

Veilige Snelheden, Geloofwaardige Snelheidslimieten (VSGS)

Hoe valide is de GS-bepaling met de VSGS-methode?

R-2022-5

SWOV



Auteurs



S.T. van der Kint, MSc



Ing. G. Schermers



S.E. Gebhard, MSc



Dr. F. Hermens

Ongevallen **voorkomen**
Letsel **beperken**
Levens **redden**

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2022-5
Titel:	Veilige Snelheden, Geloofwaardige Snelheidslimieten (VSGS)
Ondertitel:	Hoe valide is de GS-bepaling met de VSGS-methode?
Auteur(s):	S.T. van der Kint, MSc, ing. G. Schermers, S.E. Gebhard, MSc & dr. F. Hermens
Projectleider:	Ing. G. Schermers
Projectnummer SWOV:	S21.04.C
Projectinhoud:	Met de VSGS-methode kan worden beoordeeld wat een veilige rijsnelheid is, gegeven ontwerp en inrichting van de weg (VS) en daarnaast, op basis van een reeks wegkenmerken, of de plaatselijke snelheidslimiet geloofwaardig is (GS). Over de bruikbaarheid van dit laatste deel, de GS-methode, zijn in de loop van de tijd twijfels ontstaan. Dit onderzoek is opgezet om de GS-methode te valideren: meten we hiermee inderdaad de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet in de praktijk, en de neiging van weggebruikers om sneller of langzamer te rijden?
Aantal pagina's:	95
Fotografen:	Paul Voorham (omslag) – Peter de Graaff (portretten)
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2022 Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

**De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is toegestaan met bronvermelding.**

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag – Postbus 93113, 2509 AC Den Haag
070 – 317 33 33 – info@swov.nl – www.swov.nl

 [@swov_nl](https://twitter.com/swov_nl) / [@swov](https://twitter.com/swov)  [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)

Samenvatting

In de loop van de jaren heeft SWOV het meetinstrument 'Veilige Snelheden, Geloofwaardige Snelheidslimieten' (VSGS) ontwikkeld. Met dit instrument kan worden beoordeeld wat een veilige rijnsnelheid is, gegeven ontwerp en inrichting van de weg (VS) en daarnaast, op basis van een reeks wegkenmerken, of de plaatselijke snelheidslimiet geloofwaardig is (GS). De beoordeling van de veilige snelheid (VS) gaat volgens de VSGS-methode uit van natuurkundige wetten en is wat SWOV betreft onomstreden. Over de bruikbaarheid van de GS-methode zijn in de loop van de tijd twijfels ontstaan.

De geloofwaardigheid van de snelheidslimiet (GS) wordt volgens de VSGS-methode beoordeeld aan de hand van de GS-score, een optelsom van een aantal wegkenmerken die elk als vertrager (-1), versneller (+1) of neutraal (0) aan de score bijdraagt. Locaties met een GS-score rond 0 hebben volgens deze methode een geloofwaardige snelheidslimiet. Een hoge positieve GS-score (dus veel versnellers) suggereert dat er harder gereden zal worden dan de limiet aangeeft, en een negatieve score (veel vertragers), dat er langzamer zal worden gereden. Of dat in de praktijk ook daadwerkelijk gebeurt en of de GS-methode dus 'valide' is – of het meet wat we denken dat het meet – is niet bewezen. Een aantal verkennende onderzoeken toont aan dat sommige wegkenmerken geen relatie hebben met de gereden snelheid en ook dat de relatie van de GS-score met snelheid zwak is.

Dit onderzoek is opgezet om de GS-methode te valideren. Anders dan in eerdere studies, wordt niet alleen voor de GS-score, maar ook voor afzonderlijke GS-wegkenmerken – individueel en in samenhang – onderzocht of ze een aantoonbare relatie hebben met de gereden snelheid. Ook wordt onderzocht in welke mate en in welke richting de wegkenmerken met de gereden snelheid samenhangen, en of dat het geval is voor alle typen wegen, binnen en buiten de bebouwde kom.

De volgende onderzoeksvragen staan in dit onderzoek centraal:

1. Wat is er in de literatuur bekend over de relatie tussen wegkenmerken, de geloofwaardigheid van de limiet en het snelheidsgedrag?
2. Is er een relatie tussen de GS-score van 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen, en alle wegen samengenomen, en het snelheidsgedrag (Vgem, V85) op deze wegen?
3. Is er evidentie dat de GS-kenmerken afzonderlijk en in samenhang leiden tot veranderingen in snelheidsgedrag?
4. Welke GS-kenmerken hebben individueel en in samenhang de sterkste relatie met snelheid?

Dit onderzoek richt zich dus alleen op de relatie tussen de geloofwaardigheid van de limiet en het snelheidsgedrag, en niet op de relatie tussen de geloofwaardigheid van de limiet en het aantal ongevallen.

Uit de resultaten blijkt – kort gezegd – dat het huidige GS-instrument niet valide is voor wegen binnen of buiten de bebouwde kom: slechts drie van de acht huidige wegkenmerken voorspellen de vrij gekozen snelheid.

Methode

Dit onderzoek is uitgevoerd in twee fasen. De eerste fase was vooral gericht op het vastleggen van de geschiedenis van het VSGS-instrument. Daarbij is gekeken naar de ontwikkeling van het instrument en de onderbouwing van de keuzes die hierbij zijn gemaakt. De tweede fase van het onderzoek was vooral gericht op het opstellen en beantwoorden van de vier onderzoeksvragen, en dus de validatie van het GS-instrument. Daarvoor zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Literatuuronderzoek naar de relatie tussen geloofwaardigheidskenmerken, snelheid en ongevallen;
- Data-inventarisatie en -verzameling van wegkenmerken en gereden snelheden voor validatie;
- Validatie GS-methode: toetsing van de relaties tussen GS-kenmerken en gereden snelheid.

Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek richt zich op de relatie tussen 'geloofwaardigheid' (op basis van wegkenmerken) en snelheid. Vooral de selectie van kenmerken en de relatie van deze kenmerken met de snelheid, en dus met de geloofwaardigheid van de limiet, zijn daarbij belangrijk. Er is zowel naar de nationale als internationale ontwikkelingen op het gebied van de geloofwaardigheid van snelheidslimieten gekeken.

Validatieonderzoek

Voor validatie van de GS-methode is uitgegaan van de meest recente versie van het VSGS-instrument. Daarin bepalen acht GS-wegkenmerken samen de GS-score. Voor de validatie zijn vervolgens 'onderzoekslocaties' gezocht, waarvan zowel deze wegkenmerken als snelheidsdata bekend zijn. Van de databestanden uit eerder SWOV-onderzoek bleek alleen een databestand met provinciale wegen in Noord-Holland voldoende geschikt voor dit validatieonderzoek; deze data waren echter niet gedetailleerd genoeg voor een volledige validatie. Om die reden is voor dit onderzoek ook een databestand opgezet met locaties waarop in 2021 de gewenste data in de praktijk zijn gemeten en geïnventariseerd: de **GS-dataset**. De validatie van de GS-methode is uiteindelijk gedaan voor twee groepen locaties: deze **GS-dataset** en een **uitgebreide dataset** waarin ook de provinciale wegen in Noord-Holland waren opgenomen.

De **GS-dataset** bestond uiteindelijk uit 53 locaties op 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen. Deze waren geselecteerd om een redelijk beeld te geven van dat type wegen in Nederland, en zijn bewust gekozen met het oog op variatie in de lengte van rechtstanden, wegbreedte en openheid van het wegbeeld. De locaties zijn door infrastructuurexperts binnen SWOV gecontroleerd. Op deze locaties zijn snelheidsmetingen en verkeersstellingen uitgevoerd en zijn de GS-kenmerken beoordeeld en gescoord. De verzamelde verkeersdata zijn gedetailleerd en geven inzicht in het snelheidsgedrag van individuele voertuigen. Omdat de geloofwaardigheid van een snelheidslimiet vooral speelt wanneer de gereden snelheden niet worden beïnvloed door het overige verkeer, is onderscheid gemaakt naar de normale verkeerssituatie (met al het verkeer) en naar situaties met vrij rijdend verkeer (alleen personen- en bestelauto's). Voor het vrij rijdende verkeer is een volgafstand van 6 seconden genomen.

De **uitgebreide dataset** bestond uit bovengenoemde GS-dataset uitgebreid met 75 locaties op provinciale wegen in Noord-Holland, in totaal dus 128 locaties. De verkeersdata voor de 75 locaties in Noord-Holland waren echter minder gedetailleerd: ze waren geaggregeerd voor alle typen voertuigen en alle snelheden over de gehele meetperiode. Voor de analyse op de uitgebreide dataset zijn daarom ook de verkeersdata voor de 53 locaties uit de GS-dataset geaggregeerd over de gehele meetperiode, over alle voertuigen en over alle snelheden.

Voor beide datasets is met Spearman's rho getoetst of er een verband is tussen de gereden snelheid en de GS-score van de locaties. Daarnaast is er met regressieanalyses gekeken 1) welke GS-wegkenmerken afzonderlijk de gereden snelheid voorspellen, en 2) welke GS-kenmerken in samenhang het beste de gereden snelheden verklaren.

Conclusies

Wat is er in de literatuur bekend over de relatie tussen wegkenmerken, de geloofwaardigheid van de limiet en het snelheidsgedrag?

Er zijn veel onderzoeken uit binnen- en buitenland waarin een relatie is gelegd tussen de geloofwaardigheid (credibility) van snelheidslimieten en de gereden snelheden. De onderzoeken zijn onderling moeilijk te vergelijken vanwege verschillen in doelstelling en aanpak. Ook zijn er grote verschillen tussen de aanpak in het buitenland en in Nederland. Wel is in de verzamelde onderzoeken aangetoond dat de volgende wegkenmerken invloed hebben op het snelheidsgedrag en daarmee relevant zijn voor de geloofwaardigheid van de limiet:

- > Aantal rijstroken (en breedte)
- > Verhouding gevelafstand/gevelhoogte
- > Wegbeeld/dichtheid van de omgeving
- > Lengte van rechtstanden
- > Omgeving (landgebruik en type bebouwing)
- > Parkeren/parkeerwisselingen
- > Verhardingsbreedte
- > Aantal (of aandeel) bedrijven
- > Dichtheid van kruispunten
- > Soort verharding
- > Aanwezigheid fietsstroken/-paden
- > Snelheidsremmers (uitritconstructies)
- > Rijrichtingscheiding
- > Verkeersintensiteit

Is er een relatie tussen de GS-score van 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen, en alle wegen samengenomen, en het snelheidsgedrag (Vgem, V85) op deze wegen?

In de huidige versie van het VSGS-instrument wordt de GS-score bepaald aan de hand van de scores (-1, 0 of 1) op de volgende acht kenmerken :

1. Geslotenverklaring
2. Rijrichtingscheiding
3. Wegbeeld
4. Rijbaanbreedte
5. Rijstrookbreedte
6. Aantal rijstroken
7. Dichtheid erfaansluitingen/kruisingen
8. Rechtstanden

Dit onderzoek heeft laten zien dat de GS-score een direct verband heeft met de gereden snelheden op wegen met een 30-, 50-, 60- of 80km/uur-limiet. Op wegen met deze limieten correleert een hoge GS-score matig tot sterk met een hogere snelheidslimiet.

Is er evidentie dat de GS-kenmerken afzonderlijk en in samenhang leiden tot veranderingen in snelheidsgedrag?

Regressieanalyses laten zien dat slechts twee van de GS-kenmerken, 'rijbaanbreedte' en 'rechtstanden', de snelheid van vrij rijdend verkeer verklaren. Dit geldt zowel voor de gemiddelde snelheid als voor de V85 (dit is de snelheid die door 85% van het verkeer *niet* wordt overschreden). Het kenmerk 'wegbeeld' heeft een (statistisch) indicatieve relatie met de gereden snelheid. Een toename in de rijbaanbreedte of lange rechtstanden leiden tot hogere snelheden, en andersom. Een open wegbeeld lijkt te leiden tot hogere snelheden, en andersom.

In dit onderzoek hebben wij gezien dat de analyse gevoelig is voor welke snelheidsmaat wordt gebruikt als afhankelijke variabele. De gevonden relatie tussen GS-kenmerken en snelheid verschilt, afhankelijk of de snelheden van vrij rijdend of van al het verkeer worden gebruikt. Daarnaast spelen de uitkomsten (scores) van de huidige GS-methodiek een rol. Deze is niet gelijk voor alle snelheidslimieten; wegen met 50- en 80km/uur-limiet kunnen op zeven kenmerken negatief scoren, maar wegen met 30- en 60km/uur-limiet maar op vijf kenmerken. Bij een groep locaties met een oververtegenwoordiging van één wegtype/snelheidslimiet kan bias optreden. Dit was het geval met de uitgebreide dataset, waarvan meer dan de helft van de locaties zich op 80km/uur-wegen bevond. De GS-scores van 80km/uur-wegen beïnvloedden de regressie zo dat de kenmerken van dit wegtype naar voren kwamen als de meest significante voorspellers van de snelheid van alle wegen. De rijrichtingscheiding, rijbaanbreedte, rijstrookbreedte en het wegbeeld bleken de V85 (van al het verkeer, in deze uitgebreide dataset) het meest te verklaren. De rijrichtingscheiding is hier dominant omdat er op 80km/uur-wegen vrijwel altijd een asmarkering aanwezig is, die als vertrager wordt gescoord (-1) terwijl er op andere wegen vrijwel nooit een vertrager aanwezig is (en alle GS-kenmerken dus gescoord zijn als 0 of +1). Rijbaanbreedte en rijstrookbreedte zijn aan elkaar gerelateerd en dus zijn ze allebei significant in het model.

Welke GS-kenmerken hebben individueel en in samenhang de sterkste relatie met snelheid? (overkoepelend: Is de huidige GS een valide instrument voor wegen binnen en buiten de kom?)

De huidige GS-methode is geen valide instrument voor wegen binnen of buiten de bebouwde kom. Het voorspellingsmodel van vrije snelheden geeft aan dat rijbaanbreedte en rechtstanden de variatie in snelheid het beste verklaren. Het voorspellingsmodel van de V85 van al het verkeer, geeft aan dat rijrichtingscheiding, rijbaanbreedte, rijstrookbreedte en wegbeeld het meest bijdragen aan de voorspelde snelheid. De regressieanalyses met beide datasets hebben aangetoond dat de GS-kenmerken geslotenverklaring, aantal rijstroken en dichtheid van eraansluitingen nauwelijks een relatie vertonen met gereden snelheden. Er is voldoende aanwijzing om deze kenmerken te laten vervallen in een toekomstig GS-model. Ook valt te bepleiten de rijstrookbreedte te laten vervallen, dit omdat de rijstrookbreedte indirect al meegenomen is in de rijbaanbreedte en omdat rijbaanbreedte in beide modellen een significante voorspeller is. Het kenmerk rijrichtingscheiding is weinig onderscheidend op 30-, 50- en 60km/uur-wegen en dient ook niet te worden meegenomen. Dit laat de kenmerken rechtstanden, rijbaanbreedte en wegbeeld over als meest relevant voor de geloofwaardigheid van de limiet. De regressieanalyses geven aan dat de coëfficiënten van deze kenmerken verschillen en dat de scores in een nieuw model gewogen zouden moeten worden.

Aanbevelingen

Het onderzoek leidt tot een aantal algemene aanbevelingen die belangrijk zijn voor vervolgonderzoek naar de relatie tussen snelheid en GS-kenmerken. De belangrijkste hiervan is dat de **V85 van vrij rijdend verkeer** de uitkomstmaat zou moeten zijn. De geloofwaardigheid van een limiet is immers van toepassing in situaties waar verkeersdeelnemers ongehinderd door ander verkeer hun snelheid kunnen bepalen. Daarnaast geeft de V85 – meer dan een gemiddelde snelheid – een indruk van de snelheidsverdeling en van de snelheid die de ruime meerderheid van automobilisten als redelijk en veilig beschouwt, gegeven de omstandigheden.

De volgende aanbevelingen zijn specifiek gericht op het VSGS-instrument:

1. De GS-score wordt in de toekomst berekend aan de hand van de kenmerken wegbeeld, rijbaanbreedte en rechtstanden zoals uiteengezet in onderstaande tabel:

Aangepaste GS-kenmerken
met score en weging

GS-kenmerk (x weegfactor)	Snelheidslimiet (km/uur)	Vertrager (-1)	Neutraal (0)	Versneller (1)
Wegbeeld (x 1)	n.v.t.	3 (dicht)	2 (halfopen)	1 (open)
Rijbaanbreedte (x 1,4)	30	< 4,5 m	4,5-5,5 m	> 5,5 m
	50	< 5,9 m	5,9-7,2 m	> 7,2 m
	60	< 4,5 m	4,5-5,5 m	> 5,5 m
	70	< 7,2 m	7,2-8,8 m	> 8,8 m
	80	< 6,8 m	6,8-8,3 m	> 8,3 m
Rechtstand (x 2)	30	< 40 m	40-100 m	> 100 m
	50	< 50 m	50-130 m	> 130 m
	60	< 65 m	65-180 m	> 180 m
	70	< 85 m	85-240 m	> 240 m
	80	< 105 m	105-300 m	> 300 m

2. Voor een beoordeling van de geloofwaardigheid van een limiet worden de GS-kenmerken per 25 m (hooguit 100 m) en over de volledige lengte van de weg gescoord. De GS-score van de weg is een gemiddelde waarde over alle punten waar de GS is beoordeeld. Een weg die +4,4 scoort wordt geacht een te lage limiet te hebben voor de inrichting van de weg. Een weg die -4,4 scoort wordt geacht een te hoge limiet te hebben voor de weginrichting. Een weg met score 0 heeft een geloofwaardige limiet.
3. De uitdaging voor de wegbeheerder is om de kenmerken die leiden tot versnellend gedrag aan te passen zodat het verkeer wordt gestimuleerd langzamer te willen rijden, denk aan versmallingen van de rijbaan, opbreken van (te) lange rechtstanden en het beperken van een zeer open wegbeeld.
4. In dit onderzoek is gekeken naar eerder geïdentificeerde GS-kenmerken; het is echter niet uit te sluiten dat er naast de kenmerken in bovenstaande tabel ook andere wegkenmerken zijn die sterk gerelateerd zijn aan snelheidsgedrag. Daarnaast is het waarschijnlijk dat er aparte GS-modellen moeten worden ontwikkeld voor verschillende wegtypen en snelheidslimieten. Het is aan te bevelen om deze beide aspecten in vervolgonderzoek nader te onderzoeken.

Summary

Safe Speeds, Credible Speed Limits: How valid is the credible speed limit methodology?

Over the years, SWOV has developed a tool for separately determining safe speeds and credible speed limits ('Veilige Snelheden, Geloofwaardige Snelheidslimieten – VSGS). This tool allows for determining the safe driving speed, given the road design and layout (VS), and of a credible local speed limit (GS) on the basis of a set of road design features. The VS method to determine safe speeds adheres to the laws of physics and is undisputed as far as SWOV is concerned. About the usability of the credibility method, however, doubts have arisen in past years.

With the VSGS methodology, the credibility of speed limits (GS) is assessed by means of a credibility score, based on a sum of several road design features that contribute to the score as a decelerator (-1), an accelerator (+1) or a neutral contributor (0). According to this method, locations with a credibility score around 0 have credible speed limits. A high positive credibility score (many accelerators) suggests that driving speeds will exceed the limit, and a negative score (many decelerators) that driving speeds will be below the limit. Whether this actually happens and whether the credibility method is therefore 'valid' – whether it measures what we think it does – has not been proven. Several exploratory studies show that some road design features are unrelated to driven speeds and also that the relationship of the credibility score to speed is weak.

The present study was designed to validate the credibility methodology. Unlike previous studies, the credibility scores and separate GS road design features – individually and collectively – were studied to see if they have a demonstrable relationship with driven speeds. We also studied to what extent and in which direction the road design features are related to driven speeds, and whether that applies to all road types, roads in both urban and rural areas.

The following research questions were central to the study:

1. What does the literature say about the relation between road design features, credibility of the speed limit and speed behaviour?
2. Is there a relation between credibility scores of 30, 50, 60 and 80km/h roads and all roads combined, to speed behaviour (Vavg, V85) on these roads?
3. Is there any evidence that GS design features, separately and in conjunction, result in changed speed behaviour?
4. Which GS design features bear the strongest relation to speed, both individually and collectively?

The present study focuses on the relationship between the credibility of the speed limit and speed behaviour, and not on the relationship between the credibility of the speed limit and the number of crashes.

In summary, the results show that the present credibility tool is not valid for roads in both urban and rural areas: only three of the eight current road design features predict the free flow speeds of drivers.

Method

The present study was carried out in two phases. The first phase focused on recording the history of the VSGS tool. We looked at the tool development and the rationale of the choices made. The second phase focused on drafting and answering the four research questions, and on the validation of the credibility part of the VSGS tool. The following tasks were undertaken:

- A literature study of the link between (speed limit) credibility design features, speed and crashes;
- Data inventory and data collection of road design features and driven speeds;
- Validation of the credibility method: verification of the link between credibility design features and driven speeds.

Literature survey

The literature survey focuses on the link between ‘credibility’ (based on road design features) and speed. Particularly important are the selection of design features and their relation to speed. Both national and international developments concerning credibility of speed limits have been examined.

Validation research

The most recent version of the VSGS tool was used for validating the credibility methodology. The tool uses eight GS road design features to determine the credibility score. Study locations were sought and selected on the basis of the presence of these road design features and availability of speed data. Of the databases used in previous SWOV research only one database with provincial roads in the province of North Holland proved to be partially suited to the validation research; however the road geometric data were not detailed enough for a complete validation. For this reason, study locations were specifically selected throughout the Netherlands, traffic and other surveys were carried out in 2021 and the data collated in a database, the **GS dataset**. In the end, validation of the credibility method was done for two datasets: the **GS dataset** and an **extended dataset** in which all provincial roads in North Holland were included.

The **GS-dataset** eventually consisted of 53 locations on 30, 50, 60 and 80km/h roads. They were selected to reasonably reflect these road types (access and distributor roads) in the Netherlands, and were deliberately chosen to provide variation in the length of tangents (straight road length), road width, and openness of the surrounding landscape/environment (‘view of the road’). The locations were checked by SWOV infrastructure experts. At the locations, speed measurements and traffic counts were carried out and GS design features were assessed and scored. The collected traffic data are detailed and provide insight into the speed behaviour of individual vehicles. Since credibility of a speed limit is primarily important when the driven speed is not affected by other traffic, a distinction was made between the normal traffic situation (with all traffic) and situations with free flowing traffic (only cars and delivery vans). For free flowing traffic, a headway distance of six seconds was chosen.

The **extended dataset** consisted of the abovementioned GS dataset and 75 locations on provincial roads in the province of North Holland, 128 locations in total. The traffic data for the 75 North Holland locations were, however, less detailed: they had been aggregated for all vehicle types and all speeds over the entire measuring period. For analysis of the extended dataset, the traffic data for the 53 locations were, therefore, also aggregated over the entire measuring period, for all vehicles and all speeds.

For both datasets, Spearman's rho was used to test whether there was a link between driven speed and the credibility score of the locations. In addition, regression analyses were done to find out 1) which GS design features separately predict driven speed, and 2) which combination of GS design features best explain driven speed.

Conclusions

What does the literature say about the link between road design features, speed limit credibility and speed behaviour?

There are a great many national and international studies that link credibility of speed limits and driven speeds. The studies are hard to compare due to the differences in objectives and the study approach. The approaches abroad and in the Netherlands also greatly differ. What the collective studies did prove is that the following road design features affect speed behaviour and are relevant to speed limit credibility:

- > Number of lanes (and width)
- > Ratio distance between facades and the height of facade/building
- > The road environment (land use and density of building and vegetation)
- > Length of tangents (straight roads)
- > Environment (land use and type of buildings)
- > Parking/parking turnover
- > Paved surface width
- > Number (or share) of commercial properties
- > Intersection density
- > Road surface type
- > Presence of bicycle lanes/tracks
- > Physical speed reduction measures (exit constructions)
- > Physical separation of driving directions
- > Traffic volume

Is there a link between the credibility score of 30, 50, 60 and 80km/h roads and all roads collectively, and speed behaviour (Vavg, V85) on these roads?

In the current version of the VSGS instrument, credibility scores are determined on the basis of the summed scores (-1, 0 of 1) of the following design features :

1. Access restrictions
2. Separation of driving directions
3. View of the road
4. Carriageway width
5. Lane width
6. Number of lanes
7. Access/intersection density
8. Length of tangents

The present study has shown that credibility scores are directly linked to driven speeds on roads with 30, 50, 60 or 80km/h limits. On roads with these limits, high credibility scores correlate moderately to strongly with a higher speed limit.

Is there any evidence that GS design features, separately and jointly, result in speed behaviour changes?

Regression analyses show that only two of the GS design features - 'carriageway width' and 'length of tangents (straight roads)' – explain the speed of free flowing traffic. This applies to both average speed and to the V85 (being the speed that is *not* exceeded by 85% of traffic). The 'view of the road' design feature has a (statistically) indicative relationship with the driven speed. Increased carriageway width or long straight roads result in higher speeds, and vice versa.

The present study showed that the analysis is sensitive to how speed is defined as the dependent variable. The link between GS design features and speed differs, depending on whether speeds of free flowing traffic are used, or the speeds of all traffic. In addition, the outcome (scores) of the current credibility method plays a role in describing the relationship. Since the outcome is not the same for all speed limits; 50 and 80km/h roads can have negative scores on seven design features, but 30 and 60km/h roads only on five design features. A group of locations in which one road type/speed limit is overrepresented may lead to bias. This was the case with the extended dataset, in which more than half the locations were on 80km/h roads. The credibility scores of 80km/h roads affect the regression in such a way that, of all roads, the design features of this road type emerged as the most significant predictors of speed. Separation of driving directions, carriageway width, lane width, and view of the road appeared to explain the V85 (of all traffic in this extended database) best.

Separation of driving directions is dominant here, since most 80km/h roads almost always have centre line marking, which is scored as a decelerator (-1), whereas almost all other roads hardly ever have a decelerator (and all GS design features are therefore scored as 0 or +1). In the model, carriageway and lane width are interrelated and are therefore both significant.

Which GS design features are individually and jointly most related to speed? (overall: Is the current GS a valid tool for roads in both urban and rural areas?)

The current credibility method is not a valid tool for roads in rural or urban areas. The prediction model of free speeds indicates that carriageway width and length of tangents (straight roads) best explain speed variations. The prediction model of the V85 for all traffic indicates that the separation of driving directions, carriageway width, lane width, and view of the road contribute most to the predicted speed. The regression analyses with both datasets showed that the GS design features 'access restrictions', 'number of lanes' and 'density of access roads' were hardly related to driven speeds. There are sufficient indications to drop these design features in a future GS model. Dropping lane width could also be advocated, since it is a part of the carriageway width, which is a significant predictor in both models. The design feature 'separation of driving directions' does not differentiate much (is uniform within and even between some road categories) on 30, 50, and 60km/h roads and should not be included. This leaves the design features 'length of tangent', 'carriageway width', and 'view of the road' as most relevant to the credibility of speed limits. The regression analyses indicate that the coefficients of these design features differ and that the scores should be weighted in a new model.

Recommendations

The present study results in a number of general recommendations that are important for follow-up research into the relationship between speed and GS design features. The most important recommendation is that the **V85 of free flowing traffic** should be the outcome measure. After all, the credibility of a speed limit applies in situations in which road users are able to determine their speed unimpeded by other traffic. More than an average speed value would do, the V85 also gives an impression of the speed *distribution* and of the speed that a large majority of drivers consider reasonable and safe, given the circumstances.

The following recommendations specifically focus on the VSGS instrument:

1. In the future, the credibility score will be calculated on the basis of the design features 'view of the road', 'carriageway width', and 'length of tangents', as set out in the table below:

Adapted GS design features with scores and weighting

GS design features (x weighting factor)	Speed limit (km/h)	Decelerator (-1)	Neutral (0)	Accelerator (1)
View of the road (x 1)	n.a.	3 (dense)	2 (half open)	1 (open)
Carriageway width (x 1.4)	30	< 4.5 m	4.5-5.5 m	> 5.5 m
	50	< 5.9 m	5.9-7.2 m	> 7.2 m
	60	< 4.5 m	4.5-5.5 m	> 5.5 m
	70	< 7.2 m	7.2-8.8 m	> 8.8 m
	80	< 6.8 m	6.8-8.3 m	> 8.3 m
Length of tangents (x 2)	30	< 40 m	40-100 m	> 100 m
	50	< 50 m	50-130 m	> 130 m
	60	< 65 m	65-180 m	> 180 m
	70	< 85 m	85-240 m	> 240 m
	80	< 105 m	105-300 m	> 300 m

2. For assessment of limit credibility, the GS design features must be scored per 25 m (max. 100 m) and over the entire road length. The credibility score of the road is an average value across all measurement points where the credibility was assessed. A road with a +4,4 score is assumed to have a limit which is too low, considering the road layout. A road that scores a -4,4 is assumed to have a limit which is too high, considering the road layout. A road scoring 0 is assumed to have a credible speed limit.
3. The challenge for road authorities is to adapt road design features that lead to accelerating behaviour, so that traffic is encouraged to decelerate voluntarily. Examples are carriageway narrowing, breaking up (too) long straight roads and making a very open view of the road less open.
4. The present study investigated previously identified GS design features; yet, it cannot be ruled out that, apart from the design features in the table above, other road design features may also be strongly linked to speed behaviour. Moreover, separate GS models should probably be developed for different road types and speed limits. It is advisable to further study both these aspects in follow-up research.

Inhoud

1	Inleiding	16
1.1	Onderzoeksvragen	16
1.2	Onderzoeksofzet	17
1.3	Leeswijzer	18
2	VSGS en wegkenmerken met invloed op snelheid	19
2.1	Wetenschappelijke context	19
2.1.1	Veilige snelheden (VS)	19
2.1.2	Geloofwaardige snelheidslimieten (GS)	21
2.2	Ontwikkeling van het GS-model in VSGS	21
2.2.1	Aanzet	21
2.2.2	Eerste versie	23
2.2.3	Latere versies	24
2.2.4	Meest recente versie	25
2.3	Nederlands onderzoek naar geloofwaardigheidskenmerken	26
2.3.1	Experimenteel onderzoek in Nederland	26
2.3.2	Praktijkonderzoek	27
2.4	Internationaal onderzoek naar geloofwaardigheidskenmerken	33
2.5	Samenvattend	35
3	Methode validatie	37
3.1	Data-inventarisatie en -verzameling	37
3.1.1	Reeds aanwezige databronnen	37
3.1.2	GS-dataset	38
3.1.3	Uitgebreide dataset	40
3.2	Databewerking en -analyse	41
3.2.1	GS-dataset – Verkenning relaties GS-kenmerken en snelheid	41
3.2.2	Uitgebreide dataset – Verkenning relaties GS-kenmerken en snelheid	43
3.3	Van validatie naar kalibratie van het GS-model: relevantie en weging van GS-kenmerken	44
4	Resultaten validatie	45
4.1	GS-dataset – Relatie tussen GS-scores en snelheid	45
4.1.1	Snelheden op de geselecteerde 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen	45
4.1.2	GS-scores naar snelheidslimiet	47
4.1.3	Relatie GS-score en gereden snelheid – vrij rijdende voertuigen	48
4.2	Uitgebreide dataset – Relatie tussen GS-scores en snelheid	49
4.2.1	GS-scores naar snelheidslimiet	49
4.2.2	Relatie GS-score en gereden V85-snelheid – alle verkeer	50

4.3	Relatie van de individuele GS-wegkenmerken met snelheid	50
4.3.1	GS-dataset – Relatie tussen individuele GS-scores en de vrije snelheden	51
4.3.2	Uitgebreide dataset – Relatie tussen individuele GS-scores en het verschil van de V85 van al het verkeer met de snelheidslimiet	56
4.4	GS-kenmerken in samenhang – belangrijkste snelheidsvoorspellers	58
4.4.1	GS-dataset – Regressiemodel met belangrijkste GS-kenmerken	58
4.4.2	Uitgebreide dataset – Regressiemodel met belangrijkste GS-kenmerken	59
4.5	Samenvattend	62
5	Bevindingen, discussie en conclusies	63
5.1	Wegkenmerken die aangetoonde relatie hebben met snelheid	63
5.2	Relatie tussen geloofwaardigheidskenmerken, geloofwaardigheidsscore en gereden snelheden	64
5.2.1	Relatie GS-score en snelheid	64
5.2.2	Relatie GS-kenmerken en snelheden	66
5.3	Discussie	67
5.3.1	Snelheidsmaat en de relatie met wegkenmerken	67
5.3.2	Onderbouwing en keuze van GS-wegkenmerken	69
5.3.3	Berekening van de GS-score	70
5.4	Conclusies	70
5.4.1	Onderzoeksvraag 1	70
5.4.2	Onderzoeksvraag 2	71
5.4.3	Onderzoeksvraag 3	72
5.4.4	Onderzoeksvraag 4	73
6	Aanbevelingen	74
	Literatuur	76
	Bijlage A Snelheidsprofielen van de geselecteerde wegen	80
	Bijlage B Spreidingsdiagrammen	90

1 Inleiding

Van het meetinstrument ‘Veilige Snelheden, Geloofwaardige Snelheidslimieten’ (VSGS) is in deze studie het onderdeel ‘GS’ onderzocht, waarmee de geloofwaardigheid van snelheidslimieten wordt beoordeeld. De kern van dit onderzoek is een ‘validatie’ van de GS-methode: meten we hiermee inderdaad de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet in de praktijk, en de neiging van weggebruikers om sneller of langzamer te rijden?

Het meetinstrument ‘Veilige Snelheden, Geloofwaardige Snelheidslimieten’ (VSGS) is in de loop van de jaren door SWOV ontwikkeld om te beoordelen wat een veilige rijsnelheid is, gegeven ontwerp en inrichting van de weg (VS) en daarnaast om op basis van een reeks wegkenmerken te beoordelen of de plaatselijke snelheidslimiet geloofwaardig is (GS). Toepassing van de VSGS wordt expliciet als toetsingseis genoemd in het handboek *Basiskenmerken wegontwerp* (CROW, 2012).

De beoordeling van de veilige snelheid (VS) gaat volgens de VSGS-methode uit van bewegingswetten en de kans op ernstig letsel bij ontmoeting van bepaalde verkeersdeelnemers. De werkwijze en uitkomst van dit VS-deel is wat SWOV betreft onomstreden. De geloofwaardigheid van de snelheidslimiet (GS) wordt volgens de VSGS-methode beoordeeld aan de hand van de GS-score, een optelsom van een aantal wegkenmerken die elk als vertrager (-1), versneller (+1) of neutraal (0) aan de score bijdraagt. Locaties met een GS-score rond 0 hebben volgens deze methode een geloofwaardige snelheidslimiet. Een hoge positieve GS-score (dus veel versnellers) suggereert dat er harder gereden zal worden dan de limiet aangeeft, en een negatieve score (veel vertragers), dat er langzamer zal worden gereden. Of dat in de praktijk ook daadwerkelijk gebeurt en of de GS-methode dus ‘valide’ is – of het meet wat we denken dat het meet – is niet bewezen.

Over de bruikbaarheid van de GS-methode zijn in de loop van de tijd twijfels ontstaan. Een aantal verkennende onderzoeken wijst uit dat de GS-score een zwakke relatie vertoont met gereden snelheden of met ongevallen (Bax, Schermers & Kars, 2018; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018; Vlakveld et al., 2013; Wijlhuizen et al., 2017). Ook worden sommige kenmerken met de GS-methode anders beoordeeld dan met de VS-methode.

1.1 Onderzoeksvragen

Dit onderzoek is opgezet om de GS-methode te valideren. Anders dan in eerdere studies, wordt niet alleen voor de GS-score, maar ook voor afzonderlijke GS-wegkenmerken – individueel en in samenhang – onderzocht of ze een aantoonbare relatie hebben met de gereden snelheid. Ook wordt onderzocht in welke mate en in welke richting de wegkenmerken met de gereden snelheid samenhangen, en of dat het geval is voor alle typen wegen, binnen en buiten de bebouwde kom.

De volgende onderzoeksvragen staan in dit onderzoek centraal:

1. Wat is er in de literatuur bekend over de relatie tussen wegkenmerken, de geloofwaardigheid van de limiet en het snelheidsgedrag?
2. Is er een relatie tussen de GS-score van 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen, en alle wegen samengenomen, en het snelheidsgedrag (Vgem, V85) op deze wegen?
3. Is er evidentie dat de GS-kenmerken afzonderlijk en in samenhang leiden tot veranderingen in snelheidsgedrag?
4. Welke GS-kenmerken hebben individueel en in samenhang de sterkste relatie met snelheid?

Met de antwoorden op deze onderzoeksvragen is vervolgens een uitspraak te doen over de overkoepelende vraag of de huidige GS-methode een valide instrument is voor wegen binnen en/of buiten de bebouwde kom.

1.2 Onderzoeksopzet

Dit onderzoek is uitgevoerd in twee fasen. De eerste fase was vooral gericht op het vastleggen van de geschiedenis van het VSGS-instrument. Daarbij is gekeken naar de ontwikkeling van het instrument en de onderbouwing van de keuzes die hierbij zijn gemaakt. Dit is gedaan op basis van de beschikbare literatuur en achterliggende programmatuur/software. Aanvullend daarop zijn gesprekken met de oorspronkelijke auteurs en ontwikkelaars gevoerd, om ook de niet-gedocumenteerde kennis vast te leggen.

