja	0,0364	0,0184	82
ZOAB+	83.531	22.506	3,7	1.010	0,1032	0,0003	-0,0799	0,0004	ja	0,0391	0,0197	84
ZOABTW	37.948	9.780	3,9	241	0,1455	0,0004	-0,0029	0,0008	ja	0,0326	0,0279	57
resultaten SI t.o.v. STR												
deklaag	versch	versch	versch	versch	versch	ratio	versch	ratio	versch	ratio	ratio	versch
DAB	-74	-3	0,0	74	-0,0193	0,86	0,0143	0,69	ja	0,94	0,49	18
DGD	-7	0	0,0	7	-0,0610	0,76	0,0575	0,78	nee	0,73	0,81	-2,9
SMA	-63	0	0,0	63	0,0325	0,54	-0,0128	0,43	nee	0,57	0,34	16,7
ZOAB	-922	2	0,0	922	-0,0322	0,67	0,0368	0,50	nee	0,69	0,42	20,1
ZOAB+	-636	-1	0,0	636	-0,0148	0,75	0,0656	0,57	nee	0,81	0,57	9,8
ZOABTW	-79	-3	0,0	79	-0,0385	0,67	0,0915	0,67	nee	0,63	0,74	-5,4

niet-buitenste rijstrook, RAW70 (omgerekend naar SWF80) en SWF80, geen seizoenscorrectie

deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
DAB	12.565	5.574	2,3	168	0,6816	0,0007	0,0398	0,0016	ja	0,0493	0,0286	76
DGD	2.300	1.065	2,2	8	0,7000	0,0022	-0,0237	0,0064	ja	0,0526	0,0573	45
SMA	666	528	1,3	6	0,6038	0,0044	0,0819	0,0113	ja	0,0859	0,0556	76
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
ZOABTW	8.339	4.658	1,8	37	0,7028	0,0009	-0,0547	0,0029	ja	0,0576	0,0329	75
resultaten SI												
deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
DAB	12.568	5.574	2,3	165	0,1306	0,0007	0,0419	0,0014	ja	0,0472	0,0173	88
DGD	2.296	1.067	2,2	12	0,1253	0,0018	0,0149	0,0044	ja	0,0532	0,0273	77
SMA	670	528	1,3	2	0,1073	0,0021	0,0327	0,0054	ja	0,0437	0,0215	84
ZOAB	50.199	22.207	2,3	354	0,0885	0,0003	-0,0644	0,0009	ja	0,0476	0,0198	86
ZOAB+	10.897	7.477	1,5	61	0,1030	0,0006	-0,0440	0,0014	ja	0,0483	0,0168	90
ZOABTW	8.303	4.658	1,8	73	0,1544	0,0008	-0,0371	0,0017	ja	0,0510	0,0146	91
resultaten SI t.o.v. STR												
deklaag	versch	versch	versch	versch	versch	ratio	versch	ratio	versch	ratio	ratio	versch
deklaag	n	nhm	nperhm	nuitb	mu_a	se_a	b	se_b	b signif	s_a	s_rest	%verkl
DAB	3	0	0,0	-3	-0,0210	1,00	0,0021	0,88	nee	0,96	0,60	12,7
DGD	-4	2	0,0	4	-0,0647	0,82	0,0386	0,69	nee	1,01	0,48	31,3
SMA	4	0	0,0	-4	0,0335	0,48	-0,0492	0,48	nee	0,51	0,39	8,2
ZOAB	-142	2	0,0	142	-0,0223	0,60	0,0444	0,56	nee	0,76	0,44	18,3
ZOAB+	-17	0	0,0	17	-0,0123	0,86	0,0622	0,70	nee	0,84	0,55	8,4
ZOABTW	-36	0	0,0	36	-0,0384	0,89	0,0176	0,59	nee	0,89	0,44	16,2

Verwijzing

[1] Eindrapport validatie stroefheid voorspellend model, Jan Telman, Q-Consult Progress Partners, 16 juli 2020