

Schatting SPI 'snelheid' op basis van minuut gegevens

Verbeteren van het bepalen van de SPI 'snelheid' voor de 'Monitor Snelheid'



16 februari 2024

Auteurs
Werner van Loo

© Nationaal Dataportaal
Wegverkeer

✉ info@ndw.nu

🌐 www.ndw.nu

☎ 088 797 34 35

🏠 Archimedeslaan 6
3584 BA Utrecht

✉ Postbus 24016
3502 MA Utrecht



Schatting SPI 'snelheid' op basis van minuut gegevens

Verbeteren van het bepalen van de SPI 'snelheid' voor de 'Monitor Snelheid'

Partners in NDW:

NDW is een samenwerkingsverband van Rijkswaterstaat, alle provincies, Metropoolregio Rotterdam Den Haag, Vervoerregio Amsterdam, en de gemeenten Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht.

Index

1	Introductie	7
2	Aanpak	8
2.1	Aanpak	8
2.1.1	Locatieselectie (snelheidslimiet)	8
2.1.2	Locatieselectie (aantal rijstroken)	8
3	Relatie SPI en SPI_minuut	9
3.1	Randvoorwaarden en verwachtingen	9
3.2	Relatie tussen SPI en SPI_minuut, S-curve	10
3.3	Intensiteitsafhankelijke fit	11
3.4	Verschil tussen SPI_minuut, SPI en SPI_geschat	12
3.5	Controle van de relaties op deelpopulaties	14
3.6	Afhankelijkheid van het aantal rijstroken	15
3.7	Afhankelijkheid van de snelheidslimiet	17
3.8	Afhankelijkheid van duur meetperiode	18
4	Toepasbaarheid op dagdelen	19
4.1	Toepasbaarheid in de nacht	19
4.2	Toepasbaarheid overdag	21
5	Discussie	23
5.1	Schatten van de SPI toepassen in de Monitor Snelheid	23
5.1.1	Representativiteit aantal rijstroken en snelheidslimiet	23
5.1.2	Representativiteit etmaalintensiteit	23
5.1.3	Afronden in Monitor Snelheid	23
5.2	Verbeteringen	24
6	Rekenmodel schatting SPI	25
6.1	Berekening SPI_geschat en parameters	25
6.1.1	Uitzondering dagdeel 'overdag'	25
6.1.2	Afrondingsfouten	25
7	Eigenschappen van de telpunten	26
7.1	Snelheidslimieten	26
7.2	Aantal rijstroken en etmaalintensiteiten	27
7.3	Geografische verdeling	28
8	Controle set	29
9	Definities en versiebeheer	31
9.1	Definities	31
9.2	Document historie tabel	31

1 Introductie

Het ministerie van IenW heeft in het Strategisch Plan Verkeersveiligheid (SPV) ingezet op proactief verkeersveiligheidsbeleid. Hiervoor rapporteert NDW jaarlijks aan Rijkswaterstaat over één van de Safety Performance Indicators, namelijk 'opvolging van de snelheidslimiet' in de jaarlijkse Monitor Snelheid¹. In dit rapport wordt onderzoek gedaan naar een betere bepaling van deze SPI.

De SPI 'opvolging van de snelheidslimiet'² geeft aan welk aandeel van de voertuigen zich houdt aan de snelheidslimiet. Veel telpunten op het wegennet leveren tellingen en snelheid op minuutbasis en zijn dus niet geschikt om deze SPI direct mee te bepalen. De snelheden van individuele voertuigen worden immers elke minuut verrekend tot een harmonisch gemiddelde. Om de SPI toch te kunnen monitoren is ervoor gekozen om in de Monitor Snelheid het aandeel van de minuten te rapporteren met een snelheid onder de snelheidslimiet.

Er zijn telpunten waarmee de SPI wel direct kan worden bepaald, namelijk telpunten die per voertuig een meting doen (IVP). De afgelopen jaren neemt het aantal van deze telpunten snel toe en de verwachting is dat dit aantal nog verder toeneemt. Deze telpunten liggen ook steeds meer verspreid over het land, maar nog wel voornamelijk op provinciale wegen.

Door de toename en de betere spreiding van deze telpunten is de vraag ontstaan of met de data van deze telpunten een relatie kan worden gevonden tussen de *gewenste* SPI 'opvolging van de snelheidslimiet' en de *gebruikte* SPI 'aandeel van de minuten onder de snelheidslimiet' van de Monitor Snelheid. Als er een sterke relatie bestaat, dan zou de Monitor voortaan kunnen rapporteren over de *gewenste* SPI via deze relatie.

Dit document beschrijft de onderzoeks aanpak, de gevonden bruikbare relatie en de toepassing in de 'Monitor Snelheid'.

In het vervolg verwijzen we met SPI naar de SPI 'opvolging van de snelheidslimiet' en met SPI_minuut naar de SPI 'aandeel van de minuten onder de snelheidslimiet'.

¹ Rijkswaterstaat [Monitor snelheid 2021 : ontwikkeling van snelheden op vaste meetpunten op gemeentelijke, provinciale en rijkswegen - Rijkswaterstaat Publicatie Platform](#)

² Kennisnetwerk SPV (2022). [Veilige snelheid - Kennisnetwerk verkeersveiligheid \(kennisnetwerkspv.nl\)](#)

2 Aanpak

2.1 Aanpak

Voor het onderzoek zijn alle beschikbare permanente IVP locaties gebruikt die data hadden in de periode januari 2022 tot en met maart 2023. Niet alle locaties waren in de gehele periode beschikbaar en sommige telpunten hebben dus duidelijk minder dagen data geleverd. Voor al deze locaties is de IVP data opgehaald en is de gemiddelde harmonische snelheid per minuut per rijstrook berekend. Vervolgens is voor elke locatie de SPI en de SPI_minuut bepaald voor het bepalen van de relatie tussen beide indicatoren. Niet alle locaties waren hiervoor bruikbaar.

2.1.1 Locatieselectie (snelheidslimiet)

Om de opvolging van de snelheid te berekenen is de snelheidslimiet op locatie nodig. De snelheidslimiet wordt door de leveranciers opgegeven in de database met locaties. Uit controle blijkt dat voor lang niet alle locaties een snelheidslimiet is opgegeven. De opgegeven snelheidslimieten blijken ook niet betrouwbaar te zijn. Een voorbeeld is PFR09_633L met een opgegeven snelheidslimiet van 80km/u maar een werkelijke snelheidslimiet van 100km/u.

Er is dus een andere bron nodig voor de snelheidslimieten. De snelheidslimieten zijn uiteindelijk bepaald door de telpunten geografisch te koppelen aan Open Street Map (OSM) en de snelheidslimieten ('maximum snelheden nieuwe variant') van het Nationaal Wegenbestand (NWB).

Om een goede koppeling te kunnen maken is ook de meetrichting nodig. Helaas is voor de meetpunten van Noord-Brabant geen meetrichting opgegeven, maar enkel een beschrijving die niet geautomatiseerd uit te lezen is. Deze meetpunten konden dus niet worden meegenomen in het onderzoek. Uiteindelijk zijn de meetrichtingen handmatig bepaald en zijn deze telpunten meegenomen in een controle set.

Alleen locaties met een eenduidige snelheidslimiet zijn daarna gebruikt, dat wil zeggen alleen die locaties waarvan de snelheidslimiet van Open Street Map en Nationaal Wegenbestand overeenkomen.

Er zijn in totaal 1173 permanente IVP locaties met een meetrichting, waarvan voor slechts 439 locaties een snelheidslimiet is opgegeven. 1015 telpunten konden gekoppeld worden aan Open Streetmap of NWB. Bij 938 telpunten van deze telpunten waren de OSM en NWB snelheidslimieten gelijk. Telpunten die niet gekoppeld konden worden aan OSM en NWB en waarvoor wel een snelheidslimiet was opgegeven zijn toegevoegd aan de 938 punten tot een totaal van 1018 telpunten.

906 van deze 1018 telpunten functioneerden en leverden data in de onderzochte periode. Van deze 906 locaties had 1 locatie een snelheidslimiet van 30 km/u. Deze locatie niet meegenomen in het onderzoek.

2.1.2 Locatieselectie (aantal rijstroken)

In de Monitor Snelheid wordt de SPI_minuut bepaald door per minuut de gegevens van losse rijstroken te gebruiken. De snelheden zijn dus niet eerst per minuut geaggregeerd naar de totale rijbaan. Om voor de IVP locaties minuutgegevens per rijstrook te kunnen berekenen, moet dus duidelijk zijn welk voertuig op welke rijstrook reed. De rijstrook informatie is in de IVP data optionele data en is dus niet altijd beschikbaar. Hierdoor zijn telpunten met méér dan 1 rijstrook en die géén rijstrook informatie hebben niet bruikbaar. Dit speelt vooral bij telpunten in Noord-Brabant in de controle set.

3 Relatie SPI en SPI_minuut

3.1 Randvoorwaarden en verwachtingen

Na de selectie van de bruikbare locaties en verwerken van de data kan gekeken worden naar de relatie tussen SPI_minuut en de SPI. Daarbij gelden op theoretische gronden een aantal verwachtingen en zijn er een aantal randvoorwaarden om praktisch bruikbaar te zijn:

1. De gevonden relatie moet bruikbaar zijn voor de Monitor Snelheid. Van voorgaande jaren is alleen het resultaat beschikbaar, zoals de SPI_minuut, etmaalintensiteit en gemiddelde snelheid en de metadata zoals snelheidslimiet, aantal rijstroken, wegbeheerder, etc. Een eventuele relatie moet dus enkel afhankelijk zijn van de historisch beschikbare gegevens.
2. Gezien randvoorwaarde 1 hoeft een relatie niet verklaard te worden. Het gaat erom dat de SPI_minuut gecorrigeerd kan worden om te komen tot een schatting van de SPI.
3. De relatie hoeft geen exact juist resultaat te geven voor afzonderlijke locaties. Dat is waarschijnlijk ook niet mogelijk gezien de geaggregeerde brondata. Een gemiddeld juist resultaat toegepast op de selecties die gebruikt worden in de 'Monitor Snelheid' is voldoende. Zie uitwerking onderaan.
4. Een SPI van 0% (alle verkeer rijdt te hard) leidt tot een SPI_minuut van 0%. Als er geen voertuigen zijn die zich houden aan de snelheidslimiet, dan zijn er ook geen minuten met een gemiddelde snelheid lager dan de snelheidslimiet. Andersom hoeft deze randvoorwaarde niet te gelden.
5. Omgekeerd moet een SPI van 100% (alle verkeer houdt zich aan de snelheidslimiet) leiden tot een SPI_minuut van 100%. De resulterende functie moet dus door het punt (100%,100%) gaan.
6. Bij extreem lage etmaalintensiteiten is de verwachting dat de SPI en SPI_minuut aan elkaar gelijk zijn. Er is per minuut dan maar 1 voertuig zodat de SPI en SPI_minuut gelijk worden.
7. Bij hogere intensiteiten kunnen SPI en SPI_minuut van elkaar afwijken. Het is dus waarschijnlijk dat de relatie afhankelijk is van de intensiteit van het verkeer.
8. Het is de verwachting dat bij een bepaalde waarde van SPI_minuut de bijbehorende werkelijke SPI hoger is. Uit de Monitor Snelheid weten we immers dat een groter aandeel van het verkeer zich houdt aan de snelheidslimiet als het drukker wordt. Er is dan minder ruimte om harder te gaan rijden. Minuten met een hogere waarde van de SPI zijn dus waarschijnlijk drukker en zouden meer moeten meewegen in de gemiddelde SPI. Dit leidt tot een SPI die hoger is dan de SPI_minuut.