De tweede fase van het onderzoek was vooral gericht op het opstellen en beantwoorden van de vier onderzoeksvragen, en dus de validatie van het GS-instrument. Daarvoor zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- > Literatuuronderzoek naar de relatie tussen geloofwaardigheidskenmerken, snelheid en ongevallen;
- > Data-inventarisatie en -verzameling van wegkenmerken en gereden snelheden voor validatie;
- > Validatie GS-methode: toetsing van de relaties tussen GS-kenmerken en gereden snelheid.

Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek richt zich op de relatie tussen 'geloofwaardigheid' (op basis van wegkenmerken) en snelheid. Vooral de selectie van kenmerken en de relatie van deze kenmerken met de snelheid, en dus met de geloofwaardigheid van de limiet, zijn daarbij belangrijk. Het literatuuronderzoek heeft zich gericht op twee aspecten, de internationale ontwikkelingen op het gebied van de geloofwaardigheid van snelheidslimieten en de ontwikkeling rondom geloofwaardige snelheidslimieten als onderdeel van het VSGS-instrument, zowel in binnen- als buitenland.

Validatieonderzoek

Voor validatie van de GS-methode is uitgegaan van de meest recente versie van het VSGS-instrument (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018). Daarin zijn acht GS-wegkenmerken opgenomen die samen de GS-score bepalen:

1. Geslotenverklaring
2. Rijrichtingscheiding
3. Wegbeeld
4. Rijbaanbreedte
5. Rijstrookbreedte
6. Aantal rijstroken
7. Rechtstanden
8. Dichtheid erfaansluitingen/kruisingen

Vervolgens zijn voor de validatie ‘onderzoeklocaties’ nodig waarvan zowel deze wegkenmerken als snelheidsdata bekend zijn. Om te beginnen is een overzicht gemaakt van databestanden die waren opgesteld voor eerder SWOV-onderzoek. Alleen een databestand met provinciale wegen in Noord-Holland bleek voldoende geschikt voor dit onderzoek; deze data waren echter niet gedetailleerd genoeg voor een volledige validatie. Om die reden is voor dit onderzoek ook een databestand opgezet met locaties waarop in 2021 de gewenste data in de praktijk zijn gemeten en geïnterpreteerd: de GS-dataset. Databewerkingen en -analyses voor de validatie van de GS-methode zijn uiteindelijk gedaan voor twee groepen locaties: de GS-dataset met de speciaal uitgevoerde praktijkmetingen en een uitgebreide dataset waarin ook de provinciale wegen in Noord-Holland waren opgenomen.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport vervolgt met een uitgebreide beschrijving van het GS-model in het VSGS-instrument en de ontwikkeling daarvan in *Hoofdstuk 2*. Ook bevat dat hoofdstuk de wetenschappelijke context en een overzicht van binnen- en buitenlands onderzoek naar de relatie van wegkenmerken met gereden snelheid, en dus met de geloofwaardigheid van de limiet.

De methode van dataverzameling, -bewerking en -analyse voor de validatie wordt uitgebreid verantwoord in *Hoofdstuk 3*, waarna in *Hoofdstuk 4* de resultaten daarvan worden gepresenteerd en besproken.

Tot slot worden de belangrijkste resultaten van het onderzoek samengevat en worden de onderzoeksvragen beantwoord in *Hoofdstuk 5*. *Hoofdstuk 6* sluit vervolgens af met een aantal aanbevelingen voor toepassing en bestudering van GS-scores en het VSGS-instrument in de toekomst.

2 VSGS en wegkenmerken met invloed op snelheid

Dit hoofdstuk bespreekt de ontwikkeling van het VSGS-instrument en geeft een overzicht van de meest relevante onderzoeken naar de relatie tussen wegkenmerken en rijnsnelheden. We schetsen de wetenschappelijke context (*Paragraaf 2.1*) waarbinnen het VSGS-instrument is ontwikkeld (*Paragraaf 2.2*) en geven een samenvatting van relevant onderzoek uitgevoerd in Nederland en het buitenland (*Paragrafen 2.3 resp. 2.4*). *Paragraaf 2.5* vat het geheel nog eens samen.

Het doel van dit hoofdstuk is om de ontwikkeling van VSGS inzichtelijk te maken door de relevante SWOV-literatuur over VSGS en belangrijke buitenlandse literatuur samen te brengen. Vooral de selectie van wegkenmerken voor de GS-score en de relatie van wegkenmerken met de gereden snelheid, en dus de geloofwaardigheid van de limiet, zijn hier belangrijk. Het literatuuronderzoek moet illustreren welke relaties er bestaan tussen wegkenmerken, gereden snelheden en (afwijking van) snelheidslimieten.

De ontwikkeling van het VSGS-instrument is beschreven aan de hand van de beschikbare VSGS-literatuur en de achterliggende software. Niet-gedocumenteerde kennis is verkregen uit gesprekken met de oorspronkelijke auteurs en ontwikkelaars. Voor de rest van het literatuuronderzoek is onder andere de 'sneeuwbalmethode' gevolgd (Wohlin, 2014); de Nederlandse literatuur over VSGS is als basis gebruikt, en via de literatuur en referenties in deze documenten is gericht gezocht naar achterliggende en aanvullende (inter)nationale literatuur. Daarnaast is gericht gezocht naar literatuur in bekende bronnen als Google Scholar, TRID (Transport Research International Documentation) en dergelijke, met als trefwoorden 'credible speed limits', 'speed limit compliance', 'road design' en 'road layout' of combinaties hiervan met gebruik van de booleans 'and' en 'or'.

2.1 Wetenschappelijke context

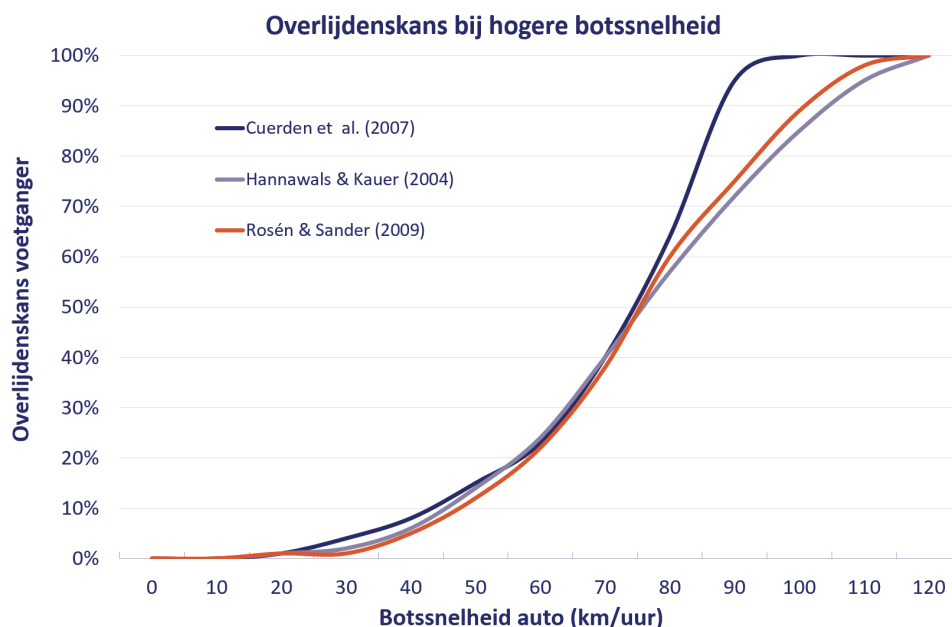
De gereden snelheid heeft een sterke invloed op de verkeersveiligheid. Een uitgebreid overzicht daarvan wordt gegeven in de SWOV-factsheet *Snelheid en Snelheidsmanagement* (SWOV, 2021). In 2004 is een strategische verkenning naar het concept veilige snelheden en geloofwaardige snelheidslimieten uitgevoerd (Van Schagen, Wegman & Roszbach, 2004) en is de basis gelegd voor vervolgonderzoek en verdere ontwikkeling. In 2007 resulteert dit in een eerste versie van het VSGS-instrument (Aarts & Van Nes, 2007).

2.1.1 Veilige snelheden (VS)

Het concept 'veilige snelheden' wordt onder andere besproken in Wegman & Aarts (2005). Afhankelijk van de kwetsbaarheid van de verkeersdeelnemer en de botsnelheid loopt een botsing ernstiger af. Waar in een botsing tussen automobilisten de krachten die vrijkomen grotendeels worden geabsorbeerd door de voertuigen (onder meer door kreukelzones en airbags), is een voetganger fysiek kwetsbaar. Zo loopt de kans dat voetgangers in een botsing komen te overlijden al snel op bij botsnelheden boven de 30 km/uur (*Afbeelding 2.1*). Hierom

wordt aangeraden om daar waar voetgangers en gemotoriseerd verkeer mengen, de snelheid van het gemotoriseerd verkeer terug te brengen tot maximaal 30 km/uur (de veilige snelheid). Door voetgangers en het ander verkeer op bepaalde wegen te scheiden, kan daar de snelheidslimiet omhoog. Tabel 2.1 geeft een overzicht van veilige snelheden, gegeven het type weg, uit de eerste versie van het VSGS-instrument (Aarts & Van Nes, 2007).

Afbeelding 2.1. Overlijdenskans verkeersdeelnemers bij verschillende botssnelheden (Rosén, Stigson & Sander, 2011).



Tabel 2.1. Overzicht van de bepaling van de veilige snelheid voor een weg (overgenomen uit Aarts & Van Nes, 2007).

Verkeerssituatie	Veilige snelheid (km/uur)
Mengen van snelverkeer en kwetsbare verkeersdeelnemers (idem bij aanwezigheid van voetgangervoorzieningen en/of suggestie-/fietsstroken).	30
Kwetsbare verkeersdeelnemers en snelverkeer gescheiden maar wel bromfietzers op de rijbaan. Stopzichtafstand 47m.	50
Weg zonder kwetsbare verkeersdeelnemers waarbij obstakelvrije zone kleiner is dan 4,5m (doch wel minimaal 2,5m) of afgeschermd. Stopzichtafstand 64m.	60
Gesloten voor (brom)fietsers; geen fysieke scheiding rijrichtingen, obstakelvrije zone minimaal 4,5m of afgeschermd; (semi)verharde berm. Stopzichtafstand 82m.	70
Gesloten voor langzaam verkeer; fysieke scheiding rijrichtingen, obstakelvrije zone minimaal 6m of afgeschermd; (semi)verharde berm. Stopzichtafstand 105m.	80
Gesloten voor langzaam verkeer; fysieke scheiding rijrichtingen, geen dwarsconflicten; obstakelvrije zone min. 10m of afgeschermd; verharde berm; stopzichtafstand 170m. Voor afritten gelden lagere normen, gerelateerd aan de ontwerpssnelheid.	100
Idem als hierboven, maar met hogere ontwerpssnelheid (obstakelvrije zone min. 13m of afgeschermd; stopzichtafstand 260m).	120

2.1.2 Geloofwaardige snelheidslimieten (GS)

Het ligt voor de hand dat de snelheidslimiet van een weg wordt afgestemd op functie, ontwerp, inrichting en gebruik van de weg. Dit leidt tot een veilige snelheid voor dat wegtype. Niettemin is het bekend dat daadwerkelijke rijnsnelheden vaak hoger liggen dan de gestelde snelheidslimiet. Van Schagen, Wegman & Roszbach (2004) komen in hun strategische verkenning uit op een schatting van 40% tot 50% van de automobilisten die sneller dan de limiet rijdt, waarbij de meeste overschrijdingen beperkt zijn tot minder dan 10% van de limiet.

Voor de daadwerkelijke rijnsnelheid en de naleving van snelheidslimieten is het belangrijk dat de limieten ook 'geloofwaardig' zijn (Van Schagen, Wegman & Roszbach, 2004). Met geloofwaardig wordt bedoeld dat de limiet moet passen bij het wegbeeld en de wegsituatie. Het idee is dat de weg moet uitnodigen om de gepaste snelheid te gaan rijden. Als er delen van een weg zijn waarop de inrichting niet past bij de limiet, dan is de kans op ongewenst snelheidsgedrag groot. Van Schagen et al. (2004) leggen daarmee de grondslag voor 'geloofwaardige limieten' en de relatie van gereden snelheden met wegkenmerken. In 2004 worden de volgende kenmerken genoemd als belangrijk voor de snelheidskeuze (Van Schagen, Wegman & Roszbach, 2004):

- aantal rijstroken
- breedte van de weg
- wegmarkering
- bochtigheid van de weg
- bebouwing langs de weg
- bomen/boschage langs de weg
- breedte obstakelvrije zone/aanwezigheid van vluchtstrook
- soort en staat van het wegdek

Voorts merken de auteurs op dat een limietwijziging altijd gepaard moet gaan met een duidelijke verandering in het wegbeeld en omgekeerd. Ze bevelen aan de principes van 'veilige snelheden' en 'geloofwaardige snelheidslimieten' verder uit te werken en op te nemen in een handleiding voor wegbeheerders.

2.2 Ontwikkeling van het GS-model in VSGS

De strategische verkenning van Van Schagen, Wegman & Roszbach (2004) heeft geleid tot vervolgonderzoek met als resultaat een eerste versie van het VSGS-instrument in 2007 (Aarts & Van Nes, 2007), een internationale versie in 2009 (Aarts et al., 2009) met kort daarna toepassingen zowel in Nederlands (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014) als in Europees verband (Aarts et al., 2011). Deze paragraaf bespreekt de ontwikkeling van het VSGS-instrument gedetailleerder wat betreft de geloofwaardige snelheidslimieten en de keuze van de kenmerken die daarmee samenhangen.

2.2.1 Aanzet

In 2006 wordt een eerste aanzet gedaan tot een meetinstrument voor de geloofwaardigheid van snelheidslimieten (Van Nes et al., 2007a). Zij hebben het begrip geloofwaardige snelheidslimiet uitgesplitst in 'de gestelde limiet', 'het beeld van de weg' en 'het beeld van de situatie'. 'Geloofwaardigheid' wordt gezien als een glijdende schaal (van zeer ongeloofwaardig tot zeer geloofwaardig). De aanzet tot een instrument (in de vorm van een checklist) begint met een literatuurstudie naar de relatie tussen snelheidsgedrag en wegkenmerken, en een beschouwing van de CROW-richtlijnen. Op basis hiervan zijn 23 van de 28 wegkenmerken uit de CROW-richtlijnen als relevant beoordeeld (*Afbeelding 2.2*). De 23 kenmerken zijn vervolgens heringedeeld naar vijf overkoepelende kenmerken (rechts in de afbeelding weergegeven).

Afbeelding 2.2. Kenmerken die bijdragen aan de snelheid, gebaseerd op de literatuur en CROW-richtlijnen (overgenomen uit Van Nes et al., 2007a)

(21) Aanwezigheid voetgangers	}	Voetgangersvoorzieningen
(22) Aanwezigheid trottoirs		
(6) Wegversmalling	}	Fysieke snelheidsremmers
(7) Verkeersdrempels		
(13) Breedte weg (verhardingsbreedte)	}	Wegbreedte
(14) Afstand tot obstakels		
(15) Vrijebaanbreedte		
(18) Aantal rijbanen	}	Wegindeling
(19) Aantal rijstroken		
(12) Breedte rijstroken		
(20) Rijrichtingscheiding		
(1) Afstand tussen bebouwing en de weg	}	Openheid van de wegomgeving
(2) Aantal huizen langs de weg		
(4) Aantal aansluitingen (voordeuren) aan de rechterkant van de weg		
(9) Ruimte tussen huizen langs de weg		
(11) Type bebouwing langs de weg		
(25) Aantal aansluitingen/erftoegangen		
(8) Bomen vlak langs de weg		
(10) Open ruimte langs de weg		
(16) Rijzichtsbeperking		
(26) Type omgeving van de weg		
(27) Aanwezigheid bomen		
(28) Zicht op omgeving		

Aan de bovengenoemde vijf hebben Van Nes et al. (2007a) nog een aantal kenmerken toegevoegd, namelijk rechtstanden, type wegdek, fietsvoorzieningen, parkeervoorzieningen en type kruispunten, waarmee ze komen tot de volgende tien belangrijkste weg- en omgevingskenmerken:

1. rechtstanden (bochtigheid en aantal kruisingen);
2. openheid van de wegomgeving;
3. wegbreedte (verhardingsbreedte, obstakelvrije zone en vrijebaanbreedte);
4. fysieke snelheidsremmers (verkeersdrempels, wegversmallingen);
5. type wegdek;
6. wegindeling (aantal rijbanen, aantal rijstroken, belijning, type rijbaanscheiding);
7. voetgangersvoorzieningen;
8. fietsvoorzieningen;
9. parkeervoorzieningen;
10. type kruispunten.

De onderbouwing voor het samenvoegen van de kenmerken (Afbeelding 2.2), of de selectie van de aanvullende kenmerken, wordt niet duidelijk uit het rapport (Van Nes et al., 2007a). Voor sommige kenmerken lijkt het samenvoegen te leiden tot minder nuance. De nieuwe variabele 'voetgangersvoorzieningen' voegt bijvoorbeeld de aanwezigheid van voetgangers en de aanwezigheid van een trottoir samen, terwijl dit verschillende aspecten van voetgangersveiligheid zijn en allebei gemeten zouden moeten worden. De aanwezigheid van een voetgangersvoorziening betekent namelijk niet dat er voetgangers zijn en omgekeerd. Ook is er een duidelijk overlap tussen rechtstanden en snelheidsremmers: zowel bochten als snelheidsremmers hebben een vergelijkbaar effect, ze breken namelijk de lengte van de rechtstand op en kunnen de snelheid remmen.

Van de tien kenmerken hierboven hebben Van Nes et al. (2007a) vijf hoofdkenmerken vervolgens als geloofwaardigheidskenmerk aangemerkt: wegkenmerken die een 'versnellende' of 'vertragende' werking hebben op de rijnsnelheid. Deze vijf hoofdkenmerken zijn rechtstanden in combinatie met

snelheidsremmers, openheid van de wegomgeving, de wegbreedte en het type wegdek (Tabel 2.2).

‘Versnellers’ en ‘vertragers’ zijn elementen (zoals verkeersdrempels en wegbreedte) die een hogere respectievelijk een lagere snelheid uitlokken. Van Nes et al. (2007a) maken daarbij onderscheid tussen primaire en secundaire ‘versnellers’ of ‘vertragers’. De primaire kenmerken leggen fysiek beperkingen op; er kan gewoon niet harder worden gereden; de secundaire kenmerken zijn geen fysieke beperkingen, maar leiden tot een intuïtie om sneller of langzamer te gaan rijden; Tabel 2.2).

Tabel 2.2. Primaire (fysiek opgelegde) en secundaire (‘nudging’) versnellers en vertragers (overgenomen uit Van Nes et al., 2007a).

Kenmerken		Versnellers	Vertragers
Primair	Rechtstanden	Lange rechtstanden (rechte weg)	Korte rechtstanden (veel bochten en/of kruisingen)
	Fysieke snelheidsremmers	Geen fysieke snelheidsremmers	Wel fysieke snelheidsremmers
Secundair	Openheid van de weg	Open overzichtelijke wegomgeving	Gesloten onoverzichtelijke wegomgeving
	Wegbreedte	Brede weg	Smalle weg
	Wegdek	Effen	Oneffen

2.2.2 Eerste versie

Voor de eerste versie van het VSGS-instrument, baseren Aarts & Van Nes (2007) zich wat de geloofwaardigheid betreft, op de vijf hoofdkenmerken uit Tabel 2.2 (Van Nes et al., 2007a). Deze eerste versie is in eerste instantie ontwikkeld voor Nederlandse wegen buiten de kom. Uit de rapporttekst van Aarts & Van Nes (2007) is op te maken hoe de relatie tussen deze kenmerken en de geloofwaardigheid van de limiet wordt ondersteund (Tabel 2.3).

Tabel 2.3. De vijf versnellers en vertragers en hoe de keuze van elk van deze kenmerken destijds is ondersteund (interpretatie van de tekst van Aarts & Van Nes (2007)

Kenmerk	Ondersteuning
Rechtstanden	‘Expert estimations’; voorlopige waarden
Fysieke en optische snelheidsremmers	Geen onderzoek
Openheid wegomgeving	Geen bewijs
Wegbreedte	Van Nes et al. (2007b)
Effenheid wegdek	Geen bewijs

Deze vijf hoofdkenmerken werken versnellend of vertragend en als geheel zegt dit iets over de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet. De geloofwaardigheid drukken Aarts & Van Nes (2007) uit in een somscore, waarbij een hogere waarde een geloofwaardiger snelheidslimiet aangeeft. Deze score wordt verkregen door aan versnellers en vertragers scores van +1 respectievelijk 0 toe te kennen, en deze scores bij elkaar op te tellen. Dit proces wordt duidelijker uit Afbeelding 2.3, afkomstig uit de bijlage van Aarts & Van Nes (2007), waar de kolom ‘Som’ de somscore aangeeft.

Primaire versnellers en vertragers	Secundaire versnellers en vertragers	Som	Uitleg	Limiet	
Lange rechtstanden en fysieke snelheidsremmers	smalle weg 1	Gesloten wegomgeving 1	Oneffen wegdek 1 3 Effen wegdek 0 2	Geel 3: M.u.v. de lange rechtstanden, wordt een lage snelheid ondersteund door de overige kenmerken. Een lage limiet is nog geloofwaardig.	60 km/uur
		Open wegomgeving 0	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1		
	brede weg 0	Gesloten wegomgeving 1	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1	Geel 2: Een lage snelheid wordt nog gedeeltelijk ondersteund door de overige kenmerken.	
		Open wegomgeving 0	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1	Geel 1: Een lage snelheid wordt nauwelijks ondersteund door de overige kenmerken.	
		Oneffen wegdek 1 1 Effen wegdek 0 0	Geel 0: Alleen de snelheidsremmers dwingen een lage snelheid af. Een lage limiet is niet erg geloofwaardig.		
Korte rechtstanden en geen fysieke snelheidsremmers	smalle weg 1	Gesloten wegomgeving 1	Oneffen wegdek 1 3 Effen wegdek 0 2	Felgroen 3: Het wegbeeld is zodanig dat lage snelheden worden uitgelokt. Een lage limiet is nog geloofwaardig.	60 km/uur
		Open wegomgeving 0	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1		
	brede weg 0	Gesloten wegomgeving 1	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1	Felgroen 2: Het wegbeeld is grotendeels zo dat lage snelheden worden uitgelokt.	
		Open wegomgeving 0	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1	Felgroen 1: Een lage snelheid wordt nauwelijks uitgelokt door het wegbeeld.	
		Oneffen wegdek 1 1 Effen wegdek 0 0	Felgroen 0: Alleen de korte rechtstanden geven aanleiding tot lage snelheden. Een lage limiet is hier niet erg geloofwaardig.	80 km/uur	
Lange rechtstanden en geen fysieke snelheidsremmers	smalle weg 1	Gesloten wegomgeving 1	Oneffen wegdek 1 3 Effen wegdek 0 2	Donkergroen 3: Een hoge snelheid is fysiek mogelijk, maar geen van de overige kenmerken ondersteunt dit. Een hoge limiet is niet erg geloofwaardig.	80 km/uur
		Open wegomgeving 0	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1		
	brede weg 0	Gesloten wegomgeving 1	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1	Donkergroen 2: Een hoge snelheid is fysiek mogelijk. Slechts een deel van de overige kenmerken ondersteunt dit.	
		Open wegomgeving 0	Oneffen wegdek 1 2 Effen wegdek 0 1	Donkergroen 1: Een hoge snelheid is fysiek mogelijk. De overige kenmerken ondersteunen dit grotendeels.	
		Oneffen wegdek 1 1 Effen wegdek 0 0	Donkergroen 0: Een hoge snelheid is fysiek mogelijk en dit wordt geheel door de overige kenmerken ondersteund. Een hoge limiet is geloofwaardig.	100 km/uur	

Afbeelding 2.3. Beslisregels voor een geloofwaardige snelheidslimiet uit de bijlage van Aarts en Van Nes (2007). Elk kenmerk krijgt een score 0 of 1, en de scores worden opgeteld.

2.2.3 Latere versies

In de latere versies van het GS-instrument (bijvoorbeeld in ERASER; Aarts et al., 2011) zijn er twee nieuwe elementen toegevoegd aan de werkwijze van Aarts en Van Nes (2007).

Allereerst zijn de primaire en secundaire geloofwaardigheidskenmerken (zoals hiervoor beschreven in Tabel 2.2) oftewel de vertragers of versnellers, nader omschreven door ze te koppelen aan harde eisen en maatvoering. Ook was het de bedoeling om de methode toe te kunnen passen op wegen binnen de kom en in situaties in het buitenland: het Verenigd Koninkrijk en Europa. De kenmerken met bijbehorende attributen die bepalen of een kenmerk een vertragend of versnellend effect zou kunnen hebben, zijn:

1. Rechtstanden:
 - Lengte rechtstand
 - Aantal afslagen per wegvak
 - Aantal uitritten per wegvak (geen kruispunt);
 - Huidige kruispuntvorm
2. Fysieke snelheidsremmers
 - Wegvak: aantal drempels en/of plateaus;
 - Kruispunt: huidige verhogingen kruispunt

3. Openheid van de weg
 - Overzichtelijkheid
 - Obstakelvrije zone (links en rechts).
 4. Wegbreedte
 - Verhardingsbreedte
 - Rijstrookbreedte
 - Wegtype (aantal rijbanen en het aantal rijstroken per rijbaan)
 5. Effenheid wegdek
 - Type verharding
- Overige informatie:
- Binnen of buiten de bebouwde kom
 - Huidige verkeersfunctie
 - Huidige snelheidslimiet
 - Weglengte

Ten tweede is de scoring van geloofwaardigheidskenmerken aangepast. Aan elk van de vijf kenmerken (exclusief de 'overige informatie') is een waarde van -1 ('vertragend'), 0 ('neutraal') of +1 ('versnellend') toegekend. De 0-waarde is hierbij de norm- of referentiewaarde (neutraal).

Voor de kenmerken zijn de volgende aannamen gedaan (Aarts et al., 2011):

- Rechtstanden korter dan de grenswaarden zijn vertragers en daarboven zijn het versnellers.
- Fysieke snelheidsremmers (zoals drempels en versmallingen) komen alleen voor op wegen met een limiet van 30, 50, 60, 70 of 80 km/uur (en soms alleen op kruispunten).
- Een gesloten wegomgeving, dus met begroeiing of bebouwing dicht langs de weg, is een vertrager. Wegen met zowel gesloten als open omgevingen worden neutraal genoemd.
- Een brede weg (rijstrookbreedte, verhardingsbreedte) is een versneller en een smalle weg een vertrager. Op basis van de resultaten van Van Nes et al. (2007b) is gekozen voor een grens bij 10% breder of smaller dan de norm, maar ook het wegtype wordt meegenomen.
- Een weg met asfalt heeft een versnellend effect (voor wegen met een limiet onder de 70 km/uur), terwijl klinkers, keien, slecht asfalt of een onverharde weg een vertragend effect hebben.

Uit Aarts & Van Nes (2007) blijkt dat alleen de rol van de wegbreedte experimenteel is vastgesteld. Van Nes et al. (2007a) geven aan dat de ontwikkelde methode te gebruiken is voor alle wegen binnen (limiet van 30, 50 of 70 km/uur) en buiten (limiet van 60, 80 of 100 km/uur) de bebouwde kom (wel worden er verschillende checklists gehanteerd voor binnen en buiten de bebouwde kom). Uit een kleinschalige proef bleek het instrument bruikbaar. Het experimentele onderzoek (Goldenbeld, Van Schagen & Drupsteen, 2005; Van Nes et al., 2007b) richtte zich echter op uitsluitend 80km/uur-wegen en blijkt uit de gebruikte literatuur in Van Nes et al. (2007b) niet voor welke snelheidslimieten de gegevens zijn verzameld.

2.2.4 Meest recente versie

Verdere ontwikkeling van de VSGS is voortgezet in het kader van het onderzoek 'ProMeV' Proactief Meten van Verkeersveiligheid, dat aanstuurt op een proactieve verbetering van de verkeersveiligheid (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014).

In de nu meeste recente uitwerking van de VSGS – die deel uitmaakt van ProMeV – zijn de bovengenoemde vijf hoofdkenmerken gewijzigd in acht geloofwaardigheidskenmerken die deels met de vorige vijf overlappen, en deels anders zijn. Voor die aanpassing zijn in de ondersteunende literatuur geen argumenten gevonden (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018).

De acht kenmerken zijn:

1. Geslotenverklaring
2. Rijrichtingscheiding
3. Wegbeeld
4. Rijbaanbreedte
5. Rijstrookbreedte
6. Aantal rijstroken
7. Rechtstanden
8. Dichtheid erfaansluitingen/kruisingen

De kenmerken geslotenverklaring, rijrichtingscheiding en kruisingsdichtheid lijken te zijn overgenomen van VS-kenmerken (zie *Tabel 2.1*). Het kenmerk wegbeeld lijkt een vertaling van de openheid van de wegomgeving. Opvallend is dat wegrijbaanbreedte, rijstrookbreedte en aantal rijstroken als aparte kenmerken zijn opgenomen, terwijl ze onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Verder valt op dat twee van de oorspronkelijke kenmerken, namelijk fysieke snelheidsremmers en effenheid van het wegdek, zijn komen te vervallen in deze herziene lijst. Snelheidsremmers hangen nauw samen met de lengte van een rechtstand: ze worden gebruikt om lange rechtstanden op te breken. Het kenmerk effenheid van het wegdek is in de praktijk weinig onderscheidend. Met uitzondering van 30km/uur-wegen hebben nagenoeg alle wegen asphalt of een gesloten verharding met een dichte en effen structuur. Waarschijnlijk hangt het vervallen van deze kenmerken hiermee samen.

Ook in deze meest recente GS-versie worden de scores van alle kenmerken opgeteld, waardoor een wegvak een score van -8 (zeer vertragend) tot +8 (zeer versnellend) kan hebben. Een weg met een score van -1 tot +1 is niet vertragend en ook niet versnellend en kan daardoor als een goed ingerichte weg (wat betreft de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet) worden beschouwd. In *Hoofdstuk 3* worden deze kenmerken uitvoeriger besproken.

Sinds VSGS onderdeel is geworden van ProMeV, is de toepassing van het instrument ook licht gestegen (onder andere in de provincies Gelderland, Limburg, Groningen, Drenthe). De VSGS alleen (dus niet als onderdeel van ProMeV) is ook toegepast in Amsterdam (Dijkstra, Schermers & Van Petegem, 2021; Wijlhuizen et al., 2017), Zeeland (Bax, Schermers & Kars, 2018; Van Petegem, Wijlhuizen & Nabavi Niaki, 2019), Noord-Holland (Dijkstra, Schermers & Hermens, 2021) en in een onderzoek naar de geschiktheid van NDW-snelheidsgegevens (Van Petegem, Wijlhuizen & Nabavi Niaki, 2019). De resultaten van de VSGS-toepassing in Gelderland, Drenthe en Groningen zijn niet gepubliceerd.

2.3 Nederlands onderzoek naar geloofwaardigheidskenmerken

2.3.1 Experimenteel onderzoek in Nederland

De bestaande literatuur tot 2004 geeft beperkte aanwijzingen voor een relatie tussen wegkenmerken en veilige snelheden, gereden snelheden en geloofwaardige snelheidslimieten (Aarts et al., 2005; Van Schagen, Wegman & Roszbach, 2004). SWOV heeft een aantal experimentele studies uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van de relatie tussen wegkenmerken en de geloofwaardige snelheidslimiet. Daarbij is gebruikgemaakt van foto's die door deelnemers werden beoordeeld (Davidse, Van Driel & Goldenbeld, 2004; Goldenbeld & Van Schagen, 2007) en een rijimulator (Goldenbeld, Van Schagen & Drupsteen, 2005; Van Nes et al., 2007b). Het gebruik van foto's heeft het voordeel dat werkelijk bestaande wegen kunnen worden gepresenteerd. De rijimulator heeft daarentegen het voordeel dat wegkenmerken in de virtuele omgeving systematisch kunnen worden gevarieerd, en dat werkelijk gedrag (zoals geobserveerd in de rijimulator) kan worden onderzocht in plaats van zelf gerapporteerd gedrag.

In een foto-onderzoek van (Goldenbeld & Van Schagen, 2007) beoordeelden meer dan 500 automobilisten 27 foto's van wegen met een limiet van 80 km/uur, waarbij werd gevonden dat bochten en het zicht naar voren (minder bij aanwezigheid van bomen en bebouwing langs de weg) de zelf gerapporteerde en geloofwaardig beoordeelde snelheid beïnvloeden. Ook werd invloed gevonden van persoonskenmerken, zoals geslacht en de neiging sensatie te zoeken (Goldenbeld & Van Schagen, 2007). Er werd geen invloed werd gevonden van de aanwezigheid van bomen of begroeiing aan de linkerkant van de weg, de aanwezigheid van een parallelweg of fietspad, de aanwezigheid van lantaarnpalen en de aan- of afwezigheid van verkeer.

In de rij simulatorstudie (Van Nes et al., 2007b) legden 41 bestuurders een traject twee keer af: een keer met snelheidsborden (50-, 60-, 80- en 100km/uur-limiet) en een keer zonder. Voor de 80km/uur-wegen werden de wegkenmerken systematisch gevarieerd, zodat er situaties werden gecreëerd met een geloofwaardige limiet, een ongeloofwaardig hoge limiet en een ongeloofwaardig lage limiet. Dit is niet gedaan voor de andere snelheidslimieten. Deze studie vond dat de homogeniteit van gereden snelheden groter was als de limiet niet geloofwaardig was. De studie liet ook zien dat een makkelijk overrijdbare rijrichtingscheiding en begroeiing langs de weg leidden tot langzamere snelheden, maar ook dat de invloed van begroeiing langs de weg afhing van de breedte van de weg. Dit geeft aan dat er mogelijk interacties tussen wegkenmerken zijn. Op wegen met een snelheidslimiet van 60 km/uur reden deelnemers boven de limiet. Echter, bij een snelheidslimiet van 100 km/uur werd bij begroeiing en een smalle rijstrook de limiet als te hoog ervaren en reed men minder hard. Het aandeel 60- en 100km/uur-wegen was echter beperkt, waardoor verdere analyses niet mogelijk waren.

2.3.2 Praktijkonderzoek

Aarts, Brandenburg & Van Nes (2011)

Aarts, Brandenburg & Van Nes (2011) voerden een evaluatie van het VSGS-instrument uit door gebruik te maken van gecodeerde wegkenmerken en waargenomen snelheden (afkomstig van meetlussen). Er is daarbij gekeken naar snelheidsovertredingen, maar ook naar de homogeniteit van de gereden snelheden. In de evaluatie zijn reeds onderzochte wegkenmerken gebruikt (rechtstanden, open omgeving, wegbreedte), maar ook nieuwe kenmerken zoals rijbaanscheiding, erfaansluitingen/toegangsrestricties en handhaving (zie *Tabel 2.4*).

In het onderzoek van Aarts, Brandenburg & Van Nes (2011) is gebruikgemaakt van wegkenmerken van 21 meetpunten uit Friesland en 19 meetpunten uit Zeeland (allemaal enkelbaanswegen buiten de bebouwde kom, omdat deze het hoogste ongevalsrisico kennen). Er is een hiërarchische multiple regressieanalyse uitgevoerd waarbij wegkenmerken een voor een werden toegevoegd, met correctie voor het aantal geteste modellen, en met als uitkomst een snelheidsmaat (onder andere V15, V50 en V90). Deze analyses lieten zien dat de gereden snelheid vooral afhing van de dichtheid van de omgeving (*Tabel 2.4*). Handhaving verlaagde de V15 en bevorderde de homogeniteit van de gereden snelheden (maar deze effecten waren niet significant).

De invloed van het wegoppervlak kon niet worden bepaald in de studie van Aarts, Brandenburg & Van Nes (2011), omdat deze vergelijkbaar was op alle meetpunten. Als mogelijke redenen waarom niet alle kenmerken een significante invloed hadden op de gemeten snelheid, noemen de auteurs het niet kunnen onderscheiden tussen druk en minder druk verkeer, seizoensinvloeden op de snelheid, en het niet bekend zijn van persoonlijke factoren (zoals leeftijd en geslacht). Het beperkte aantal meetpunten dat lijkt te zijn gebruikt voor de analyse (N = 40) wordt in dit verband niet genoemd.

Tabel 2.4. Kenmerken gebruikt voor de evaluatie van VSGS, en hun invloed op de gereden snelheden, bepaald uit lusdata (overgenomen uit Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011)

Independent variables		Dependent variables		
		V90 (R ²)	V50 (R ²)	V15 (R ²)
Primary credibility factor	Level of 'straightness' of the road	0.01 (0.00)	0.10 (0.01)	0.13 (0.02)
	Density of the road environment	0.39* (0.15)	0.54** (0.29)	0.39* (0.15)
Secondary credibility factors	Road width	-0.17 (0.03)	-0.10 (0.01)	0.26 (0.06)
	Emergency facilities	-0.01 (0.00)	-0.28 (0.07)	-0.01 (0.00)
	Separation of driving directions	-0.18 (0.03)	-0.01 (0.00)	0.22 (0.05)
Additional factors	Access restriction for particular vehicle types	-0.08 (0.01)	-0.31 (0.09)	-0.08 (0.01)
	Police enforcement present	0.01 (0.00)	0.02 (0.00)	0.35t (0.13)

Note: t = tendency towards significance; * = significant at p < 0.017 level, ** = significant at p < 0.008 level

Bax, Schermers & Kars (2018)

Bax, Schermers & Kars (2018) maken gebruik van wegkenmerken (afgeleid uit 'Road Protection Scores' volgens de EuroRAP-methode) en snelheidsgegevens uit de provincie Zeeland. In dit onderzoek is de snelheid gemeten in klassen van 10 km/uur, waarbij rekening werd gehouden met de wettelijke grens bij het vaststellen van snelheidsovertredingen (zie Tabel 2.5) Vervolgens is onderzocht welk aandeel van de voertuigen een kleine of grote overschrijding van de snelheidslimiet (of een te lage snelheid) liet zien.