Uitwerking randvoorwaarde 3

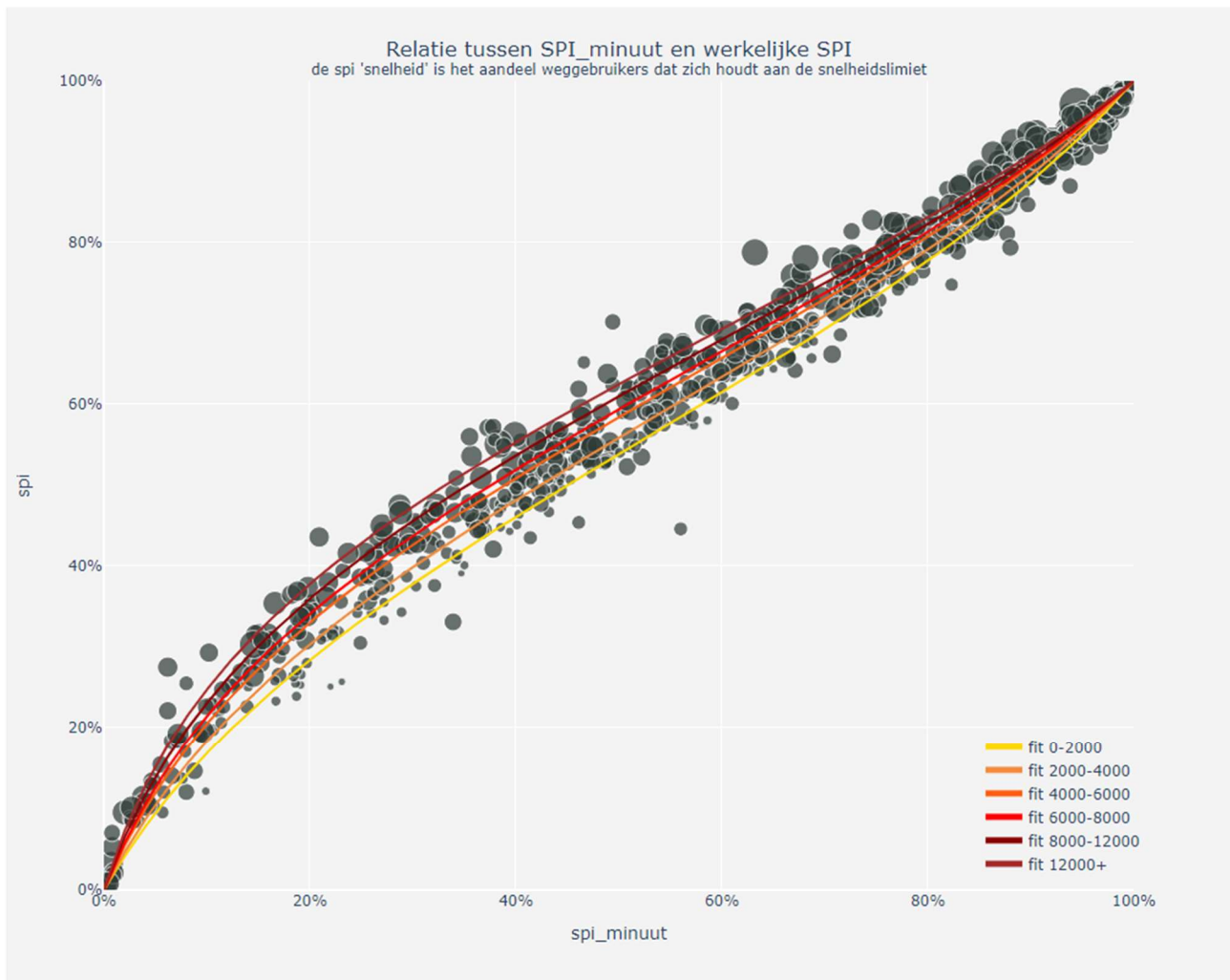
In de Monitor Snelheid worden enkel percentages gerapporteerd bij selecties van 30 of meer telpunten. De percentages worden afgerond op hele procenten. De gewenste fout in de schatting is bij 30 of meer telpunten daarom lager dan 1 procentpunt in 95% van de gevallen (2 sigma). Dat is bij een proef van 30 locaties het geval als de gemiddelde fout in de schatting per locatie lager is dan 2.7 procentpunt.

$$\text{gewenste spreiding van steekproef bij 95\% kans} = \frac{2 * \text{std van individueel telpunt}}{\sqrt{30}} < 0.01$$
$$\text{std van individueel telpunt} < 0.01/2 * \sqrt{30} = 0.027 = 2.7\% \text{punt}$$

3.2 Relatie tussen SPI en SPI_minuut, S-curve

Na het plotten en analyseren van de gegevens van de periode januari 2022 tot en met maart 2023 blijkt dat er een duidelijke relatie is tussen de SPI_minuut en de werkelijke SPI. De relatie voldoet aan de randvoorwaarden en verwachtingen:

- Er is een afhankelijkheid van de intensiteit. Bij een lagere etmaalintensiteit is de relatie meer lineair. In figuur 1 is dat te zien door de intensiteitsafhankelijke fits.
- De SPI ligt (gemiddeld) hoger dan SPI_minuut
- De relatie gaat door de punten (0%, 0%) en (100%, 100%).



Figuur 1, grafiek van SPI_minuut tegen SPI. De diameters van de punten geven de gemiddelde etmaalintensiteit per rijstrook aan. De fits zijn alleen ter illustratie van de afhankelijkheid van de intensiteit en zijn niet volgens de uiteindelijke relatie.

De relatie tussen SPI_minuut en SPI is te beschrijven met een inverse S-functie volgens:

$$SPI = L * \ln\left(\frac{k * (SPI_{minuut} - x_0)}{1 - k * (SPI_{minuut} - x_0)}\right) + b$$

Deze variabelen L en b kunnen zo worden gekozen dat de functie altijd door het punt (0%, 0%) en (100%, 100%) gaat. In de volgende paragraaf is de S-curve hier op aangepast.

3.3 Intensiteitsafhankelijke fit

In Figuur 1 is te zien dat de relatie afhankelijk is van de intensiteit. We maken een keuze om een relatie te zoeken die afhankelijk is van de gemiddelde etmaalintensiteit per rijstrook (I). De variabelen L en b kiezen we zo dat de curve S altijd door de punten $(0, 0)$ en $(1, 1)$ gaat.

Op basis van verwachting 6 kiezen we een zodanige manier om de relatie afhankelijk te maken van de rijstrookintensiteit dat de relatie een rechte lijn wordt bij een etmaalintensiteit van 0 en de vorm van de S-curve krijgt bij een hogere intensiteit. Hiervoor maken gebruik van de functie a .

$$x = SPI_{\text{minuut}}$$
$$S = \frac{\ln \left(\frac{(x_0 - x)(1 + kx_0)}{x_0(1 - k(x - x_0))} \right)}{\ln \left(\frac{(x_0 - 1)(1 + kx_0)}{x_0(1 - k(1 - x_0))} \right)}$$
$$a = \frac{I^c}{I^c + b}$$
$$SPI_{\text{gesch}} = a * S + (1 - a) * x$$

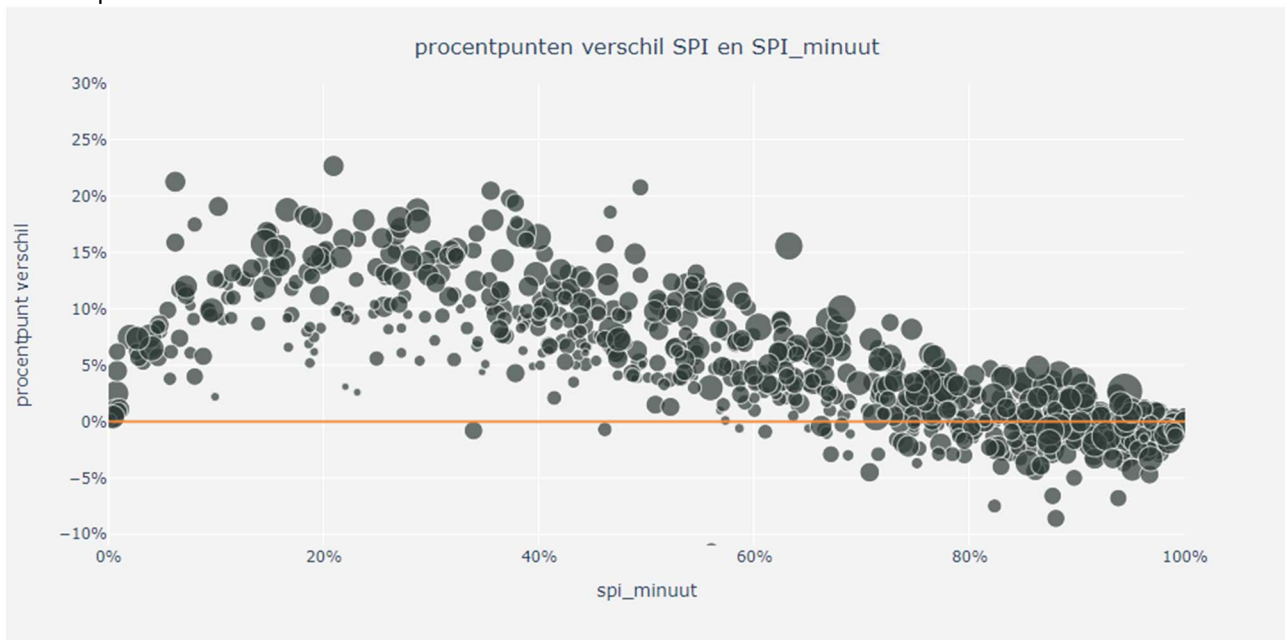
Na fitten levert dat de volgende waarden op voor x_0 en k (die de vorm van de curve bepalen) en b en c (die de curve lineair maken bij een lage intensiteiten):

$$x_0 = -0.0293, k = 0.8444, b = 30405, c = 1.2918$$

3.4 Verschil tussen SPI_minuut, SPI en SPI_geschat

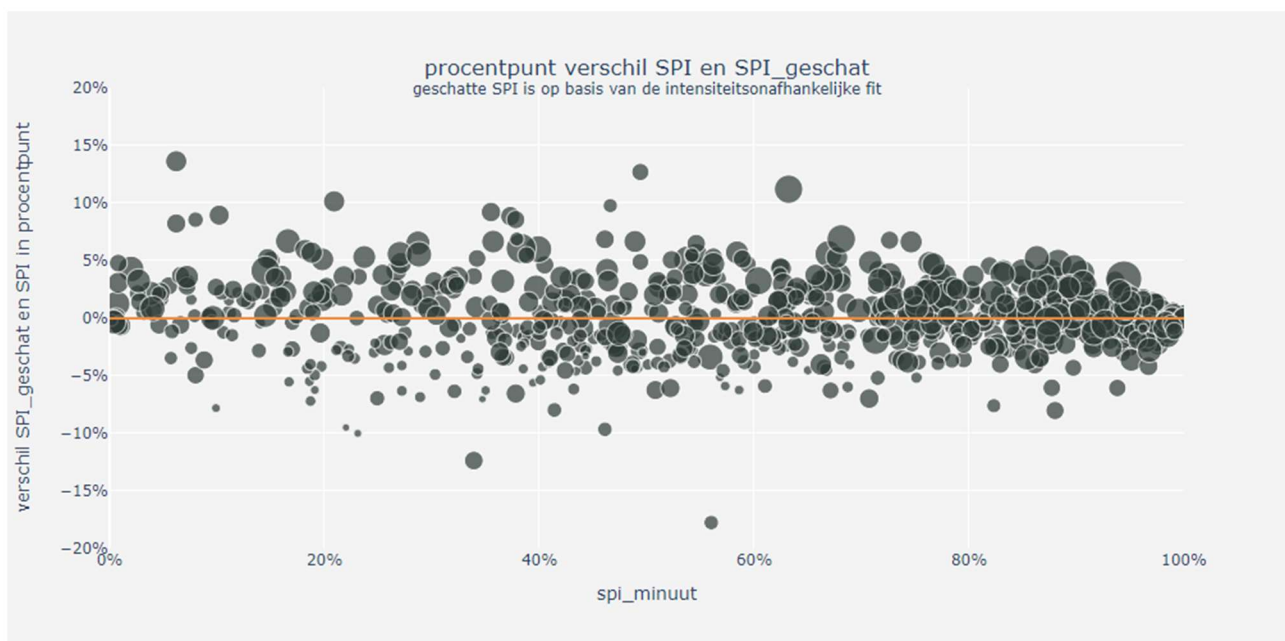
Figuur 2 toont per locatie het verschil (residuen) in procentpunten tussen de werkelijke SPI en SPI_minuut. Gemiddeld is het verschil 4.1 procentpunt.

Dit is redelijk laag, doordat er veel punten zijn rechts in de grafiek met een verschil van minder dan 5 procentpunt. De grote verschillen zitten bij locaties met een SPI_minuut tussen 0% en 60%, maar daar zijn minder punten.



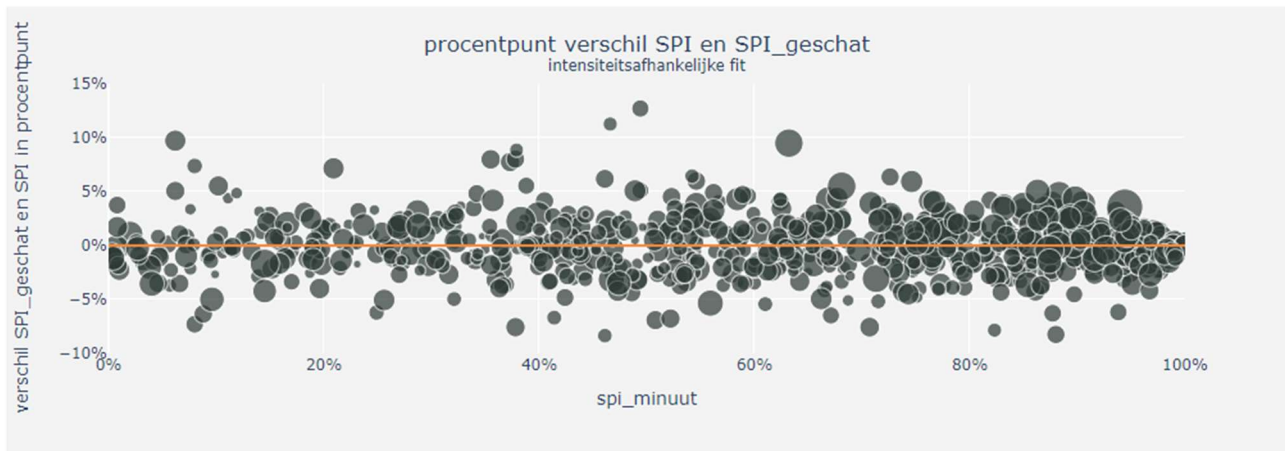
Figuur 2, verschil tussen SPI_minuut en de werkelijke SPI

Met de beschreven relatie kan voor iedere locatie de SPI worden geschat: 'SPI geschat'. Als we een relatie gebruiken die is bepaald op basis van alle locaties (en dus onafhankelijk van de intensiteit) zijn de verschillen SPI_geschat en de werkelijke SPI beperkt, zie Figuur 3. Het gemiddelde verschil is 0.0 procentpunt en de standaarddeviatie is 2.9 procentpunt.



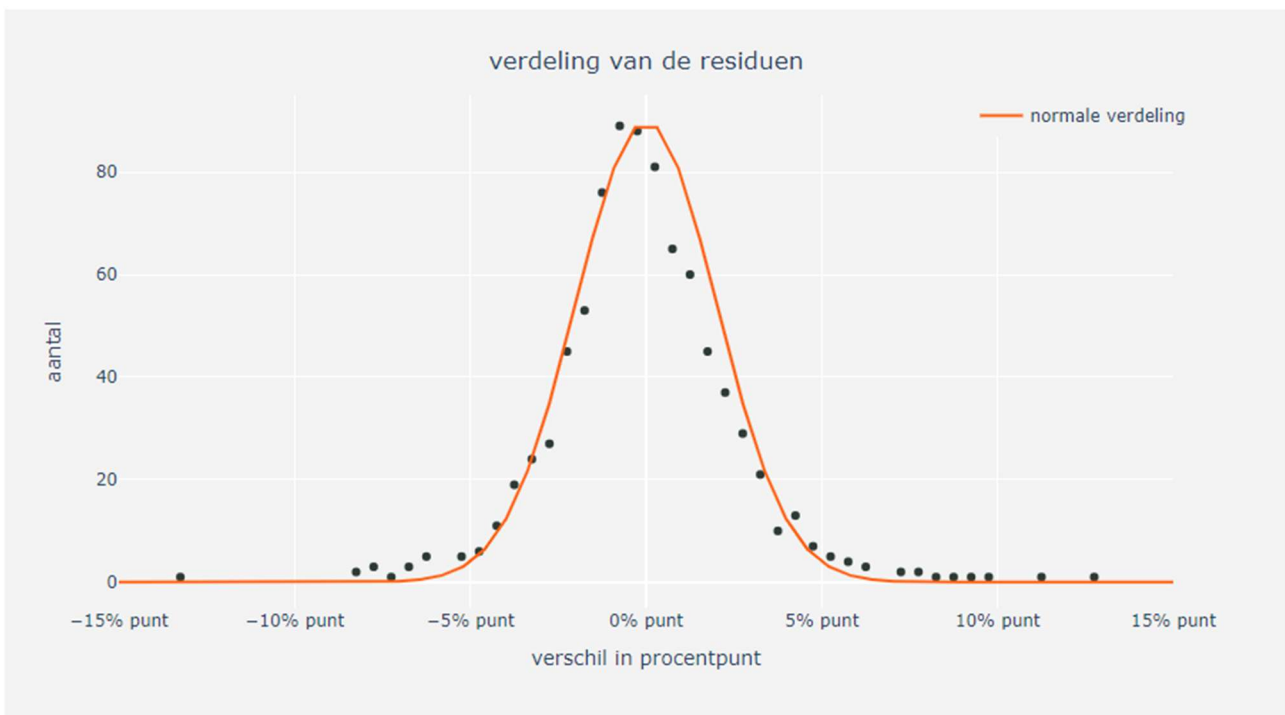
Figuur 3, verschil tussen de werkelijke SPI en SPI_geschat op basis van een algemene fit

Na toepassen van de intensiteitsafhankelijke fit uit paragraaf 3.3 zakt de standaarddeviatie naar 2.5 procentpunt. Het gemiddelde verschil is -0.1 procentpunt. De gevonden relatie voldoet dus aan randvoorwaarde 3 (zie pagina 9).



Figuur 4, verschil tussen de werkelijke SPI en SPI_geschat op basis van een intensiteitsafhankelijke fit

Het toepassen van een intensiteitsafhankelijke relatie loont dus. De residuen zijn normaal verdeeld indien de locaties met een SPI van 0 en 1 niet meetellen. Bij deze locaties zijn SPI en SPI_minuut gelijk en ze zouden de centrale piek daardoor enorm verhogen.



Figuur 5, de residuen zijn normaal verdeeld

3.5 Controle van de relaties op deelpopulaties

De relatie moet algemeen toepasbaar zijn om gebruikt te kunnen worden in de Monitor Snelheid. Daarvoor moeten er geen bijzondere afwijkingen zijn bij toepassing op deelselecties van de tellocaties. Een aantal deelpopulaties die gemaakt worden in de monitor zijn niet controleerbaar, maar andere deelpopulaties wel. De afhankelijkheid van de intensiteit is al onderzocht in de paragraaf 3.3. In de komende paragrafen kijken we naar de volgende deelpopulaties:

- 1) Aantal rijstroken
- 2) Snelheidslimiet
- 3) Meetperiode
- 4) Dagperiode

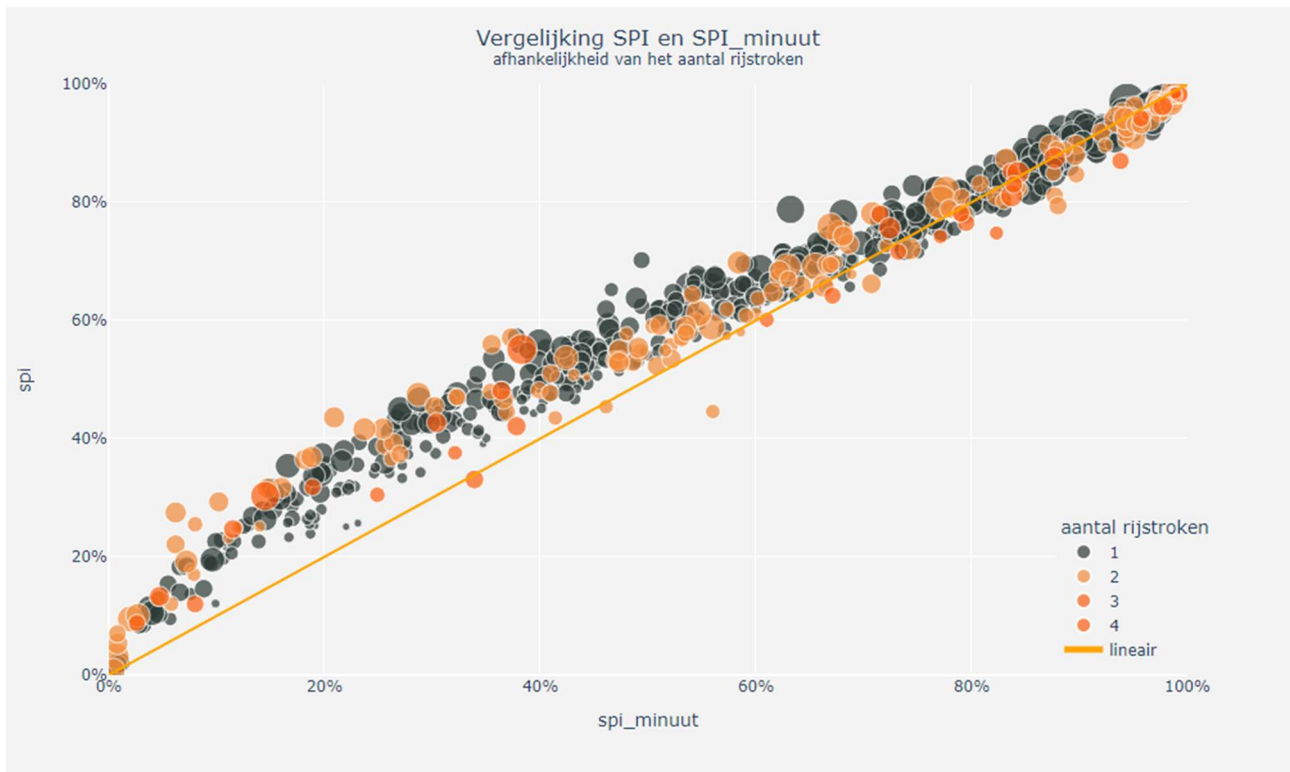
Voorbeelden van deelpopulaties die niet controleerbaar zijn :

- 1) Variatie per wegbeheerder (alle locaties zijn provinciale telpunten)
- 2) Rijbaanscheiding (rijbaanscheiding is niet beschikbaar voor dit onderzoek, maar uit de 'Monitor Snelheid' weten we dat de rijbaanscheiding geen invloed heeft op de SPI)
- 3) RWS-regio (de locaties die zijn gebruikt in de dit onderzoek bevinden zich niet op rijkswegen)
- 4) Vrachtpercentage (deze uitsplitsing maken we alleen voor rijkswegen)
- 5) Wegtype (er bevinden zich geen onderzoekslocaties op autosnelwegen)

Van belang voor de Monitor Snelheid is vooral het over een selectie van locaties gemiddelde verschil tussen de SPI en SPI_geschat.

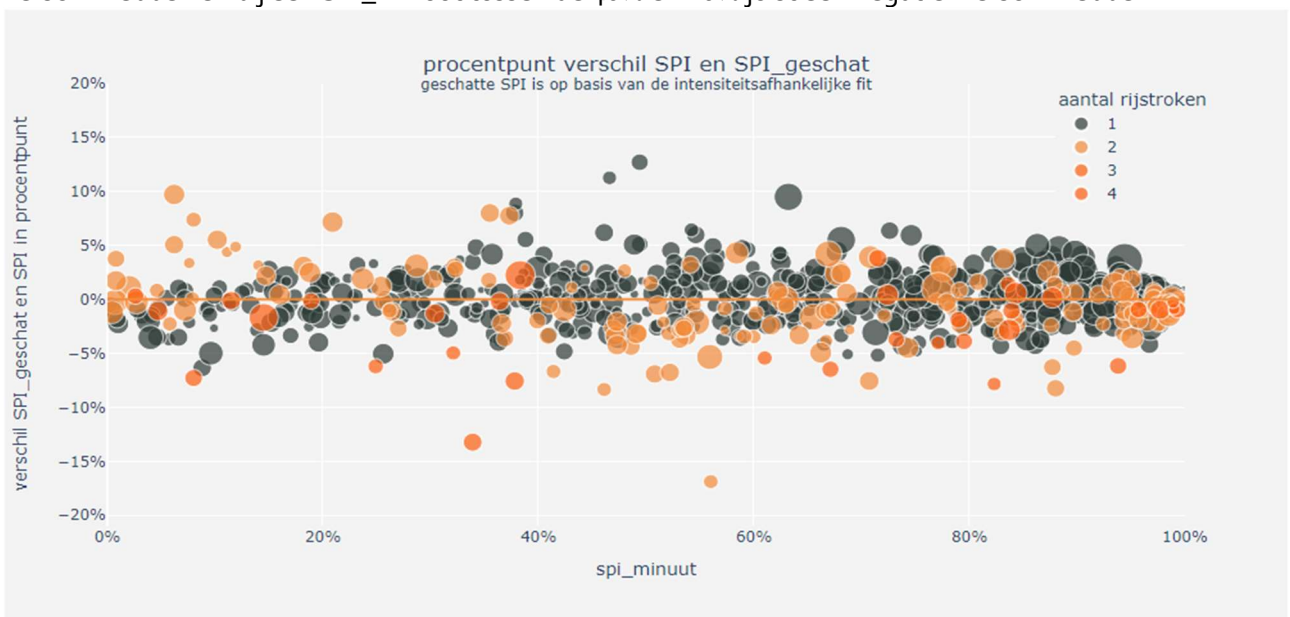
3.6 Afhankelijkheid van het aantal rijstroken

In Tabel 1 is te zien dat de afwijkingen bij locaties met meer dan 1 rijstrook te groot zijn. Er zijn te weinig locaties met 3 of 4 rijstroken om deze apart te fitten, maar dit kan wel voor locaties met 1 of 2 rijstroken.



Figuur 6, afhankelijkheid van het aantal rijstroken

In Figuur 7 valt op dat de oranje punten bij een SPI_minuut onder de 20 procent vrijwel altijd een positief verschil hebben en bij een SPI_minuut tussen de 40% en 60% juist een negatief verschil hebben.



Figuur 7, verschil tussen SPI en SPI_geschat afhankelijk van het aantal rijstroken

Bij locaties met 2 of 3 rijstroken is de standaarddeviatie te groot, ook is er bij locaties met 3 rijstroken een te grote gemiddelde afwijking.

# rijstroken	Gemiddeld verschil [% punt]	Standaarddeviatie [% punt]	# locaties
1	0.117	2.134	694
2	-0.531	3.207	178
3	-2.661	4.488	29
4	-1.250	2.489	4

Tabel 1, afhankelijkheid van de relatie van het aantal rijstroken. De afwijkingen bij locaties met 3 rijstroken zijn groter dan gewenst. Er zijn te weinig locaties met 4 rijstroken voor een significant resultaat.