Tabel 2.5. Indeling snelheidsklassen (overgenomen uit Bax, Schermers & Kars, 2018)

	Gebruikte snelheidsklassen	60 km/uur	80 km/uur	100 km/uur
Langzamer dan limiet	< 1 klasse onder snelheidslimiet	≤ 56 km/uur	≤ 71 km/uur	≤ 91 km/uur
Limiet	klasse snelheidslimiet en klasse limiet + tolerantiegrens	57-66 km/uur	72-87 km/uur	92-107 km/uur
Snelheids-overtreding	2 klassen boven limiet	67-75 km/uur	88-101 km/uur	108-121 km/uur
Zware snelheids-overtreding	≥ 3 klassen boven limiet	≥ 76 km/uur	≥ 102 km/uur	≥ 122 km/uur

Bij het berekenen van GS-score (de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet) is de som van vertragers en versnellers gebruikt, met een maximale som van 8 en minimale som van -8. Een som gelijk aan nul geeft een geloofwaardige snelheidslimiet aan. Tabel 2.6 geeft een overzicht van de gebruikte vertragers en versnellers, waarvoor de score-criteria afhangen van de geldende snelheidslimiet.

Tabel 2.6. Bepaling van GS-scores op 60-, 80- en 100km/uur-wegen, uit Bax, Schermers & Kars (2018).

		Vertrager (-1)	Nul	Versneller (+1)
60 km/uur	Rijbaanbreedte	< 4,5 m	Tussen 4,5 en 5,5 m	> 5,5 m
	Rijstrookbreedte	< 3,6 m	Tussen 3,6 en 4,4 m	> 4,4 m
	Aantal rijstroken		Geen gescheiden rijrichtingen	Gescheiden rijrichtingen en een of meer rijstroken per rijrichting
	Rijrichtingscheiding		Geen scheiding van rijrichtingen	Scheiding van rijrichtingen
	Rechtstanden	< 65 m	Tussen 65 en 180 m	> 180 m
	Geslotenverklaring		Geen geslotenverklaring	Geslotenverklaring voor (brom)fietsers
	Kruisingen	Kruisingen zonder snelheidsreductie	Snelheidsreductie op kruispunten	Geen kruisingen
	Wegomgeving		Gesloten of halfopen	Open
80 km/uur	Rijbaanbreedte	< 6,8 m	Tussen 6,8 en 8,3 m	> 8,3 m
	Rijstrookbreedte	< 2,5 m	Tussen 2,5 en 3,0 m	> 3,0 m
	Aantal rijstroken	Geen gescheiden rijrichtingen	Een rijstrook per rijrichting	Meer dan een rijstrook per rijrichting
	Rijrichtingscheiding	Geen scheiding van rijrichtingen	Scheiding van rijrichtingen	
	Rechtstanden	< 105 m	Tussen 105 en 300 m	> 300 m
	Geslotenverklaring	Geen geslotenverklaring voor (brom)fietsers	Geslotenverklaring voor (brom)fietsers	
	Kruisingen	Snelheidsreductie op kruispunten	Laterale conflicten mogelijk	Geen kruisingen
	Wegomgeving	Gesloten	Halfopen	Open
90-100 km/uur	Rijbaanbreedte	< 8,3 m	Tussen 8,3 en 15 m	> 15,0 m
	Rijstrookbreedte	< 2,9 m	Tussen 2,9 en 3,6 m	> 3,6 m
	Aantal rijstroken	Minder dan twee stroken per rijrichting	Twee stroken per rijrichting	Meer dan twee rijstroken per rijrichting
	Rijrichtingscheiding	Geen fysieke scheiding van rijrichtingen	Fysieke scheiding van rijrichtingen	
	Rechtstanden	< 170 m	Tussen 170 en 460 m	> 460 m
	Geslotenverklaring	Geen geslotenverklaring voor (brom)fietsers	Geslotenverklaring voor fietsers en bromfietsers	
	Kruisingen	Kruisingen met snelheidsreductie	Geen kruisingen Of Laterale conflicten mogelijk	
	Wegomgeving	Gesloten of halfopen	Open	

Analyse van de snelheden geeft aan dat, gemiddeld over een meetperiode van één week, 78% van de voertuigen zich aan de snelheidslimiet houdt, waarbij overdag een groter aandeel van de voertuigen zich aan de snelheidslimiet lijkt te houden (Bax, Schermers & Kars, 2018). De gereden snelheid en afwijking van de snelheidslimiet lijkt dus samen te hangen met het tijdstip waarop er gereden wordt. Dit verschil naar tijdstip van de dag zou echter ook (deels) verklaard kunnen

worden door bijvoorbeeld verkeersdrukte of de aan- of afwezigheid van kwetsbare verkeersdeelnemers.

Jansen, Van der Kint & Schermers (2018)

Een ander praktijkonderzoek maakte gebruik van geobserveerde snelheden die zijn gemeten in Naturalistic Driving-onderzoek, waarin automobilisten hun normale dagelijkse ritten maken in geïnstrumenteerde auto's, die uitgerust waren met diverse sensoren (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018). Voor de vergelijking tussen de geloofwaardige snelheidslimiet en de gereden snelheden op 50km/uur-wegen werden rijgegevens van 33 bestuurders in de regio Amsterdam gekoppeld aan een inventarisatie van wegkenmerken in dezelfde regio (Wijlhuizen et al., 2017; zie Tabel 2.7).

Tabel 2.7. Criteria voor de omzetting van wegkenmerken naar de GS-score (overgenomen uit Jansen et al., 2018)

GS-factor	Versneller	Neutraal	Vertrager
Geslotenverklaring	Categorieën: - Fiets - Fiets/Bromfiets - Geheel - Anders - Voetgangers - Langzaam verkeer	Categorie: - Geen geslotenverklaring	
Rijrichtingscheiding	Fysieke scheiding van rijrichtingen, categorieën: - Niet overrijdbaar - Tram/busbaan niet overrijdbaar	Gemarkeerde scheiding van rijrichtingen, categorieën: - Enkele doorgetrokken lijn - Dubbele doorgetrokken lijn - Dubbel gevulde as-streep - Anders - Tram/busbaan overrijdbaar - Verdrijfvlak	Geen scheiding van rijrichtingen (geen aanwezigheid van categorieën vermeld onder versneller en neutraal)
Kruisingendichtheid	Geen laterale conflicten mogelijk. Aantal tussenliggende kruispunten in een straat: 0	Geen snelheidsreductie door tussenliggende kruispunten (van toepassing indien er geen versneller of vertrager is gevonden).	Snelheidsreductie door tussenliggende kruispunten. Aantal tussenliggende remmende kruispunten (categorieën: rotonde, gelijkvloers plateau, verhoging plateau) / Aantal tussenliggende kruispunten (m.u.v. categorieën: geen, ongelijkvloers) > 0,8
Wegbeeld	Categorie: - Open wegomgeving	Categorie: - Halfopen wegomgeving	Categorie: - Dichte wegomgeving
Rechtstand	Rechtstand > 130 m	50 m ≤ Rechtstand ≤ 130 m	Rechtstand < 50 m
Wegbreedte	Wegbreedte > 7,2 m	5,9 m ≤ Wegbreedte ≤ 7,2 m	Wegbreedte < 5,9 m
Rijstrookbreedte (gemiddelde rijstrookbreedte bij meer dan één rijrichting)	Rijstrookbreedte > 3 m	2,5 m ≤ Rijstrookbreedte ≤ 3 m	Rijstrookbreedte < 2,5 m
Aantal rijstroken	Minimaal één rijrichting heeft meer dan één rijstrook	Eén rijstrook per richting	Er is één rijrichting en deze heeft één rijstrook.

Een regressiemodel liet zien dat van de acht wegkenmerken die werden meegenomen in de bepaling van de GS-score, alleen rechtstanden, kruisingendichtheid, wegbeeld en rijrichtingscheiding significant de gereden snelheid voorspelden. Er werd geen verband gevonden tussen het aantal versnellers en vertragers en de gereden snelheid. Naast een beschrijving van de uitgevoerde evaluatie, geven Jansen, Van der Kint & Schermers (2018) ook een overzicht van eerdere onderzoeken in binnen- en buitenland naar geloofwaardigheid van limieten (Tabel 2.8). Slechts

een klein deel van deze studies heeft GS-scores bepaald, of de relatie tussen GS-scores en rijnsnelheid. Ook zijn niet alle studies gericht op dezelfde soort wegen. Zo verschilt bijvoorbeeld Bax, Schermers & Kars (2018) van de studie van Jansen, Van der Kint & Schermers (2018), omdat de eerste studie naar provinciale wegen buiten de bebouwde kom kijkt, terwijl de tweede naar 50km/uur-wegen binnen de kom kijkt.

Tabel 2.8. Overzicht met studies naar de relatie tussen wegkenmerken, geloofwaardigheid van de limiet en gereden snelheid (overgenomen uit Jansen et al., 2018).

Studie	Type studie	GOW bibeko	Rijsnelheid gemeten	GS-scores berekend	Relatie GS-score en rijnsnelheid
Aarts et al., 2009	Praktijktoets	Ja	Nee	Ja	Nee
Aarts et al., 2010	Praktijktoets	Beperkt	Beperkt	Ja	Beperkt
Aarts et al., 2011	Praktijktoets	Nee	Ja	Nee	Nee
Bax et al., 2018	Praktijktoets	Nee	Ja	Ja	Ja
Charlton et al., 2010	Praktijktoets	Ja	Ja	Nee	Nee
Donkers et al., 2010	Praktijktoets	Ja	Ja	Ja	Beperkt
Dotzauer et al., 2017	Veldstudie	Ja	Ja	Nee	Nee
Gargoum et al., 2016	Praktijktoets	Ja	Ja	Nee	Nee
Goldenbeld & Van Schagen, 2007	Vragenlijst	Nee	Nee	Nee	Nee
Goralzik & Vollrath, 2017	Rijsimulator	Ja	Ja	Nee	Nee
Houtenbos et al., 2011	Vragenlijst	Nee	Nee	Nee	Nee
Ivan et al., 2009	Praktijktoets	Ja	Ja	Nee	Nee
Lee et al., 2017	Vragenlijst	Nee	Nee	Nee	Nee
Marshall et al., 2008	Praktijktoets	Ja	Ja	Nee	Nee
Van Nes et al., 2007b	Rijsimulator	Nee	Ja	Ja	Ja

DTV en Goudappel Coffeng (Andriess, 2021)

Onderzoeksbureaus DTV Consultants en Goudappel Coffeng (Andriess, 2021) hebben onlangs onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen wegkenmerken, gereden snelheden, ongevallen en risico op een selectie van 217 30- en 50km/uur-wegen, allemaal wegen met meerdere functies en als grijze wegen bestempeld (Dijkstra, Eenink & Wegman, 2007). Het onderzoek maakt gebruik van snelheden uit het HERE-systeem. HERE gebruikt GPS-data uit voertuigen om de gereden snelheden op specifieke wegen, routes en locaties te berekenen. Omdat niet alle voertuigen gebruikmaken van deze technologie betreft het een steekproef van snelheden en deze varieert van een erg klein deel (minder dan 1%) tot vaak boven 10% van alle verkeer op een weg. Deze data worden 24 uur per dag en 365 dagen per jaar verzameld en kunnen worden uitgesplitst naar wens (dus naar uur van dag, dag van week enz.). Het DTV/Goudappel-onderzoek maakt gebruik van snelheden gebaseerd op alle GPS-uitgeruste voertuigen in 2019, waarbij geen uitsplitsing is gedaan naar tijd van dag (dal/spits); dag van week of anders. Naast de gemiddelde snelheid is ook de V85 gebruikt in het onderzoek: de snelheid die door 85% van de voertuigen niet is overschreden. Volgens de onderzoekers zijn deze data redelijk dekkend en omdat de HERE-data niet 'getrunceerd' zijn, zijn ze geschikt voor dergelijk onderzoek. Bij getrunceerde snelheidsdata zouden voertuigen die harder rijden dan de limiet (of een percentage boven de limiet) uit de

dataset zijn verwijderd, waardoor de gemiddelde snelheid en de V85 een onderschatting zouden zijn van de werkelijkheid.

In het DTV/Goudappel-onderzoek worden relaties gelegd tussen individuele wegkenmerken en gereden snelheden, maar ook tussen samenhangende wegkenmerken en gereden snelheden. In eerste instantie vergelijkt men situaties waar een wegkenmerk aanwezig is met situaties waar het kenmerk ontbreekt. De resultaten van statistische analyses geven aan dat de aanwezigheid van de volgende kenmerken samengaat met hogere snelheden dan wanneer ze ontbreken:

- lage bebouwing;
- asfaltverharding;
- middenberm of rijbaanscheiding;
- breed profiel;
- langsmarkering;
- laanwerking (vorm van geleiding);
- fietspaden;
- fietsstroken.

Daartegenover gaat de aanwezigheid van de volgende kenmerken samen met een lagere snelheid, in vergelijking met situaties waarin ze afwezig zijn:

- winkelstraat/straten met gemengd wonen en winkelen;
- speciale lichtmasten (niet-traditionele verlichting);
- laden en lossen op of langs de rijbaan;
- parkeren (met veel wisselingen);
- haaks- of schuin parkeren;
- hoge bebouwing/hoge bomen (relatief t.o.v. de breedte van het profiel);
- bredere rijbaan (in combinatie met middenberm).

In de praktijk hangen veel van bovengenoemde kenmerken samen en zijn ze vaak eigen aan een bepaalde wegcategorie. Om dit effect beter in kaart te brengen heeft Andriessse (2021) regressie-analyses uitgevoerd met de wegkenmerken als onafhankelijke variabele en V85-snelheid als de afhankelijke variabele. De volgende unieke kenmerken leken een significante relatie te hebben met de V85-snelheid (het effect op snelheid staat tussen haakjes):

- laden en lossen (-3,1 km/uur);
- veel parkeerwisselingen (-2,3 km/uur);
- klinkers (-2,75 km/uur);
- fietsstrook (+2,1 km/uur);
- intensiteit autoverkeer (+0,46 km/uur per 1000 mvt/etmaal).

Om de samenhang van kenmerken nog verder in beeld te brengen is in dit onderzoek van DTV en Goudappel Coffeng (Andriessse, 2021) onderscheid gemaakt naar twee, in principe homogene, groepen wegen: winkelstraten en niet-winkelstraten (buiten winkelstraten). Uit hun analyse blijkt dat de snelheid in winkelstraten lager is dan in niet-winkelstraten. De volgende kenmerken tonen een statistisch verband:

Winkelstraten:

- remmers op de zijtakken van kruispunten (+2,1 km/uur);
- intensiteit autoverkeer (+0,78 km/uur per 1000 mvt/etmaal).

Buiten winkelstraten:

- klinkerverharding (-3,2 km/uur);
- aanwezigheid fietspad of fietsstrook (+2,7 km/uur)

Een aantal conclusies uit het onderzoek van DTV/Goudappel naar de 30- en 50km/uur-wegen (Andriess, 2021) is ook relevant voor dit onderzoek naar het GS-model, met name:

- Omgevingskenmerken (locatiegebonden en vaak niet door de verkeersontwerper te beïnvloeden) zijn sterk bepalend voor de snelheidsvariabelen:
 - a. Winkelstraten en straten met een gemengd karakter (winkelen en wonen) kennen een lagere snelheid dan overige straten.
 - b. Straten met hoge bebouwing (meer dan 2 lagen) kennen een lagere snelheid.
 - c. Straten met een grotere gevelafstand ten opzichte van de gevelhoogte kennen een hogere snelheid.
- De aanwezigheid van asfalt heeft een sterk verhogend effect op de snelheid van het gemotoriseerde verkeer.
- De aanwezigheid van fietspaden en fietsstroken leidt tot hogere snelheden van het gemotoriseerde verkeer.
- De aanwezigheid van markering (doorgaans langsmarkering) hangt samen met een hogere snelheid.
- De aanwezigheid van verschillende voorrangssituaties op een weg leidt niet tot verschillen in snelheid.
- De aanwezigheid van laad- en losvakken, parkeervakken (met veel wisselingen) en ook de aanwezigheid van speciale lichtmasten, zorgen voor lagere snelheden.
- De aanwezigheid van middenbermen hangt samen met een hogere snelheid.
- Laanwerking door hoge bomen, hagen, lichtmasten en/of hoge gevels leidt tot hogere snelheden.

2.4 Internationaal onderzoek naar geloofwaardigheidskenmerken

Internationaal onderzoek naar de relatie tussen wegkenmerken en gereden snelheden verschijnt pas na de eerste aanzet tot het VSGS-instrument (zie ook *Tabel 2.8*). Voor de volledigheid gaan we hier kort in op deze studies.

Een drietal onderzoeken heeft de relatie tussen wegkenmerken en geloofwaardigheid van de limiet onderzocht, waarbij werkelijk gereden snelheden (in relatie tot de limiet) op wegen met verschillende kenmerken met elkaar zijn vergeleken. Gargoum, El-Basyouny & Kim (2016) hebben twee veldstudies uitgevoerd. Tijdens de eerste veldstudie zijn Canadese stedelijke ringwegen ('arterial roads') en 50km/uur-wegen ('collector roads') onderzocht, waarbij ze vonden dat limietoverschrijdingen op 50km/uur-wegen toenamen wanneer het aantal rijstroken toenam, er parkeervakken waren of wanneer de weg een verticaal alignment had (dus met stijging en daling). Tevens werd de limiet vaker overschreden in industriële gebieden. Tijdens de tweede veldstudie zijn stedelijke ringwegen onderzocht. Op deze ringwegen bleek een lager aantal rijstroken, de aanwezigheid van parkeervakken en landbouw of commercieel grondgebruik ervoor te zorgen dat de snelheidslimiet in mindere mate werd overschreden.

Charlton et al. (2010) onderzochten in Nieuw-Zeeland effecten van aanpassingen aan lokale wegen (limiet 30 km/uur, aanpassing: bomen en struiken in de middenberm en aan het voetpad, en weghalen wegmarkering), 'collector en arterial roads' (40 km/uur, aanleg van fietspaden en voetgangeroversteekplekken, wegbelijning en vluchtheuvels). Door de aanpassingen werd de gereden snelheid homogener en werd er minder hard gereden. Ivan, Garrick & Hanson (2009) vonden een hogere snelheid voor wegen in de Verenigde Staten met brede vluchtstroken, een open omgeving, een grote afstand tot bebouwing in woonwijken, en weinig andere verkeersdeelnemers. Parkeerplaatsen langs de weg, voetpaden, en een binnenstad of commerciële locatie gingen juist samen met een lagere gemiddelde snelheid, mogelijk door een gevoel van verkleining van de ruimte en de aanwezigheid van andere verkeersdeelnemers. Soms hing het effect af van de bestaande snelheidslimiet: op wegen met een limiet van 35 mph (60 km/uur) had alleen de aanwezigheid van parkeervakken invloed op de gemiddelde snelheid.

Naast deze veldstudies, zijn er ook internationale studies die gebruik hebben gemaakt van rij simulator- en vragenlijstonderzoek; twee worden hier aangehaald. Een rij simulatorstudie (Goralzik & Vollrath, 2016) vond lagere snelheden op smallere of bochtige 50km/uur-wegen (maar niet op 30km/uur-wegen). Een vragenlijststudie van Yao, Carsten & Hibberd (2019) waarin 100 bestuurders uit het Verenigd Koninkrijk foto's beoordeelden, liet zien dat de snelheid die de proefpersonen zeiden dat ze aan zouden nemen werd beïnvloed door het aantal rijstroken (op 70 mph-wegen, ca. 120 km/uur), door de bochtigheid van de weg (op 60 mph-wegen, ca. 100 km/uur) en door de aanwezigheid van kwetsbare verkeersdeelnemers (op 30 mph-wegen, ca. 50 km/uur).

Onderzoek in Canada heeft geleid tot de ontwikkeling van een model voor het vaststellen van geloofwaardige snelheidslimieten voor wegen binnen de bebouwde kom (Bellalite, 2013). Een uitgangspunt van dat onderzoek was dat de geloofwaardigheid van een limiet sterk samenhangt met de V85. Het model is het resultaat van een uitgebreid onderzoek naar de relatie tussen gereden snelheden en 70 wegkenmerken. Statistische analyses van deze relaties lieten zien dat acht van deze wegkenmerken 84% van de variantie van de V85 verklaarden, dit ongeacht de weg categorie. De acht wegkenmerken staan in volgorde van belangrijkheid weergegeven in *Tabel 2.9*. Voor elk kenmerk zijn aan de hand van intervallen uit clusteranalyses drempelwaarden vastgesteld en is een weging (of score) afgeleid aan de hand van statistische analyses (hiërarchische regressies of discriminantanalyse). Een optelsom van de scores leidt tot een totaalscore en een advies welke snelheidslimiet tussen de 40 en 70 km/uur geloofwaardig is (*Tabel 2.9*).

Tabel 2.9. Canadees model voor geloofwaardige snelheidslimieten (Bellalite, 2013)

Wegkenmerk	Drempelwaarden	Weging (Score)
Aantal rijstroken (incl. bus- en fietsstroken en parkeervakken langs de weg)	1	50
	2-3	25
	>3	0
Gevel-gevelafstand (Width of the lateral visual clearance)	< 55 m	40
	55-101 m	20
	> 101 m	0
Weglengte met constant en homogeen wegbeeld (Length of homogeneous zone)	< 250 m	40
	250-500 m	20
	> 500 m	0
Omgeving	Stedelijk	30
	Grotendeels stedelijk	15
	Overgang	0
Erfaansluitingen met institutionele instellingen	Geen	0
	1-2	15
	>2	25
Parkeren (aandeel permanent bezet)	<10%	0
	10-30%	15
	>30%	25
Verhardingsbreedte	< 6,1 m	10
	6,1-11,9 m	5
	> 11,9 m	0
Aantal bedrijven	Geen	0
	1-4	20
	> 4	40
Score	Geloofwaardige snelheidslimiet (km/uur)	
> 170	40	
120-170	50	
80-120	60	
30-80	70	

Een richtlijn van de Federal Highways Administration (FHWA) in de Verenigde Staten geeft inzicht in de relaties tussen wegkenmerken en snelheden (Donnell, Kersavage & Fontana-Tierney, 2018). Ze citeren onderzoek van Himes uit 2011 en ook van Figueroa, Medina en Tarko uit 2005. Het onderzoek van Himes toont aan dat de gemiddelde snelheden op buitenstedelijke wegen (50-55mph-limiet en vergelijkbaar met onze 80km/uur-wegen) vooral worden beïnvloed door de aanwezigheid van verharde bermen (toename snelheid), aantal erfaansluitingen (lichte afname in snelheid), middenberm (afname van ca. 5 km/uur in snelheid), gelijkvloerse spoorwegovergangen (afname van ca. 9 km/uur), horizontale bogen (afname van ca. 2,3 km/uur) en verticale bogen (afname van ca. 1,9 km/uur). Het onderzoek van Figueroa, Medina en Tarko (2005) toonde relaties tussen snelheid en hellingen, erfaansluitingen, zichtafstand, kruispunt dichtheid, verhardingsbreedte en bermbreedte.

2.5 Samenvattend

In zowel binnen- als buitenland zijn in afgelopen vijftien jaar diverse onderzoeken uitgevoerd naar de relaties tussen wegkenmerken en rijsnelheden, zowel in de praktijk als in gesimuleerde omgevingen. Deze studies zijn gericht op 1) het identificeren van kenmerken die door weggebruikers worden gezien als belangrijk voor de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet, 2) het vergroten van het inzicht in de relatie tussen individuele wegkenmerken en gereden snelheden en 3) het verbeteren van het inzicht in de relatie tussen samenstellingen van kenmerken en snelheid. Daaruit komt naar voren dat deze relaties, mede door de samenhang van individuele weg- en omgevingskenmerken met het verkeer, complex zijn. Ook is duidelijk dat niet alle studies onderling vergelijkbaar zijn door verschillen in de beschouwde wegkenmerken als onafhankelijke variabele, de rol van verkeersintensiteit als verklarende factor, maar ook in de beschouwde snelheidsmaat als afhankelijke variabele. Niettemin komt uit deze onderzoeken een aantal kenmerken naar voren die een statistische relatie vertonen met snelheid. Deze kenmerken bepalen daarmee ook de geloofwaardigheid van een snelheidslimiet. Samengevat zijn dit:

- Aantal rijstroken (en breedte) (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Verhouding gevelafstand/gevelhoogte (Bellalite, 2013)
- Wegbeeld/dichtheid van de omgeving (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Andriessse, 2021; Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Lengte van rechtstanden (Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Omgeving (landgebruik en type bebouwing) (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Bellalite, 2013)
- Parkeren/parkeerwisselingen (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Verhardingsbreedte (Bellalite, 2013; Van Nes et al., 2007b)
- Aantal (of aandeel) bedrijven (Bellalite, 2013)
- Dichtheid van kruispunten (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Soort verharding (Andriessse, 2021)
- Aanwezigheid fietsstroken/-paden (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Snelheidsremmers (uitritconstructies) (Andriessse, 2021)
- Rijrichtingscheiding (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Verkeersintensiteit (Andriessse, 2021)

Een aantal van de kenmerken zijn onderling vergelijkbaar of hangen nauw met elkaar samen, bijvoorbeeld verhardingsbreedte en aantal rij-, fiets- en parkeerstroken, of wegbeeld, omgeving, verhouding gevelafstand/gevelhoogte en aantal bedrijven. Ook zijn kenmerken als parkeren en dichtheid van bebouwing uniek voor wegen binnen de kom en is onderscheid naar wegtype noodzakelijk. Deze interactie-effecten kunnen niet worden uitgesloten en zouden apart moeten worden getoetst. Dit ligt echter buiten de scope van dit validatieonderzoek.

De oorspronkelijk versies van de VSGS bevatten vijf hoofdkenmerken, namelijk rechtstanden, fysieke snelheidsremmers, openheid van de wegomgeving, wegbreedte en effenheid van het wegdek (Aarts & Van Nes, 2007). In de meest recente uitwerking van de VSGS in ProMeV (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018) zijn deze kenmerken gewijzigd in acht, deels overlappende en deels nieuwe kenmerken. Een onderbouwing voor de wijzigingen ontbreekt in de ondersteunende literatuur (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014).

De kenmerken rijstrookbreedte en aantal rijstroken waren voorheen een uitwerking van wegbreedte maar worden in de meest recente versie (de ProMeV-versie) als afzonderlijke, volwaardige GS-kenmerken gezien. De kenmerken geslotenverklaring, rijrichtingscheiding en kruisingsdichtheid lijken te zijn overgenomen van VS-kenmerken (de wegkenmerken waarmee de Veilige Snelheid (VS) wordt bepaald). Het kenmerk wegbeeld lijkt een vertaling van de openheid van de wegomgeving.

Opvallend is verder dat twee van de oorspronkelijke kenmerken, namelijk fysieke snelheidsremmers en effenheid van het wegdek, zijn komen te vervallen in de herziene lijst (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018). Het vervallen van de snelheidsremmers kan worden verklaard omdat deze nauw samenhangen met de lengte van een rechtstand en wordt gebruikt om lange rechtstanden op te breken. Het vervallen van het kenmerk effenheid van het wegdek heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat dit weinig onderscheidend is in de praktijk. Met uitzondering van 30km/uur-wegen hebben nagenoeg alle wegen asfalt of een gesloten verharding met een dichte en effen structuur.

In zowel experimenteel als praktijkonderzoek is aangetoond dat niet alle acht wegkenmerken, afzonderlijk of in samenhang, een relatie lijken te hebben met de gereden snelheid (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Andriessse, 2021; Bax, Schermers & Kars, 2018; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018). Een regressiemodel (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018) toegepast op data van 50km/uur-wegen liet zien dat alleen rechtstanden, kruisingsdichtheid, wegbeeld en rijrichtingscheiding significant de gereden snelheid voorspellen. Er werd ook geen samenhang gevonden tussen het aantal versnellers en vertragers – dus de hoogte van de GS-score – en de gereden snelheid. Dit vormde aanleiding voor dit validatie-onderzoek van de meest recente GS-versie. De volgende hoofdstukken gaan hier uitgebreid op in.

3 Methode validatie

Dit hoofdstuk bevat een verantwoording van de methode waarmee de validatie is uitgevoerd. Besproken worden de inventarisatie en verzameling van de benodigde gegevens in *Paragraaf 3.1*, de bewerking en analyse van deze data in *Paragraaf 3.2*, en de manier van valideren en mogelijk bijstellen van de GS-methode in *Paragraaf 3.3*.

In deze validatiestudie van de GS-methode willen we de vraag beantwoorden of en welke kenmerken van een weg het snelheidsgedrag in werkelijkheid zo beïnvloeden als de GS-score aangeeft. Ook willen we onderzoeken in welke mate en in welke richting de wegkenmerken met de gereden snelheid samenhangen, en of dat het geval is voor alle typen wegen, binnen en buiten de bebouwde kom.

3.1 Data-inventarisatie en -verzameling

Voor de validatiestudie zijn diverse data nodig van locaties op wegen met verschillende snelheidslimieten. Die data moeten een zo representatief mogelijk beeld geven van niet alleen de weginrichting, maar ook van de gereden snelheden op die wegen. De gereden snelheid wordt behalve door de weginrichting ook beïnvloed door de hoeveelheid verkeer. Ook daarover is bij dit validatieonderzoek dus informatie nodig.

Voor dit onderzoek zijn twee databronnen benut: reeds ingewonnen data uit recent SWOV-onderzoek en data uit aanvullende praktijkmetingen.

3.1.1 Reeds aanwezige databronnen

In het verleden heeft SWOV een aantal studies uitgevoerd met VSGS waarvan de onderliggende data nog steeds redelijk recent zijn, met name:

- Snelheid op Zeeuwse provinciale wegen, 40 provinciale wegen, hoofdzakelijk 80- en 100km/uur-wegen (Bax, Schermers & Kars, 2018)
- Geloofwaardigheid van snelheidslimieten, 743 unieke 50km/uur-wegvakken in Amsterdam (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)

Daarnaast beschikt SWOV over een aantal databases met zowel weg- als verkeerskenmerken die in afgelopen jaren zijn gebruikt voor onderzoek naar de relatie tussen wegkenmerken en ongevallen. Voorbeelden hiervan zijn:

- Drenthe, Gelderland, Limburg (Schermers & Duivenvoorden, 2010)
- Gemeente Amsterdam (Wijlhuizen et al., 2017)
- Noord-Holland (Dijkstra, Schermers & Hermens, 2021)
- Zuid-Holland (Wijlhuizen et al., 2021b)
- Vervoerregio Amsterdam (Wijlhuizen et al., 2021a)

Aangezien er geen reden is om aan te nemen dat de weginrichting (maatvoering en vormgeving) van wegcategorieën afhangt van de provincie of gemeente waarin ze liggen, beschouwen wij de wegen in deze databases als redelijk representatief voor Nederland.

De genoemde databases bevatten voornamelijk informatie over 50- en 80km/uur-gebieds-ontsluitingswegen; de informatie over 30-, 60-, en 100km/uur-wegen is beperkter. Een aantal van de databases was reeds gebruikt om aan de hand van wegkenmerken de geloofwaardigheid van de limieten te bepalen. Echter, voor de *validiteit* van de GS moeten die kenmerken en limieten worden getoetst aan reële verkeersdata, met name dus daadwerkelijk gereden snelheden, en de verkeersintensiteiten. Ook moesten de databases de (acht) wegkenmerken bevatten waarmee de in dit rapport gebruikte GS-scores berekend konden worden.

Alleen de database van **Noord-Holland** bleek zowel snelheids- en intensiteitsgegevens te bevatten als informatie over de acht wegkenmerken. Aan de hand van alléén deze data was een goede validatie echter niet mogelijk. Om die reden is speciaal voor dit onderzoek een databestand opgezet met locaties waarop in 2021 de gewenste data zijn gemeten en geïnventariseerd: de **GS-dataset**.

3.1.2 GS-dataset

Rekening houdend met de projectomvang en het beschikbare budget, zijn voor de GS-dataset onderzoekslocaties geselecteerd om praktijkmetingen op uit te voeren. De locaties zijn bewust geselecteerd om een redelijk beeld en spreiding te geven van typische 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen in Nederland. Ook is bewust gekozen voor variatie in zowel de inrichting als het wegbeeld. Om te beginnen is daarvoor gekeken naar de primaire GS-kenmerken (lange rechtstanden en snelheidsremmers; zie *Tabel 2.2*) en vervolgens naar de openheid van het wegbeeld (obstakelvrije ruimte, breedte van de weg, enz.). Er is bewust niet gekeken naar de effenheid van het wegdek: vergeleken met de andere kenmerken, is er in de praktijk namelijk weinig variatie in het type verharding van 50-, 60- en 80km/uur-wegen (meestal gesloten verharding) en van 30 km/uur-wegen onderling (hoofdzakelijk open verharding).

De geselecteerde locaties zijn ter beoordeling voorgelegd aan drie infrastructuurexperts van SWOV. Deze hebben beoordeeld of de locaties niet dusdanig uniek zijn ingericht dat generaliseerbaarheid onmogelijk is, en hebben de wegen verder beoordeeld op met name wegbeeld. Het GS-kenmerk 'wegbeeld' in VSGS geeft namelijk weinig concrete handvatten. Een subjectief oordeel is niet te vermijden en enige consensus tussen experts op dit gebied was dus gewenst. Uiteindelijk zijn er op 54 locaties praktijkmetingen gedaan. De volledige lijst van locaties is weergegeven in *Bijlage A (Tabel A.1)*. Deze locaties zijn redelijk gelijk verdeeld over de vier snelheidslimieten, met een lichte oververtegenwoordiging van locaties (17) op 50km/uur-wegen.

Van alle geselecteerde locaties zijn wegkenmerken en verkeersdata ingewonnen.

Wegkenmerken

Aan de hand van Cyclomedia-beelden zijn de wegkenmerkendata die nodig zijn geïnventariseerd en in het GS-databestand vastgelegd. Op elke locatie zijn de GS-kenmerken beoordeeld. Dit is gedaan voor de acht GS-kenmerken uit de meest recente versie van VSGS uit ProMeV met de uitwerking die daaraan is gegeven (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018). Op grond daarvan – de criteria in *Tabel 3.1* – is per meetpunt de totale GS-score bepaald: de som van alle vertragers en versnellers. Merk op dat *Tabel 3.1* in de kolom 'Vertrager' een aantal lege cellen heeft: niet alle wegtypen kunnen op elk van de acht kenmerk vertragend (-1) scoren, en dus ook niet elke waarde tussen -8 en +8 innemen. Zo kunnen met deze scoringsmethode 30- en 60km/uur-wegen tussen -5 en +8 scoren, en 50- en 80km/uur-wegen tussen -7 en +8.

Tabel 3.1. Criteria voor het bepalen van de GS-score per GS-kenmerk (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018).

GS-kenmerk	Limiet (km/uur)	Vertrager (-1)	Neutraal (0)	Versneller (1)
Gesloten-verklaring	30		Geen	Geslotenverklaring voor (brom)fietsers
	50		Geen	Geslotenverklaring voor (brom)fietsers
	60		Geen	Gesloten voor (brom)fietsers
	70	Geen	Deels gesloten (fiets en ander)	Gesloten voor langzaam verkeer
	80	Geen	Deels gesloten (fiets en ander)	Gesloten voor langzaam verkeer
Rijrichting-scheiding	30		Geen	Scheiding van rijrichtingen (alle typen)
	50	Geen	Gemarkeerde scheiding van rijrichtingen (alle lijntypen)	Fysieke scheiding van rijrichtingen (Moeilijk/Niet overrijdbaar)
	60		Geen	Scheiding van rijrichtingen (alle typen)
	70	Gemarkeerde scheiding van rijrichtingen (alle lijntypen)	Moeilijk overrijdbaar	Niet overrijdbaar
	80	Gemarkeerde scheiding van rijrichtingen (alle lijntypen)	Moeilijk overrijdbaar	Niet overrijdbaar
Wegbeeld	n.v.t.	3 (dicht)	2 (halfopen)	1 (open)
Rijbaanbreedte	30	< 4,5 m	4,5-5,5 m	> 5,5 m
	50	< 5,9 m	5,9-7,2 m	> 7,2 m
	60	< 4,5 m	4,5-5,5 m	> 5,5 m
	70	< 7,2 m	7,2-8,8 m	> 8,8 m
	80	< 6,8 m	6,8-8,3 m	> 8,3 m
Rijstrook-breedte	30	< 3,1 m	3,1-3,7 m	> 3,7 m
	50	< 2,5 m	2,5-3,0 m	> 3,0 m
	60	< 3,6 m	3,6-4,4 m	> 4,4 m
	70	< 2,9 m	2,9-3,6 m	> 3,6 m
	80	< 2,5 m	2,5-3 m	> 3 m
Aantal rijstroken (R+L)	30		1 (geen gescheiden rijrichtingen)	> 1
	50	1 (geen gescheiden rijrichtingen)	2	> 2
	60		1 (geen gescheiden rijrichtingen)	> 1
	70	1 (geen gescheiden rijrichtingen)	2	> 2
	80		2	> 2
Rechtstand	30	< 40 m	40-100 m	> 100 m
	50	< 50 m	50-130 m	> 130 m
	60	< 65 m	65-180 m	> 180 m
	70	< 85 m	85-240 m	> 240 m
	80	< 105 m	105-300 m	> 300 m

GS-kenmerk	Limiet (km/uur)	Vertrager (-1)	Neutraal (0)	Versneller (1)
Erfaansluitingen + Kruispunten	30	Veel (> 4-8 per 100 m of > 4/kant/100 m)	Weinig (< 4 per (kant per) 100 m)	Geen (0/100 m)
	50	Veel: 3-6 per 100 m	< 3 per 100 m	Geen (0 per 100 m)
	60	2-4 per 100 m	< 2 per 100 m	Geen (0 per 100 m)
	70	Veel: 3-6 per 100 m	< 3 per 100 m	Geen (0 per 100 m)
	80	2-4 per 100 m	< 2 per 100 m	Geen (0 per 100 m)

Verkeersdata

Op elke locatie zijn snelheidsmetingen en verkeerstellingen uitgevoerd over minimaal 1 week (7 aaneengesloten dagen, 24 uur per dag). De meetpunten zijn zo geselecteerd dat bestuurders van voertuigen daar niet worden belemmerd door de lokale weginrichting of andere omgevingsfactoren die van invloed kunnen zijn op de snelheid, zoals bochten, drempels, smalle rijstroken en dergelijke). De tellingen zijn uitgevoerd op basis van telsingang-metingen van individuele voertuigen waarbij voertuigtype, snelheden en volgtijden zijn vastgelegd.

De telsingangmetingen zijn gedaan door een extern meetbureau; de data zijn vervolgens door SWOV bewerkt en geanalyseerd. SWOV heeft aan het externe bureau de weglocaties aangeleverd waar de voertuigsnelheden gedurende één week gemeten moesten worden. Dit is gedaan met een tweetal telsingangen die op een bepaalde afstand van elkaar liggen (binnen een meter). Wanneer een voertuig over een telsingang rijdt, wordt er lucht verplaatst naar het telapparaat, waarna de snelheid, type auto, enz. berekend kunnen worden. De metingen zijn in september en oktober 2021 uitgevoerd. Vervolgens zijn de onbewerkte data naar SWOV opgestuurd, zodat wij nog bepaalde bewerkingen konden uitvoeren. Meetbureaus leveren doorgaans 'geaggregeerde' data: data die zijn samengenomen over bijvoorbeeld de tijd en/of alle voertuigen. Om de relatie met de GS-score te kunnen bepalen heeft het echter de voorkeur om de ruwe verkeersgegevens zelf te bewerken, en zo veel mogelijk onderscheid te kunnen maken naar voertuigen, tijd en dergelijke.

3.1.3 Uitgebreide dataset

Een uitgebreider databestand is verkregen door aan de GS-dataset (*Paragraaf 3.1.2*) 75 locaties uit de database van Noord-Holland toe te voegen: de enige database uit eerder onderzoek (Dijkstra, Schermers & Hermens, 2021) die geschikt was bevonden voor deze validatiestudie (*Paragraaf 3.1.1*). De 75 meetlocaties betroffen een aantal vaste meetpunten op tien verschillende wegen van het provinciale wegennetwerk. Per meetlocatie verschilde de meetperiode van minstens een week tot maximaal een jaar aan aaneengesloten dagen.

Van de locaties in Noord-Holland zijn de beschikbare **wegkenmerken** gebruikt om de GS-score te berekenen, net als bij de GS-dataset volgens *Tabel 3.1*.

De **snelheden** voor de locaties in Noord-Holland zijn beschikbaar als zogeheten 'V85'-waarden: per locatie is dit de snelheid die door 85% van de voertuigen op die locatie **niet** is overschreden. De V85-snelheden, en ook de voertuigintensiteiten, voor Noord-Holland zijn geaggregeerde data: voor alle typen voertuigen en alle snelheden over de gehele meetperiode. Er zijn van Noord-Holland dus geen (gedisaggregeerde) data beschikbaar naar bijvoorbeeld tijdstip van de dag, dag van de week of individuele voertuigen.

3.2 Databewerking en -analyse

Deze paragraaf bespreekt hoe de geïnventariseerde data zijn bewerkt en vervolgens geanalyseerd voor deze validatiestudie. Er zijn twee verschillende datasets geanalyseerd: de GS-dataset met 54 weglocaties die voor dit onderzoek specifiek zijn gekozen (zie *Paragraaf 3.1.2*) en de uitgebreide dataset (*Paragraaf 3.1.3*), bestaande uit de GS-dataset, aangevuld met data die zijn ingewonnen in Noord-Holland (Dijkstra, Schermers & Hermens, 2021). Bewerking en analyse van de twee datasets worden besproken in *Paragraaf 3.2.1* respectievelijk *3.2.2*.

3.2.1 GS-dataset – Verkenning relaties GS-kenmerken en snelheid

Bewerking GS-dataset

De ruwe snelheidsdata van de 54 locaties die SWOV van het extern bureau heeft ontvangen, heeft SWOV een aantal keren bewerkt.

Ten eerste is een selectie gemaakt van de 'vrije snelheden'. Dit zijn snelheden die bestuurders kiezen als ze niet beïnvloed worden door ander verkeer. De vrij gekozen snelheid is gedefinieerd als de snelheid van voertuigen waarvan de onderlinge volgtijd 6 seconden of langer is.

Ten tweede is er een selectie gemaakt van voertuigen. Omdat de snelheidsmetingen met telsingangen zijn gedaan, worden alle voertuigen die over de telsingangen rijden meegenomen. Aan de hand van de voertuigclassificatie zijn fietsers, groepen fietsers, tweewielers, voertuigen met meer dan 6 assen en niet-geclassificeerde voertuigen zoals (land)bouwverkeer, uitgesloten, waardoor alleen personen- en bestelauto's zijn meegenomen.

Ten derde zijn de (extreme) uitschieters in de snelheidsmetingen uitgefilterd. Uitschieters zoals snelheden van meer dan 150 km/uur op 50km/uur-wegen waren bijvoorbeeld niet aannemelijk, gezien de lengte van de wegvakken en de wegomgeving, maar mogelijk het gevolg van een meetfout. Van metingen met telsingangen is bekend dat snelheden, intensiteiten en voertuigklassen soms fout worden ingeschat (McGowen & Sanderson, 2011). Dit kan gebeuren wanneer twee voertuigen uit tegengestelde richting op nagenoeg hetzelfde moment de telsingangen passeren, en als één voertuig worden gezien. Omdat de tijd tussen passages van de twee assen erg kort is, wordt aan dit 'ene' voertuig een te hoge snelheid toegekend. (Overigens gebeurt dit nog een tweede keer als de achterwielen van beide voertuigen zeer kort na elkaar passeren). Door de data te filteren op aankomst- en vertrektijden kunnen dit soort foute metingen uit de dataset worden verwijderd, maar niet alle uitschieters bleken hierdoor te kunnen worden verklaard. Besloten is om aan de hand van een normale verdeling per locatie alle snelheden boven en onder 3 keer de standaardafwijking als uitschieters te beschouwen.

Ten vierde is gecorrigeerd voor een eventueel verschil in meetdagen, zodat van elke meetlocatie een even lange periode aan snelheidsgegevens in de analyse is meegenomen. Hoewel het de bedoeling was om de snelheidsmetingen gedurende zeven volledige dagen uit te voeren, bleek bij de data-analyse dat er op sommige wegen veel langer is gemeten (tot wel 3 weken). Voor elke weg is daarom gecontroleerd én gecorrigeerd voor het verschil. *Tabel A.1* van *Bijlage A* geeft per locatie het aantal metingen van vrij rijdende voertuigen dat na deze eerste vier selectiestappen is overgebleven

Ten vijfde bleek één van de geselecteerde 80km/uur-wegen een dusdanig afwijkend snelheidsprofiel te hebben dat besloten is om deze niet in de data-analyse op te nemen. Zo bleven er 53 weglocaties over.

Tot slot zijn op basis van de overgebleven data verschillende snelheidsmaten bepaald. Ook wanneer er gebruik wordt gemaakt van vrije snelheden, geven **gemiddelde snelheden** onvoldoende inzicht in de geloofwaardigheid van de limiet: het gemiddelde geeft immers geen

inzicht in de verdeling van snelheden, zoals het aandeel automobilisten dat (veel) te hard rijdt. Daarom is daarnaast ook gekeken naar de **V85**: de snelheid die door 85% van de voertuigen niet wordt overschreden. Deze V85 is een betere indicator van wat de ruime meerderheid van automobilisten als een redelijke en veilige snelheid beschouwt, gegeven de omstandigheden. Internationaal gebruiken verkeerskundigen de V85 vaak als indicator voor een geloofwaardige limiet.

Analyse GS-dataset

Zoals in de paragraaf hiervoor is uitgelegd, is in de GS-dataset gekeken naar de snelheid van voertuigen met een volgtijd van minimaal 6 seconden tot een voorligger (vrije snelheden). En met uitsluiting van vrachtauto's en tweewielers. Van deze voertuigen zijn de **gemiddelde snelheden en V85 op verschillende tijden van de dag** berekend. Langere volgtijden kunnen echter ook voorkomen bij langzaam rijdend verkeer en bij filevorming, waardoor het toch om lagere, niet-vrij gekozen snelheden zou kunnen gaan. Om dit soort verkeerseffecten uit te sluiten is een extra controle uitgevoerd waarbij minimaal 1 minuut tot de voorligger is aangehouden. De snelheden van deze deelselectie zijn vergeleken met die van de vrij rijdend verkeer met 6 seconden volgtijd tijdens de nachtelijk uren.

Volgens de GS-theorie is te verwachten dat locaties met een hogere ('versnellende') GS-score samengaan met hogere snelheden (en lagere en negatieve scores met een lagere snelheid). Om in de GS-dataset dit **verband tussen de GS-score en de gereden snelheid** te toetsen is de Spearman's rangcorrelatiecoëfficiënt (of Spearman's rho) gebruikt. Deze correlatietoets is juist geschikt als de X- en Y-coördinaten niet allebei continu van aard zijn; in dit geval bevinden de GS-scores zich op een ordinale schaal (tussen -8 en +8) en de snelheden op een continue schaal. De Spearman's rho is gebruikt om dit verband te onderzoeken voor alle snelheidslimieten apart (30, 50, 60 en 80 km/uur) en voor de gehele GS-dataset van alle limieten samen. Omdat de gehele dataset verschillende snelheidslimieten bevat, is als maat voor de gereden snelheid het absolute verschil tussen de snelheid en de snelheidslimiet gekozen: de onder- of overschrijding van de limiet. Behalve naar de significantie is ook gekeken naar de effectgrootte, ofwel de sterkte, van het verband tussen GS-score en snelheid. Die sterkte is als volgt geïnterpreteerd: een Spearman's rho tussen de 0 en 0,1 betekent geen verband, tussen de 0,1 en 0,3 een zwak verband, tussen de 0,3 en 0,5 een matig sterk verband, tussen de 0,5 en 0,8 een sterk verband, tussen de 0,8 en 0,99 een zeer sterk verband en een Spearman's rho van 1 is een perfect verband (Field, 2009)

In een lineaire hiërarchische regressie is vervolgens gekeken welke van de acht individuele GS-kenmerken 'voorspellend' zijn voor gereden snelheid: de gemiddelde (vrije) snelheid, de V85 en de limietonder- of -overschrijding (het verschil tussen de V85 en de limiet). Deze analyse zegt iets over de **relevantie van de individuele GS-wegkenmerken** voor de gereden snelheid. Naast de GS-wegkenmerken, is in deze regressiemodellen ook de verkeersintensiteit als belangrijke verklarende variabele meegenomen. Snelheid wordt immers sterk beïnvloed door de hoeveelheid verkeer, ofwel expositie. Volgens het 'fundamenteel diagram' hangen snelheid en intensiteit samen met de dichtheid van het verkeer (het aantal voertuigen per eenheid lengte en per rijstrook; zie o.a. Marchesini & Weijermars, 2010; TRB, 2010).

Als grens voor een *significante* relatie tussen GS-kenmerk en snelheid is $p < 0,05$ aangehouden, als grens voor een *indicatieve* relatie is $0,05 > p > 0,1$ aangehouden.

Om inzicht te krijgen in welke **GS-kenmerken in samenhang** het beste de gereden snelheden verklaren, is in SPSS de zogenaamde Stepwise-procedure toegepast (<https://www.spss-tutorials.com/stepwise-regression-in-spss-example/>). Deze methode gaat uit van een basismodel dat op grond van intensiteit en snelheidslimiet de afhankelijke variabele – gereden snelheid – probeert te voorspellen (model 1, Tabel 3.2). Volgens een stapsgewijze procedure wordt vervolgens het kenmerk dat het sterkste individuele verband heeft met de gereden snelheid, toegevoegd aan dit basismodel, daarna het tweede belangrijkste kenmerk, enzovoort (in het voorbeeld in Tabel 3.2 is vooralsnog de 'standaardvolgorde' van de acht kenmerken aangehouden). Bij elke

stap wordt gekeken in welke mate het voorspellend vermogen van het model verbetert. Wanneer het model geen significante verbetering meer vertoont, is het volledige of uiteindelijke model verkregen.

Tabel 3.2. Opbouw regressiemodellen

Modeliteraties	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Constante	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Etmaalintensiteiten	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Snelheidslimiet	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Geslotenverklaring		X	X	X	X	X	X	X	X
Rijrichtingscheiding			X	X	X	X	X	X	X
Wegbeeld				X	X	X	X	X	X
Wegbreedte					X	X	X	X	X
Rijstrookbreedte						X	X	X	X
Aantal rijstroken							X	X	X
Rechtstand								X	X
Erfaansluitingen									X

Het uiteindelijke model geeft niet alleen aan welke variabelen (GS-kenmerken) de snelheid voorspellen, maar ook hoeveel van de variantie in de afhankelijke variabele (snelheid) verklaard wordt. De (gestandaardiseerde) coëfficiënten geven inzicht in de mate waarin elk GS-kenmerk uit het model bijdraagt en ook of deze leidt tot een verhoging of verlaging van de snelheid.

3.2.2 Uitgebreide dataset – Verkenning relaties GS-kenmerken en snelheid

Bewerking uitgebreide dataset

De uitgebreide dataset bevat naast de 53 locaties van de GS-dataset (Paragraaf 3.2.1) ook 75 locaties in Noord-Holland. Zoals besproken in Paragraaf 3.1.3, waren voor Noord-Holland de snelheidsgegevens alleen beschikbaar als geaggregeerde V85-waarden voor alle typen voertuigen over de gehele meetperiode. Er kan daarmee geen onderscheid gemaakt worden naar tijdstip van de dag of naar vrij rijdend verkeer. De gemeten V85-snelheden zijn dus deels beïnvloed door de verkeersdrukke en zullen lager liggen dan wanneer de V85 uit een snelheidsverdeling van vrij rijdend verkeer zou zijn berekend, zoals bij de GS-dataset (Paragraaf 3.2.1).

Om de data in deze uitgebreide dataset (Noord-Holland plus GS-dataset) onderling vergelijkbaar te laten zijn, zijn ook de snelheden en intensiteiten afkomstig uit de GS-dataset geaggregeerd over de gehele meetperiode, over alle voertuigen en over alle snelheden: ook de niet-vrij gekozen snelheden zoals hierboven in Paragraaf 3.2.1 besproken). Voor de vergelijkbaarheid zijn ook voor de locaties uit de GS-dataset alleen de V85-snelheden gebruikt.

Analyse uitgebreide dataset

Ook voor de uitgebreide dataset is met een Spearman's rho getoetst of er een verband is tussen de gereden snelheden en de GS-score van de locaties. Dit is op dezelfde wijze – voor de afzonderlijke snelheidslimieten en de gehele dataset – gedaan als voor de GS-dataset. Het enige verschil was dat deze uitgebreide dataset alleen kon worden getoetst op een relatie met de V85 van al het verkeer en niet met de vrij gekozen snelheden van individuele voertuigen.

Analoog aan de werkwijze met de GS-dataset zijn in eerste instantie regressiemodellen gefit met achtereenvolgens alle onafhankelijke variabelen (de individuele GS-kenmerken) en gecorrigeerd voor de limiet en verkeersintensiteit. Dit model geeft inzicht in de verbanden tussen de individuele verklarende variabelen – de GS-kenmerken – en de snelheid (hier: V85 van alle verkeer).

Daarna is de SPSS Stepwise-procedure toegepast om te bepalen welke combinatie aan kenmerken het beste snelheidsvoorspellingsmodel opleveren. Ook geeft de regressieanalyse aan hoeveel van de variantie in de afhankelijke variabele (snelheid) verklaard wordt door de verklarende, onafhankelijke variabelen. De (gestandaardiseerde) coëfficiënten geven inzicht in de mate waarin elke variabele bijdraagt en ook of de variabele leidt tot een verhoging of verlaging van de snelheid.

3.3 Van validatie naar kalibratie van het GS-model: relevantie en weging van GS-kenmerken

Aanleiding voor deze validatiestudie was dat er soms weinig correlatie lijkt te zijn tussen de GS-scores en gereden snelheden (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Bax, Schermers & Kars, 2018; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018; Wijlhuizen et al., 2017). Dit kan betekenen dat de GS-methode niet valide is, dus dat de GS-scores volgens de huidige methode niet aangeven wat het snelheidsgedrag in de praktijk is. Het kan zijn dat diverse GS-kenmerken niet relevant zijn, dat de operationalisering van wat ‘vertragend’ en ‘versnellend’ is (de criteria in *Tabel 3.1*) aangepast moet worden, en/of dat er een ‘weging’ van de relevante wegkenmerken nodig is, kortom dat het GS-model zou moeten worden aangepast en gekalibreerd.

De in *Paragraaf 3.2* besproken analyses geven inzicht in statistische verbanden tussen de uitkomsten van dit GS-model en de gereden snelheden (van vrij rijdend en druk verkeer):

- De uitkomsten van de correlatietoetsen tussen de GS-scores van de meetlocaties en de snelheden geven aan of een gebrek aan correlatie (uit eerder onderzoek) ook hier te zien is.
- De regressieanalyses geven inzicht in de meest relevante GS-kenmerken, de mate waarin elk kenmerk bijdraagt en in welke richting. Ze geven aan waar aanpassing en eventuele weging van versnellers en vertragers gepast is.
- Aan het eind van dit rapport worden deze uitkomsten gebruikt om aanbevelingen te formuleren voor een nieuw of aangepast GS-model met relevante en gewogen GS-kenmerken.

4 Resultaten validatie

Dit hoofdstuk presenteert en bespreekt de resultaten van de data-analyses zoals die zijn beschreven in *Hoofdstuk 3*. Als eerste worden steeds de resultaten besproken voor de ‘GS-dataset’: de 53 meetlocaties waar in 2021 snelheidsmetingen zijn uitgevoerd, wegkenmerken zijn beoordeeld en geloofwaardigheidsscores (GS-scores) zijn bepaald. Vervolgens worden steeds de analyseresultaten voor de ‘uitgebreide dataset’ besproken: de GS-dataset uitgebreid met snelheden en wegkenmerkendata van locaties uit een databestand voor de provincie Noord-Holland (zie ook Dijkstra, Schermers & Hermens, 2021).

De relaties tussen de GS-score en gereden snelheden worden voor de locaties in beide datasets besproken in *Paragraaf 4.1* resp. *4.2*. De relatie van de acht *individuele* GS-wegkenmerken met de gereden snelheid wordt besproken in *Paragraaf 4.3*, en *Paragraaf 4.4* bespreekt juist welke wegkenmerken *in samenhang* de sterkste relatie hebben met de gereden snelheid. De slotparagraaf (4.5) vat dit resultatenhoofdstuk nog eens samen.

4.1 GS-dataset – Relatie tussen GS-scores en snelheid

Deze paragraaf bespreekt de gereden snelheden en de relatie daarvan met de GS-score op de 53 locaties uit de GS-dataset. De GS-scores zijn bepaald met de acht GS-kenmerken en bijbehorende criteria uit *Tabel 3.1*.

Zoals reeds in *Hoofdstuk 3* is beschreven, zijn alleen de gereden snelheden van vrij rijdende voertuigen voor de resultaten van de GS-dataset gebruikt. Dit zijn voertuigen met minimaal 6 seconden tot de naaste voorligger. Ook zijn vrachtverkeer en tweewielers uitgesloten van deze analyse.

4.1.1 Snelheden op de geselecteerde 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen

Tabel 4.1 en *Tabel 4.2* laten de V85 en de gemiddelden van alle vrije snelheden zien op de verschillende wegtypen en voor de verschillende tijdperiodes tijdens weekdays en weekenddagen. Uit *Tabel 4.1* valt op te merken dat de gemiddelde snelheid tijdens de dag op alle wegen lager ligt dan de limiet. De spreiding van de snelheden (sd) ligt rond de 20% van het gemiddelde; dit is binnen de verwachte norm van een ‘normale’ snelheidsverdeling (Watts et al., 2004). De gemiddelde snelheden op 50- en 60km/uur-wegen liggen tijdens de nachtelijke uren boven de limiet. Een opvallend resultaat is te zien bij de selectie 80km/uur-wegen, waar zowel de gemiddelde snelheid als de V85 structureel onder de limiet liggen. In eerdere studies zijn hogere gemiddelde snelheden op 80km/uur-wegen waargenomen (bijv. Bax, Schermers & Kars, 2018) en oud SWOV-onderzoek citeert een landelijke V85 van 83 km/uur voor 80km/uur-wegen (Catshoek, 1995).

Op weekenddagen valt op dat de gemiddelde snelheden op 30- en 60km/uur-wegen onder de limiet liggen, ook in de nacht. Op 50km/uur-wegen ligt de gemiddelde snelheid boven de limit tijdens de ochtendspits en gedurende de nacht. Op 80km/uur-wegen blijkt dat de gemiddelde snelheid fors onder de limiet ligt (*Tabel 4.2*).

Tabel 4.1. Gemiddelde vrije snelheden, vrije V85 en spreiding op typische Nederlandse wegen op **weekdagen** (n = gemiddeld aantal vrij rijdende voertuigen per weekdag in de betreffende periode van de dag)

Limiet	Ochtendspits				Middag				Avondspits				Nacht				Totaal			
	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n
30	37,9	29,0	8,5	393	36,7	28,0	8,3	435	38,1	28,7	8,6	444	39,5	29,5	9,3	85,0	37,8	28,7	8,6	269
50	58,1	47,3	10,8	2839	57,5	46,3	10,9	3061	57,5	46,4	11	2980	62,2	50,3	11,3	1143	58,8	47,5	11,1	2131
60	69,4	59,0	10,8	1821	67,5	57,5	1,7	1867	70,0	59,1	11,2	1971	71,8	61,0	11,0	458	69,5	58,9	11,0	1231
80	74,7	64,4	10,4	1622	75,1	64,2	10,6	1576	75,6	65,0	10,4	1769	78,1	66,2	11,2	370	75,7	64,8	10,6	1063

Tabel 4.2 : Gemiddelde vrije snelheden, vrije V85 en spreiding op typische Nederlandse wegen op **weekenddagen** (n = gemiddeld aantal vrij rijdende voertuigen per weekenddag in de betreffende periode van de dag)

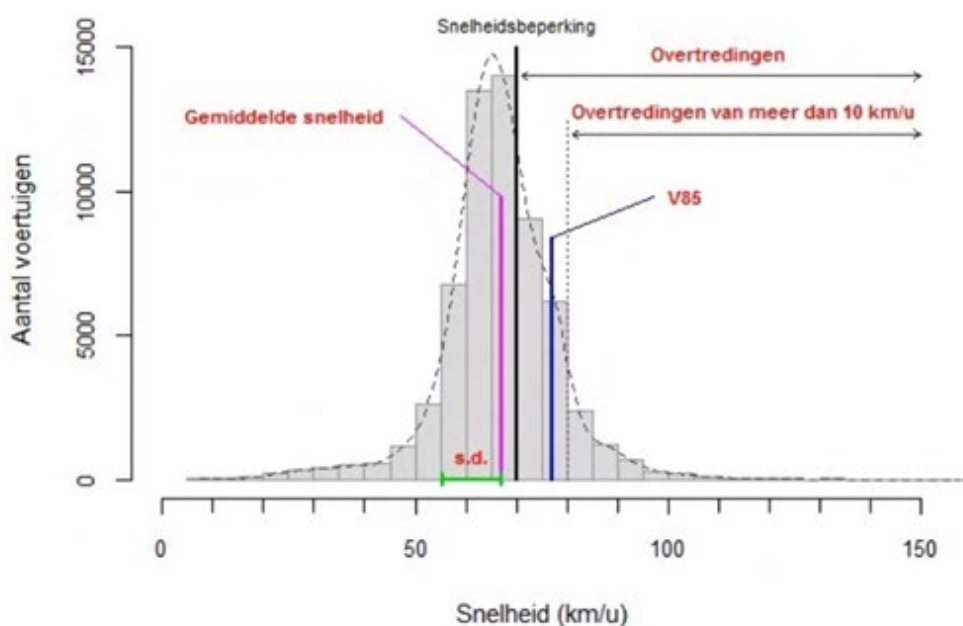
Limiet	Ochtendspits				Middag				Avondspits				Nacht				Totaal			
	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n
30	38,7	29,4	8,6	237	37,0	28,2	8,5	481	38,0	28,6	8,8	324	39,3	29,0	9,4	92	37,9	28,6	8,8	249
50	61,8	50,4	11,0	2093	58,7	47,7	1,8	3129	59,7	48,2	11,2	2330	62,3	50,3	11,4	1284	60,5	49,0	11,2	2075
60	7,7	59,9	11,1	1054	67,8	57,4	11,0	1939	69,2	59,3	10,6	1201	70,1	59,9	10,6	367	69,1	58,7	10,9	998
80	76,9	65,7	10,8	841	75,8	64,9	10,4	1585	75,3	64,9	10,2	977	78,3	66,5	11,2	291	76,3	65,3	10,6	807

Voor het berekenen van de gemiddelde snelheid en de V85 gebruikt men meestal snelheden van al het verkeer en niet een deelpopulatie van het verkeer zoals hierboven (alleen het vrij rijdend verkeer). De snelheden van alle verkeer liggen dan ook vrijwel altijd lager dan de vrije snelheden. Dat is ook in dit onderzoek het geval (zie *Tabel A.2* en *Tabel A.3* in *Bijlage A* voor de verschillen tussen snelheden van vrij rijdend en al het verkeer).

De onverwacht lagere gemiddelde snelheid en V85 van het vrij rijdend verkeer op de selectie 80km/uur-wegen hebben geleid tot extra analyses en controles van deze wegen. Normaal gezien ligt de V85 boven de snelheidslimiet (zie *Afbeelding 4.1*). Echter, op één locatie na, is dat bij geen van de locaties op de 80km/uur-wegen het geval (zie *Bijlage A*). Vergelijken we de afzonderlijke meetwaarden voor de individuele locaties, dan zijn er wel verschillen tussen de locaties te zien. Er zijn locaties waar hogere snelheden zijn gemeten dan de limiet maar ook andere locaties met lagere snelheden dan de limiet. We hebben het dan niet over de uitbijters en snelheden die meer dan drie maal de standaardafwijking afwijken van het gemiddelde. Die zijn immers niet meegenomen in de selectie (zie *Paragraaf 3.2.1*). Toch liggen op veel locaties de snelheden lager dan wat verwacht zou worden, waardoor de vraag zich aandient of er toch mogelijke verkeers- of andere effecten zijn die dat veroorzaken.

Zowel over de gehele selectie als op individuele 80km/uur-wegen ligt de standaardafwijking binnen de norm van een normale verdeling (< 20%). Ook zijn de snelheden over de dag heen vergelijkbaar met snelheden tijdens de nachtelijke uren. Dit laatste geeft aan dat het aannemelijk is dat de steekproef inderdaad uit vrij rijdend verkeer bestaat, en er geen situaties zijn met filevorming of langzaam rijdend verkeer met 6 seconden volgtijd of meer. De verkeersintensiteiten op de geselecteerde locaties zijn inderdaad ook niet extreem hoog.

Afbeelding 4.1. Voorbeeld van de snelheidsspreiding op een 70km/uur-locatie, met een gemiddelde snelheid onder de limiet ('snelheidsbeperking') en een V85 boven de limiet (overgenomen uit Riguelle, 2012))



Naast de bovengenoemde vergelijking van snelheden gedurende de dag en tijdens nachtelijke uren, is nog een extra controle uitgevoerd om eventuele verkeerseffecten uit te sluiten. Besloten is om een selectie van vrij rijdende voertuigen met een veel ruimere volgtijd, namelijk van 1 minuut. In de praktijk betekent dit dat al het verkeer dat binnen 60 seconden van elkaar de telslangen passeert buiten beschouwing is gelaten bij deze controle. De kans dat er dan nog fileverkeer is, is daarmee vrijwel uitgesloten. Met deze selectie blijft er minder dan een derde van alle waargenomen voertuigen over in de steekproef. Ook deze analyse laat zien dat snelheden slechts marginaal toenemen ten opzichte van de selectie met de 6 seconden volgtijd (Tabel A.4 in Bijlage A). Voor de verdere analyses zijn daarom de 6 seconden volgtijd gehandhaafd voor de selectie van vrij rijdende voertuigen.

Op de 80km/uur-locaties zijn er geen versturende omgevings- of ontwerp-elementen aanwezig die de snelheid kunnen beïnvloeden. Bij de selectie van locaties is daar immers rekening mee gehouden (Paragraaf 3.1.2). Daarnaast is het snelheidsbeeld op de geselecteerde wegen gebaseerd op een vrij grote steekproef. Gegeven de interne consistentie van de metingen is de conclusie daarom dat deze representatief zijn voor de situatie ter plaatse en dat de geregistreerde snelheden de keuze van het vrij rijdend verkeer op deze locaties weergeven.

4.1.2 GS-scores naar snelheidslimiet

De GS-score is bepaald voor elk van de 53 locaties uit de GS-dataset volgens Tabel 3.1. De verdeling van GS-scores over de verschillende wegtypen (snelheidslimieten) is te zien in Tabel 4.3. Ook de verdeling van het aantal locaties over de verschillende GS-scores is uit die tabel af te lezen.

Tabel 4.3 laat zien dat de meeste van de geselecteerde wegen meer versnellende kenmerken bevatten dan vertragende kenmerken. De verdeling van de GS-scores is dus scheef, maar dit is niet helemaal verrassend. De huidige GS-methodiek biedt op sommige kenmerken namelijk geen mogelijkheid om vertragend te scoren (zie ook Tabel 3.1). Met de huidige methodiek kunnen 30- en 60km/uur-wegen tussen -5 en +8 scoren, en 50- en 80km/uur-wegen tussen -7 en +8. In de praktijk lijken de meeste wegen, ongeacht de limiet, tussen de 1 en 3 punten te scoren. De wegen met 50- en 60km/uur-limieten hebben locaties die relatief hoog scoren ten opzichte van de andere limieten. Volgens deze GS-methodiek hebben de wegen in het algemeen ongeloofwaardig lage limieten, waardoor er gezien de inrichting, te hard zal worden gereden.

Tabel 4.3. Verdeling van GS-scores van de locaties in de GS-dataset – praktijkmeting

GS-score	Aantal locaties per snelheidslimiet				Totaal aantal locaties
	30 km/uur	50 km/uur	60 km/uur	80 km/uur	
-2	1				1
-1	3		1	2	6
0	4			1	5
1		3	2	3	8
2	4	2	3	3	12
3	2	3	3	2	10
4		4	1		5
5		1	1		2
6		2			2
7					
8		2			2
Totaal	14	17	11	11	53

4.1.3 Relatie GS-score en gereden snelheid – vrij rijdende voertuigen

Om de relatie te onderzoeken tussen de GS-score en de vrij gekozen snelheden zijn er meerdere Spearman's rho-correlaties uitgevoerd. De correlatietoets is uitgevoerd voor alle locaties samen (dus de 30-, 50-, 60- en 80km/uur-locaties samen) en daarna apart per snelheidslimiet. Bij de eerste analyse is de snelheidslimiet een zogeheten confounder: er is namelijk een sterke relatie tussen de limiet en de gereden snelheid. Om hiervoor te corrigeren, is in plaats van de vrij gekozen snelheid het verschil tussen de vrij gekozen snelheden en de snelheidslimiet genomen: de onder- of overschrijding van de limiet.

Volgens de GS-theorie hangen lage GS-scores samen met lagere snelheden en hogere scores met hogere snelheden. Uit de resultaten blijkt dat er inderdaad een sterk significant positief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 30 en 60 km/uur (Tabel 4.4). Daarnaast blijkt dat er een matig sterk significant positief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 50 km/uur. Ook blijkt er een matig sterk significant positief verband tussen het verschil van de vrij gekozen snelheid met de limiet en de GS-score voor de gehele steekproef van wegen. Voor deze wegen geldt dat hogere GS-scores samenhangen met hogere vrij gekozen snelheden en lagere scores met lagere snelheden. Tot slot blijkt dat er een zwak significant negatief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 80 km/uur. Hier geldt dat hogere GS-scores samenhangen met lagere vrij gekozen snelheden en vice versa. Deze relatie is in de verkeerde richting, maar is niet geheel onverwacht, gegeven de spreiding van de GS-scores en de relatief lage gemeten snelheden van vrij rijdend verkeer op deze wegen. De GS-scores voor de 80km/uur-wegen zijn overwegend (matig) positief en versnellend (Tabel 4.3) maar de gemiddeld gemeten snelheid van vrij rijdend verkeer ligt bij nagenoeg alle locaties onder de limiet (Tabel 4.1 en Tabel 4.2, en Afbeelding B.5 in Bijlage B). Er wordt gemiddeld gezien dus niet te hard gereden. Ook de V85 van het vrij rijdend verkeer op 80km/uur-wegen ligt in veel gevallen rondom de limiet (Tabel 4.1 en Tabel 4.2). Dit is een indicatie dat er overeenstemming is tussen het wegontwerp, de limiet en het gewenste snelheidsgedrag. Echter, dit suggereert ook dat de hogere GS-scores op deze locaties geen goede voorspeller zijn van het werkelijke snelheidsgedrag: in werkelijkheid wordt er langzamer gereden dan wat de GS-score zou doen vermoeden. In dit geval lijkt een (matig) positieve GS-score onterecht en is de vraag of de grenswaarden voor versnellers en vertragers in Tabel 3.1 onderscheidend genoeg zijn.

Tabel 4.4. Spearman's rho-correlaties van de GS-score met de vrij gereden snelheid per snelheidslimiet in de GS-dataset – praktijkmeting

Snelheidslimiet	Spearman's rho
30, 50, 60 en 80 km/uur*	$r = 0,43, p < 0,001, n = 761540$
30 km/uur	$r = 0,53, p < 0,001, n = 44256$
50 km/uur	$r = 0,45, p < 0,001, n = 355353$
60 km/uur	$r = 0,52, p < 0,001, n = 195592$
80 km/uur	$r = -0,21, p < 0,001, n = 166333$

* Voor deze analyse is het verschil tussen de snelheid en de snelheidslimiet gebruikt: de limietonder- of -overschrijding.

4.2 Uitgebreide dataset – Relatie tussen GS-scores en snelheid

Deze paragraaf bespreekt het verband tussen de GS-score en de snelheid op 128 onafhankelijke locaties in de uitgebreide dataset: de GS-dataset uitgebreid met locaties uit Noord-Holland (zie Paragraaf 3.1.3). De GS-scores zijn weer bepaald met de acht GS-kenmerken en bijbehorende criteria uit Tabel 3.1.

4.2.1 GS-scores naar snelheidslimiet

Tabel 4.5 geeft de verdeling van GS-scores over de verschillende wegen in de uitgebreide dataset. Door de uitbreiding met de locaties uit Noord-Holland blijkt vooral het aantal locaties op 80km/uur-wegen fors te zijn toegenomen. Er komt iets meer spreiding in de data, maar vooral ook extra nadruk op positieve GS-scores door de toegevoegde locaties. Dit suggereert dat de vertragende wegkenmerken, zoals die zijn uitgewerkt in de GS-methodiek (Tabel 3.1) minder vaak voorkomen in de praktijk dan versnellende kenmerken. Op basis van de GS-score is de verwachting dus dat er te hard zal worden gereden.

Tabel 4.5. Verdeling van de GS-scores van de locaties in de uitgebreide dataset: praktijkmeting en data van Noord-Holland samen

GS-score	Aantal locaties per snelheidslimiet				Totaal aantal locaties
	30 km/uur	50 km/uur	60 km/uur	80 km/uur	
-2	1				1
-1	3		1	2	6
0	4			5	9
1		3	5	11	19
2	4	3	12	7	26
3	2	3	6	4	15
4		4	2	11	17
5		1	1	13	15
6		2		8	10
7				5	5
8		2		3	5
Totaal	14	18	27	69	128

4.2.2 Relatie GS-score en gereden V85-snelheid – alle verkeer

De uitgebreide dataset bevat alleen geaggregeerde verkeersdata, zoals reeds in *Hoofdstuk 3* is beschreven. Per locatie bevat het in principe één V85 gebaseerd op een snelheidsverdeling van al het verkeer tijdens een meetperiode van minimaal 7 (tot zelfs 365) aaneengesloten dagen. Er zijn geen metingen naar individuele voertuigen beschikbaar en is geen onderscheid naar tijd van dag, dag van de week enz. De V85 is in dit geval inclusief langzaam rijdend verkeer, vrachtverkeer en tweewielers.

Om de relatie te onderzoeken tussen de GS-score en de V85 zijn er meerdere Spearman's rho-correlaties uitgevoerd. Deze correlatietoets is voor alle locaties, dus voor alle snelheidslimieten samen uitgevoerd, evenals voor alle snelheidslimieten apart. Bij de eerstgenoemde analyse is de snelheidslimiet een zogeheten confounder: er is immers een relatie tussen de limiet en de gereden snelheid. Om hiervoor te corrigeren is in plaats van de V85 het verschil tussen de V85 en de snelheidslimiet genomen: een maat van de limietonder- of -overschrijding. Voor de andere correlaties is wel de V85 genomen.