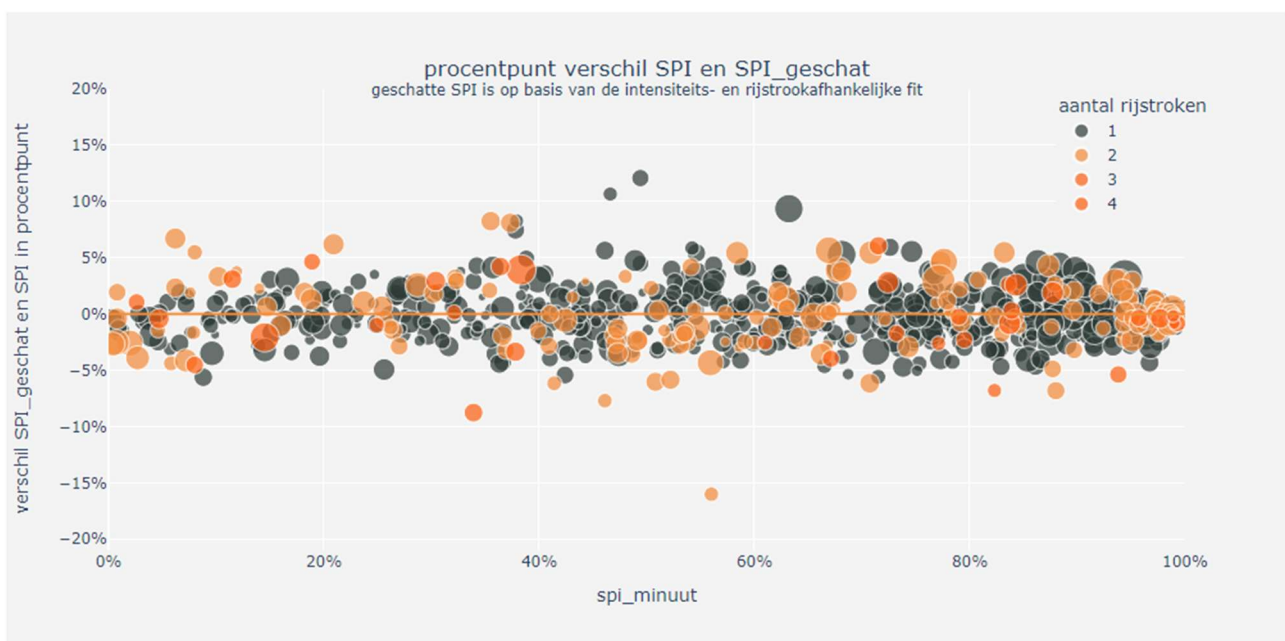
Het resultaat van de relatie uit paragraaf 3.3 verbetert door deze afhankelijk te maken van het aantal rijstroken:

1 rijstrook	$x_0 = -0.0493, k = 0.7975, b = 803420, c = 1.7518$
2 rijstroken	$x_0 = -0.0101, k = 0.9225, b = 8611, c = 1.1017$
3 of meer rijstroken	$x_0 = -0.0099, k = 0.9322, b = 861262, c = 1.5435$

Na toepassen van deze aangepaste relatie zakt de standaarddeviatie naar 2.34 procentpunt. Het gemiddelde verschil is -0.11 procentpunt. Door de parameters afhankelijk van het aantal rijstroken te maken verdwijnt de rijstrook-afhankelijke bias, maar de standaarddeviatie bij locaties met 2 of 3 rijstroken is nog steeds iets groter dan gewenst. De hypothese is dat dit komt door wisselende verhoudingen van de rijstrookintensiteiten tussen de locaties.

# rijstroken	Gemiddeld verschil [% punt]	Standaarddeviatie [% punt]	# locaties
1	-0.103	2.089	694
2	-0.098	2.956	178
3	-0.585	3.495	29
4	1.029	1.642	4

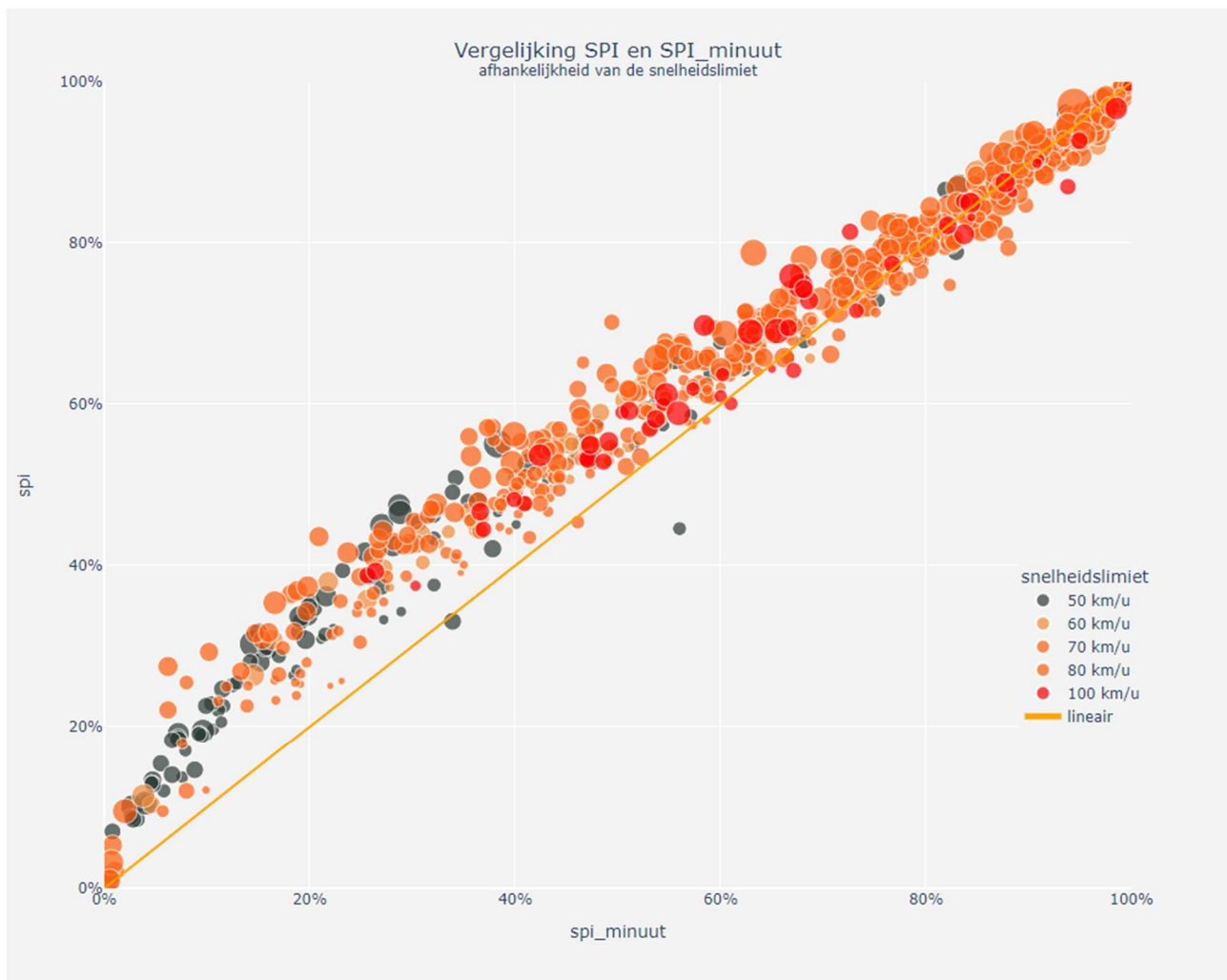
Tabel 2, afhankelijkheid van de relatie van het aantal rijstroken met rijstrookafhankelijke fit



Figuur 8, verschil tussen SPI en SPI_geschat met de intensiteits- en rijstrookafhankelijke relatie

3.7 Afhankelijkheid van de snelheidslimiet

Op provinciale wegen met een snelheidslimiet van 50km/u is de opvolging laag.



Figuur 9, afhankelijkheid van de snelheidslimiet

De standaarddeviatie van onderzoekslocaties met een snelheidslimiet van 50 km/u is iets groter dan de gewenste 2.7 procentpunt. Gelukkig zijn deze locaties ruim vertegenwoordigd in de Monitor Snelheid en is een iets hogere standaarddeviatie acceptabel. Er zijn te weinig locaties met een snelheidslimiet van 70 km/u om significante uitspraken te doen.

Snelheidslimiet [km/u]	Gemiddeld verschil [% punt]	Standaarddeviatie [% punt]	# locaties
50	-0.202	2.773	126
60	-0.733	2.319	68
70	0.366	1.881	9
80	0.003	2.235	651
100	-0.544	2.544	51

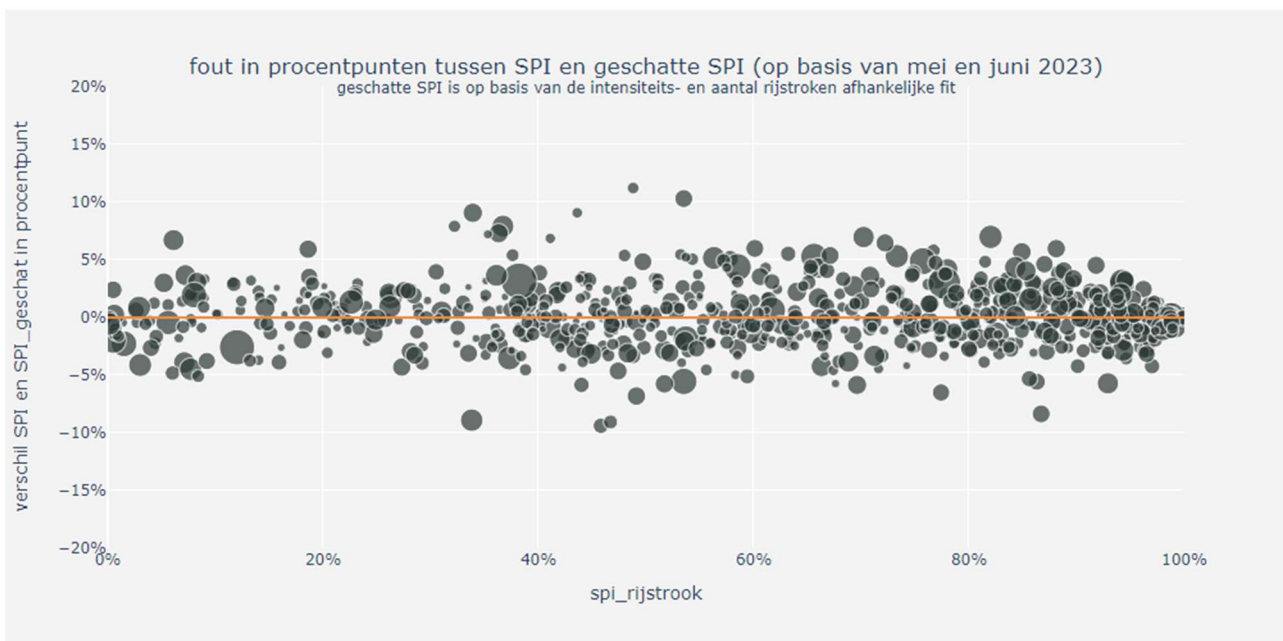
Tabel 3, afhankelijkheid van de relatie van de snelheidslimiet.

3.8 Afhankelijkheid van duur meetperiode

Er is gekeken of de relatie van paragraaf 3.6 ook voldoet bij een kortere meetperiode. In Figuur 10 is de data van mei en juni 2023 geplott. Deze periode valt buiten de periode van de data die gebruikt is voor het opstellen van de relatie. Het gemiddelde verschil tussen SPI en SPI_geschat is 0.10 procentpunt en de standaarddeviatie is 2.41% punt. De standaarddeviatie is ongeveer gelijk aan die voor de hele onderzoeksperiode. De gevonden relatie werkt dus ook voor kortere periodes.



Figuur 10, afhankelijkheid van de duur meetperiode



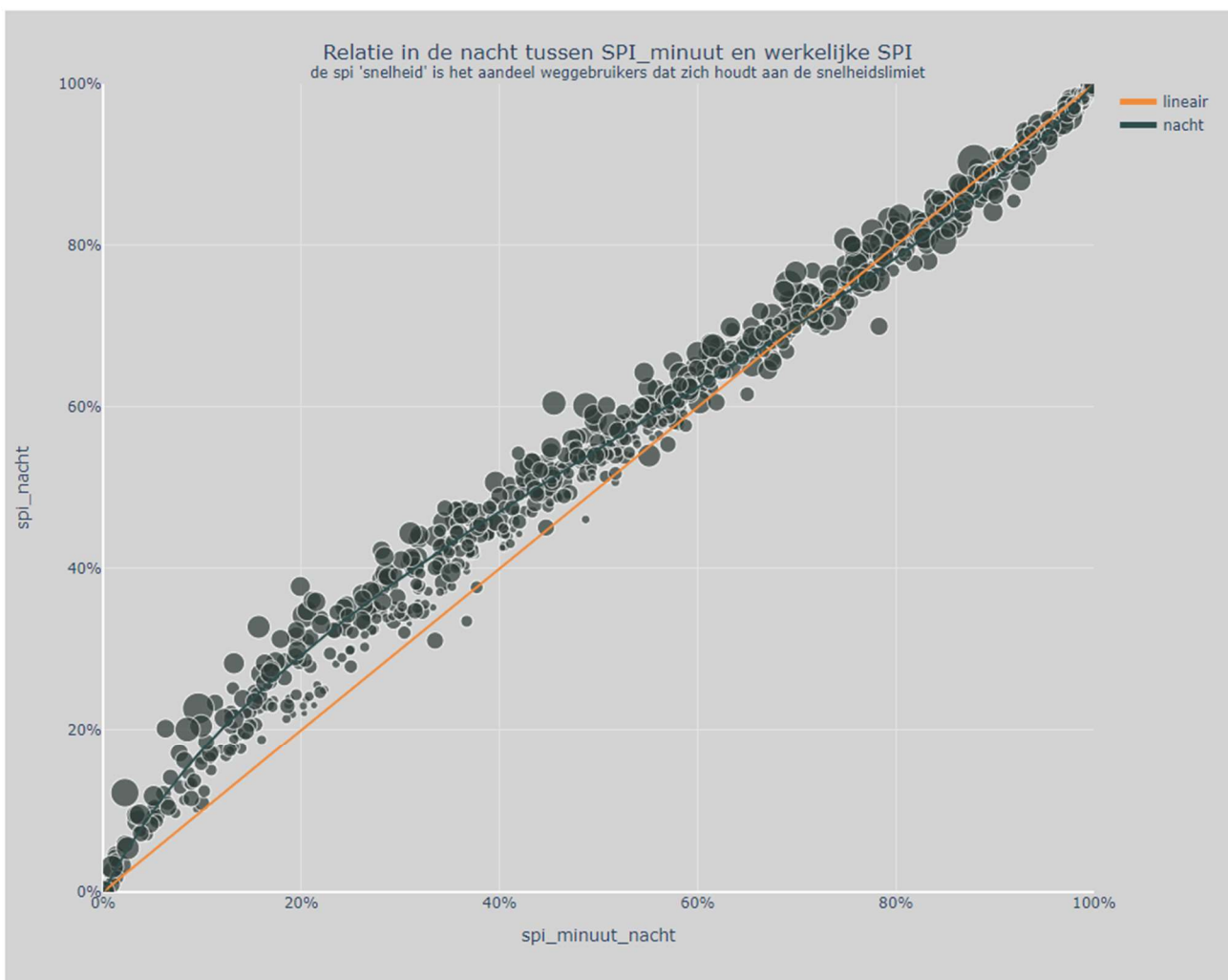
Figuur 11, verschil tussen de werkelijke SPI en SPI_geschat

4 Toepasbaarheid op dagdelen

In de Monitor Snelheid wordt apart gerapporteerd over de SPI in de nacht (19:00-06:00) en overdag (06:00-19:00). Het is dus belangrijk dat de gevonden relatie ook werkt voor afzonderlijke dagdelen. Voor de dagdelen is een gemiddelde uurintensiteit beschikbaar. Deze uurintensiteit kunnen we omrekenen naar etmaalintensiteit per rijstrook door te vermenigvuldigen met 24 en te delen door het aantal rijstroken.