Uit de resultaten blijkt dat er een sterk significant positief verband is tussen de V85 en de GS-score voor de gehele steekproef van wegen en de wegen met een limiet van 30- en 50 km/uur (*Tabel 4.6*). Daarnaast blijkt dat er een zeer sterk significant verband is tussen de V85 en de GS-score op wegen met een limiet van 60 km/uur. Tot slot blijkt dat er een matig sterk positief verband is tussen de V85 en de GS-score op wegen met een limiet van 80 km/uur. Voor deze wegen geldt dat hogere GS-scores samenhangen met hogere V85-snelheden, en lagere scores met lagere V85.

Tabel 4.6. Spearman's rho-correlaties van de GS-score met de V85 van alle verkeer per snelheidslimiet in de uitgebreide dataset: praktijkmeting en data van Noord-Holland samen

Snelheidslimiet	Spearman's rho
30, 50, 60 en 80 km/uur*	$r = 0,54, p < 0,001, n = 128$
30 km/uur	$r = 0,55, p < 0,05, n = 14$
50 km/uur	$r = 0,58, p < 0,05, n = 18$
60 km/uur	$r = 0,80, p < 0,001, n = 27$
80 km/uur	$r = 0,39, p < 0,005, n = 69$



* Voor deze analyse is het verschil tussen de snelheid en de snelheidslimiet gebruikt: de limietonder- of -overschrijding.

De resultaten laten voor alle snelheidslimieten het verwachte effect tussen de GS-score en de V85 zien. In tegenstelling tot de eerder besproken gemiddelde vrije snelheden op wegen met een 80km/uur-limiet (GS-dataset; zie *Paragraaf 4.1.3*) is de relatie tussen de GS-score en de V85 op 80km/uur-wegen nu wel in de juiste richting (hogere score = hogere snelheid). De verklaring daarvoor heeft te maken met de toevoeging van veel locaties op provinciale wegen in de provincie Noord-Holland. De V85 op deze wegen liggen normaliter hoger dan de limiet (zie ook *Afbeelding 4.1*), terwijl de verdeling van de GS-scores ook in de positieve richting verandert. Hierdoor wordt de relatie tussen hoge GS-score en hoge snelheid versterkt.

4.3 Relatie van de individuele GS-wegkenmerken met snelheid

De voorgaande analyses laten zien dat er een matig tot sterk significant verband is tussen de GS-score en de gereden snelheid, zowel voor vrij rijdend verkeer in de GS-dataset als voor al het verkeer (V85) in de uitgebreide dataset. Een hogere GS-score gaat samen met hogere snelheden/V85; de sterkte van de relatie verschilt per wegtype. Ook laten de analyses in de voorgaande paragrafen zien dat de GS-scores van de locaties geen normale verdeling volgt en dat de aanwezige wegkenmerken vooral resulteren in positieve GS-scores. Het is daarom belangrijk om

naast de relatie tussen de (totale) GS-score en de snelheid ook uit te zoeken wat het verband is tussen de individuele wegkenmerken en de snelheid.

In deze paragraaf gaan we na of de acht individuele GS-kenmerken een aantoonbare relatie hebben met – en dus relevant zijn voor gereden snelheden. Om te beginnen zijn in *Paragraaf 4.3.1* multiële lineaire hiërarchische regressies toegepast op de GS-dataset (de 53 locaties). Met de regressiemodellen is nagegaan of de acht GS-kenmerkscores, afzonderlijk en in samenhang, de gemiddelde snelheid, de V85 of het verschil in V85 en snelheidslimiet van vrij rijdend verkeer kunnen voorspellen, dus of de verschillende GS-kenmerken een significante bijdrage leveren aan de voorspelling. Als grens van statistische significantie is $p = 0,05$ genomen. Voor een indicatieve relatie is $0,05 < p < 0,1$ aangehouden.

In *Paragraaf 4.3.2* zijn de regressies toegepast op de uitgebreide dataset, maar is naar de snelheden van al het verkeer gekeken (niet naar de vrije snelheden), en naar de geaggregeerde metingen over de gehele dag en week, ook tijdens spitsuren met langzamer rijdend verkeer en eventuele filevorming. Hier is gekeken of de regressiemodellen met de acht afzonderlijke GS-kenmerken het verschil tussen V85 van alle verkeer en de snelheidslimiet kunnen voorspellen.

4.3.1 GS-dataset – Relatie tussen individuele GS-scores en de vrije snelheden

Relatie tussen individuele GS-scores en gemiddelde vrije snelheid

Voor de GS-dataset is geanalyseerd of de gemiddelde vrij gekozen snelheid voorspeld wordt door de acht afzonderlijke GS-scores. Per meetpunt is dus de gemiddelde vrije snelheid als afhankelijke variabele genomen. Als onafhankelijke variabele zijn dummy-variabelen meegenomen voor de GS-scores op de acht verschillende wegkenmerken.

Hoewel voor de GS-dataset bewust is geselecteerd op vrij rijdend verkeer (dus met volgtijden van 6 seconden of langer), is een verkeerseffect nog steeds niet uit te sluiten. Ook hangt de geldende snelheidslimiet uiteraard samen met gereden snelheden. In een eerste stap zijn daarom de snelheidslimiet en de etmaalintensiteiten als variabele meegenomen om hiervoor te corrigeren. In model 2 zijn vervolgens de dummy-variabelen meegenomen die corresponderen met de GS-score van de wegkenmerken. De '0-score' (neutraal, dus geen effect op de snelheid) is gekozen als de referentiecategorie (*Tabel 4.7*). Een negatieve score (-1) is geassocieerd met een vertrager (kenmerk zorgt voor lagere snelheden) en een positieve score (+1) met een versneller (kenmerk verhoogt de snelheid). Met de regressie gaan we voor elk wegkenmerk na of dit effect op snelheid inderdaad aanwezig is, dus of het effect significant is, en of het de juiste richting op wijst: een negatieve GS-score (-1) zou moeten samengaan met een negatieve coëfficiënt (afname van snelheid) en een positieve score met een positieve coëfficiënt.

Het volledige model met alle dummy-variabelen bleek statistisch significant, $R^2 = 0,921$, $F(16,52) = 26,396$, $p < 0,001$; adjusted $R^2 = 0,887$. Het toevoegen van de acht afzonderlijke GS-scores aan het voorspellen van de vrij gekozen snelheden heeft geleid tot een statistisch significante toename van de R^2 met $0,119$, $F(14,36) = 3,909$, $p < 0,001$.

De regressiecoëfficiënten van het complete model (model 2) staan in *Tabel 4.7* weergegeven.

Tabel 4.7. Regressie-coëfficiënten van het volledige model met alle acht GS-kenmerken als variabele – gemiddelde snelheden vrij rijdend verkeer uit de GS-dataset. Significante voorspellers zijn **dikgedrukt** weergegeven

Model	Dummy-variabele	B	Standaard-fout	Coëfficiënt	t	Sig.	
1	(Constate)	2,621	3,338		,785	,436	
	Snelheidslimiet	,731	,066	,771	11,055	,000	
	Etmaalintensiteiten	,003	,001	,231	3,310	,002	
2	(Constate)	-1,677	5,161		-,325	,747	
	Snelheidslimiet	,840	,117	,886	7,178	,000	
	Etmaalintensiteiten	,001	,001	,083	1,125	,268	
	Geslotenverklaring=0,0 (ref)						
	Geslotenverklaring=1,0	-2,683	2,153	-,079	-1,246	,221	
	Rijrichtingscheiding=-1,0	7,256	4,311	,184	1,683	,101	
	Rijrichtingscheiding=0,0 (ref)						
	Rijrichtingscheiding=1,0	6,010	4,176	,152	1,439	,159	
	Wegbeeld=-1,0	-4,275	2,440	-,119	-1,752	,088	
	Wegbeeld=0,0 (ref)						
	Wegbeeld=1,0	1,093	2,523	,033	,433	,668	
	Rijbaanbreedte=-1,0	-6,333	2,652	-,179	-2,388	,022	
	Rijbaanbreedte=0,0 (ref)						
	Rijbaanbreedte=1,0	3,542	2,866	,106	1,236	,224	
	Rijstrookbreedte=-1,0	2,160	3,454	,038	,625	,536	
	Rijstrookbreedte=0,0 (ref)						
	Rijstrookbreedte=1,0	2,254	2,739	,068	,823	,416	
	AantalRijstroken=0,0 (ref)						
	AantalRijstroken=1,0	-10,224	4,596	-,221	-2,225	,032	
	KruisingErfaansluiting=-1,0	-1,686	2,783	-,035	-,606	,548	
	KruisingErfaansluiting=0,0 (ref)						
	KruisingErfaansluiting=1,0	,403	2,075	,012	,194	,847	
	Rechtstand=-1,0	-2,555	4,194	-,036	-,609	,546	
	Rechtstand=0,0 (ref)						
	Rechtstand=1,0	7,302	1,993	,218	3,663	,001	

De regressieanalyse geeft aan dat een versmalde rijbaanbreedte, een toenemend aantal rijstroken en langere rechtstanden een statisch significante relatie hebben met snelheden van vrij rijdende voertuigen. Het kenmerk wegbeeld heeft een indicatieve relatie ($p = 0,088$) met de snelheid van vrij rijdend verkeer. De resultaten laten zien dat – ten opzichte van de referentie – een afname in rijbaanbreedte leidt tot lagere snelheden en langere rechtstanden leiden tot hogere snelheden. Het kenmerk wegbeeld geeft aan dat een dicht wegbeeld samenhangt met een verlaging in snelheid. Hoewel niet significant, zien we ook dat de tegenovergestelde scores van deze kenmerken het verwachte effect op snelheid hebben (een toename in rijbaanbreedte en een verruiming van het wegbeeld leiden tot hogere snelheden en een afname in de lengte van rechtstanden tot lagere snelheden).

Een onverwacht, maar statistisch significant resultaat is dat een *toename* in het aantal rijstroken leidt tot een *verlaging* in snelheden. Dit is op zich vreemd want de rijbaanbreedte (afhankelijk van het aantal rijstroken) geeft wel het verwachte effect op snelheid (afname in breedte levert lagere snelheid) en deze relatie is significant. De relatie tussen de gemiddelde vrije snelheid en het aantal rijstroken heeft mogelijk te maken met het feit dat er nauwelijks of geen wegen zijn waar het aantal rijstroken als vertrager is aangemerkt, en dus is de verdeling van GS-scores scheef in de positieve richting. Volgens de GS-methode (zie *Tabel 3.1*) kan het aantal rijstroken op 30-, 60- en 80km/uur-wegen nooit als vertrager worden aangemerkt (een score -1 is niet mogelijk). Alleen 50km/uur-wegen met een enkele rijstrook (en geen rijrichtingscheiding) worden als vertrager (-1) gescoord. In de regel hebben 50km/uur-wegen een asmarkering en minstens één rijstrook per richting (CROW, 2012) maar afwijkingen komen in beperkte mate voor, bijvoorbeeld in industriegebieden waar asmarkering vaak ontbreekt (Dijkstra, Schermers & Van Petegem, 2021). De GS-dataset (en ook de NH-dataset) bevat echter geen wegen zonder asmarkering. Het ontbreken van negatieve scores voor het aantal rijstroken betekent relatief weinig spreiding in de data, waardoor contrasten moeilijk aan te tonen zijn. Zoals eerder opgemerkt, is het daarnaast merkwaardig dat de huidige GS-methodiek de rijbaanbreedte, rijstrookbreedte en aantal rijstroken als aparte kenmerken laat scoren terwijl ze onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Hierdoor wegen de drie kenmerken samen ook nog erg zwaar in de totale GS-score. In de oorspronkelijke gedachte van VSGS was de wegbreedte een secundair kenmerk (*Tabel 2.2*) en afgeleid (indien nodig) uit rijstrookbreedte, aantal rijstroken en redresseerruimte. Het valt sterk te overwegen terug te gaan naar de oorspronkelijke methode en de resultaten lijken dit voor een deel te onderschrijven.

Deze eerste analyse laat zien dat slechts een deel van de acht beschouwde GS-kenmerken lijkt bij te dragen aan de gemiddelde vrije snelheid. Van de kenmerken die wel bijdragen valt op dat de meeste ook genoemd zijn bij de vijf hoofdkenmerken uit de oorspronkelijke, verkennende VSGS-onderzoeken (Van Nes et al., 2007a). Rechtstanden en snelheidsremmers werden geacht primaire versneller/vertrager te zijn en het wegbeeld, de wegbreedte en het wegdek secundaire versnellers/vertragers (zie ook *Tabel 2.2*). In de latere ontwikkeling van het VSGS-instrument zijn kenmerken toegevoegd of aangepast. De huidige analyse werpt de vraag op of het oorspronkelijke model wellicht beter geschikt is dan het doorontwikkelde instrument.

Relatie tussen individuele GS-scores en de V85 van vrij rijdend verkeer

Op dezelfde wijze als hierboven zijn nogmaals multi-pele lineaire hiërarchische regressieanalyses uitgevoerd maar nu met als afhankelijke variabele de 'vrije V85': de V85 van vrij rijdend verkeer. Aangezien de gemiddelde snelheid en de V85 nauw samenhangen, is het te verwachten dat hier vergelijkbare verbanden worden gezien als in de paragraaf hiervoor.

Tabel 4.8 laat zien dat ten opzichte van de referentie (0-score) een negatieve score voor de rijbaanbreedte leidt tot een significante afname in de V85 van vrij rijdend verkeer. Bij het kenmerk wegbeeld is deze relatie indicatief. Een positieve score voor rechtstanden draagt ook hier significant bij aan hogere snelheden. Samengevat, smallere rijbanen, en waarschijnlijk ook een dichter wegbeeld, leiden tot een verlaging van de 'vrije' V85, terwijl langere rechtstanden tot hogere V85 van vrij rijdende voertuigen leiden. Net als bij de gemiddelde snelheden, wordt ook hier een significante, maar onverwachte relatie tussen het aantal rijstroken en de V85 gevonden: meer rijstroken leiden tot een lagere vrije V85. Zoals eerder gezegd heeft dit te maken met de manier waarop dit kenmerk wordt gescoord in de GS-methode. De huidige methode laat niet toe dat 30-, 60- en 80km/uur-wegen negatief scoren op dit kenmerk, en ook 50km/uur-wegen zullen in de praktijk zelden negatief scoren volgens *Tabel 3.1*. De vraag is of de criteria die we hanteren voor dit kenmerk wel realistisch zijn. Bovendien speelt de vraag of het zinvol is om zowel rijbaanbreedte als rijstrookbreedte én het aantal rijstroken in een dergelijk model op te nemen. Het heeft de voorkeur om minstens een van de kenmerken weg te laten in verband met 'multicollineariteit': ze zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden en correleren sterk.

Het volledige model met alle dummy-variabelen bleek statistisch significant, $R^2 = 0,920$, $F(16,52) = 26,042$, $p < 0,001$; adjusted $R^2 = 0,885$. Het toevoegen van de acht afzonderlijke GS-scores aan het voorspellen van de V85 van vrij rijdend verkeer heeft geleid tot een statistisch significante toename van de R^2 met 0,129, $F(14,36) = 4,185$, $p < 0,001$.

De regressiecoëfficiënten van het complete model (model 2) met de 'vrije' V85 als afhankelijke variabele staan in *Tabel 4.8* weergegeven.

Tabel 4.8. Regressiecoëfficiënten van het volledige model met alle acht GS-kenmerken als variabele – V85 van vrij rijdend verkeer uit de GS-dataset. Significante voorspellers zijn dikgedrukt weergegeven

Model	Dummy-variabele	B	Standaardfout	Coëfficiënt	t	Sig.
1	(Constante)	6,732	3,730		1,805	,077
	Snelheidslimiet	,801	,074	,777	10,840	,000
	Etmaalintensiteiten	,003	,001	,212	2,958	,005
2	(Constante)	,177	5,648		,031	,975
	Snelheidslimiet	,981	,128	,952	7,666	,000
	Etmaalintensiteiten	,000	,001	,030	,411	,684
	Geslotenverklaring=0,0 (ref)					
	Geslotenverklaring=1,0	-3,075	2,357	-,084	-1,305	,200
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-7,677	5,410	-,173	-1,419	,165
	Rijrichtingscheiding=0,0 (ref)					
	Rijrichtingscheiding=1,0	7,212	4,717	,168	1,529	,135
	Wegbeeld=-1,0	-4,711	2,671	-,120	-1,764	,086
	Wegbeeld=0,0 (ref)					
	Wegbeeld=1,0	1,794	2,761	,049	,650	,520
	Rijbaanbreedte=-1,0	-6,851	2,903	-,178	-2,360	,024
	Rijbaanbreedte=0,0 (ref)					
	Rijbaanbreedte=1,0	3,515	3,136	,096	1,121	,270
	Rijstrookbreedte=-1,0	,526	3,780	,009	,139	,890
	Rijstrookbreedte=0,0 (ref)					
	Rijstrookbreedte=1,0	2,608	2,997	,072	,870	,390
	AantalRijstroken=0,0 (ref)					
	AantalRijstroken=1,0	-9,471	5,029	-,189	-1,883	,068
	KruisingErfaansluiting=-1,0	-1,667	3,045	-,031	-,547	,587
	KruisingErfaansluiting=0,0 (ref)					
	KruisingErfaansluiting=1,0	,404	2,271	,011	,178	,860
	Rechtstand=-1,0	-2,762	4,589	-,035	-,602	,551
	Rechtstand=0,0 (ref)					
	Rechtstand=1,0	8,033	2,181	,220	3,683	,001

Relatie tussen individuele GS-scores en het verschil van de vrije V85 met de snelheidslimiet

Ten derde is voor de GS-dataset gekeken naar de relatie tussen de individuele GS-scores en het verschil tussen de V85 van vrij rijdende voertuigen en de snelheidslimiet. Dit is een maat voor de onder- of overschrijding van de limiet.

Het volledige model met alle dummy-variabelen bleek statistisch significant, $R^2 = 0,689$, $F(16,52) = 4,987$, $p < 0,001$; adjusted $R^2 = 0,551$. Het toevoegen van de acht afzonderlijke GS-scores aan het voorspellen van de snelheidsverschillen van vrij rijdend verkeer (V85 minus snelheidslimiet) heeft geleid tot een statistisch significante toename van de R^2 met 0,506, $F(14,34) = 4,185$, $p < 0,001$.

De regressiecoëfficiënten van het complete model (model 2) met de snelheidsverschillen als afhankelijke variabele staan in *Tabel 4.9* weergegeven.

Tabel 4.9. Regressie-coëfficiënten van het volledige model met alle acht GS-kenmerken als variabele – verschil V85 vrij rijdend verkeer en snelheidslimiet uit de GS-dataset. Significante voorspellers zijn dikgedrukt weergegeven

Model	Dummy-variabele	B	Standaard-fout	Coëfficiënt	t	Sig.	
1	(Constate)	6,732	3,730		1,805	,077	
	Snelheidslimiet	,003	,001	,419	2,958	,005	
	Etmaalintensiteiten	-,199	,074	-,381	-2,690	,010	
2	(Constate)	,177	5,648		,031	,975	
	Snelheidslimiet	-,019	,128	-,036	-,145	,885	
	Etmaalintensiteiten	,000	,001	,060	,411	,684	
	Geslotenverklaring=0,0 (ref)						
	Geslotenverklaring=1,0	-3,075	2,357	-,165	-1,305	,200	
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-7,677	5,410	-,342	-1,419	,165	
	Rijrichtingscheiding=0,0 (ref)						
	Rijrichtingscheiding=1,0	7,212	4,717	,332	1,529	,135	
	Wegbeeld=-1,0	-4,711	2,671	-,238	-1,764	,086	
	Wegbeeld=0,0 (ref)						
	Wegbeeld=1,0	1,794	2,761	,098	,650	,520	
	Rijbaanbreedte=-1,0	-6,851	2,903	-,352	-2,360	,024	
	Rijbaanbreedte=0,0 (ref)						
	Rijbaanbreedte=1,0	3,515	3,136	,190	1,121	,270	
	Rijstrookbreedte=-1,0	,526	3,780	,017	,139	,890	
	Rijstrookbreedte=0,0 (ref)						
	Rijstrookbreedte=1,0	2,608	2,997	,143	,870	,390	
	AantalRijstroken=0,0 (ref)						
	AantalRijstroken=1,0	-9,471	5,029	-,373	-1,883	,068	
	KruisingErfaansluiting=-1,0	-1,667	3,045	-,062	-,547	,587	
	KruisingErfaansluiting=0,0 (ref)						
	KruisingErfaansluiting=1,0	,404	2,271	,022	,178	,860	
	Rechtstand=-1,0	-2,762	4,589	-,070	-,602	,551	
	Rechtstand=0,0 (ref)						
	Rechtstand=1,0	8,033	2,181	,435	3,683	,001	

Net als hiervoor, en ook zoals verwacht, hebben smallere rijbanen (negatieve GS-score) een significant verlagend effect, en langere rechtstanden (positieve GS-score) een significant verhogend effect op het verschil tussen de V85 en de limiet. Een krap wegbeeld heeft een indicatief verlagend, en een toenemend aantal rijstroken een indicatief verhogend effect op het verschil tussen de V85 en de limiet. Een mogelijke verklaring voor de onverwachte richting van het effect van het aantal rijstroken op snelheden is in de twee analyses hiervoor reeds uitgebreid besproken. Vanwege interactie-effecten (en mogelijke correlatie) met de rijbaanbreedte wordt verwacht dat dit kenmerk in toekomstig onderzoek zal komen te vervallen, net als eventuele niet-significante variabelen.

4.3.2 Uitgebreide dataset – Relatie tussen individuele GS-scores en het verschil van de V85 van al het verkeer met de snelheidslimiet

De laatste in de reeks toetsen tussen de individuele kenmerken en snelheden is uitgevoerd voor alle locaties in de uitgebreide dataset. Ook hier is een multiële lineaire hiërarchische regressie-analyse uitgevoerd. Als afhankelijke variabele is het verschil tussen de V85 van al het verkeer (dus inclusief niet-vrij rijdend en vrachtverkeer en tweewielers) en de snelheidslimiet genomen, en zijn de acht afzonderlijke GS-scores als onafhankelijke variabelen genomen. Hiervoor zijn voor alle GS-scores dummy-variabelen aangemaakt. Als referentiecategorie is telkens de 0-score gebruikt.

Net als bij de GS-dataset (zie *Paragraaf 4.3.1*) zijn in stap 1 de variabelen snelheidslimiet en etmaalintensiteiten meegenomen (model 1). Bij de volgende stappen zijn alle dummy-variabelen toegevoegd tot een compleet model (model 2).

Het volledige model met de dummy-variabelen bleek statistisch significant, $R^2 = 0,863$, $F(16,128) = 44,130$, $p < 0,001$; adjusted $R^2 = 0,844$. Het toevoegen van de dummy-variabelen aan het voorspellen van de snelheidsverschil (V85 minus snelheidslimiet) heeft geleid tot een statistisch significante toename van de R^2 met 0,182, $F(14,112) = 10,663$, $p < 0,001$.

Van de toegevoegde dummy-variabelen blijkt dat de rijrichtingscheiding als vertrager, wegbeeld als vertrager, rijbaanbreedte als versneller maar ook als vertrager, de voorspelde snelheidsverschillen voor een groot deel verklaren. Deze relaties zijn allemaal significant. In tegenstelling tot bij de GS-dataset, lijken rechtstanden hier geen relatie te hebben met het snelheidsverschil tussen de V85 en de limiet. De rijstrookbreedte heeft een indicatief verhogend effect op het verschil tussen de V85 en de limiet.

De regressiecoëfficiënten van het complete model (model 2) met het verschil tussen de V85 voor al het verkeer met de limiet als afhankelijke variabele, worden in *Tabel 4.10* weergegeven.

Tabel 4.10. Regressie-coëfficiënten van het volledige model met alle acht GS-kenmerken als variabele – verschil V85 van al het verkeer met de snelheidslimiet uit de uitgebreide dataset. Significante voorspellers zijn **dikgedrukt** weergegeven

Model	Dummy-variabele	B	Standaard-fout	Coëfficiënt	t	Sig.	
1	(Constate)	-1,107	2,602		-,425	,671	
	Snelheidslimiet	,025	,045	,055	,553	,581	
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	,377	3,824	,000	
2	(Constate)	2,306	3,569		,646	,520	
	Snelheidslimiet	,104	,057	,230	1,815	,072	
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	-,223	-1,685	,095	
	Geslotenverklaring=0 (ref)						
	Geslotenverklaring=1,0	-,614	1,424	-,039	-,431	,667	
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-14,947	2,665	-,565	-5,609	,000	
	Rijrichtingscheiding=0 (ref)						
	Rijrichtingscheiding=1,0	-,092	1,323	-,006	-,069	,945	
	Wegbeeld=-1,0	-9,368	1,850	-,412	-5,064	,000	
	Wegbeeld=0 (ref)						
	Wegbeeld=1,0	-,648	1,339	-,042	-,484	,629	
	Rijbaanbreedte=-1,0	-4,385	1,573	-,277	-2,788	,006	
	Rijbaanbreedte=0 (ref)						
	Rijbaanbreedte=1,0	-3,160	1,470	-,183	-2,149	,034	
	Rijstrookbreedte=-1,0	,747	2,170	,025	,344	,731	
	Rijstrookbreedte=0 (ref)						
	Rijstrookbreedte=1,0	3,103	1,771	,200	1,752	,082	
	AantalRijstroken=0 (ref)						
	AantalRijstroken=1,0	,142	2,009	,009	,071	,944	
	KruisingErfaansluiting=-1,0	-,773	1,752	-,031	-,441	,660	
	KruisingErfaansluiting=0,0 (ref)						
	KruisingErfaansluiting=1,0	1,154	1,593	,072	,724	,470	
	Rechtstand=-1,0	,463	1,351	,027	,343	,732	
	Rechtstand=0 (ref)						
	Rechtstand=1,0	1,821	1,198	,117	1,520	,131	

Dit resultaat is wezenlijk anders dan hiervoor met de GS-dataset. De verschillen zijn ook voor een groot deel te verklaren door de verschillen in de datasets. De GS-dataset gebruikt namelijk snelheden van vrij rijdende voertuigen en de uitgebreide dataset gebruikt de snelheden van al het verkeer, ook het langzamer rijdende en filevormende verkeer. Zoals bekend wordt de snelheidskeuze sterk beïnvloed door verkeersdruk. Naarmate de verkeersintensiteiten toenemen, nemen de mogelijkheden in snelheidskeuze af (zie o.a. Marchesini & Weijermars, 2010; TRB, 2010). Ook is te verwachten dat de rol van de GS-kenmerken bij snelheidskeuze anders is bij druk dan bij rustig verkeer. De kenmerken spelen waarschijnlijk een belangrijkere rol in snelheidskeuze bij rustig verkeer. Om dit effect na te gaan, zijn dezelfde analyses nog eens gedaan voor *al het verkeer* in de GS-dataset (analoog aan de analyse met de uitgebreide dataset), zowel met de V85 van alle verkeer (Tabel A.7 in Bijlage A) als met het verschil tussen de V85 en de limiet (Tabel A.8)

als afhankelijke variabelen. Deze analyses laten zien dat voor beide snelheidsvariabelen de relatie met de GS-kenmerken in veel gevallen verzwakt bij berekening over al het verkeer. In het model met vrij rijdend verkeer komen twee kenmerken (rechtstanden en rijbaanbreedte) naar voren als sterke voorspellers en wegbeeld als een matige voorspeller (*Tabel 4.8* resp. *Tabel 4.9*). Met het gebruik van snelheden gebaseerd op al het verkeer blijft alleen nog de lengte van rechtstanden als versneller over. Ook dit is niet geheel verassend, omdat lange rechtstanden het mogelijk maken om zelfs bij hogere verkeersintensiteiten wat harder te gaan rijden. Gezien de invloed van verkeersdrukke op gereden snelheden, heeft het de voorkeur om bij toekomstige VSGS-toepassingen gebruik te maken van de vrije V85-snelheden.

De uitgebreide dataset heeft naast een andere snelheidsmaat ook naar verhouding veel meer 80km/uur-wegen in de dataset. Veel van deze wegen hebben hogere GS-scores: ze hebben naar verhouding meer kenmerken met positieve scores dan negatieve scores. De 80km/uur-wegen zijn gekenmerkt door veel wegen met een dubbele asmarkering (scoort op 80km/uur-wegen als vertragend t.o.v. moeilijk overrijdbaar; zie *Tabel 3.1*), relatief veel wegen met lange rechtstanden en vrij uniforme dwarsprofielen (rijstrook- en wegbreedte, aantal rijstroken). Dit is ook terug te zien in de uitkomst van de regressieanalyse op de uitgebreide dataset (*Tabel 4.10*), waar juist GS-kenmerken die dominant aanwezig zijn op 80km/uur-wegen naar voren komen als significante voorspellers van snelheid: rijrichtingscheiding, wegbeeld en rijbaanbreedte. De rijstrookbreedte is indicatief.

4.4 GS-kenmerken in samenhang – belangrijkste snelheidsvoorspellers

In de vorige paragrafen is aangetoond dat een aantal afzonderlijke GS-kenmerken een duidelijke en significante relatie hebben met snelheid. In deze paragraaf gaan wij na welke kenmerken in samenhang snelheden het beste verklaren; hiervoor wordt de Stepwise-procedure gebruikt.

Met de Stepwise-procedure worden de verklarende variabelen één voor één toegevoegd aan het basismodel (zie ook *Paragraaf 3.2.1*). Het begint met het kenmerk dat de sterkste voorspeller is op basis van de voorgaande analyse, daarna volgt de tweede sterkste enz., totdat het voorspellend vermogen van het model geen verbetering laat zien. De uitkomst is een regressiemodel dat het verschil tussen de V85 en de snelheidslimiet aan de hand van een samenstelling van de GS-kenmerken (en hun -scores) voorspelt. In deze paragraaf bespreken wij de uitkomsten van de regressiemodellen die zijn gefit op de GS-dataset met vrij rijdend verkeer en de uitgebreide dataset met al het verkeer.

4.4.1 GS-dataset – Regressiemodel met belangrijkste GS-kenmerken

Voor de GS-dataset bleek het sterkste model (model 4; *Tabel 4.11*) met de dummy-variabelen statistisch significant, $R^2 = 0,536$, $F(5,52) = 10,868$, $p < 0,001$; adjusted $R^2 = 0,487$. Het toevoegen van de dummy-variabelen aan het voorspellen van de snelheidsverschil ('vrije' V85 minus snelheidslimiet) heeft geleid tot een statistisch significante toename van de R^2 met 0,353, $F(5,47) = 4,067$, $p < 0,05$.

Tabel 4.11. Model summary voor de regressieanalyse op de GS-dataset.

Model	R	R ²	Adjusted R ²	Standaardfout	ΔR ²	ΔF	Df1	Df2	p
1	,428	,183	,150	8,46246	,183	5,602	2	50	,006
2	,627	,393	,355	7,37149	,209	16,895	1	49	,000
3	,704	,496	,454	6,78323	,104	9,867	1	48	,003
4	,732	,536	,487	6,57641	,040	4,067	1	47	,049

Tabel 4.12 laat de uitkomst voor de SPSS Stepwise regressie op de GS-dataset zien waarbij net als eerder de GS-scores als dummy worden gebruikt en waarbij de score neutraal (0) als referentie dient. Zoals eerder aangetoond (zie Paragraaf 4.3.1) verklaren de rijbaanbreedte en rechtstanden de meeste van de variantie in het snelheidsverschil. In het vierde, en uiteindelijke model is te zien dat een positieve GS-score voor rijbaanbreedte (dus bredere wegen) is geassocieerd met een sterke toename in de V85 (en verschil met de limiet) en een negatieve score met een forse afname in de voorspelde V85. Ook geeft het model aan dat een positieve score voor rechtstanden (is gelijk aan lange rechtstanden) leidt tot forse toenames in snelheid. De relatie in de andere richting wordt niet gevonden (is niet significant).

Tabel 4.12. Stepwise model GS-dataset met de belangrijkste GS-kenmerken als variabele – verschil V85 vrij rijdend verkeer en snelheidslimiet

Model	Dummy-variabele	B	Standaard-fout	Coëfficiënt	t	Sig.
1	(Constante)	6,732	3,730		1,805	,077
	Etmaalintensiteiten	,003	,001	,419	2,958	,005
	Snelheidslimiet	-,199	,074	-,381	-2,690	,010
2	(Constante)	-,877	3,740		-,235	,816
	Etmaalintensiteiten	,003	,001	,394	3,190	,002
	Snelheidslimiet	-,118	,067	-,227	-1,756	,085
	Rijbaanbreedte=1,0	8,864	2,156	,480	4,110	,000
3	(Constante)	-3,175	3,518		-,902	,371
	Etmaalintensiteiten	,002	,001	,326	2,812	,007
	Snelheidslimiet	-,130	,062	-,250	-2,100	,041
	Rijbaanbreedte=1,0	9,523	1,995	,516	4,772	,000
	Rechtstand=1,0	6,188	1,970	,335	3,141	,003
4	(Constante)	,589	3,888		,151	,880
	Etmaalintensiteiten	,002	,001	,282	2,466	,017
	Snelheidslimiet	-,148	,061	-,284	-2,439	,019
	Rijbaanbreedte=1,0	6,611	2,414	,358	2,739	,009
	Rechtstand=1,0	7,301	1,988	,396	3,673	,001
	Rijbaanbreedte=-1,0	-5,128	2,543	-,263	-2,017	,049

4.4.2 Uitgebreide dataset – Regressiemodel met belangrijkste GS-kenmerken

Ook voor de uitgebreide dataset (de GS-dataset aangevuld met een aantal locaties op provinciale wegen in Noord-Holland) zijn stepwise regressies uitgevoerd. Deze dataset bevat vooral een groter aantal locaties op 80km/uur-wegen met allemaal overwegend dezelfde soort kenmerken; wegen met (deels) geslotenverklaring; vooral met zachte rijrichtingscheiding, en vrij uniforme dwarsprofielen (wegbreedte > 7,5 m, rijstrookbreedte 2,5-3,0 m, en één rijstrook per richting). De snelheden in deze dataset zijn gebaseerd op al het verkeer en niet alleen de vrij rijdende voertuigen. De afhankelijk variabele is het snelheidsverschil (V85 minus snelheidslimiet) en de onafhankelijke variabelen zijn de GS-kenmerken met weer de GS-scores van elk kenmerk als dummy.

Het sterkste model (model 6) met de dummy-variabelen bleek statistisch significant, $R^2 = 0,574$, $F(7,127) = 23,143$, $p < 0,001$; adjusted $R^2 = 0,550$. Het toevoegen van de dummy-variabelen aan het voorspellen van de snelheidsverschil (V85 alle verkeer minus de snelheidslimiet) heeft geleid tot een statistisch significante toename van de R^2 met 0,406, $F(7,125) = 5,297$, $p < 0,05$.

Tabel 4.13. Model summary voor de regressieanalyse op de uitgebreide dataset.

Model	R	R ²	Adjusted R ²	Standaardfout	ΔR ²	ΔF	Df1	Df2	p
1	,410	,168	,155	7,12021	,168	12,661	2	125	,000
2	,606	,368	,352	6,23416	,199	39,057	1	124	,000
3	,674	,454	,436	5,81818	,086	19,365	1	123	,000
4	,731	,534	,515	5,39292	,081	21,163	1	122	,000
5	,745	,556	,534	5,29003	,021	5,792	1	121	,018
6	,758	,574	,550	5,19852	,019	5,297	1	120	,023

Tabel 4.14 laat zien dat het kenmerk rijrichtingscheiding de sterkste relatie heeft met het snelheidsverschil. Het sterkste model (model 6) laat zien dat een zachte rijrichtingscheiding, een versmalde rijbaan en een dicht wegbeeld het snelheidsverschil tussen de V85 en de limiet verkleinen, terwijl bredere rijbanen en -stroken dit verschil juist vergroten.

Niet onverwacht laat de regressieanalyse met de uitgebreide dataset een ander resultaat zien dan die met de GS-dataset. Er is weinig overlap tussen de twee uitkomsten: alleen de rijbaanbreedte komt in beide regressiemodellen voor als relevante variabele. Het verschil in de uitkomst is deels te verklaren door de verschillen in de datasets.

De uitkomstmaat (snelheid) in de twee datasets is weliswaar verschillend, namelijk de 'vrije' V85 versus V85 van al het verkeer, maar verklaart niet het verschil in regressiemodellen. Het verschil tussen de snelheidsmaten is namelijk vrij klein en – vooral – relatief constant over de locaties heen. Het snelheidsverschil tussen vrij rijdend en alle verkeer bedraagt gemiddeld een paar kilometer per uur, net als het verschil tussen de gemiddelde snelheid en de V85 of de V85 van vrij rijdend verkeer en de V85 van al het verkeer.

Het verschil tussen de twee regressiemodellen ligt eerder in de verdeling van het aantal locaties over de snelheidsklassen en GS-scores. De uitgebreide dataset bevat een veel groter aandeel 80km/uur-wegen die zorgen voor meer locaties met hogere GS-scores. Ook de manier waarop de GS-score wordt bepaald lijkt een groot effect te hebben. Met de huidige methodiek kunnen 30- en 60km/uur-wegen tussen -5 en +8 scores, en 50- en 80km/uur-wegen tussen -7 en +8. De 30-, 50- en 60km/uur-wegen in de datasets kunnen niet negatief scoren op de kenmerken geslotenverklaring en rijrichtingscheiding, en 80km/uur-wegen juist wel. Het is waarschijnlijk de rijrichtingscheiding die hier het verschil tussen beide modellen bepaalt, de meeste 80km/uur-wegen in Noord-Holland (en ook in Nederland) hebben een asmarkering als rijrichtingscheiding, waardoor de 80km/uur-wegen overwegend negatief scoren (een asmarkering of zachte scheiding wordt gezien als een vertrager). Relatief weinig 80km/uur-wegen hebben een moeilijk of niet overrijdbare scheiding. Daarnaast speelt dat 80km/uur-wegen weinig variatie laten zien op het kenmerk rechtstand, waardoor dit kenmerk in de uitgebreide dataset onvoldoende onderscheidend is.