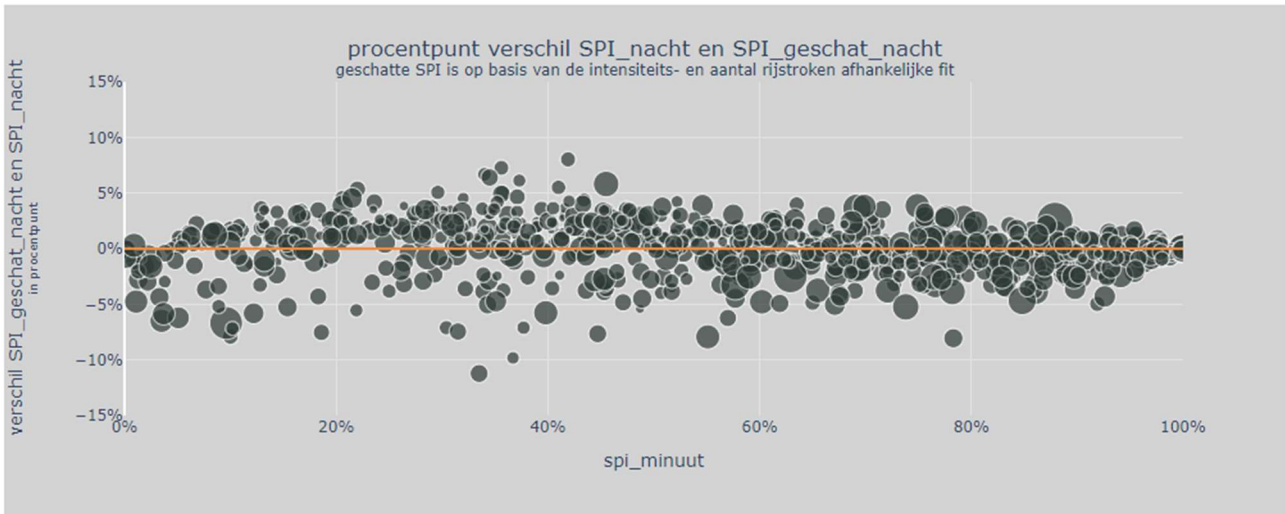
4.1 Toepasbaarheid in de nacht

In Figuur 12 zijn de SPI en SPI_geschat voor de nachtperiode geplot.



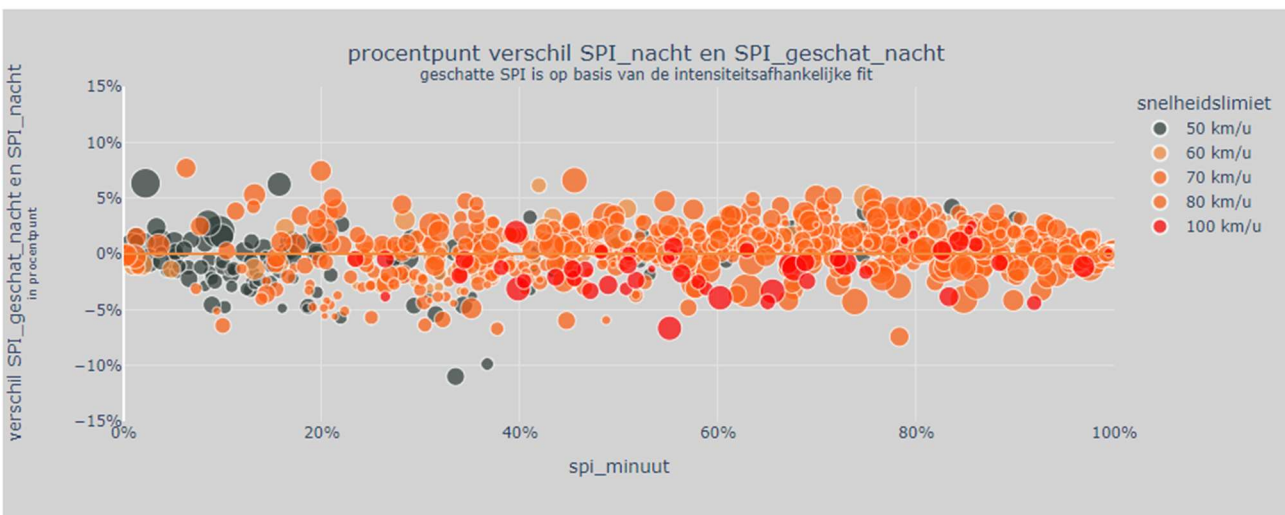
Figuur 12, grafiek van SPI_minuut_nacht tegen SPI_nacht.

Het gemiddelde verschil in tussen SPI_nacht en SPI_geschat_nacht is 0.09 procentpunt en de standaarddeviatie is 2.28 procentpunt. De relatie is dus ook toepasbaar in de nacht.



Figuur 13, verschil tussen de werkelijke SPI_nacht en SPI_geschat_nacht

We kunnen ook kijken naar een combinatie van de periode 'nacht' en de snelheidslimiet. Bij een snelheidslimiet van 100 km/u is een kleine bias zichtbaar.



Figuur 14, verschil tussen de werkelijke SPI_nacht en SPI_geschat_nacht afhankelijk van de snelheidslimiet

Bij de locaties met een snelheidslimiet van 100 km/u valt het grote negatieve verschil weer op.

Snelheidslimiet [km/u]	Gemiddeld verschil [% punt]	Standaard deviatie [% punt]	# locaties
50	0.042	2.920	126
60	1.141	2.233	68
70	-0.350	1.779	9
80	0.177	2.067	651
100	-2.316	3.014	51

Tabel 4, afhankelijkheid van de relatie van de snelheidslimiet in de nacht

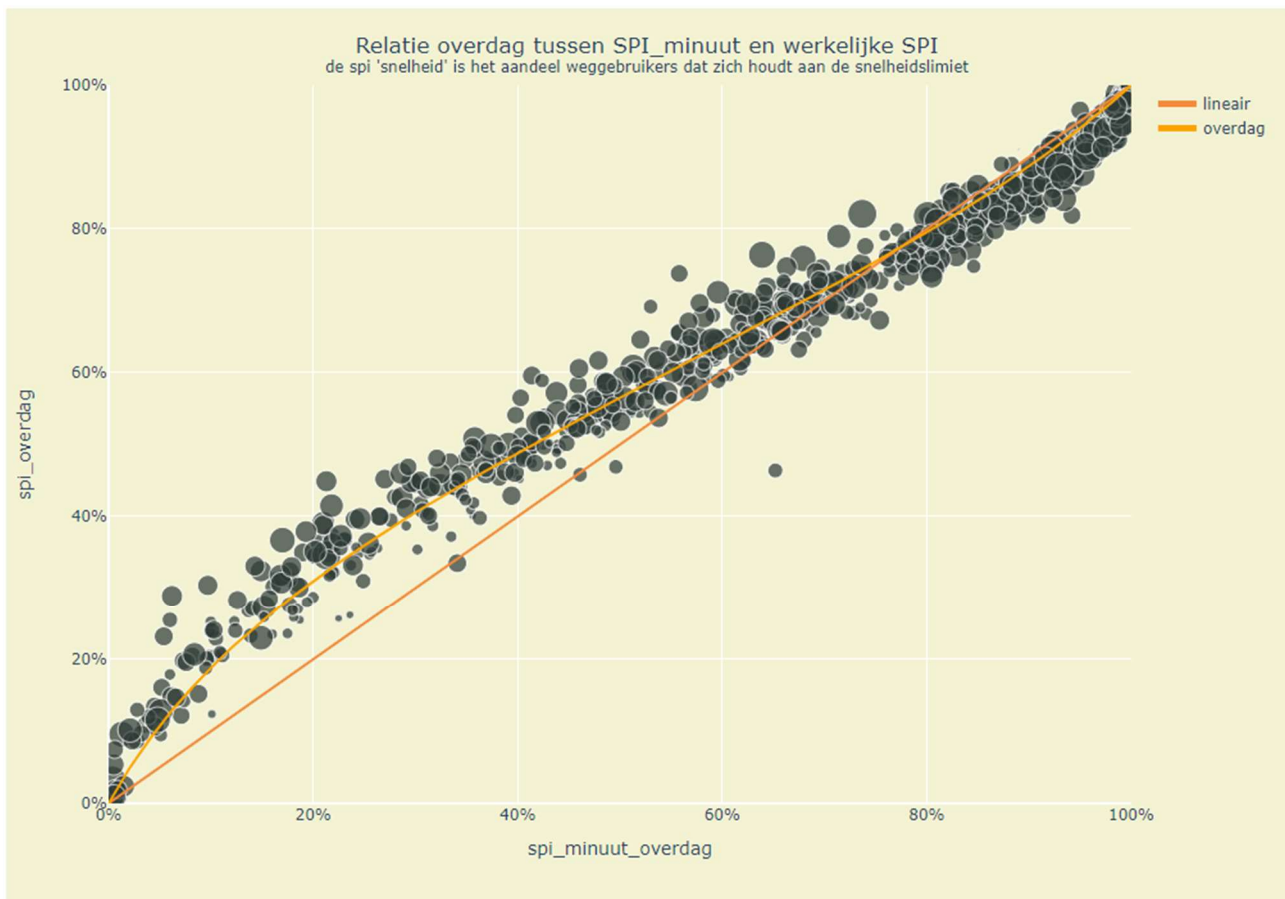
4.2 Toepasbaarheid overdag

In Figuur 15 zien we direct dat de curve niet door het punt (1, 1) lijkt te gaan. Bij een hoge SPI_minuut is de daadwerkelijke SPI lager dan SPI_minuut.

Waarschijnlijk is het op deze locaties zo druk, dat bij hoge SPI waarden alle hardrijders worden weg geaggregeerd tijdens de minuutmetingen. Als het aantal voertuigen per minuut toeneemt, dan zal de gemeten snelheid in iedere minuut steeds meer gaan neigen naar de gemiddelde snelheid van alle voertuigen.

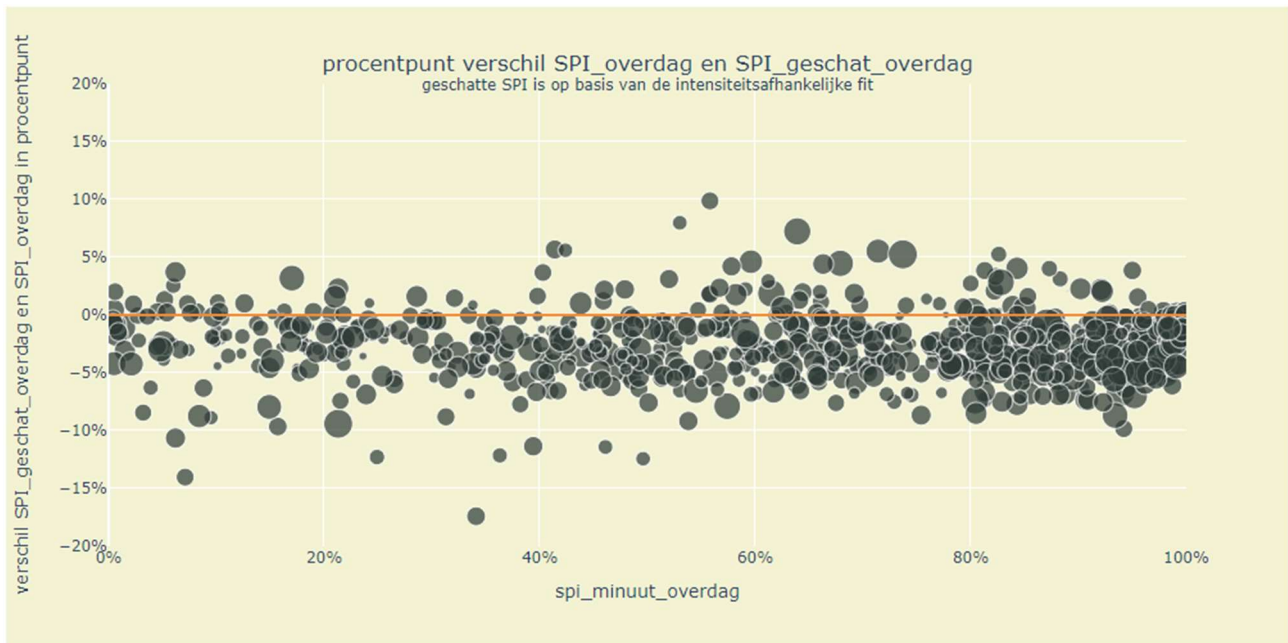
Stel dat 95% van de voertuigen zich aan de snelheid houdt, dan zijn de resterende 5% van de voertuigen niet voldoende om 5% van de minuten een snelheid te geven boven de snelheidslimiet. Er zijn immers nauwelijks minuten met slechts 1 of 2 voertuigen.