Tabel 4.14. Stepwise model uitgebreide dataset met de belangrijkste GS-kenmerken als variabele – verschil V85 vrij rijdend verkeer en snelheidslimiet

Model	Dummy-variabele	B	Standaard-fout	Coëfficiënt	t	Sig.
1	(Constance)	-1,107	2,602		-,425	,671
	Snelheidslimiet	,025	,045	,055	,553	,581
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	,377	3,824	,000
2	(Constance)	-5,769	2,398		-2,406	,018
	Snelheidslimiet	,158	,045	,349	3,550	,001
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	,096	,988	,325
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-13,802	2,209	-,521	-6,250	,000
3	(Constance)	-4,113	2,269		-1,813	,072
	Snelheidslimiet	,196	,042	,434	4,626	,000
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	-,101	-,993	,323
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-15,391	2,093	-,581	-7,355	,000
	Rijbaanbreedte=-1,0	-5,219	1,186	-,330	-4,401	,000
4	(Constance)	1,041	2,383		,437	,663
	Snelheidslimiet	,142	,041	,315	3,465	,001
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	-,158	-1,673	,097
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-15,303	1,940	-,578	-7,889	,000
	Rijbaanbreedte=-1,0	-5,263	1,099	-,333	-4,787	,000
	Wegbeeld=-1,0	-7,398	1,608	-,325	-4,600	,000
5	(Constance)	4,456	2,734		1,630	,106
	Snelheidslimiet	,109	,043	,241	2,562	,012
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	-,134	-1,434	,154
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-15,581	1,906	-,589	-8,174	,000
	Rijbaanbreedte=-1,0	-6,647	1,222	-,420	-5,439	,000
	Wegbeeld=-1,0	-7,673	1,582	-,337	-4,851	,000
6	(Constance)	1,347	3,008		,448	,655
	Snelheidslimiet	,135	,043	,298	3,111	,002
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	-,227	-2,261	,026
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-15,193	1,881	-,574	-8,078	,000
	Rijbaanbreedte=-1,0	-5,090	1,379	-,322	-3,692	,000
	Wegbeeld=-1,0	-8,215	1,572	-,361	-5,226	,000
	Rijbaanbreedte=1,0	-3,068	1,294	-,177	-2,371	,019
Rijstrookbreedte=1,0	3,133	1,361	,201	2,302	,023	

4.5 Samenvattend

De resultaten in dit hoofdstuk geven (nogmaals) aan dat de relatie tussen GS-scores en snelheid geen eenvoudige is. De verdeling van geloofwaardigheidsscores over de verschillende locaties laat zien dat er in onze steekproef van wegen geen locaties zijn met erg lage GS-scores (score van -3 of lager) en voornamelijk veel wegen met hoge positieve GS-scores. Deze scheve verdeling heeft ermee te maken dat de huidige GS-methode van scores onevenwichtig is, met scores die afhankelijk zijn van de limiet van de weg (bijv. 30- en 60km/uur-wegen kunnen scores tussen -5 en +8 en andere wegen tussen -7 en +8). De meeste locaties laten scores van rond +2 zien, wat aangeeft dat de limieten in deze gevallen niet volledig geloofwaardig zijn, maar lager dan je zou verwachten op grond van de GS-kenmerken van de inrichting.

De uitgevoerde analyses tonen aan dat een toenemende GS-score matig tot sterk correleert met een toename in de rijsnelheden. Echter niet alle kenmerken lijken een even sterk verband te hebben met snelheden. Regressieanalyses op de GS-dataset laten zien dat de snelheid van vrij rijdend verkeer sterk wordt voorspeld door de rijbaanbreedte en de lengte van rechtstanden. Het wegbeeld heeft een indicatief verband. De grotere dataset met meer locaties op 80km/uur-wegen en met snelheden gebaseerd op ál het verkeer, laat zien dat ook kenmerken als rijrichtingscheiding, rijstrookbreedte en wegbeeld een rol spelen in het voorspellen van de V85 (of het verschil tussen V85 en de limiet). Dit resultaat is niet verwonderlijk, aangezien dit kenmerken zijn die voornamelijk samenhangen met de 80km/uur-wegen.

Daarnaast is het ook duidelijk dat de huidige GS-methodiek verbeterd kan worden. Niet alle GS-kenmerken blijken een significante relatie te hebben met gereden snelheden. Daar waar de relaties wel significant zijn, kunnen de coëfficiënten worden gebruikt als maat om de GS-kenmerken te wegen in een eventuele volgende, aangepaste versie van het GS-model.

De regressieanalyses met beide datasets hebben aangetoond dat de GS-kenmerken gesloten-verklaring, aantal rijstroken en dichtheid van erfaansluitingen nauwelijks een relatie vertonen met gereden snelheden. Er is voldoende aanwijzing om deze kenmerken te laten vervallen in een toekomstig GS-model. Ook valt te bepleiten om het kenmerk rijstrookbreedte te laten vervallen, dit omdat de rijstrookbreedte reeds verschuild is in de *rijbaanbreedte* en omdat rijbaanbreedte in beide modellen een significante voorspeller is. Het kenmerk rijrichtingscheiding is weinig onderscheidend op 30-, 50- en 60km/uur-wegen en dient ook niet te worden meegenomen. Dit laat de kenmerken rechtstanden, rijbaanbreedte en wegbeeld over als meest relevante kenmerken voor de geloofwaardigheid van de limiet. Dit zijn drie van de vijf hoofdkenmerken uit de eerste versie van de VSGS (Van Nes et al., 2007a).

5 Bevindingen, discussie en conclusies

Dit hoofdstuk vat de belangrijkste resultaten van het onderzoek samen, beginnend met de bevindingen uit de literatuur (*Paragraaf 5.1*). Vervolgens presenteren we de belangrijkste resultaten uit analyses van de relatie tussen GS-scores en gereden snelheden (*Paragraaf 5.2*) en een bespreking daarvan (*Paragraaf 5.3*). Dit hoofdstuk wordt afgesloten met de conclusies per onderzoeksvraag in *Paragraaf 5.4*.

5.1 Wegkenmerken die aangetoonde relatie hebben met snelheid

In zowel binnen- als buitenland zijn in afgelopen vijftien jaar diverse onderzoeken uitgevoerd naar de relaties tussen wegkenmerken en de geloofwaardigheid van snelheidslimieten. Daaruit komt naar voren dat, mede door de samenhang van individuele weg- en omgevingskenmerken met het verkeer, ook de relaties met snelheid complex zijn. Niet alle studies zijn vergelijkbaar, omdat er grote verschillen zijn tussen de wegkenmerken die zijn meegenomen als onafhankelijke variabele, in de rol van verkeersintensiteit als verklarende factor, maar ook in de keuze van de snelheidsmaat als afhankelijke variabele.

De literatuur, zowel uit binnen- als buitenland, laat zien dat de volgende wegkenmerken aantoonbare relaties hebben met gereden snelheden en daardoor belangrijk kunnen zijn voor de geloofwaardigheid van de limiet:

- Aantal rijstroken (en breedte) (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Verhouding gevelafstand/gevelhoogte (Bellalite, 2013)
- Wegbeeld/dichtheid van de omgeving (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Andriessse, 2021; Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Lengte van rechtstanden (Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Omgeving (landgebruik en type bebouwing) (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Bellalite, 2013)
- Parkeren/parkeerwisselingen (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Verhardingsbreedte (Bellalite, 2013; Van Nes et al., 2007b)
- Aantal (of aandeel) bedrijven (Bellalite, 2013)
- Dichtheid van kruispunten (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Soort verharding (Andriessse, 2021)
- Aanwezigheid fietsstroken/-paden (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Snelheidsremmers (uitritconstructies) (Andriessse, 2021)
- Rijrichtingscheiding (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Verkeersintensiteit (Andriessse, 2021)

Een aantal van de kenmerken zijn onderling vergelijkbaar of hangen nauw samen met elkaar, bijvoorbeeld verhardingsbreedte en aantal rij-, fiets- en parkeerstroken, of wegbeeld, omgeving, verhouding gevelafstand/gevelhoogte en aantal bedrijven. Ook zijn kenmerken als parkeren en dichtheid van bebouwing uniek voor wegen binnen de kom en is onderscheid naar wegtypen

noodzakelijk. Deze interactie-effecten kunnen niet worden uitgesloten en zouden apart moeten worden getoetst. Tot slot zijn sommige kenmerken onderzocht op één soort weg/limiet (bijv. alleen op 50km/uur-wegen).

De oorspronkelijk versies van de VSGS bevatten vijf hoofdkenmerken, namelijk rechtstanden, fysieke snelheidsremmers, openheid van de wegomgeving, wegbreedte en effenheid van het wegdek (Aarts & Van Nes, 2007). In de latere uitwerking van de VSGS in ProMeV (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018) zijn deze kenmerken gewijzigd in acht, deels overlappende en deels nieuwe kenmerken. Een onderbouwing voor de wijzigingen ontbreekt in de ondersteunende literatuur (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014).

De kenmerken rijstrookbreedte en aantal rijstroken waren voorheen een uitwerking van wegbreedte maar worden in de ProMeV-versie als volwaardige GS-kenmerken gezien. De kenmerken geslotenverklaring, rijrichtingscheiding en kruisingsdichtheid lijken te zijn overgenomen van VS-kenmerken (de wegkenmerken waarmee de Veilige Snelheid (VS) wordt bepaald). Het kenmerk wegbeeld lijkt een vertaling van de openheid van de wegomgeving.

Opvallend is dat twee van de oorspronkelijke kenmerken, namelijk fysieke snelheidsremmers en effenheid van het wegdek, zijn komen te vervallen in de herziene lijst (Aarts, Dijkstra & Bax, 2014; Aarts et al., 2014; Bax, Schermers & Kars, 2018). Het vervallen van de snelheidsremmers kan worden verklaard omdat deze nauw samenhangen met de lengte van een rechtstand en wordt gebruikt om lange rechtstanden op te breken. Het vervallen van het kenmerk effenheid van het wegdek heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat dit weinig onderscheidend is in de praktijk. Met uitzondering van 30km/uur-wegen hebben nagenoeg alle wegen asfalt of een gesloten verharding met een dichte en effen structuur.

5.2 Relatie tussen geloofwaardigheidskenmerken, geloofwaardigheidsscore en gereden snelheden

Dit onderzoek heeft gebruikgemaakt van twee datasets met daarin verschillende snelheidsmaten. De eerste dataset maakt gebruik van gemeten puntsnelheden van individuele en vrij rijdende personen-/bestelauto's op 53 locaties door heel Nederland (de GS-dataset). De locaties zijn verdeeld over vier snelheidslimieten (30, 50, 60 en 80 km/uur) met metingen van precies 1 week lang. Deze dataset bevat naast snelheden ook de intensiteiten (per gewenste tijdseenheid en per voertuigtype). De meetpunten voor de snelheidsmetingen zijn zo geselecteerd dat ze niet beïnvloed worden door lokale maatregelen. Dit zijn de stukken op het wegvak waarvan verwacht wordt dat bestuurders hier het hardste rijden. Naast de snelheden zijn per locatie ook de acht GS-kenmerken beoordeeld en gescoord.

De tweede dataset is uitgebreid met locaties op provinciale wegen in de provincie Noord-Holland, en maakt gebruik van snelheden gebaseerd op al het verkeer, dus niet alleen vrij rijdend verkeer, en ook niet alleen personen- en bestelauto's. Omdat snelheden niet op alle locaties beschikbaar zijn op het niveau van individuele voertuigen, is voor deze dataset gewerkt met de V85: de snelheid die door 85% van het verkeer niet wordt overschreden. Informatie over de spreiding van de snelheden en ook verschillen naar bijvoorbeeld tijd van de dag en dag van de week waren niet beschikbaar.

5.2.1 Relatie GS-score en snelheid

De verdeling van GS-scores over de locaties in beide datasets laat zien dat er geen locaties zijn met een sterk negatieve, vertragende score (-3 of lager) maar veel met een sterk positieve versnellende score (+3 of hoger), dus relatief veel locaties waar de geloofwaardige limiet volgens de GS-methodiek hoger is dan de daadwerkelijke snelheidslimiet. De meeste locaties scoren licht

positief en zijn dus als vuistregel grotendeels geloofwaardig. De spreiding van de scores is sterk in de positieve richting.

Volgens de GS-theorie hangen lage GS-scores samen met lagere snelheden en hoge scores met hoge snelheden. Om deze relatie beter te verkennen is een aantal Spearman's rho-correlatietoetsen uitgevoerd. De analyse van vrij gekozen snelheden en GS-scores met de kleinere dataset (53 locaties) laat zien dat, gecorrigeerd voor het effect van de snelheidslimiet, er een matig sterk significant verband bestaat tussen GS-score en de gereden snelheid. Dat wil zeggen dat naarmate de score toeneemt, ook de snelheid (d.w.z. het snelheidsverschil met de limiet) toeneemt. Er is een sterk significant positief verband tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 30 en 60 km/uur. Daarnaast blijkt dat er een matig sterk significant positief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 50 km/uur.

De relatie tussen GS-score en snelheid op 80km/uur-wegen is echter onverwacht. Hier geldt dat wanneer de GS-score toeneemt, de vrij gekozen snelheid daalt. Deze relatie is in de verkeerde richting. Dit is echter niet geheel onverwacht, gegeven de spreiding van de GS-scores en de (relatief laag) gemeten snelheden van vrij rijdend verkeer op deze wegen. De GS-scores voor de 80km/uur-wegen zijn overwegend positief (versnellend), maar de gemiddelde gemeten snelheden van vrij rijdend verkeer ligt bij nagenoeg alle locaties onder de limiet. Er wordt gemiddeld gezien dus niet te hard gereden. Ook de V85 van het vrij rijdende verkeer op deze wegen ligt in veel gevallen rond of onder de limiet, terwijl deze normaliter boven de limiet ligt. Dit is een indicatie dat er overeenstemming is tussen het wegontwerp, de limiet en het gewenste snelheidsgedrag. Dit laat echter ook zien dat de hogere GS-scores op deze locaties geen goede reflectie geven van het werkelijk snelheidsgedrag (in werkelijkheid wordt er langzamer gereden dan wat de GS-score zou doen vermoeden). In dit geval lijkt een (matig) positieve score onterecht en is de vraag of de wijze waarop de scores worden bepaald wel nauwkeurig is en of de versnellers en vertragers onderscheidend genoeg zijn.

Ook met de uitgebreide dataset is de relatie tussen GS-score en snelheid (V85) onderzocht door meerdere Spearman's rho-correlaties uit te voeren. De Spearman's rho is voor alle locaties en snelheidslimieten samen uitgevoerd (30, 50, 60 en 80 km/uur) evenals voor alle afzonderlijke snelheidslimieten apart.

Uit de resultaten blijkt dat er een sterk significant positief verband is tussen de V85 en de GS-score op wegen met een limiet van 30 en 50 km/uur en een zeer sterk significant positief verband op wegen met limiet 60 km/uur. Daarnaast blijkt dat er een matig sterk significant verband is tussen de V85 en de GS-score op wegen met een limiet van 80 km/uur. Ook blijkt er een sterk significant positief verband tussen het verschil van de snelheidslimiet en de V85 en de GS-score voor de gehele steekproef van wegen. Voor deze wegen geldt dat wanneer de GS-score toeneemt, de vrij gekozen snelheid toeneemt en vice versa.

De resultaten laten voor alle snelheidslimieten in deze uitgebreide dataset het verwachte effect tussen de GS-score en V85 zien. In tegenstelling tot de (gemiddelde) snelheden op 80km/uur-wegen in de GS-dataset, is de relatie tussen de GS-score en de V85 op 80km/uur-wegen nu wel in de verwachte richting (een toename in de GS-score gaat samen met een toename in snelheid). De verklaring daarvoor heeft te maken met de toevoeging van veel locaties met een limiet van 80 km/uur in de provincie Noord-Holland. De V85 op deze wegen ligt in de regel hoger dan de limiet, terwijl de verdeling van de GS-scores ook in de positieve richting verandert waardoor de relatie tussen hoge GS-score en hoge snelheid wordt versterkt.

Op hierboven beschreven resultaten is wel aan te merken dat met de Spearman's rho-correlaties voornamelijk het verband tussen positieve GS-scores en de gereden snelheid is onderzocht, omdat slechts 5,5% van alle locaties in de dataset een negatieve GS-score heeft. Op basis van deze datasets is dus niet te concluderen dat er een verband is tussen een negatieve, vertragende GS-score en de gereden snelheid. Het feit dat relatief weinig wegen negatieve scores op GS heeft te maken met zowel de huidige GS-methodiek en de (criteria voor de) vertragende en versnellende

kenmerken als met de huidige inrichting van wegen. Gegeven de huidige GS-methodiek komen wegen met veel meer vertragers dan versnellers nauwelijks voor in de praktijk.

5.2.2 Relatie GS-kenmerken en snelheden

Niet alle afzonderlijke GS-kenmerken lijken een even sterk verband te hebben met snelheden. Regressieanalyses met de GS-dataset laten zien dat de snelheid van vrij rijdend verkeer sterk wordt bepaald door de rijbaanbreedte en de lengte van rechtstanden. Het wegbeeld heeft een indicatief verband met de snelheid van vrij rijdend verkeer.

Regressieanalyses met de uitgebreide dataset, inclusief locaties in Noord-Holland, geven een andere uitkomst: daar lijken ook andere kenmerken als rijrichtingscheiding, rijstrookbreedte en wegbeeld een rol te spelen in het verklaren van de gereden V85. Deze verschillende uitkomsten hebben te maken met de verschillende snelheidsmaten in de twee datasets (snelheid van vrij rijdend verkeer vs. snelheid van al het verkeer) maar ook met het grote aantal locaties op 80km/uur-wegen in de grotere dataset. Deze worden vooral gekenmerkt door asmarkering als rijrichtingscheiding en een vrij uniform dwarsprofiel met één rijstrook per richting (1x2) en rijstrookbreedte 2,5-3,0 m.

De geloofwaardigheid van een snelheidslimiet is vooral relevant in situaties waar de gereden snelheid sterk beïnvloed wordt door ontwerp en inrichting van weg en omgeving, en minder door het overige verkeer en verkeersdrukke. In dit onderzoek is nadrukkelijk gekeken naar de relatie tussen snelheden van vrij rijdend verkeer en de GS-kenmerken maar ook naar de relatie tussen de snelheden van al het verkeer en de GS-kenmerken. De analyses geven aan dat het voorspellend vermogen van de GS-kenmerken verzwakt wanneer er gebruik wordt gemaakt van snelheden van al het verkeer. Het is dus zinvol om de snelheid van vrij rijdend verkeer te gebruiken als uitkomstmaat en het liefst dan ook de V85 van het vrij rijdend verkeer. De V85 zegt namelijk meer over wat de ruime meerderheid van automobilisten als een redelijke en veilige snelheid beschouwt, gegeven de omstandigheden.

De analyses hebben aangetoond dat de huidige GS-methodiek verbeterd kan worden. Niet alle GS-kenmerken hebben significante relaties met gereden snelheden (van zowel vrij rijdend als van al het verkeer). Bovendien is de wijze van scoren in sommige gevallen onevenwichtig, waardoor de resultaten beïnvloed kunnen worden door een hoger aandeel aan bijvoorbeeld 80km/uur-wegen. Dit pleit ervoor om de GS-methode ten minste zodanig aan te passen dat de uitkomsten worden genormeerd en wegen op een gelijke schaal kunnen worden beoordeeld, ongeacht de limiet. Het ligt echter meer voor de hand om een aangepaste versie van de GS-methode op te stellen waarin alleen de significante kenmerken worden gebruikt in de bepaling van de GS-score.

De regressieanalyses met beide datasets, hebben aangetoond dat de GS-kenmerken gesloten-verklaring, aantal rijstroken en dichtheid van erfaansluitingen nauwelijks een relatie vertonen met gereden snelheden. Er zijn voldoende aanwijzingen om deze kenmerken te laten vervallen in een toekomstig GS-model. Ook valt te bepleiten rijstrookbreedte te laten vervallen, dit omdat de rijstrookbreedte reeds verschuild is in de rijbaanbreedte en omdat rijbaanbreedte in beide modellen een significante voorspeller is. Het kenmerk rijrichtingscheiding is weinig onderscheidend op 30-, 50- en 60km/uur-wegen en dient ook niet te worden meegenomen. Dit laat de kenmerken rechtstanden, rijbaanbreedte en wegbeeld over als meest relevant voor de geloofwaardigheid van de limiet. Deze kenmerken kunnen aan de hand van de regressiecoëfficiënten in het voorspellingsmodel (*Paragraaf 4.4*) worden gewogen.

Tot slot valt te overwegen om de verschillende relevante kenmerken voor wegen met verschillende limieten te bepalen en toe te passen in de GS-methode.

5.3 Discussie

Tijdens dit onderzoek is een aantal discussiepunten naar voren gekomen die relevant zijn voor VSGS, en met name het geloofwaardigheidsdeel van het model. De belangrijkste hiervan zijn:

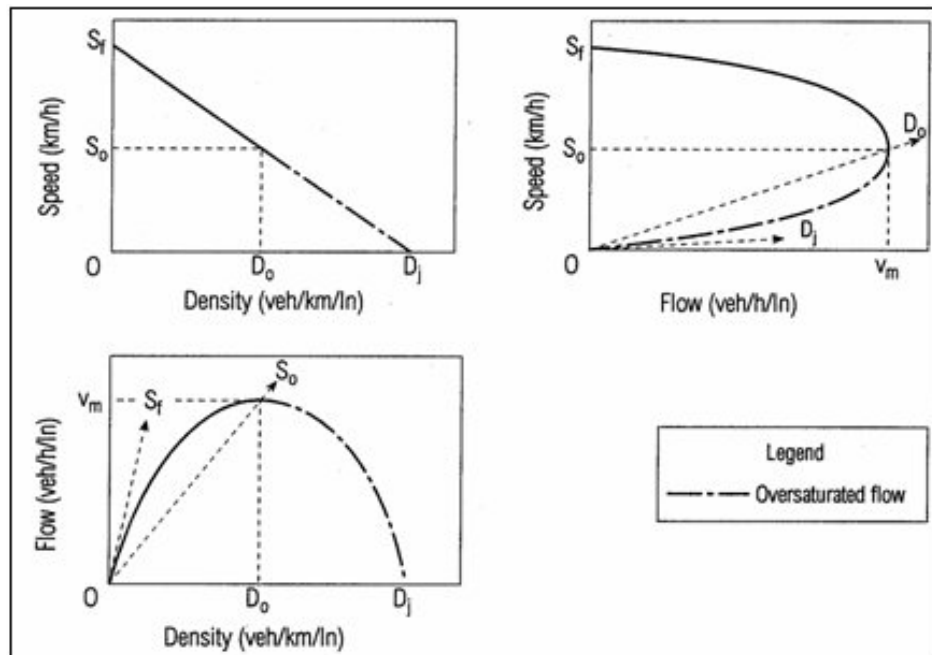
- De snelheidsmaat en de relatie met wegkenmerken
- De keuze van wegkenmerken die de geloofwaardigheid van de limiet bepalen en de onderbouwing hiervan
- De berekening van de GS-score

5.3.1 Snelheidsmaat en de relatie met wegkenmerken

Er zijn verschillende indicatoren om snelheidsgedrag te beschrijven. De VSGS, en onderliggende literatuur geeft geen duidelijke richtlijn met welke snelheidsindicator gewerkt moet worden. Aangezien het juist om de snelheid gaat, is het belangrijk om aan te geven welke snelheidsmaat moet worden bepaald, bijvoorbeeld: Is het een gemiddelde snelheid of een percentiel? Is het de snelheid tijdens rustige periodes of juist gemiddeld over bijvoorbeeld een hele dag? Is het de snelheid voor bepaalde verkeerssoorten of al het verkeer? Is het de snelheid op een specifieke rijstrook of rijrichting of is het een gemiddelde voor de weg? Is het een traject- of een puntsnelheid? Is de snelheid gebaseerd op metingen van individuele voertuigen of zogenoemde snelheids-bins (voertuigen worden geturfd op basis van vooraf bepaalde snelheidscategorieën)? Enzovoort.

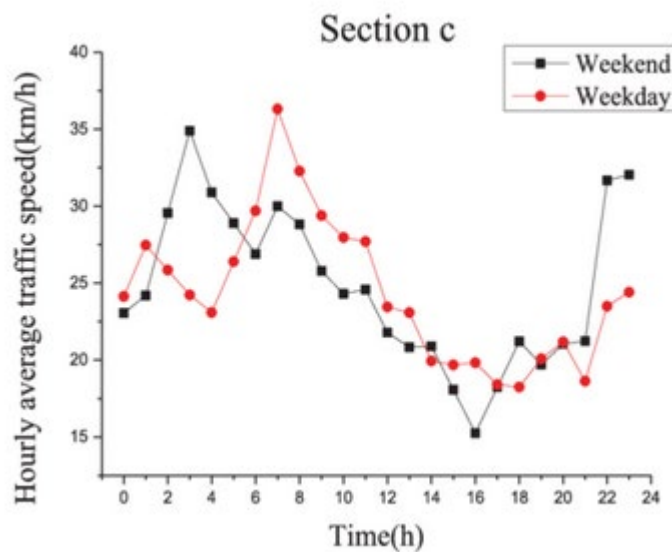
Gereden snelheden zijn het resultaat van de verkeersintensiteit, de weginrichting, de wensen van de voertuigbestuurders en, in mindere mate, de vermogens van voertuigen (voor zover niet begrensd kunnen de meeste voertuigen veel harder dan wettelijk is toegestaan). De verkeerskundige relatie is goed beschreven en wordt door het fundamenteel diagram geïllustreerd (*Afbeelding 5.1*; zie o.a. Marchesini & Weijermars (2010) en TRB (2010)). Naarmate de dichtheid van het verkeer ('Density': het aantal voertuigen per eenheid lengte en per rijstrook) toeneemt, neemt de snelheid maar ook de doorstroming ('Flow': het aantal voertuigen per eenheid tijd) af. Omdat de geloofwaardigheid van een snelheidslimiet vooral relevant is in situaties waarin waar de dichtheid laag is en de snelheid hoog, is het belangrijk hoe de voertuigen worden geselecteerd waarvan de snelheden worden meegenomen. Zoals in *Hoofdstuk 4* is besproken, zijn volgtijden niet altijd de meest betrouwbare maat om vrij rijdend verkeer te selecteren. Langere volgtijden zijn bij zowel lage als hoge snelheden mogelijk (*Afbeelding 5.1*). Het heeft de voorkeur om vrij rijdend verkeer te selecteren aan de hand van een combinatie van de volgtijd, de doorstroming (voertuigen per minuut/rijstrook) en de rijsnelheid.

Afbeelding 5.1. Fundamenteel diagram (TRB, 2010)



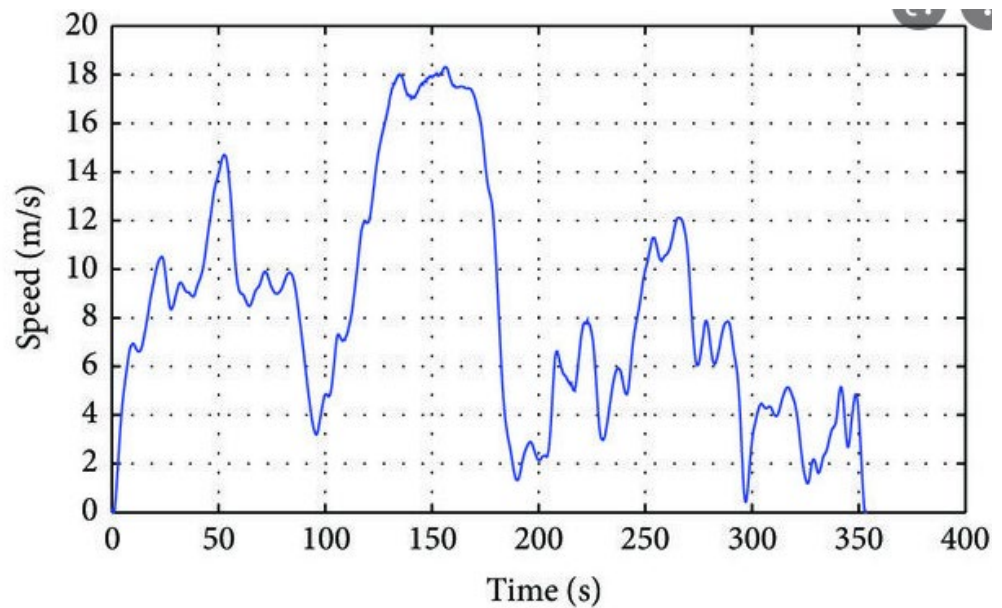
Wat betreft een traject- of puntmeting, is het goed om te bedenken dat snelheden op een vast punt van een weg variëren met de tijd, doordat de snelheid van de voertuigen die het punt passeren varieert (Afbeelding 5.2). Zoals hierboven is uitgelegd, worden deze snelheden vooral beïnvloed door de intensiteit van het verkeer.

Afbeelding 5.2: Voorbeeld van variaties in gemiddelde snelheden over de tijd, gemeten op een vast punt (overgenomen uit Yang et al., 2017)



Daarnaast varieert de snelheid van een individueel voertuig ook over de tijd, over een traject; de snelheid over de lengte van een weg is niet constant, zie Afbeelding 5.3. Dit heeft te maken met de interactie tussen mens, voertuig en weg. Vooral het wegontwerp en de weginrichting en de verkeersdruk zijn hier bepalende factoren. De trajectnsnelheid is een gemiddelde snelheid van een voertuig over dat traject en wordt berekend door de lengte van het traject te delen door de tijd die het voertuig erover doet om de afstand af te leggen.

Afbeelding 5.3: Snelheidsprofiel van een voertuig gedurende een rit van ca. 6 minuten over een weg (overgenomen uit Barco Jiménez et al., 2017)



De naleving van een snelheidslimiet zegt iets over de geloofwaardigheid van de limiet. Zoals hierboven uitgelegd wordt de naleving beïnvloed door de wegomgeving en het overige verkeer. Op een weg met een ongeloofwaardige limiet (bijv. met een limiet van 60 km/uur maar met een alignment en dwarsprofiel passend bij een 80km/uur-weg) zal al het verkeer geneigd zijn te hard te rijden. De vraag is nu of de trajectnsnelheid of de puntsnelheid de meest geschikte indicator is voor de gereden snelheid en dus de geloofwaardigheid van de limiet.

Snelheidslimieten worden in het algemeen toegepast op basis van wegcategorie (bijv. alle erftoegangswegen binnen de bebouwde kom hebben een 30km/uur-limiet). In de regel gelden snelheidslimieten over langere afstanden. Dit pleit ervoor dat ook de geloofwaardigheid van de limiet wordt beoordeeld aan de hand van trajectnsnelheden gemeten over de weglengte waarover de limiet geldt.

Een tegenargument kan zijn dat men juist wil dat de gereden snelheden nooit hoger liggen dan de limiet, ongeacht de locatie. Concreet zal dit betekenen dat locaties met de grootste kans op overschrijding bepalend zijn voor de geloofwaardigheid van de limiet van het hele traject.

Alle argumenten in ogenschouw genomen, gaat de voorkeur uit naar trajectnsnelheden. Trajectnsnelheden geven een redelijke indruk van de gereden snelheid op een wegvak als geheel. Om de invloed van verkeersdrukke zo veel mogelijk te beperken, worden de trajectnsnelheden bepaald buiten spits-periodes en, bij voorkeur, door alleen de vrij gekozen snelheden te beschouwen. Daarnaast moet ook rekening gehouden worden met de invloed van kruispunten aan beide uiteinden van een wegvak. Een laatste overweging bij snelheden is de kwestie rondom de maat zelf, een gemiddelde snelheid of een percentiel-snelheid. Om een goed beeld te krijgen van de mate van naleving van de snelheidslimiet gaat de voorkeur uit naar de V85, dit percentiel wordt door velen gezien als een maat die aanduidt of een snelheidslimiet past bij de weg en zijn omgeving. Deze snelheidsmaat is anders dan die in het kader van Safety Performance Indicators (SPI) wordt gebruikt. SPI's dienen echter een ander doel, namelijk het bepalen van de mate van naleving van de limiet en niet zozeer de geloofwaardigheid van de limiet.

5.3.2 Onderbouwing en keuze van GS-wegkenmerken

De geloofwaardigheidsscore in VSGS wordt bepaald door een optelsom van alle wegkenmerken die als versnellers en vertragers zijn aangemerkt en waarin alle wegkenmerken even zwaar wegen. De literatuur, maar ook de regressieanalyses uit dit onderzoek, lieten zien dat niet alle kenmerken relevant zijn en ook dat sommige kenmerken de variantie beter verklaren dan andere. Ook internationaal en Nederlands onderzoek (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Andriessse, 2021; Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018) geeft aan dat sommige

wegkenmerken juist zwaarder wegen bij de snelheidskeuze. Daarnaast is de onderlinge samenhang van wegkenmerken belangrijk en is deze vaak gerelateerd aan de wegcategorie. Zo zijn snelheidsremmers op gebiedsontsluitingswegen ongebruikelijk, in uitzonderlijke situaties worden ze soms wel op kruispunten toegepast maar nooit op wegvakken. Bij wegbeeld spelen zowel de breedte van de weg als de nabijheid en dichtheid van gebouwen/bomen enz. een rol. De berekening van de geloofwaardigheidsscore dient rekening te houden met deze samenhang van wegkenmerken en verschillen per wegcategorie.

5.3.3 Berekening van de GS-score

Bij de keuze van locaties voor de GS-dataset is geprobeerd om een goede spreiding van GS-scores te hebben. Er is gezocht naar wegen die op het eerste gezicht een versnellende of een vertragende werking hebben, voornamelijk rekening houdend met de primaire GS-kenmerken fysieke snelheidsremmers, rechtstanden en wegbeeld. De gedachte was dat het effect van de GS-score en -kenmerken op de gereden snelheid het beste te vinden is wanneer beide uiteindes van het GS-spectrum (-7/-6 en + 8) voldoende aanwezig zijn. Daarnaast zijn de locatie ook aan verschillende infrastructuurexperts binnen SWOV voorgelegd voordat de snelheidsmetingen zijn gestart. Vervolgens bleek na het inventariseren van de GS-kenmerken dat er zeer weinig locaties zijn met een uiteindelijk vertragend karakter. Zeker wanneer ervan uitgegaan wordt dat een GS-score tussen -2 en +2 ook als geloofwaardig gezien kan worden. Tegelijkertijd hoeft dit niet problematisch te zijn omdat het niet waarschijnlijk (of wenselijk) is dat de gereden snelheid onder de limiet ligt (door een grote hoeveelheid vertragers). Vooral belangrijk is dat de GS-methode situaties signaleert waar de limiet ongeloofwaardig laag is, dus situaties met te veel kenmerken die een versnellende werking op het snelheidsgedrag hebben. Dit zijn locaties waar maatregelen noodzakelijk zijn om de GS-score rond de nul te krijgen: een geloofwaardige inrichting gegeven de limiet.

Daarnaast is het mogelijk dat er te veel wegkenmerken worden meegenomen, waardoor het versnellende effect het ene kenmerk in de GS-score wordt geneutraliseerd door een vertragend effect van een ander, terwijl in werkelijkheid een van beide kenmerken de overhand heeft. Door een weging toe te passen telt het meest bepalende kenmerk zwaarder en wordt voorkomen dat twee kenmerken elkaar opheffen.

5.4 Conclusies

Dit onderzoek heeft nieuwe kennis opgeleverd over de validiteit van het VSGS-instrument als het gaat om bepaling van de geloofwaardigheid van snelheidslimieten. In deze paragraaf vatten wij de kern van het onderzoek samen door de onderzoeksvragen in het kort te beantwoorden.

5.4.1 Onderzoeksvraag 1

Wat is er in de literatuur bekend over de relatie tussen wegkenmerken, de geloofwaardigheid van de limiet en het snelheidsgedrag?

Er zijn veel (intern)nationale onderzoeken uitgevoerd waarbij een relatie is gelegd tussen wegkenmerken, de geloofwaardigheid van snelheidslimieten en de gereden snelheden. De onderzoeken zijn onderling moeilijk te vergelijken vanwege verschillen in doelstelling en aanpak. Ook zijn er grote verschillen tussen de aanpak in het buitenland en in Nederland. In de verzamelde onderzoeken is aangetoond dat de volgende wegkenmerken invloed hebben op het snelheidsgedrag en daarmee relevant zijn voor de geloofwaardigheid van de limiet:

- Aantal rijstroken (en breedte) (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Verhouding gevelafstand/gevelhoogte (Bellalite, 2013)
- Wegbeeld/dichtheid van de omgeving (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Andriessse, 2021; Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Lengte van rechtstanden (Bellalite, 2013; Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)

- Omgeving (landgebruik en type bebouwing) (Aarts, Brandenburg & Van Nes, 2011; Bellalite, 2013)
- Parkeren/parkeerwisselingen (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Verhardingsbreedte (Bellalite, 2013; Van Nes et al., 2007b)
- Aantal (of aandeel) bedrijven (Bellalite, 2013)
- Dichtheid van kruispunten (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Soort verharding (Andriessse, 2021)
- Aanwezigheid fietsstroken/-paden (Andriessse, 2021; Bellalite, 2013)
- Snelheidsremmers (uitritconstructies) (Andriessse, 2021)
- Rijrichtingscheiding (Jansen, Van der Kint & Schermers, 2018)
- Verkeersintensiteit (Andriessse, 2021)

5.4.2 Onderzoeksvraag 2

Is er een relatie tussen de GS-score van 30-, 50-, 60- en 80km/uur-wegen en het snelheidsgedrag op deze wegen?