De gemiddelde rijstrookintensiteit overdag is 370 vtg/uur (6 per minuut), tegenover 265 vtg/uur voor het gehele etmaal.



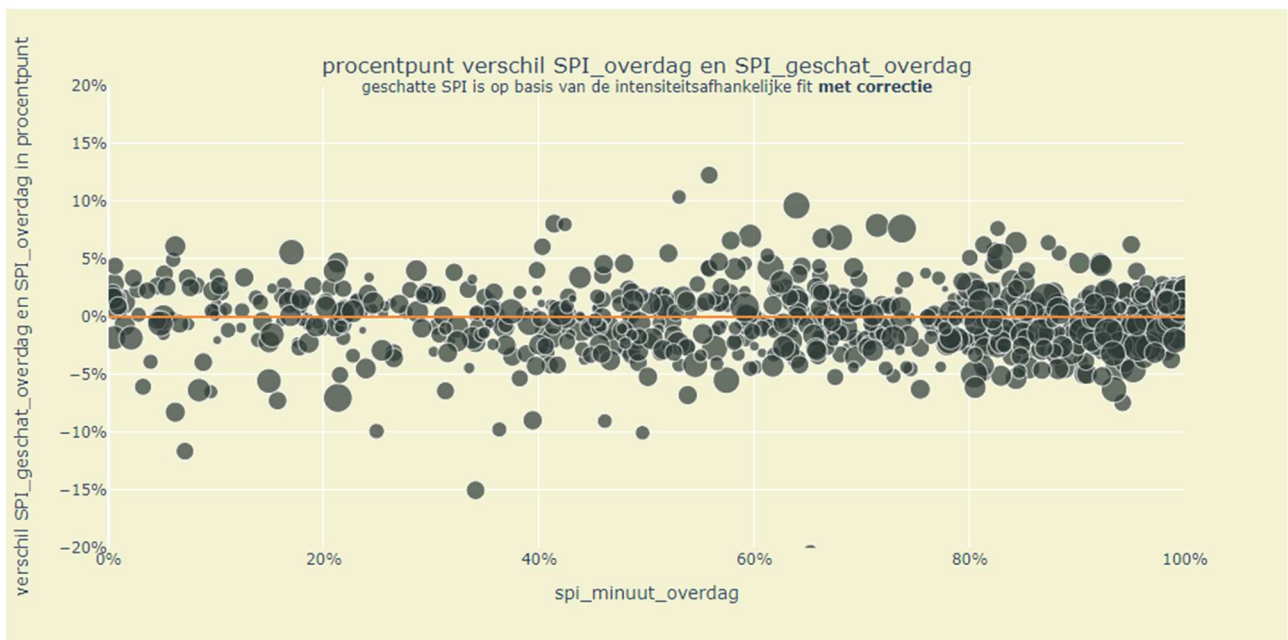
Figuur 15, grafiek van SPI_minuut_overdag tegen SPI_overdag.

Ook overdag werkt de rijstrook onafhankelijke relatie het best. Het gemiddelde verschil is -2.40 procentpunt en de standaard deviatie is 3,66 procentpunt. Zowel het gemiddelde verschil (wat duidt op een bias) als de standaard deviatie zijn groter dan gewenst.



Figuur 16, de schatting van SPI_overdag is te hoog, waardoor er veel punten met een negatief verschil zijn.

Gemiddeld schatten we de SPI overdag dus 2.4 procentpunt te hoog in. Het resultaat kunnen we simpel verbeteren door 2.75 procentpunt af te trekken van SPI_geschat_overdag. Het gemiddelde verschil is dan 0.01 procentpunt en de standaard deviatie wordt 2.77 procentpunt. Dit is geen ideale oplossing en de relatie kan zeker beter, maar de relatie met kleine correctie is zo wel bruikbaar voor de 'Monitor Snelheid'.



Figuur 17, het verschil tussen werkelijke en geschatte SPI na een kleine correctie

5 Discussie

5.1 Schatten van de SPI toepassen in de Monitor Snelheid

Het is mogelijk om een goede schatting te maken van de werkelijke SPI op basis van de SPI_minuut. Voor vrijwel alle deelpopulaties is per meetlocatie de standaarddeviatie van het verschil tussen de werkelijke waarde en de schatting kleiner dan de gewenste 2.7 procentpunt. De schatting is dus bruikbaar.

Bij een keuze voor het vanaf nu werken met SPI_geschat, is het nodig om de trendgetallen voor de voorgaande jaren om te rekenen naar dezelfde SPI. Dit is mogelijk door de voorwaarden die aan het begin zijn gesteld. Alle benodigde data is beschikbaar om voor alle jaren de schatting te kunnen maken.

Door het toepassen van deze schattingsmethode sluit de Monitor aan bij de SPI definities in Europees verband. Dezelfde schattingsmethode zou in de toekomst ook kunnen worden toegepast voor het bepalen van de SPI 'veilige snelheid' in het jaarlijkse monitorrapport.

5.1.1 Representativiteit aantal rijstroken en snelheidslimiet

De meeste telpunten hebben slechts 1 of 2 rijstroken. De toepassing van de gevonden relatie op rijbanen met 3 of meer rijstroken is discutabel. Er zijn te weinig telpunten met 3 of meer rijstroken om deze relatie hard te maken. De telpunten met 3 of meer rijstroken lijken de gevonden relatie overigens wel goed te volgen (zie paragraaf 3.6).

Voor de volgende monitor zou het verstandig zijn om van een aantal RWS telpunten IVP data te verzamelen. Hierbij is het handig om de punten zo te selecteren dat deze zorgen voor een goede verdeling over het hele waarde bereik van de SPI (0% tot 100%) om de relatie goed te kunnen controleren. Een korte periode is voldoende om het model te controleren (zie paragraaf 3.8).

Bij de beschikbare telpunten zitten geen locaties met een snelheidslimiet boven de 100 km/u in de nacht. De verwachting is dat de relatie ook voor deze snelheidslimieten geldt, maar dit is nu niet aantoonbaar.

5.1.2 Representativiteit etmaalintensiteit

In de dataset zijn enkel tot een gemiddelde etmaalintensiteit per rijstrook van +- 11.000 voertuigen voldoende locaties beschikbaar. Er zijn wel locaties met een iets hogere intensiteit, maar bij hogere intensiteiten worden dat er snel minder. Zo zijn er slechts 2 locaties (0.2% van het totaal) met een rijstrook intensiteit boven 15.000. De Monitor Snelheid heeft in 2022 20 locaties (3.3%) met een rijstrook intensiteit boven de 15.000. Het is dus onzeker of de relatie bij hoge intensiteiten van toepassing is.

5.1.3 Afronden in Monitor Snelheid

In de Monitor Snelheid werden de resultaten per locatie van SPI_minuut opgeslagen in afgeronde hele procenten. In de toekomst is het advies om deze af te ronden op tienden van procenten omdat de relatie nog moet worden toegepast.

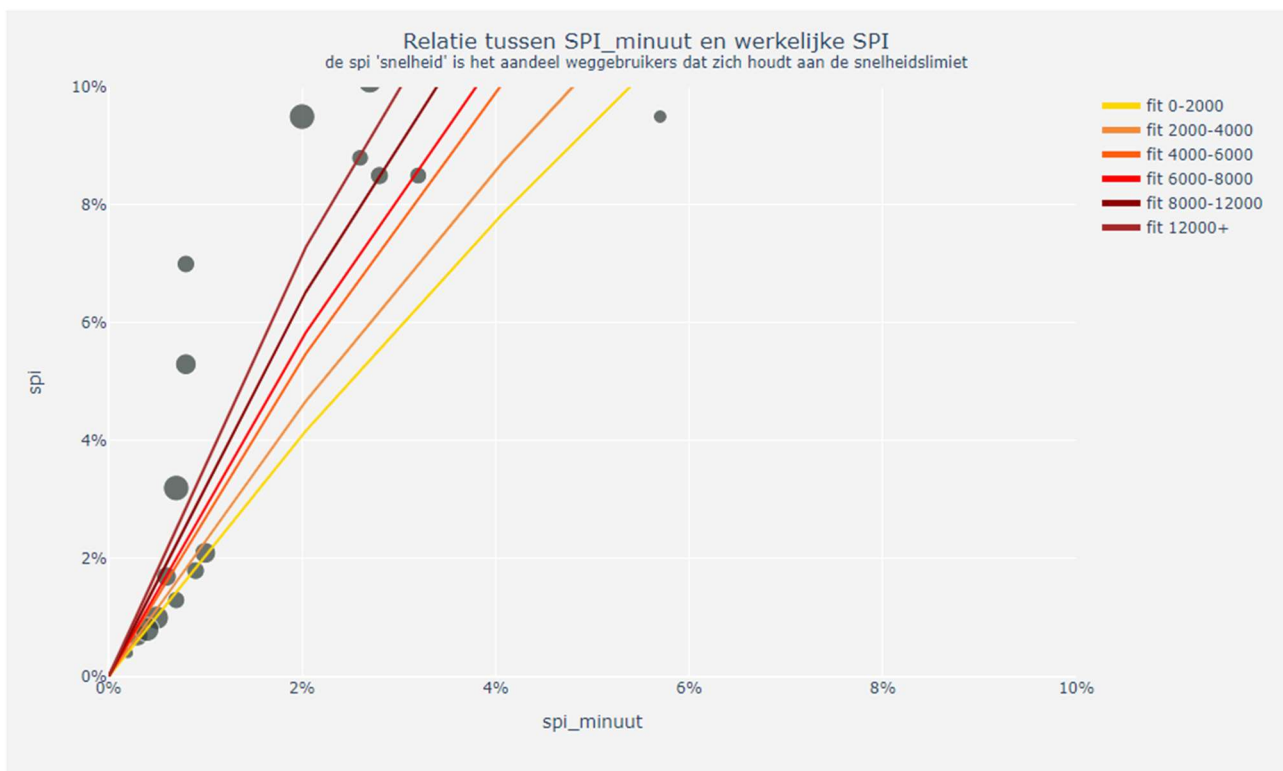
5.2 Verbeteringen

Verbetering 1, schatten per rijstrook

Gezien dat de schatting afhankelijk is van het aantal rijstroken door de wijzigende parameters k en x_0 , ligt het in de verwachting dat de schatting kan verbeteren door per rijstrook de schatting te berekenen. Per locatie kan de verhouding tussen de intensiteiten immers anders zijn en de parameters k en x_0 zijn gefit op een gemiddelde verdeling. Hiervoor zijn de intensiteiten per rijstrook nodig, maar die zijn van voorgaande jaren niet opgeslagen.

Verbetering 2, relatie rondom SPI van 0%

Aan het begin van de curve zit een vrijwel verticaal deel. Dit ontstaat doordat er minder minuten dan voertuigen zijn. De relatie zou hier op aangepast kunnen worden, maar wordt dan wel ingewikkelder en lastiger toe te passen. De verwachting is dat het effect op het eindresultaat klein is.



Figuur 18, verticaal deel van de curve

6 Rekenmodel schatting SPI

6.1 Berekening SPI_geschat en parameters

De SPI kan worden geschat met de volgende relatie. Hierbij is I de gemiddelde etmaalintensiteit per rijstrook en x is de gemeten SPI_minuut. De parameters x_0 , k , b en c zijn afhankelijk van het aantal rijstroken.

Bij 1 rijstrook	Bij 2 rijstroken	Bij 3 of meer rijstroken
$x_0 = -0.0493$	$x_0 = -0.0101$	$x_0 = -0.0099$
$k = 0.7975$	$k = 0.9225$	$k = 0.9322$
$b = 803420$	$b = 8611$	$b = 861262$
$c = 1.7518$	$c = 1.1017$	$c = 1.5435$

$$S = \frac{\ln \left(\frac{(x_0 - x)(1 + kx_0)}{x_0(1 - k(x - x_0))} \right)}{\ln \left(\frac{(x_0 - 1)(1 + kx_0)}{x_0(1 - k(1 - x_0))} \right)}$$

$$a = \frac{I^c}{I^c + b}$$

$$SPI_{gesch} = a * S + (1 - a) * x$$

De relatie kan ook worden gebruikt voor de dagdelen nacht (19:00-06:00) en overdag (06:00-19:00). De etmaalintensiteit I voor de berekening van x_0 is dan de gemiddelde uurintensiteit in het dagdeel keer 24.

6.1.1 Uitzondering dagdeel 'overdag'

Trek 0.024 (2.4%) af van de berekende waarde van SPI_geschat. Zie paragraaf 4.2.

6.1.2 Afrondingsfouten

Afrondingsfouten kunnen leiden tot een SPI_geschat lager dan 0% of hoger dan 100%. Beperk de uitkomst daarom tot het bereik 0-100%.