Deze vraag is gericht op het VSGS-instrument en de GS-kenmerken zoals ze in Nederland worden gebruikt. In de huidige versie van de VSGS worden acht kenmerken gebruikt om de geloofwaardigheidsscore te berekenen. Dit zijn:

- Geslotenverklaring
- Rijrichtingscheiding
- Wegbeeld
- Rijbaanbreedte
- Rijstrookbreedte
- Aantal rijstroken
- Rechtstanden
- Dichtheid erfaansluitingen/kruisingen

De GS-score van een locatie is een optelsom van de scores op deze acht kenmerken, waarin elk kenmerk even zwaar weegt. Volgens de GS-theorie hangen lage GS-scores samen met lagere snelheden en andersom.

Dit onderzoek heeft laten zien de GS-score een direct verband heeft met de gereden snelheden op wegen met een 30-, 50-, 60- of 80km/uur-limiet. Op wegen met deze limieten correleert een hoge GS-score matig tot sterk met een hogere snelheid.

Uit de resultaten van de GS-dataset (met 53 geselecteerde locaties) blijkt dat er een sterk significant positief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 30 en 60 km/uur. Daarnaast blijkt dat er een matig sterk significant positief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 50 km/uur. Ook blijkt er een matig sterk significant positief verband tussen het verschil van de vrij gekozen snelheid met de snelheidslimiet en de GS-score voor de gehele GS-dataset. Voor deze wegen geldt dat wanneer de GS-score toeneemt, de vrij gekozen snelheid toeneemt en vice versa. Er is een zwak significant negatief verband is tussen de vrij gekozen snelheid en de GS-score op wegen met een limiet van 80 km/uur. Hier geldt dat wanneer de GS-score toeneemt de vrij gekozen snelheid daalt en vice versa. De relatie is in de verkeerde richting maar is niet geheel onverwacht gegeven de spreiding van de GS-scores en de (relatief laag) gemeten snelheden van vrij rijdend verkeer op deze wegen. De GS-scores voor de 80km/uur-wegen zijn overwegend positief (versnellend) maar de gemiddeld gemeten snelheid van vrij rijdend verkeer ligt bij nagenoeg alle locaties onder de limiet. Er wordt gemiddeld gezien dus niet te hard gereden.

De resultaten voor de uitgebreide dataset – de GS-dataset uitgebreid met 75 locaties op provinciale wegen in de provincie Noord-Holland – laat voor alle snelheidslimieten het verwachte effect

tussen de GS-score en V85 (van al het verkeer) zien. In tegenstelling tot de hierboven besproken snelheden op 80km/uur-wegen in de GS-dataset, is de relatie tussen de GS-score en de V85 op 80km/uur-wegen nu wel in de juiste richting (hogere score = hogere snelheid). De verklaring daarvoor heeft te maken met de toevoeging van veel locaties met een limiet van 80 km/uur in Noord-Holland; de V85 op deze wegen ligt in de regel hoger dan de limiet. Aangezien de verdeling van de GS-scores ook in de positieve richting is veranderd, wordt de relatie tussen hoge GS-score en hoge snelheid hiermee versterkt.

5.4.3 Onderzoeksvraag 3

Is er evidentie dat de GS-kenmerken afzonderlijk en in samenhang leiden tot veranderingen in snelheidsgedrag?

Regressieanalyses laten zien dat slechts twee van de GS-kenmerken, de rijbaanbreedte en rechtstanden, de snelheid van vrij rijdend verkeer verklaren. Het kenmerk wegbeeld heeft een (statistisch) indicatieve relatie met de vrije snelheid. Een toename van de rijbaanbreedte en langere rechtstanden gaan samen met hogere vrije snelheden (zowel de V85 als gemiddeld). Een open wegbeeld lijkt te leiden tot hogere vrije snelheden (V85 en gemiddeld), en andersom.

In dit onderzoek hebben wij gezien dat de analyse gevoelig is voor welke snelheidsmaat wordt gebruikt als afhankelijke variabele. Ook de uitkomsten (scores) van de huidige GS-methodiek spelen een rol. Deze is niet gelijk voor alle snelheidslimieten; wegen met 50- en 80km/uur-limiet kunnen op zeven kenmerken negatief scoren, maar wegen met 30- en 60km/uur-limiet maar op vijf kenmerken. Bij een groep locaties met een oververtegenwoordiging van één wegtype/snelheidslimiet kan bias optreden. Dit was het geval met de uitgebreide dataset, waarvan meer dan de helft van de locaties zich op een 80km/uur-weg bevond. De GS-scores van 80km/uur-wegen beïnvloedden de regressie zo dat de kenmerken van dit wegtype naar voren kwamen als de meest significante voorspellers van de snelheid van alle wegen. De rijrichtingscheiding, rijbaanbreedte, rijstrookbreedte en het wegbeeld bleken de V85 (van al het verkeer in deze uitgebreide dataset) het meest te verklaren. De rijrichtingscheiding is hier dominant omdat er op 80km/uur-wegen vrijwel altijd een asmarkering aanwezig is, die als vertrager wordt gescoord (-1) terwijl er op andere wegen vrijwel nooit een vertrager aanwezig is (en alle GS-kenmerken dus gescoord zijn als 0 of +1). Rijbaanbreedte en rijstrookbreedte zijn aan elkaar gerelateerd en dus zijn ze allebei significant in het model.

Omdat de geloofwaardigheid van een snelheidslimiet vooral relevant is in situaties waar verkeersdeelnemers ongehinderd door ander verkeer hun snelheid kunnen bepalen, heeft het sterk de voorkeur om analyses te baseren op snelheden van vrij rijdend verkeer. Daarnaast zijn de hier uitgevoerde analyse naar verbanden tussen de GS-kenmerken en snelheden gevoelig voor de verdeling van locaties over de verschillende snelheidslimieten, dit vanwege verschillen in de opmaak van de scores voor de verschillende snelheidslimieten. Het toepassen van de GS dient te resulteren in vergelijkbare uitkomsten, ongeacht de limiet van een weg (dus van -8 is ongeloofwaardig, limiet is te hoog, naar 0 limiet is geloofwaardig, tot +8 limiet is ongeloofwaardig, limiet is te laag). De uitkomsten van de huidige versie van de GS zal op zijn minst genormeerd moeten worden om vergelijkbare scores te genereren over de verschillende soorten wegen en limieten. Aangezien dit onderzoek heeft aangetoond dat niet alle GS-kenmerken sterk gerelateerd zijn aan gereden snelheden is het wenselijker het instrument als geheel aan te passen.

5.4.4 Onderzoeksvraag 4

Welke GS-kenmerken hebben individueel en in samenhang de sterkste relatie met snelheid? (Is de huidige GS een valide instrument voor wegen binnen en buiten de kom?)

De huidige GS-methode is geen valide instrument voor wegen binnen of buiten de bebouwde kom. Het voorspellingsmodel van vrije snelheden geeft aan dat rijbaanbreedte en rechtstanden de variatie in snelheid het beste verklaren. Het voorspellingsmodel van de V85 van al het verkeer, geeft aan dat rijrichtingscheiding, rijbaanbreedte, rijstrookbreedte en wegbeeld het meest bijdragen aan de voorspelde snelheid. De regressieanalyses met beide datasets hebben aangetoond dat de GS-kenmerken geslotenverklaring, aantal rijstroken en dichtheid van erfaansluitingen nauwelijks een relatie vertonen met gereden snelheden. Er is voldoende aanwijzing om deze kenmerken te laten vervallen in een toekomstig GS-model. Ook valt te bepleiten de rijstrookbreedte te laten vervallen, dit omdat de rijstrookbreedte indirect al meegenomen is in de rijbaanbreedte en omdat rijbaanbreedte in beide modellen een significante voorspeller is. Het kenmerk rijrichtingscheiding is weinig onderscheidend op 30-, 50- en 60km/uur-wegen en dient ook niet te worden meegenomen. Dit laat de kenmerken rechtstanden, rijbaanbreedte en wegbeeld over als meest relevant voor de geloofwaardigheid van de limiet. De regressieanalyses geven aan dat de coëfficiënten van deze kenmerken verschillen en dat de scores in een nieuw model gewogen zouden moeten worden.

Tot slot zou er met de buitenlandse literatuur in de hand kenmerken kunnen worden toegevoegd en onderzocht. Enkele kenmerken blijken de rijnsnelheid te beïnvloeden zoals besproken in de *Paragrafen 2.4 en 2.5*.

6 Aanbevelingen

De GS-kenmerken rechtstanden, rijbaanbreedte en wegbeeld blijken de meest relevante voorspellers te zijn van vrij gekozen snelheden van personen- en bestelauto's. Dit blijkt uit de analysesresultaten van dit onderzoek (zie *Paragrafen 4.3.1 en 4.4.1*). De regressieanalyses geven ook aan dat de coëfficiënten van deze kenmerken verschillen en dat ze dus niet even veel bijdragen in de voorspelling. Dit pleit voor een GS-score gebaseerd op een weging van deze drie GS-kenmerken in een nieuw, aangepast model. De coëfficiënten uit *Tabel 4.8* dienen als basis voor een dergelijke weging.

Tabel 6.1 bevat een voorstel voor de belangrijkste GS-kenmerken met daarbij behorende weegfactoren. Volgens dit voorstel ligt de GS-score van een locatie tussen -4,4 en +4,4.

Tabel 6.1: Aangepaste GS-kenmerken, score en weging

GS-kenmerk (x weefactor)	Snelheidslimiet (km/uur)	Vertrager (-1)	Neutraal (0)	Versneller (1)
Wegbeeld (x1)	n.v.t.	3 (dicht)	2 (halfopen)	1 (open)
Rijbaanbreedte (x 1,4)	30	< 4,5 m	4,5-5,5 m	> 5,5 m
	50	< 5,9 m	5,9-7,2 m	> 7,2 m
	60	< 4,5 m	4,5-5,5 m	> 5,5 m
	70	< 7,2 m	7,2-8,8 m	> 8,8 m
	80	< 6,8 m	6,8-8,3 m	> 8,3 m
Rechtstand (x 2)	30	< 40 m	40-100 m	> 100 m
	50	< 50 m	50-130 m	> 130 m
	60	< 65 m	65-180 m	> 180 m
	70	< 85 m	85-240 m	> 240 m
	80	< 105 m	105-300 m	> 300 m

Dit onderzoek leidt tot de volgende aanbevelingen:

Voor vervolgonderzoek naar de relatie tussen de GS-score en gereden snelheden:

1. Toekomstige studies naar de relatie tussen snelheden en de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet dienen te worden gebaseerd op de V85 van vrij rijdend verkeer. Bij vrij rijdend wordt bedoeld dat er minstens 6 seconden tussen opeenvolgende voertuigen wordt gemeten, dat de verkeersintensiteit niet hoger ligt dan 10 voertuigen per minuut per rijstrook en dat de snelheid van het gemeten voertuig niet meer dan drie standaardafwijkingen onder of boven de limiet ligt.

2. Welke informatie (snelheid, GS-score) moet worden verzameld is afhankelijk van het doel. Voor onderzoek naar de relatie tussen GS-score en de gereden snelheid is de beste methode om op een vaste afstand (bijv. elke 100 m) op een wegvak zowel de puntsnelheid te meten als de GS-score te berekenen. Wanneer het VSGS-instrument reactief wordt gebruikt, bijvoorbeeld na klachten/meldingen van burgers van limietoverschrijdingen, volstaat het berekenen van alleen de GS-score om te bepalen of de limietoverschrijdingen daar het gevolg van kunnen zijn. Snelheidsmetingen kunnen wel een beter beeld geven van de grootte van het probleem.
3. Bij vergelijkingen van de geloofwaardigheid van een limiet (GS-score) en de gereden snelheden dienen snelheden te worden gemeten als trajectnelheden (dus de lengte van de te beoordelen weg gedeeld door de tijd die voertuigen over die afstand doen). De GS-scores worden per 25 m of hooguit 100 m vastgelegd en als een gemiddelde GS-score over de lengte van het traject gerelateerd aan de gemeten trajectnelheid.
4. Indien een trajectmeting niet praktisch of niet mogelijk zijn, kan worden volstaan met een puntmeting. De puntmeting moet zo zijn gesitueerd dat de lokale kenmerken ter plaatse van het meetpunt weinig of geen invloed hebben op de gekozen snelheid (dus niet in de nabijheid van bochten, drempels, vernauwingen, kruispunten, en dergelijke). In gevallen waar met een puntmeting wordt gewerkt, dienen de GS-scores rondom het snelheidsmeetpunt (50 m stroomop- en 50 m stroomafwaarts en ter hoogte van het meetpunt zelf) te worden vastgelegd (en niet over de volledige lengte van de weg omdat de snelheden daar niet bekend zijn en kunnen afwijken van de snelheid op de puntmeting).

Voor de toepassing van het GS-deel van VSGS in de praktijk:

1. De GS-score wordt in de toekomst berekend aan de hand van de kenmerken wegbeeld, rijbaanbreedte en rechtstanden zoals uiteengezet in *Tabel 6.1*.
2. Voor een beoordeling van de geloofwaardigheid van een limiet worden de GS-kenmerken per 25 m (hooguit 100 m) en over de volledige lengte van de weg gescoord. De GS-score van de weg is een gemiddelde waarde over alle punten waar de GS is beoordeeld. Een weg die +4,4 scoort wordt geacht een te lage limiet te hebben voor de inrichting van de weg. Een weg die -4,4 scoort wordt geacht een te hoge limiet te hebben voor de weginrichting. Een weg met score 0 heeft een geloofwaardige limiet.
3. De uitdaging voor de wegbeheerder is om de kenmerken die leiden tot versnellend gedrag aan te passen zodat het verkeer wordt gestimuleerd langzamer te willen rijden, denk aan versmallingen van de rijbaan, opbreken van (te) lange rechtstanden en het beperken van een zeer open wegbeeld.

Dit onderzoek heeft zich vooral gericht op eerder geïdentificeerde GS-kenmerken maar wil niet uitsluiten dat er naast de kenmerken in *Tabel 6.1* nog andere wegkenmerken zijn die sterk gerelateerd zijn aan snelheidsgedrag. Ook is niet uitgesloten dat er aparte GS-modellen moeten worden ontwikkeld voor de verschillende wegtypen (en snelheidslimieten). Het verdient aanbeveling om dit in een vervolg nader te onderzoeken.

Literatuur

Aarts, L., Brandenburg, S. & Nes, N. van (2011). *The influence of environmental factors on speed choice*. In: 2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems.

Aarts, L., Dijkstra, A. & Bax, C. (2014). *ProMeV: Proactief Meten van Verkeersveiligheid; Inzicht in onveiligheid vóórdat er slachtoffers vallen*. R-2014-10. SWOV, Den Haag.

Aarts, L., Pumberger, A., Lawton, B., Charman, S., et al. (2011). *Road authority pilot and feasibility study: Deliverables 3 and 4 of the ERASER project*. SWOV, Leidschendam.

Aarts, L., Nes, N. van, Wegman, F.C.M., Schagen, I.N.L.G. van, et al. (2009). *Safe Speeds and Credible Speed Limits (SaCredSpeed): New Vision for Decision Making on Speed Management*. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board TRB, Washington DC, USA.

Aarts, L.A., Kars, V., Dijkstra, A., Duivenvoorden, C.W.A.E., et al. (2014). *Proactief Meten van Verkeersveiligheid – ProMeV; Handleiding nr. 3: DV-meter en VSGS – Voor het prioriteren van problemen op wegvak- en kruispuntniveau*. H-2014-5. SWOV, Den Haag.

Aarts, L.T., Davidse, R.J., Louwerse, W.J.R., Mesken, J., et al. (2005). *Herkenbare vormgeving en voorspelbaar gedrag*. R-2005-17. SWOV, Leidschendam.

Aarts, L.T. & Nes, C.N. van (2007). *Een helpende hand bij snelhedenbeleid gericht op veiligheid en geloofwaardigheid; Eerste aanzet voor een beslissingsondersteunend instrument voor veilige snelheden en geloofwaardige snelheidslimieten*. D-2007-2. SWOV, Leidschendam.

Andriessse, R. (2021). *Het nieuwe 30 – Eindrapport data-onderzoek*. 005496.20200708.R1.05. DTV Consultants/Goudappel Coffeng.

Barco Jiménez, J., Guerra, A., Muñoz, L. & Quijano, N. (2017). *Optimal routing and scheduling of charge for electric vehicles: A case study*. In: Mathematical Problems in Engineering, vol. 2017, nr. art. 8509783.

Bax, C.A., Schermers, G. & Kars, V. (2018). *Snelheid op Zeeuwse provinciale wegen; Verkeersveiligheidsindicator voor proactief beleid*. R-2018-13. SWOV, Den Haag.

Bellalite, L. (2013). *A Model for Setting Credible Speed Limits in Urban Areas*. In: ITE Journal, vol. 83, nr. 1.

Catshoek, I.W.D. (1995). *Snelheidsmetingen op 50 km/uur-wegen: Uitgevoerd op verkeersaders in grote steden*. R-95-37. SWOV, Leidschendam.

Charlton, S.G., Mackie, H.W., Baas, P.H., Hay, K., et al. (2010). *Using endemic road features to create self-explaining roads and reduce vehicle speeds*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 42, nr. 6, p. 1989-1998.

CROW (2012). *Basiskenmerken wegontwerp*. CROW-publicatie 315. CROW, Ede.

Davidse, R., Driel, C. van & Goldenbeld, C. (2004). *The effect of altered road markings on speed and lateral position*. R-2003-31. SWOV, Leidschendam.

Dijkstra, A., Eenink, R. & Wegman, F. (2007). *Met een veilige snelheid over wegen; SWOV-visie op 'de grijze weg'*. In: *Verkeerskunde*, vol. 58, nr. 7, p. 48-52.

Dijkstra, A., Schermers, G. & Hermens, F. (2021). *Verkeersveiligheid van provinciale wegen in Noord-Holland; Veiligheid van verkeersinfrastructuur methodisch in beeld gebracht*. R-2021-10. SWOV, Den Haag.

Dijkstra, A., Schermers, G. & Petegem, J.H. van (2021). *Verkeersveiligheid van stedelijke verkeersinfrastructuur; Veiligheid van wegen en straten in Amsterdam in relatie tot wegkenmerken*. R-2021-16. SWOV, Den Haag.

Donnell, E., Kersavage, K. & Fontana-Tierney, L. (2018). *Self-enforcing roadways: A guidance report*. FHWA-HRT-17-098. Turner-Fairbank Highway Research Center, FHWA, US DoT, McLean, Virginia.

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. 3rd ed. Sage, London.

Gargoum, S.A., El-Basyouny, K. & Kim, A. (2016). *Towards setting credible speed limits: Identifying factors that affect driver compliance on urban roads*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 95, p. 138-148.

Goldenbeld, C. & Schagen, I.N.L.G. van (2007). *The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, nr. 6, p. 1121–1130.

Goldenbeld, C., Schagen, I.N.L.G. van & Drupsteen, L. (2005). *De invloed van weg- en persoonskenmerken op de geloofwaardigheid van 80-km/uur-limieten; Een verkennend onderzoek*. R-2005-13. SWOV, Leidschendam.

Goralzik, A. & Vollrath, M. (2016). *The effects of road, driver, and passenger presence on drivers' choice of speed: a driving simulator study*. In: *World Conference on Transport Research - WCTR 2016*, Shanghai.

Ivan, J.N., Garrick, N.W. & Hanson, G. (2009). *Designing roads that guide drivers to choose safer speeds*. *Designing Roads*, JHR 09-321, Project 04-6. Connecticut Transportation Institute, Connecticut.

Jansen, R., Kint, S.T. van der & Schermers, G. (2018). *Geloofwaardigheid van snelheidslimieten; Evaluatie van de geloofwaardigheidsscore op 50km/uur-wegen in Amsterdam*. R-2018-23. SWOV, Den Haag.

Marchesini, P. & Weijermars, W.A.M. (2010). *The relationship between road safety and congestion on motorways; A literature review of potential effects*. R-2010-12. SWOV, Leidschendam.

McGowen, P. & Sanderson, M. (2011). *Accuracy of pneumatic road tube counters*. In: *2011 Western District Annual Meeting, ITE*. Anchorage, AK, Institute of Transportation Engineers.

Nes, C.N. van, Houwing, S., Brouwer, R.F.T. & Schagen, I.N.L.G. van (2007a). *Naar een checklist voor geloofwaardige snelheidslimieten; Ontwikkeling van een beoordelingsmethode op basis van weg- en omgevingskenmerken*. R-2006-12. SWOV, Leidschendam.

Nes, C.N. van, Schagen, I.N.L.G. van, Houtenbos, M. & Morsink, P.L.J. (2007b). *De bijdrage van geloofwaardige limieten en ISA aan snelheidsbeheersing; Een rij simulatorstudie*. R-2006-26. SWOV, Leidschendam.

Petegem, J.W.H. van, Wijlhuizen, G.J. & Nabavi Niaki, M.A. (2019). *Snelheidsgegevens, verkeersveiligheid en infrastructuur : Verkennend onderzoek naar NDW-snelheidsdata als indicator voor verkeersveiligheid*. R-2019-7. SWOV, Den Haag.

Riguelle, F. (2012). *Nationale gedragsmeting snelheid – 2010*. Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid - Kenniscentrum Verkeersveiligheid, Brussel, België.

Rosén, E., Stigson, H. & Sander, U. (2011). *Literature review of pedestrian fatality risk as a function of car impact speed*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 43, nr. 1, p. 25-33.

Schagen, I.N.L.G. van, Wegman, F.C.M. & Roszbach, R. (2004). *Veilige en geloofwaardige snelheidslimieten; Een strategische verkenning*. R-2004-12. SWOV, Leidschendam.

Schermers, G. & Duivenvoorden, C.W.A.E. (2010). *Een SWOV-database Wegkenmerken: Stand van zaken en verdere ontwikkeling*. D-2010-7. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2021). *Snelheid en snelheidsmanagement*. SWOV-Factsheet, Juli 2021. SWOV, Den Haag.

TRB (2010). *Highway capacity manual 2010*. Transportation Research Board TRB, Washington, D.C.

Vlakveld, W.P., Boele, M.J., Aarts, L.T. & Schermers, G. (2013). *Natuurlijk Sturen in Limburg; Een kijkgedrag- en snelheidsonderzoek en een verkeerskundige analyse van twee aangepaste wegen*. R-2013-2. SWOV, Den Haag.

Watts, G., Maercke, D. van, Leeuwen, H. van, Barelds, R., et al. (2004). *Effects of speed distributions on the Harmonoise model predictions*. In: The 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Prague, Czech Republic.

Wegman, F.C.M. & Aarts, L. (2005). *Door met Duurzaam Veilig*. SWOV, Leidschendam.

Wijlhuizen, G.J., Petegem, J.H.W. van, Bruin, J. de, Commandeur, J.J.F., et al. (2017). *Ontwikkeling Netwerk Safety Index (NSI) Gemeente Amsterdam*. R-2017-10. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J., Hermens, F., Schepers, J.P., Petegem, J.W.H. van, et al. (2021a). *Screening en diagnose van onveilige 50km/uur-wegen; Ontwikkeling en toepassing van een meetinstrument voor de Vervoerregio Amsterdam*. R-2021-7. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J., Petegem, J.W.H. van, Hermens, F., Schepers, J.P., et al. (2021b). *Screening en diagnose van de veiligheid van infrastructuur in Zuid-Holland; Ontwikkeling en toepassing van een meetinstrument op provinciale wegen en fietspaden*. R-2021-12. SWOV, Den Haag.

Wohlin, C. (2014). *Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering*. In: 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. EASE14, p. 1-10.

Yang, S., Wu, J., Qi, G. & Tian, K. (2017). *Analysis of traffic state variation patterns for urban road network based on spectral clustering*. In: Advances in Mechanical Engineering, vol. 9, nr. 9.

Yao, Y., Carsten, O. & Hibberd, D. (2019). *An empirical approach to determining speed limit credibility*. In: Transportation Research Board, Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 63, p. 270-282.

Bijlage A Snelheidsprofielen van de geselecteerde wegen

Tabel A.1. De meetlocaties, met bijbehorende X- en Y-coördinaten, uit de GS-dataset en het aantal snelheidsmetingen van vrij rijdend verkeer (personen- en bestelauto's) na verwijdering van uitbijters en na correctie voor de meetperiode.

Locatie	Aantal metingen	X-coördinaat	Y-coördinaat
Doelenstraat	253	84429,80	447993,10
Floraweg	2517	122845,40	490354,60
Harmenkokslaan	1000	84865,90	447661,40
Hendrick de Keyserweg	3075	85471,60	447693,70
Hollemaestraat	4539	74498,40	433273,90
Jhr. K.W.L. de Muralstraat	4560	108819,40	464326,40
Koornmarkt	2522	84406,40	447320,90
Oosteinde A	1048	84859,60	447526,20
Oosteinde B	3664	84848,50	447511,70
Prinses Beatrixlaan	9255	84431,80	455283,80
Spinozalaan	5530	84339,50	455186,90
Turfschip	3662	11954,70	477023,00
Waterkeringweg	415	119599,80	488632,20
Wilgendreef	2436	84883,80	455531,40
Beneluxbaan A	25328	119692,20	481606,00
Cornelis Lelylaan A	11789	116371,70	485698,60
Cornelis Lelylaan B	23973	116371,30	485678,90
Haarlemmerweg B	18776	116635,50	488682,20
Ookmeerweg A	25588	114893,70	486513,50
Ookmeerweg B	20879	114891,50	486520,50
Zijde A	18936	104035,30	454389,60
Zijde B	18011	104035,30	454389,60
Beneluxbaan B	20430	119670,90	481605,50
Bovenkerkerweg	29668	117447,60	476057,70

Bruijnings Ingenhoeslaan	13760	84212,40	455204,30
Ceintuurbaan A	14446	120996,00	485055,30
Ceintuurbaan B	4208	120994,50	485063,40
Ijsselveld	27296	123944,80	451018,20
Laan Nieuwer Amstel	19500	118044,00	479385,00
Nieuwe Haven	30233	86825,50	436614,70
Noordweg	38137	79679,70	450601,70
Geestdorp	35431	124040,30	457498,30
Harderijkerweg	18435	201588,80	455809,70
Heidedijk	22167	224517,60	438204,70
Houtenseweg	19618	141866,50	449835,90
Huyghendijk	10841	118877,30	516478,50
Lochemseweg	11377	233526,10	468694,40
Oostromsdijkje	19820	143524,50	448351,90
Oude Winterswijkseweg	7944	239151,10	443886,50
Parkweg	19753	127631,50	458086,60
Trekwei	18257	200630,00	590055,10
Zuidzijde	13649	112699,50	454855,00
De Westlandroute	12809	75692,00	444663,10
Lemselosestraat	11033	258373,90	483851,30
N211	28443	69717,10	446627,70
N315	25556	220778,00	445792,60
Nieuwe Rijksweg	10911	191187,00	427651,70
Otterloseweg	9734	189164,70	461723,60
Pettemerweg	11529	106406,40	530332,60
Putseweg	11750	84135,60	377832,90
Raalterweg	11619	210889,40	483334,80
Ruxveenseweg	25153	202784,50	533136,70
Sliekstraat	9317	213744,60	445657,00
Varsseveldseweg*	24637	222193,30	441355,90

* Deze weg had een sterk afwijkend snelheidsprofiel en is niet in de data-analyse opgenomen.

Tabel A.2. V85, gemiddelde snelheid, en standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid van **vrij rijdend verkeer**, per meetlocatie uitgesplitst naar dagdeel

Tabel A.2. Locatie	Lim.	Ochtendspits			Middag			Avondspits			Nacht			Totaal			Etmaal-intensiteiten
		V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Mean	sd	
Doelenstraat	30	23,78	19,34	4,79	24,61	18,7	4,89	24,03	19,33	4,38	24,7	18,76	5,28	24,47	19,03	4,77	35,57
Floraweg	30	32,87	28,04	5,12	33,76	28,89	5,12	34,05	28,98	5,08	33,67	28,71	5,43	33,63	28,68	5,17	359,00
Harmenkoksiaan	30	24,9	19,89	4,57	24,27	19,54	4,54	25,55	19,49	5	25,71	19,62	5,13	25,19	19,62	4,77	140,57
Hendrick de Keyserweg	30	23,31	19,53	3,68	22,77	18,82	3,61	22,86	19,1	3,57	22,23	18,82	3,6	22,9	19,07	3,62	437,57
Hollemarestraat	30	36,11	30,2	5,87	35,07	29,26	6,15	35,41	29,14	6,36	36,4	29,45	6,8	35,61	29,45	6,28	647,29
Jhr. K.W.L. de Muralstraat	30	36,37	30,11	5,88	36,08	29,88	6,1	37,14	3,77	6,22	39,04	32,06	6,67	36,92	30,5	6,21	648,86
Koornmarkt	30	28,65	22,21	5,78	25,2	19,67	4,95	25,67	20,45	5	28,57	22,18	5,81	26,96	20,87	5,42	356,29
Oosteinde A	30	21,64	17,67	3,72	21,28	17,26	3,84	22,1	17,71	4,12	22,15	17,83	4,19	21,63	17,56	3,96	148,86
Oosteinde B	30	30,36	24,31	5,6	28,81	22,88	5,49	28,97	23,07	5,6	29,82	24,07	5,59	29,38	23,41	5,59	518,43
Prinses Beatrixlaan	30	44,89	38,08	6,55	43,62	36,76	6,63	44,45	37,94	6,53	47,46	39,58	7,31	44,76	37,86	6,77	1315,57
Spinozalaan	30	32,66	26,39	6	33,28	26,93	6,21	34,1	27,61	6,19	34,23	27,37	6,62	33,52	27,06	6,23	785,71
Turfschip	30	39,81	32,93	6,57	39,68	33,37	6,36	40,68	33,9	6,67	41,25	32,95	7,02	40,24	33,38	6,59	522,86
Waterkeringweg	30	23,74	17,67	5,26	24,21	17,92	4,75	23,13	17,47	4,79	23,1	18,52	4,74	23,55	17,87	4,82	58,43
Wilgendreef	30	28,98	23,99	4,79	29,09	24,26	4,76	28,93	24,47	4,37	27,48	23,31	4,43	28,9	24,17	4,62	347,57
Beneluxbaan A	50	66,81	58	8,38	65,69	57,06	8,17	66,51	57,63	8,45	69,98	59,22	9,62	67,43	58,02	8,77	3547,57
Cornelis Lelylaan A	50	51,52	37,21	9,71	51,02	36,59	9,69	51,83	37,28	10,16	53,6	41,01	10,34	52,18	38,16	10,17	1683,43
Cornelis Lelylaan B	50	44,36	36,41	7,64	4,78	35,16	6,98	42,2	35,25	6,94	45,26	37,61	6,66	43,54	36,1	7,08	3401,00
Haarlemmerweg B	50	53	44,89	8,13	52,65	44,87	8,03	53,86	45,7	8,18	57,54	48,37	8,86	54,4	45,97	8,43	2643,00
Ookmeerweg A	50	58,04	51,42	6,85	55,7	49,89	6,3	55,94	49,32	7,43	61,99	53,46	7,94	58,2	51,22	7,38	3564,43
Ookmeerweg B	50	61,87	54,86	6,92	60,46	53,55	6,88	60,88	53,41	7,24	65,39	56,69	7,77	62,67	54,87	7,41	289,71
Zijde A	50	49,23	43,13	7,24	48,57	42,62	7,06	49,52	43,94	6,75	53,9	47,27	6,96	50,1	44,06	7,21	2683,29

Tabel A.2.		Ochtendspits			Middag			Avondspits			Nacht			Totaal			Etmaal-intensiteiten
Locatie	Lim.	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Mean	sd	
Zijde B	50	54,99	46,89	8,43	54,13	46,64	7,82	55,27	47,46	8,12	59,38	50,25	8,79	55,86	47,68	8,36	2553,71
Beneluxbaan B	50	65,32	57,59	7,05	64,78	57,24	7,02	65,07	57,38	7,23	67	58,46	7,76	65,73	57,75	7,35	2844,57
Bovenkerkerweg	50	68,7	59,62	8,58	66,72	58,45	7,66	67,17	58,73	7,84	71	61,22	8,72	68,49	59,58	8,3	4140,00
Bruijnings Ingenhoeslaan	50	45,5	38,14	7,45	45,45	37,99	7,5	46,92	39,66	7,35	47,53	39,84	7,94	46,18	38,75	7,56	1953,14
Ceintuurbaan A	50	44,89	38,16	7,13	43,33	35,89	7,79	43,93	36,93	7,47	46,6	39,89	7,16	45,01	37,84	7,57	2043,29
Ceintuurbaan B	50	43,85	36,43	8,01	42,37	34,2	8,47	43,8	35,76	8,4	47,31	40,55	6,86	45,03	37,21	8,24	598,57
IJsselveld	50	63,67	55,12	8,92	64,75	55,61	10	65,13	52,64	14,75	66,8	57,23	9,79	64,91	55,11	11,06	3815,29
Laan Nieuwer Amstel	50	47,05	38,97	7,91	45,8	38,16	7,56	46,65	38,64	7,82	48,34	40,14	8,02	46,72	38,74	7,8	2761,00
Nieuwe Haven	50	47,93	41,71	6,16	47,04	40,93	6,13	48,38	42,35	6	49,45	42,73	6,58	48,11	41,85	6,24	4261,00
Noordweg	50	54,94	47,94	6,82	54,26	47,39	6,81	54,79	47,84	6,8	55,25	47,76	7,21	54,75	47,7	6,9	5381,00
Geestdorp	60	66,54	60,13	7,02	65,48	59,66	6,33	66,17	59,3	8,18	69,25	61,73	7,64	66,83	60,2	7,31	4956,57
Harderwijkerweg	60	62,39	53,71	8,72	60,09	51,36	9,89	61,68	53,19	9,43	66,96	56,43	10,44	62,17	53,15	9,74	2628,14
Heidedijk	60	57,2	50,84	6,16	56,26	50	6,15	57,76	51,54	6,09	58,94	52,13	6,49	57,32	50,92	6,24	3144,00
Houtenseweg	60	64,89	57,45	7,57	62,99	56,07	7,28	64,12	56,88	7,72	67,37	58,59	8,84	64,5	57,02	7,79	2794,86
Huyghendijk	60	76,8	67,59	9,54	75,01	65,54	9,44	76,35	67,22	9,29	76,81	66,88	10,03	76,12	66,71	9,54	1539,71
Lochemseweg	60	74,13	63,64	1,78	70,4	60,42	10,08	73,51	63,79	10,11	77,26	65,91	11,1	73,05	62,75	10,56	1616,86
Oostromsdijkje	60	83,31	72,3	10,43	82,2	71,64	10,32	82,94	72,77	10,06	84,45	71,94	11,82	83,07	72,16	10,55	2795,14
Oude interswijkseweg	60	77,79	66,41	11,26	73,01	62,33	12,24	77,62	66,84	11,83	81,74	69,73	12,2	76,57	65,35	12,18	1133,00
Parkweg	60	62,79	55,77	7,38	60,82	53,18	7,88	62,27	55,3	7,2	64,19	56,02	8,19	62,24	54,79	7,72	2797,86
Trekwei	60	68,51	60,98	7,74	66,65	59,18	7,64	68,79	61,54	7,61	73,46	64,69	8,56	68,88	61,13	8,03	2592,86
Zuidzijde	60	57,98	48,32	10,03	56,89	47,55	9,75	59,08	49,17	10,2	61,35	51,4	10,16	58,5	48,82	10,1	1943,00
De Westlandroute	80	65,11	56,35	9,13	63,51	55,25	8,81	65,15	56,77	8,98	69,14	58,28	10,43	65,16	56,36	9,24	1822,57

Tabel A.2. Locatie	Lim.	Ochtendspits			Middag			Avondspits			Nacht			Totaal			Etmaal- intensi- teiten
		V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Mean	sd	
Lemselosestraat	80	74,42	65,3	8,93	74,14	64,72	8,93	73,37	64,82	8,44	76,78	66,28	9,77	74,42	65,14	8,96	1557,71
N211	80	77,04	68,27	8,23	76,62	68,03	7,82	76,9	68,48	7,87	80,61	70,68	9,04	77,55	68,66	8,2	4016,29
N315	80	78,48	69,37	8,52	78,27	69,3	8,45	78,56	69,77	8,38	82,94	72,48	9,57	79,3	69,97	8,72	3608,43
Nieuwe Rijksweg	80	74,5	65,23	9,11	74,81	65,23	9,04	73,26	64,89	8,33	76,68	66,26	9,63	74,61	65,3	8,98	1541,86
Otterloseweg	80	78,66	69,74	8,96	79,06	69,45	9,95	79,31	69,98	9,39	81,05	70,83	10,31	79,37	69,88	9,62	1375,43
Petteimerweg	80	65,7	56,82	9,02	64,8	55,88	9,31	65,46	57,29	8,61	66,7	57,98	9,2	65,53	56,84	9,06	1641,71
Putseweg	80	70,27	62,02	8,44	71,07	61,75	8,96	71,14	62,58	8,38	72,9	63,56	8,73	71,17	62,33	8,67	1660,14
Raalterweg	80	65,34	56,21	9,36	64,29	55,3	9,4	65,04	56,87	8,56	66	57,45	9,05	65,04	56,31	9,14	1654,43
Ruxveenseweg	80	68,97	62,16	8,07	69,2	62,41	8,01	68,97	62,03	8,19	68,97	61,98	7,89	69,05	62,18	8,06	3566,71
Sliekstraat	80	88,09	76,5	12,06	87,86	76,38	11,49	88,87	77,72	11,53	92,06	78,79	12,84	88,75	77,14	11,86	1316,86