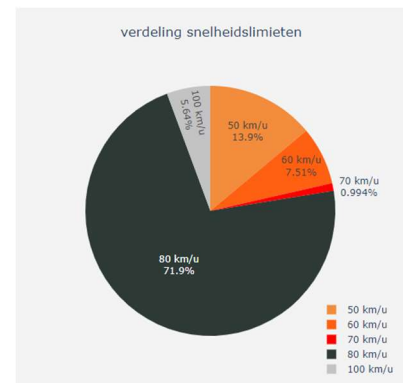
7 Eigenschappen van de telpunten

7.1 Snelheidslimieten

Het grootste deel van de telpunten heeft een snelheidslimiet van 80 km/u, maar er zijn ook genoeg telpunten met een snelheidslimiet van 50, 60 en 100 km/u

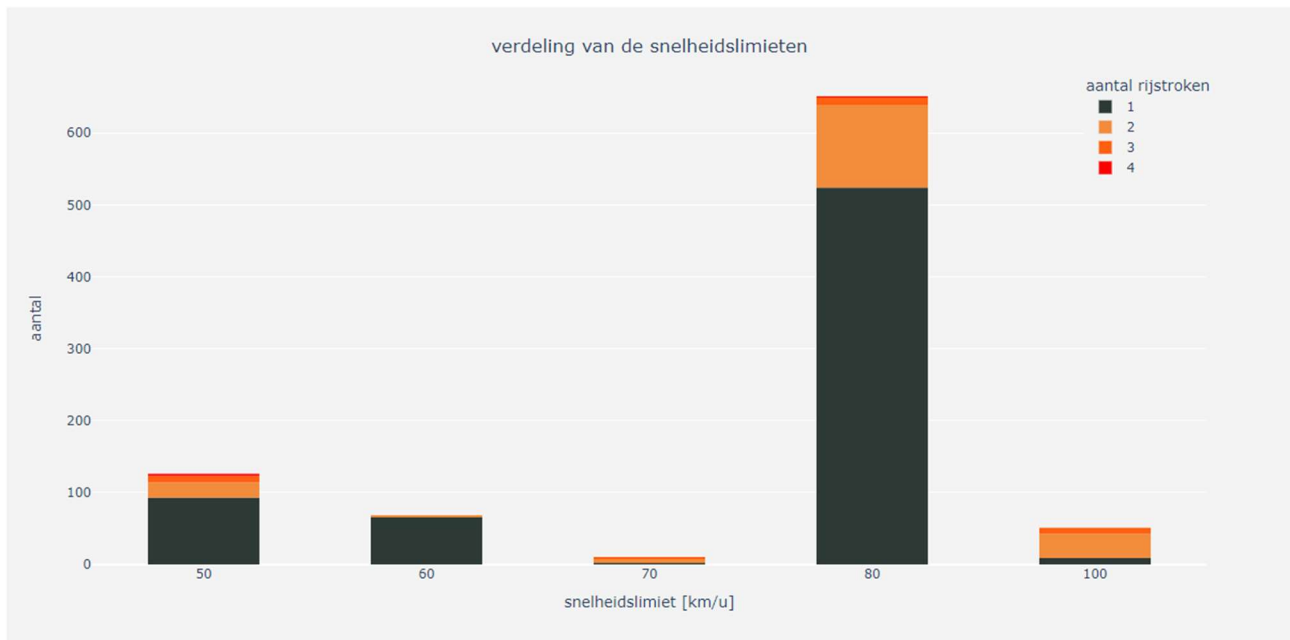
Snelheidslimiet [km/u]	# telpunten
50	126
60	68
70	9
80	651
100	51

Tabel 5, verdeling snelheidslimieten over locaties



Figuur 19, verdeling snelheidslimieten

De meeste telpunten met een snelheidslimiet van 100 km/u hebben 2 of meer rijstroken. Telpunten met een lagere snelheidslimiet hebben meestal 1 rijstrook.

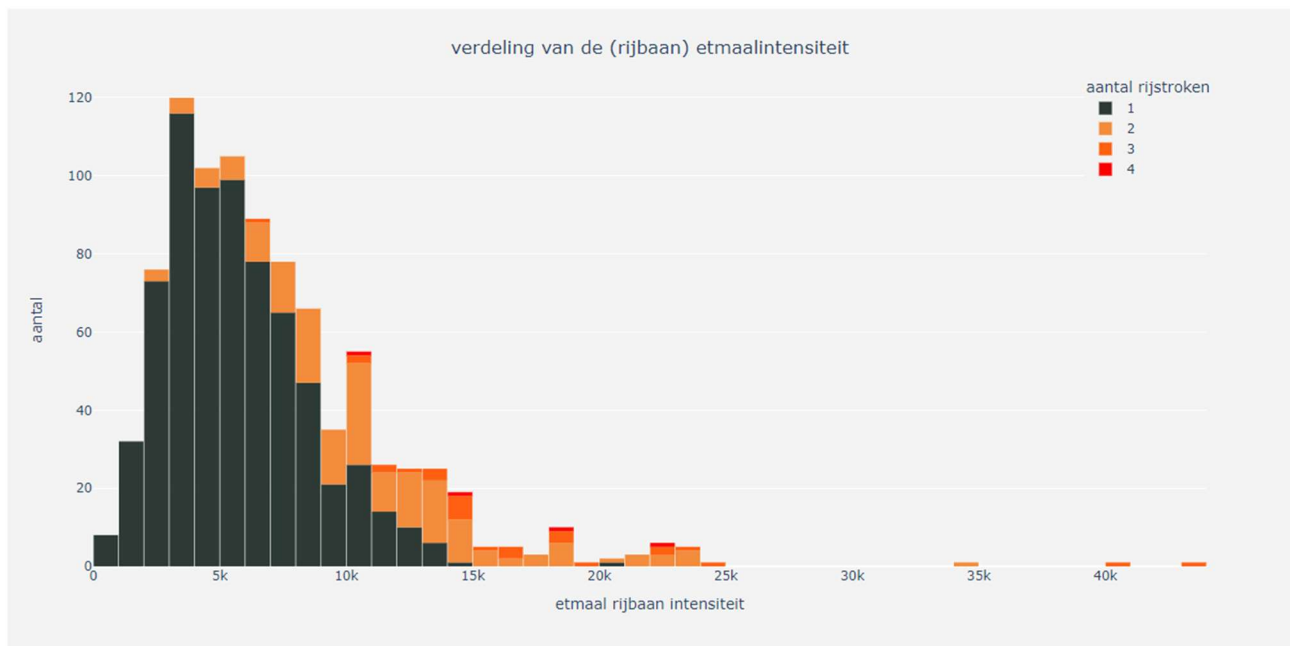


Figuur 20, verdeling van de snelheidslimieten

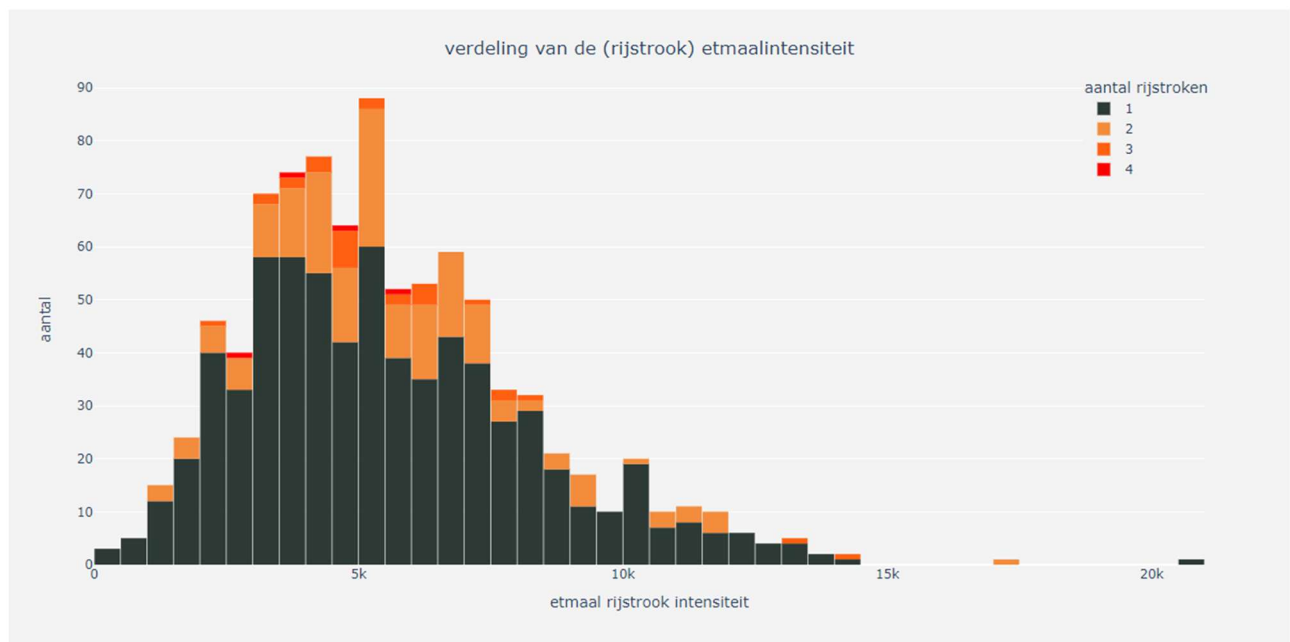
7.2 Aantal rijstroken en etmaalintensiteiten

De meeste telpunten hebben slechts 1 rijstrook. Slechts een klein deel heeft 3 of meer rijstroken.

rijstroken	# telpunten	Gem. etmaal rijbaan intensiteit	Gem. etmaal rijstrook intensiteit
1	694	5.576	5.576
2	178	11.270	5.635
3	29	17.467	5.822
4	4	16.660	4.165



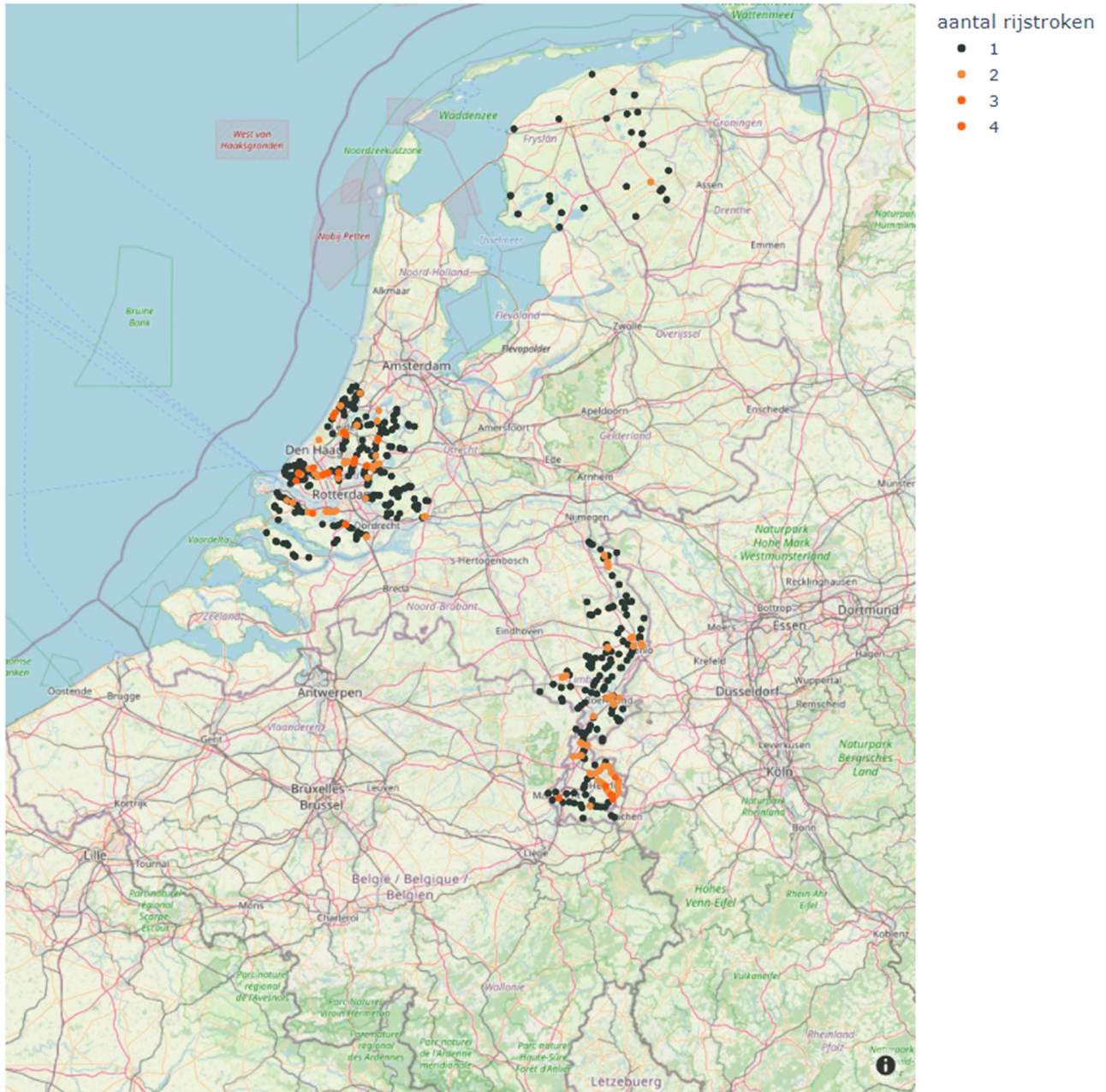
Figuur 21, verdeling van de rijbaanintensiteiten



Figuur 22, verdeling van de rijstrookintensiteiten

7.3 Geografische verdeling

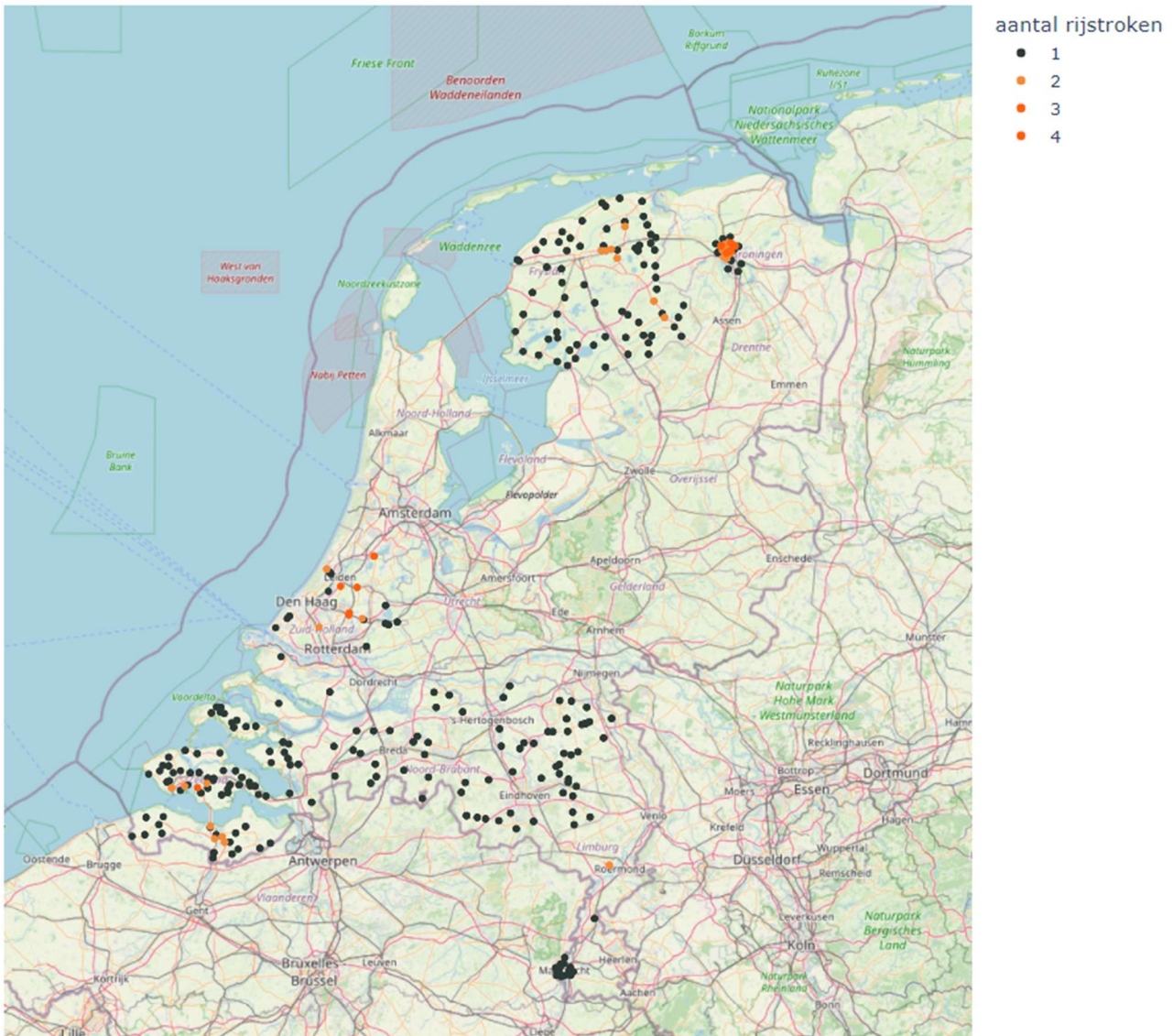
In Figuur 23, geografische verdeling van telpunten en het aantal rijstroken gevisualiseerd. De telpunten zijn geconcentreerd in de provincies Zuid-Holland, Friesland en Limburg. In de controle set in hoofdstuk 8 zijn ook telpunten in Groningen, Zeeland en Noord-Brabant gebruikt.



Figuur 23, geografische verdeling van telpunten

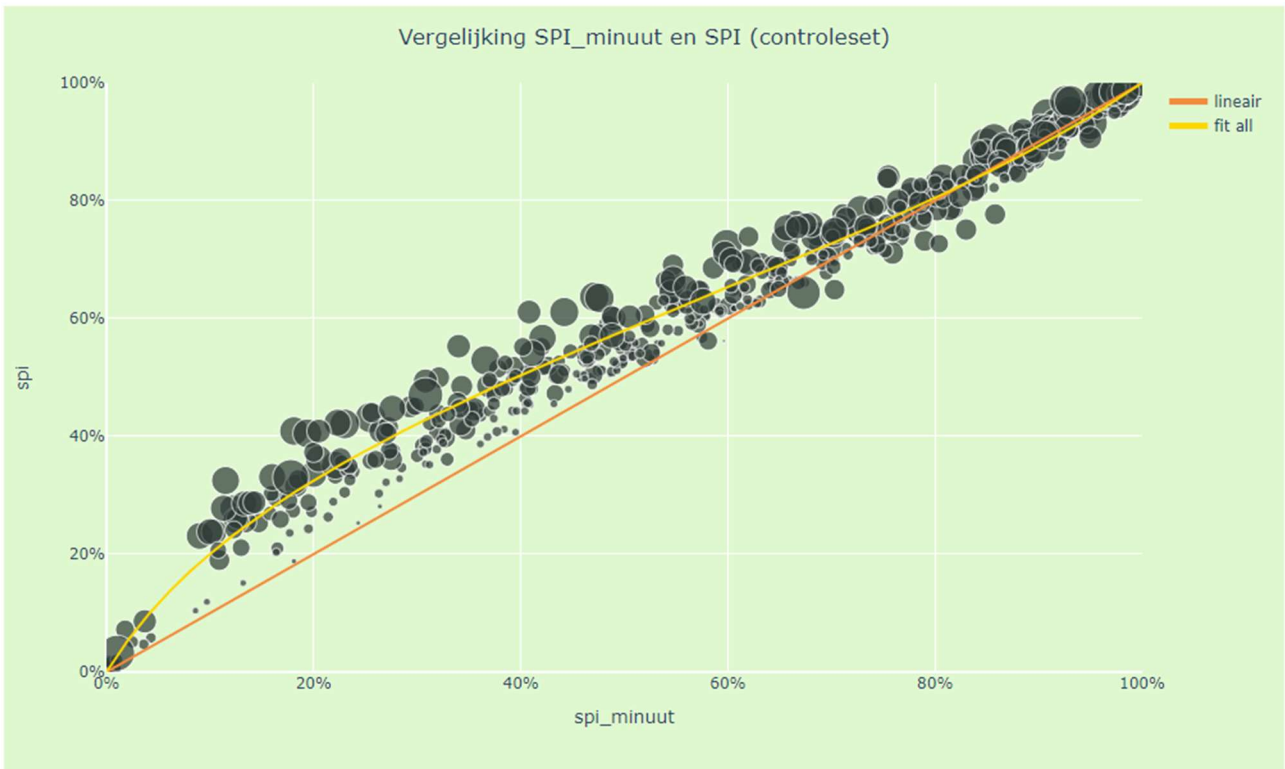
8 Controle set

Sinds april 2023 is het aantal IVP locaties enorm gestegen. Deze nieuwe telpunten zijn gebruikt als controle set om de relatie naderhand te controleren. Om deze set zo groot mogelijk te maken is ook voor vrijwel alle locaties in Noord-Brabant met de hand de juiste meetrichting bepaald. Zowel de periode (oktober en november 2023) als de telpunten zijn out-of-sample ten opzichte van het eerdere onderzoek.

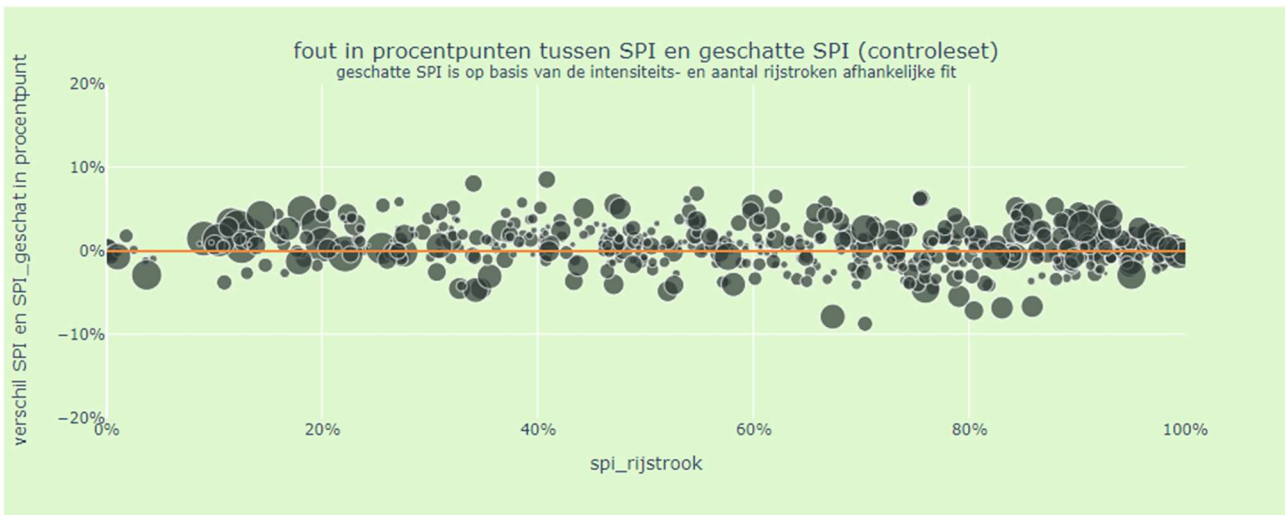


Figuur 24, geografische verdeling van out-of-sample telpunten. Er zijn 588 locaties gebruikt in de controle set

Het gemiddelde verschil tussen SPI en SPI_geschat is 0.53 procentpunt en de standaarddeviatie is 2.36% punt. De standaarddeviatie is ongeveer gelijk aan die voor de hele onderzoeksperiode (2.34%). De relatie werkt dus ook goed op de controle set.



Figuur 25, gegevens van de controle set



Figuur 26, verschil tussen de werkelijke SPI en SPI_geschat.

9 Definities en versiebeheer


9.1 Definities

In deze rapportage worden de volgende definities en afkortingen gebruikt:

AVG	Actuele Verkeers Gegevens. Een tellocatie op het wegennet die per minuut het aantal voertuigen en harmonisch gemiddelde snelheid meet..
IVP	Individuele Voertuig Passage. Een tellocatie op het wegennet die de snelheid van individuele voertuigen meet.
SPI	Safety Performance Indicator. Hier wordt met de SPI bedoeld het aandeel van de voertuigen dat zich aan de snelheidslimiet houdt. Een SPI van 0 (of 0%) geeft aan dat 0% van de voertuigen een snelheid hebben onder de snelheidslimiet. Een SPI van 1 (of 100%) geeft aan dat alle voertuigen een snelheid hebben onder de snelheidslimiet.
SPI_minuut	Door de aggregatie op minuut niveau door de AVG tellocaties kan de SPI niet direct worden gemeten. Voor rapportages wordt daarom tot nu toe de SPI_minuut gebruikt. Dit is het aandeel van de <i>minuten</i> met een snelheid onder de snelheidslimiet. Enkel minuten met verkeer tellen mee.
SPI_geschat	Een schatting van de SPI op basis van SPI_minuut.
overdag	De periode 'overdag' is gedefinieerd als de periode van 06:00 tot 19:00 in lokale tijd. Dit is de periode waarvoor landelijk een maximale snelheidslimiet van 100 km/uur geldt.
nacht	De periode 'nacht' is gedefinieerd als de periode van 19:00 tot 06:00 in lokale tijd.

9.2 Document historie tabel

Datum	Versie	Status	Auteur	Beschrijving
30-5-2023	0.1	Concept	Werner van Loo	Eerste concept
28-8-2023	0.2	Concept	Werner van Loo	Tweede concept
30-8-2023	0.3	Concept	Werner van Loo	Kleine aanvullingen, zoals definities en afkortingen.
31-8-2023	0.4	Concept	Werner van Loo	Functie x_0 als $1/x$
8-9-2023	0.5	Concept	Werner van Loo	Grafiek updates Hs 7, aantonen normale verdeling residuen en significantie. Verwerken opmerkingen Paul Scheepers en Yvonne Janssen-Stans
18-9-2023	0.6	Concept	Werner van Loo	Opmerkingen verwerkt tijdens bespreking d.d. 14-9-2023
06-02-2024	1.0	Definitief	Werner van Loo	Definitieve versie met controle set na bespreking met SWOV. Aanpassing fit naar aanleiding van locaties met lage intensiteiten. Update kaartjes.
16-02-2024	1.1	Definitief	Werner van Loo	Tekstuele update



16-2-2024

Auteurs
Werner van Loo

© Nationaal Dataportaal
Wegverkeer

✉ info@ndw.nu

🌐 www.ndw.nu

☎ 088 797 34 35

🏠 Archimedeslaan 6
3584 BA Utrecht

✉ Postbus 24016
3502 MA Utrecht