Tabel A.3. V85, gemiddelde snelheid, en standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid van **alle** verkeer, per meetlocatie uitgesplitst naar dagdeel

Tabel A.3. Locatie	Lim.	Ochtendspits			Middag			Avondspits			Nacht			Totaal		
		V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Mean	sd
Doelenstraat	30	21,5	17,6	4,19	20,6	16,5	4,15	21,9	17,6	5,03	21	17,1	5,26	21,4	17,2	4,67
Floraweg	30	33,1	26,9	6,55	33,7	27,3	6,93	34,2	28,1	6,51	34	28,1	6,47	33,7	27,5	6,69
Harmenkoksiaan	30	21,9	17,3	4,58	21,5	16,8	4,77	21,8	16,9	5,06	24,2	17,6	5,7	22,1	17,1	4,98
Hendrick de Keyserweg	30	23,5	19,5	4,02	22,8	18,8	3,87	23,3	19,2	3,94	22,5	18,8	3,97	23,1	19,1	3,95
Hollemarestraat	30	35,6	29,3	6,58	35,5	28,9	6,77	35,3	28,8	6,83	35,7	28,9	7,08	35,5	28,9	6,8
Jhr. K.W.L. de Muralstraat	30	35,7	29,1	6,78	35,7	29,1	6,73	36,3	29,8	6,87	39,1	30,8	8,42	36,3	29,5	7,07
Koornmarkt	30	25,6	19,8	5,84	22,6	18,5	4,89	24,3	19,8	5,59	27,6	21	6,77	24,4	19,6	5,71
Oosteinde A	30	21,4	17,7	3,69	21,7	17,6	3,99	21,9	17,7	4,16	22,1	17,9	4,19	21,8	17,7	4,02
Oosteinde B	30	27,1	21,6	5,19	26,1	20,9	5,73	27,2	21,7	6,16	27,5	21,6	6,57	26,9	21,4	5,97

Tabel A.3.		Ochtendspits			Middag			Avondspits			Nacht			Totaal		
Locatie	Lim.	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Mean	sd
Prinses Beatrixlaan	30	44,4	36,9	7,75	43,1	35,8	7,56	43,6	36,7	7,26	47,3	38,8	8,73	44,2	36,8	7,77
Spinozalaan	30	29,6	22,1	6,64	30,9	22,9	7,18	32	23,8	7,64	34,4	25,1	8,29	31,4	23,3	7,42
Turfschip	30	38,3	28,2	9,42	38,5	28,3	9,55	40,3	30	9,88	40,3	29,7	9,82	39,2	28,9	9,68
Waterkeringweg	30	21,7	17,2	5,42	21,8	16,9	4,5	21,9	17,4	5,19	22,7	17,9	5,67	22,2	17,4	5,16
Wilgendreef	30	26,7	20,6	5,48	27,5	21,3	5,84	28	21,9	5,72	27,4	21,8	5,87	27,5	21,4	5,74
Beneluxbaan A	50	65,1	56	9,99	64,7	56,4	8,56	65,7	57,1	8,85	70,2	59,3	11,29	65,9	56,9	9,5
Cornelis Lelylaan A	50	51,5	37,2	9,6	50,9	36,3	9,47	51,9	37,6	10,03	53,6	40,8	10,43	52,1	37,9	10,05
Cornelis Lelylaan B	50	43,9	35,7	8,44	40,5	34,5	7,71	42,2	34,8	7,74	45,3	37,4	7,37	43,3	35,5	7,85
Haarlemmerweg B	50	50,9	43,3	8,31	50,9	43,3	8,33	51,8	44,1	8,85	56	47,2	9,77	52,2	44,3	8,91
Ookmeerweg A	50	56,1	49,8	7,19	54,2	47,8	7,91	53,7	45	11,29	60,4	52,5	9,01	55,8	48,5	9,54
Ookmeerweg B	50	59,1	52,5	7,36	56,5	50,3	7,11	56,3	49,8	7,39	63,7	55,1	9,92	58,5	51,5	8,2
Zijde A	50	47,3	40,1	8,84	47	39,7	8,67	48,1	40,6	9,41	52,5	44,9	9,93	48,2	40,8	9,27
Zijde B	50	51,9	42,8	10,39	51,6	43	10,12	53,6	45,1	10	58,2	48,4	11,81	53,2	44,3	10,59
Beneluxbaan B	50	62,8	56,1	7,04	62,4	55,8	7,05	62,8	55,9	7,28	66,6	58,3	9,18	63,3	56,3	7,56
Bovenkerkerweg	50	64,1	53,7	12,14	62,4	55,1	7,61	62,6	55,2	7,46	69,3	60	9,85	64	55,7	9,17
Bruijnings Ingenhoeslaan	50	45	37,1	8,26	45,1	37,5	7,94	47	39,9	7,64	47,8	40,1	8,52	46,1	38,5	8,12
Ceintuurbaan A	50	44	37,1	7,2	42,7	35,5	7,71	43,7	36,2	7,9	46,1	39,4	7,62	44,4	37	7,82
Ceintuurbaan B	50	42,7	34,8	8,16	41,4	33,6	8,23	42,7	35,1	8,05	46,2	39,5	7,27	43,3	35,5	8,26
Ijsselveld	50	61,8	53	9,56	62,9	53,9	10,35	63,7	50,8	15,96	66,2	55,9	11,21	63,2	53,1	12,06
Laan Nieuwer Amstel	50	46	38	8,18	44,7	37,2	7,63	45,5	38	7,77	47,8	40	8,06	45,5	37,9	7,88
Nieuwe Haven	50	47,2	40,9	6,48	46	39,7	6,79	47,4	41,6	6,4	49,3	42,7	7,28	47,2	41	6,8
Noordweg	50	53,9	47,2	7,01	53,4	46,6	7,21	53,5	46,8	6,96	55,2	47,7	7,79	53,8	47	7,2

Tabel A.3.		Ochtendspits			Middag			Avondspits			Nacht			Totaal		
Locatie	Lim.	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Vgem	sd	V85	Mean	sd
Geestdorp	60	64,5	55,8	11,21	64,6	57,8	8,39	64,9	55,5	12,84	68,1	60,1	9,12	65,2	57,1	10,66
Harderwijkerweg	60	61	50,9	11,77	58,4	47,4	13,18	59,8	49,4	12,47	65,9	52,9	14,52	60,3	49,5	12,98
Heidedijk	60	56,5	50,2	6,49	55,4	49,1	6,5	57,3	51	6,7	58,9	52,1	7,24	56,7	50,3	6,72
Houtenseweg	60	62,7	52,9	12,37	61,8	52,7	11,54	62,2	53,5	10,9	66,5	56,6	11,75	62,8	53,5	11,66
Huyghendijk	60	75,5	65	12,44	73,5	62,5	13,1	75,5	65,4	11,77	76,2	65,6	12,49	75	64,3	12,57
Lochemseweg	60	73,6	62,4	12,29	7,7	59,6	12,58	73,5	63	12,53	78	65,5	14,7	73,2	61,9	12,9
Oostromsdijkje	60	81,3	7,7	11,14	81	70,5	11,27	82,2	71,6	11,37	84,2	71,8	13,08	81,9	71	11,56
Oude Winterswijkseweg	60	76,5	62,2	16,13	71,8	57,3	17,67	77	63	16,93	81,8	66,7	17,47	75,7	60,9	17,43
Parkweg	60	62,1	54,6	8,32	60,1	52,3	8,57	61,8	54,6	8,1	64,8	56,3	9,27	61,6	53,9	8,56
Trekwei	60	67,4	59,2	10,01	65,5	56,7	10,87	67,9	59,5	10,48	73,1	63,4	11	67,8	59	1,77
Zuidzijde	60	56,7	45,7	11,91	56,2	45,1	12,2	58	46,8	12,39	60,2	48,3	13,21	57,3	46,1	12,38
De Westlandroute	80	63,5	52,6	13,03	62	51,7	12,48	63,4	52,9	12,91	67,7	54,5	14,89	63,5	52,6	13,12
Lemselosestraat	80	73,8	64,7	9,32	73,7	64,2	9,41	72,8	64,5	8,57	76,7	66,2	10,25	73,9	64,7	9,31
N211	80	76,1	67,6	8,82	75,6	67,3	8,38	76,2	68,1	8,22	8,7	71	9,78	76,7	68,1	8,75
N315	80	77,7	68,7	9,2	77,3	68,6	8,73	77,9	69,3	8,8	83,5	73	10,54	78,5	69,5	9,27
Nieuwe Rijksweg	80	73,8	64,7	9,18	73,5	64,2	9,51	72,9	64,6	8,53	75,7	65,9	9,91	73,7	64,7	9,23
Otterloseweg	80	78,1	68,5	10,33	78,5	68,4	11,13	78,8	69,6	9,94	80,6	70,4	10,86	78,8	69,1	10,58
Petteimerweg	80	64,4	54,1	11,62	64,1	53,7	11,57	64,6	55,5	10,32	65,8	56	11,39	64,6	54,6	11,26
Putseweg	80	69,5	61,2	8,97	70,2	60,9	9,61	70,4	62	8,81	71,7	62,7	9,05	70,4	61,5	9,18
Raalterweg	80	64,6	54,1	11,48	63,6	52,9	11,52	64,4	55,4	10,16	65,7	55,9	11,29	64,4	54,3	11,17
Ruxveenseweg	80	69,7	61,7	11,32	69,6	62,2	10,4	69,6	61,1	12,34	69	61,5	8,47	69,6	61,7	10,93
Sliekstraat	80	86,9	76,3	11,73	87	75,9	12,55	87,7	77	11,77	92,1	78,9	13,78	87,9	76,7	12,33

Tabel A.4. De V85, gemiddelde snelheid, standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid uitgesplitst naar dagdeel voor alle 80-wegen uit de GS-dataset waarvan de voertuigen een volgfstand hebben van meer dan een minuut (n = gemiddeld aantal voertuigen per dag in het betreffende dagdeel).

80-weg	Ochtendspits				Middag				Avondspits				Nacht			Totaal				
	V85	Vgem	sd	int	V85	Vgem	sd	int	V85	Vgem	sd	int	V85	Vgem	sd	int	V85	Vgem	sd	int
De Westlandroute	65,2	56,3	9,76	993	63,2	54,9	8,99	1322	66,3	57,1	9,51	1006	69,2	58,6	11,36	1262	66	56,7	10,06	4583
Lemselosestraat	73,7	64,3	9,66	1083	74,3	64,5	9,73	1520	74,6	65,1	9,47	1177	77	66,3	1,74	1187	74,8	65	9,93	4967
N211	78,8	68,7	9,21	623	77	68,1	8,78	537	76,5	68,3	9,04	514	82,1	71,6	10,58	1811	80	70,1	9,99	3485
N315	79	69,5	9,57	759	78	69	9,96	737	78,2	69,6	9,12	624	84,2	73,2	11,12	1828	81,4	71,1	10,5	3948
Nieuwe Rijksweg	73,7	64,4	9,82	1082	74,9	65,1	9,6	1501	74	65,1	9,13	1152	76,9	66,3	10,66	1225	75	65,3	9,84	4960
Otterloseweg	78,6	69,2	9,79	1058	78,7	68,9	10,82	1469	79,3	69,6	9,9	1172	81,4	71,2	11,17	1078	79,5	69,6	10,49	4777
Petteimerweg	65,3	56,1	9,36	1035	64,3	55,5	9,47	1447	65,3	56,8	9,25	1103	67	57,8	9,95	1304	65,6	56,5	9,56	4889
Putseweg	70,6	61,9	9,25	1093	71,4	61,6	9,74	1513	70,5	61,6	9	1141	73,1	63,5	9,39	1272	71,4	62,1	9,41	5019
Raalterweg	65	55,6	9,81	1047	63,9	54,6	9,66	1465	64,5	56	8,95	1106	66,3	57,2	9,81	1290	64,8	55,8	9,62	4908
Ruxveenseweg	68,8	61,8	8,27	637	69,2	61,6	9,09	659	69	62	8,21	479	69,6	62,6	9,08	1710	69,2	62,2	8,83	3485
Sliekstraat	88	76,3	12,81	927	87,2	75,5	12,45	1480	88,7	77,2	12,66	1066	93,1	79,3	14,7	980	88,9	76,9	13,18	4453
Totaal	75	63,7	11,69	10337	75,4	63,2	12,02	13650	75,3	64,1	11,59	10540	78,4	66,2	12,56	14947	76,3	64,4	12,09	49474

Tabel A.5. V85, gemiddelde snelheden en standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid van alle verkeer uit de GS-dataset op **weekdagen** (n = gemiddeld aantal voertuigen per weekday in het betreffende dagdeel).

Lim.	Ochtendspits				Middag				Avondspits				Nacht			Totaal				
	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n
30	35,4	25,4	9	13799	34,2	24,4	8,68	20008	35,4	25	9,09	18294	36,6	25,6	9,81	9165	35,2	25	9,06	61266
50	58	47,3	11,31	148311	57,4	46,7	11,18	213734	57,4	46,6	11,56	184121	61,7	50,1	12,2	109055	58,2	47,4	11,56	655221
60	65,3	54,7	12,63	73958	64,6	54,8	11,75	92486	66,3	53,7	14,79	83996	69,5	59,1	11,91	41836	66,1	55	13,05	292276
80	72,5	60,6	13,18	59066	72,9	6,7	13,22	68475	73,3	61,7	12,57	66000	76,6	63,7	13,12	30425	73,4	61,4	13,05	223966
Tot.	64,5	50,8	14,21	3,00E+05	63,4	49,9	14,08	394703	64,6	50	14,94	352411	67,1	53,1	14,69	190481	64,6	50,6	14,5	1232729

Tabel A.6. V85, gemiddelde snelheden en standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid van alle verkeer uit de GS-dataset op **weekenddagen** (n = gemiddeld aantal voertuigen per weekenddag in het betreffende dagdeel).

Lim.	Ochtendspits				Middag				Avondspits				Nacht			Totaal				
	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n	V85	Vgem	sd	n
30	36,4	26,2	9,22	3040	34,5	24,6	8,94	8688	35,8	25,3	9,15	5921	36,5	25,5	9,77	3745	35,4	25,2	9,2	21394
50	61,3	50,3	11,24	33139	58,4	48,2	10,68	92014	59,2	48,4	11,21	61239	61,7	50,1	12,23	47463	59,6	48,9	11,27	233855
60	67,7	57,7	11,46	14376	64,7	55,1	11,83	39328	65,7	57	11,02	24176	67,6	57,9	11,56	14232	65,9	56,4	11,58	92112
80	75,3	62,5	13,22	10690	73,5	61,5	12,86	27984	73,3	61,9	12,59	16478	77	63,9	13,79	8969	74,3	62,1	13,01	64121
Tot.	66,3	53	13,95	61245	63,8	50,8	13,77	168014	64,2	51,1	13,92	107814	65,7	52,1	14,49	74409	64,7	51,4	13,99	411482

Regressieanalyse voor alle verkeer in de GS-dataset - V85

Tabel A.7. Regressieanalyse van al het verkeer uit de GS-dataset. De afhankelijke variabele is de V85.

Model	Dummy-variabele	B	Standaardfout	Coëfficiënt	t	Sig.
1	(Constante)	6,611	3,981		1,661	,103
	Snelheidslimiet	,811	,072	,802	11,308	,000
	Etmaalintensiteiten	,001	,000	,219	3,091	,003
2	(Constante)	-3,042	6,917		-,440	,663
	Snelheidslimiet	,924	,137	,913	6,744	,000
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	,087	1,046	,302
	Geslotenverklaring=0 (ref)					
	Geslotenverklaring=1,0	-3,248	2,868	-,090	-1,132	,265
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-2,718	5,922	-,062	-,459	,649
	Rijrichtingscheiding=0 (ref)					
	Rijrichtingscheiding=1,0	3,636	5,576	,086	,652	,519
	Wegbeeld=-1,0	-1,312	3,204	-,034	-,409	,685
	Wegbeeld=0 (ref)					
	Wegbeeld=1,0	3,113	3,387	,087	,919	,364
	Rijbaanbreedte=-1,0	-5,785	3,534	-,153	-1,637	,110
	Rijbaanbreedte=0 (ref)					
	Rijbaanbreedte=1,0	4,619	3,649	,129	1,266	,214
	Rijstrookbreedte=-1,0	,775	4,587	,013	,169	,867
	Rijstrookbreedte=0 (ref)					
	Rijstrookbreedte=1,0	4,515	3,657	,127	1,235	,225
	AantalRijstroken=0 (ref)					
	AantalRijstroken=1,0	-7,259	6,031	-,147	-1,204	,237
	KruisingErfaansluiting=-1,0	-4,843	3,668	-,093	-1,320	,195
	KruisingErfaansluiting=0 (ref)					
	KruisingErfaansluiting=1,0	-,263	2,762	-,007	-,095	,925
	Rechtstand=-1,0	6,317	5,613	,083	1,125	,268
	Rechtstand=0 (ref)					
	Rechtstand=1,0	8,886	2,640	,248	3,365	,002

Regressieanalyse voor alle verkeer in de GS-dataset – Verschil V85 en de snelheidslimiet

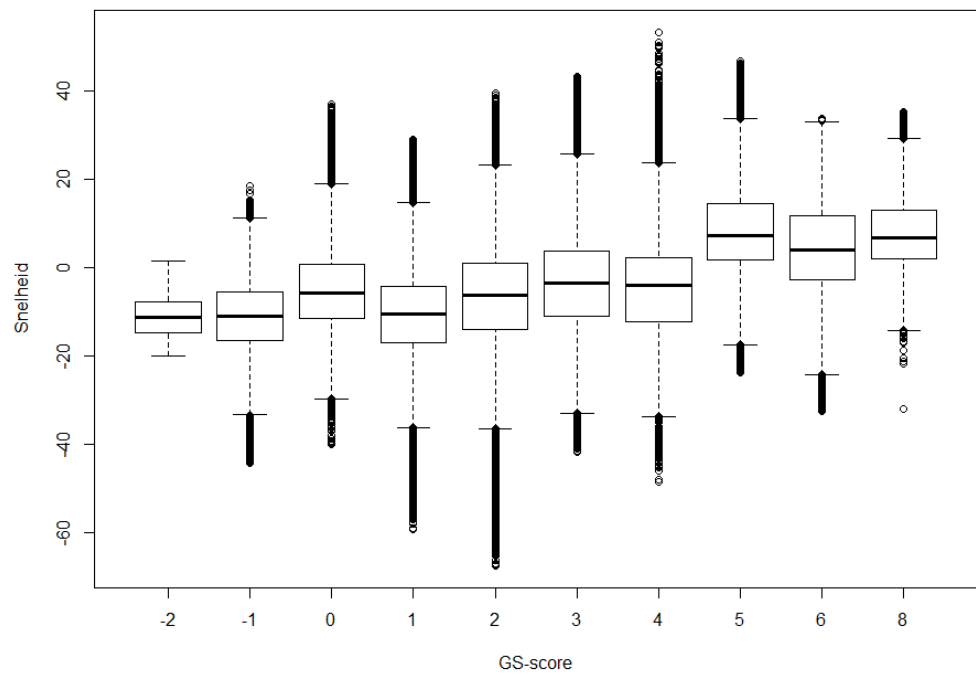
Tabel A.8. Regressieanalyse van al het verkeer uit de GS-dataset. De afhankelijke variabele is de V85 minus de snelheidslimiet.

Model	Dummy-variabele	B	Standaard-fout	Coëfficiënt	t	Sig.
1	(Constant)	6,611	3,981		1,661	,103
	Snelheidslimiet	-,189	,072	-,335	-2,628	,011
	Etmaalintensiteiten	,001	,000	,394	3,091	,003
2	(Constant)	-3,042	6,917		-,440	,663
	Snelheidslimiet	-,076	,137	-,136	-,557	,581
	Etmaalintensiteiten	,000	,000	,156	1,046	,302
	Geslotenverklaring=0 (ref)					
	Geslotenverklaring=1,0	-3,248	2,868	-,162	-1,132	,265
	Rijrichtingscheiding=-1,0	-2,718	5,922	-,112	-,459	,649
	Rijrichtingscheiding=0 (ref)					
	Rijrichtingscheiding=1,0	3,636	5,576	,155	,652	,519
	Wegbeeld=-1,0	-1,312	3,204	-,061	-,409	,685
	Wegbeeld=0 (ref)					
	Wegbeeld=1,0	3,113	3,387	,157	,919	,364
	Rijbaanbreedte=-1,0	-5,785	3,534	-,275	-1,637	,110
	Rijbaanbreedte=0 (ref)					
	Rijbaanbreedte=1,0	4,619	3,649	,232	1,266	,214
	Rijstrookbreedte=-1,0	,775	4,587	,023	,169	,867
	Rijstrookbreedte=0 (ref)					
	Rijstrookbreedte=1,0	4,515	3,657	,229	1,235	,225
	AantalRijstroken=0 (ref)					
	AantalRijstroken=1,0	-7,259	6,031	-,265	-1,204	,237
	KruisingErfaansluiting=-1,0	-4,843	3,668	-,167	-1,320	,195
	KruisingErfaansluiting=0 (ref)					
	KruisingErfaansluiting=1,0	-,263	2,762	-,013	-,095	,925
	Rechtstand=-1,0	6,317	5,613	,149	1,125	,268
	Rechtstand=0 (ref)					
	Rechtstand=1,0	8,886	2,640	,446	3,365	,002

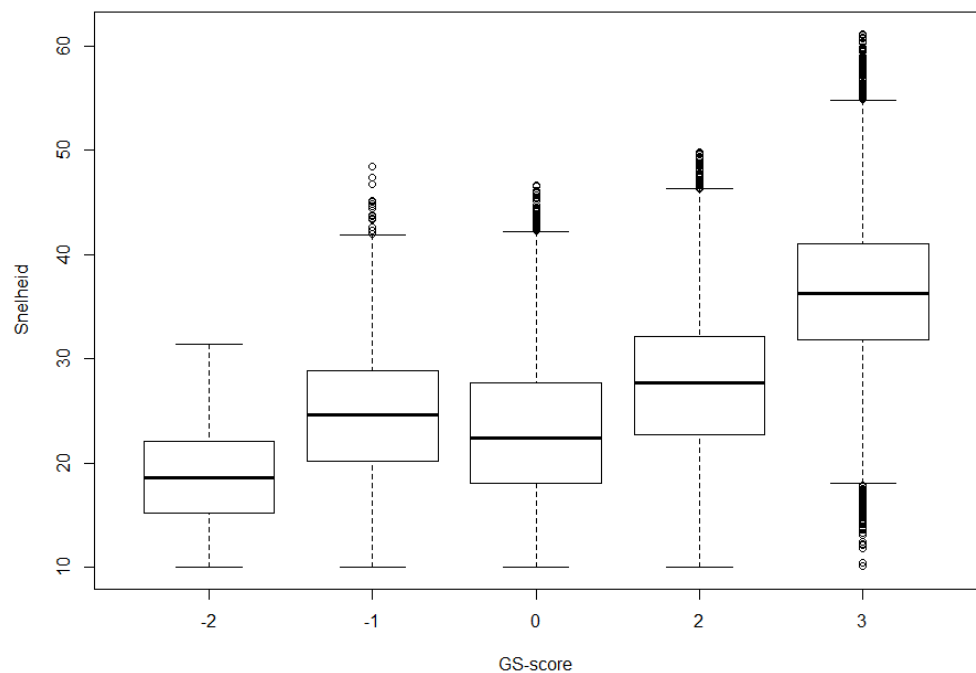
Bijlage B Spreidingsdiagrammen

B.1 GS-dataset – Relatie GS-score en vrij gekozen snelheden

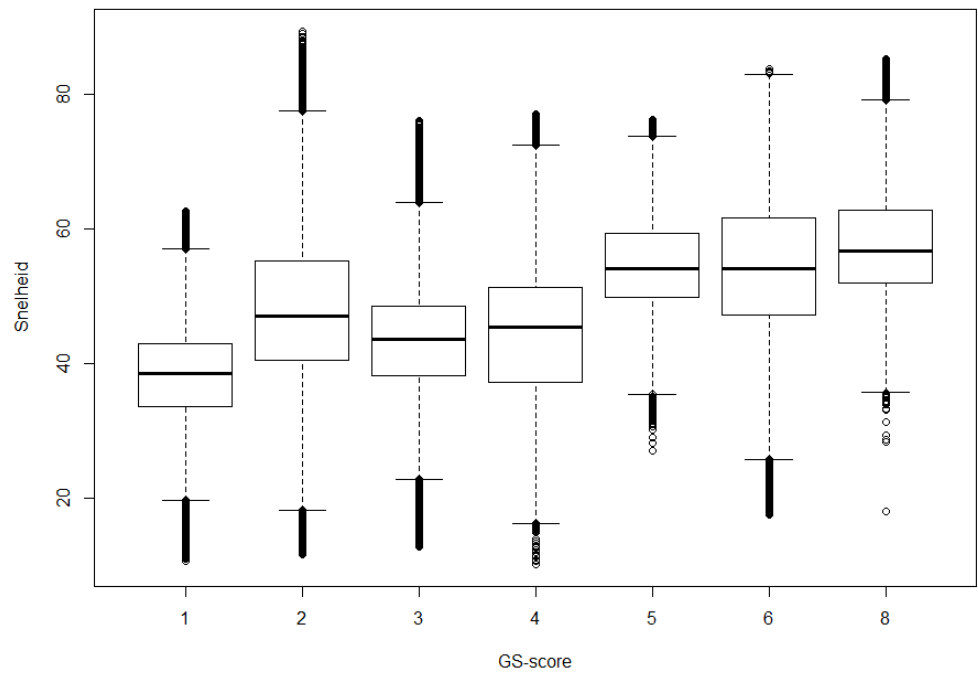
Afbeelding B.1. Boxplots van de GS-score en de limietonder- of -overschrijding bij vrij gekozen snelheden op alle wegen uit de GS-dataset



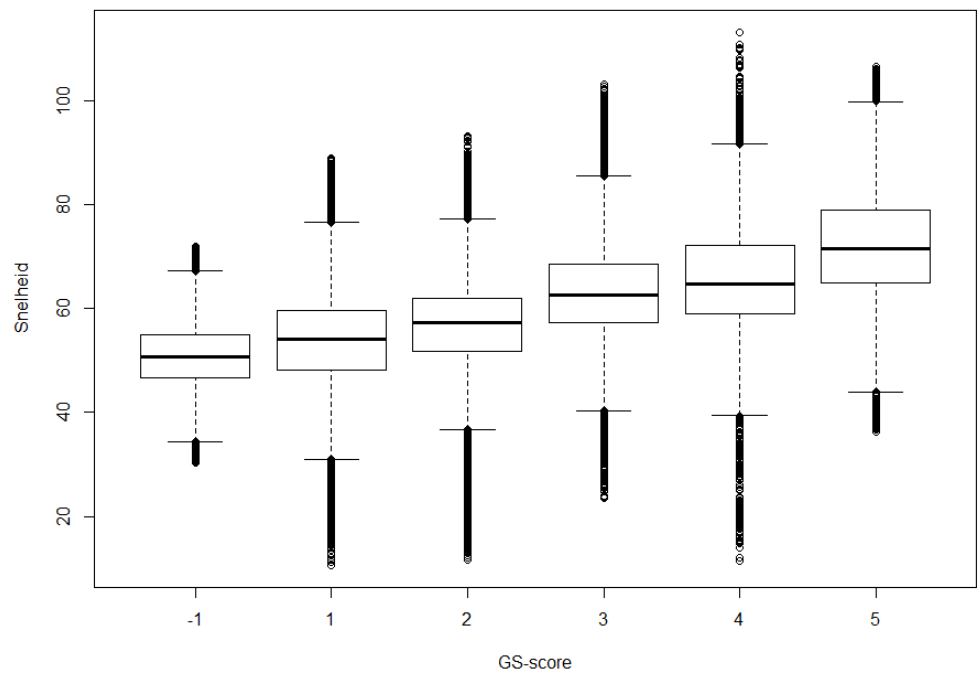
Afbeelding B.2. Boxplots van de GS-score en vrij gekozen snelheden op 30km/uur-wegen uit de GS-dataset



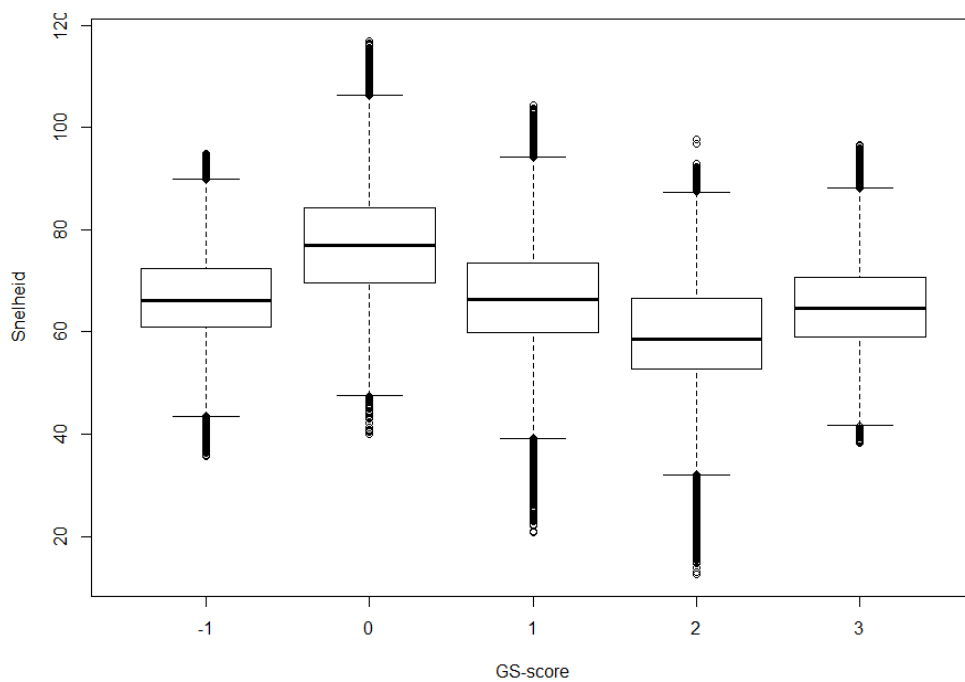
Afbeelding B.3. Boxplots van de GS-score en vrij gekozen snelheden op 50km/uur-wegen uit de GS-dataset



Afbeelding B.4. Boxplots van de GS-score en vrij gekozen snelheden op 60km/uur-wegen uit de GS-dataset

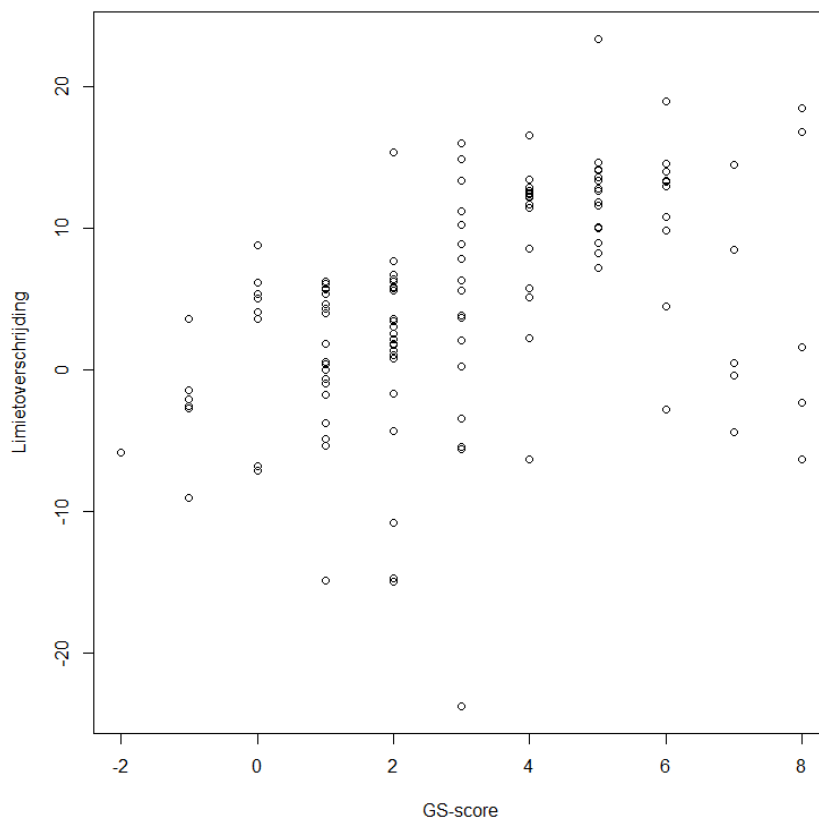


Afbeelding B.5. Scatterplot van de GS-score en vrij gekozen snelheden op 80km/uur-wegen uit de GS-dataset

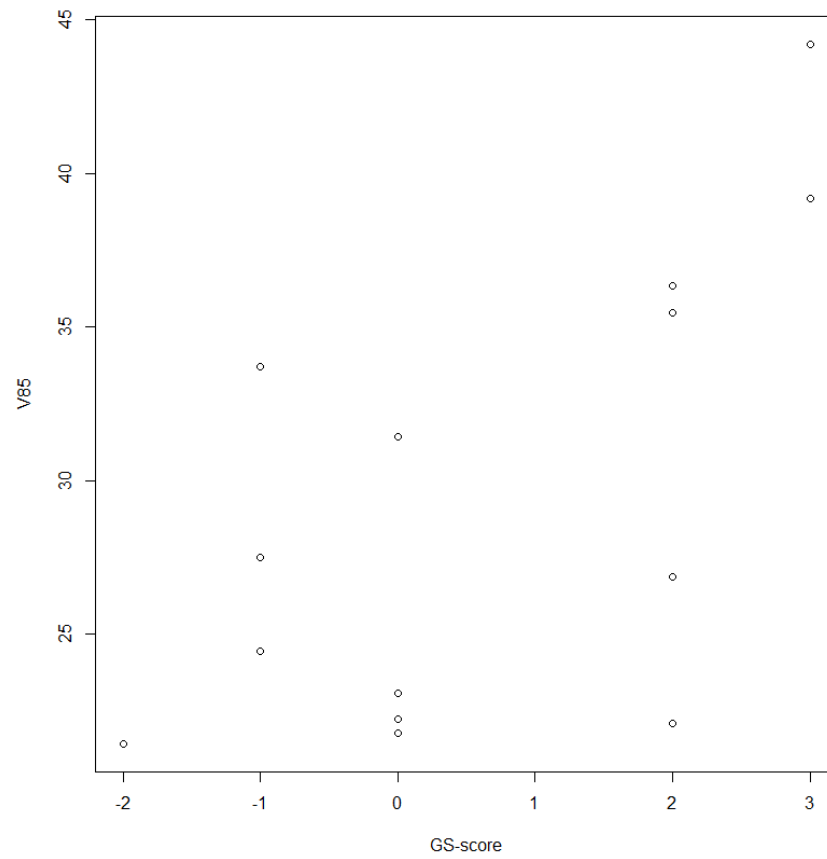


B.2 Uitgebreide dataset – Relatie GS-score en V85 alle verkeer

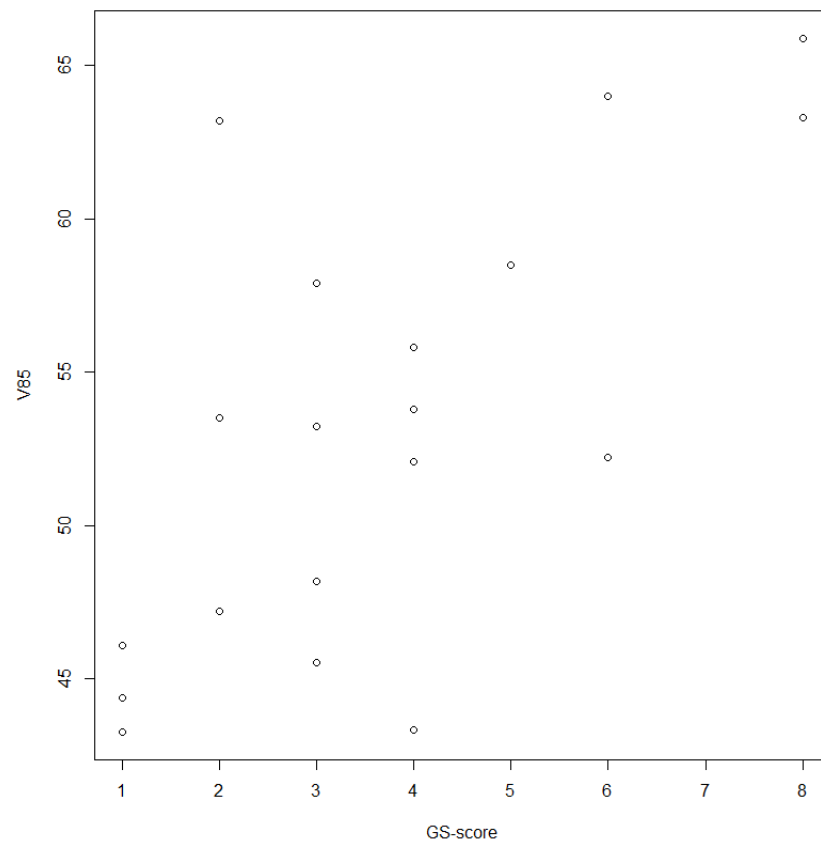
Afbeelding B.6. Scatterplot van de GS-score en de limietoverschrijding (V85 – snelheidslimiet) voor alle wegen en alle verkeer in de uitgebreide dataset



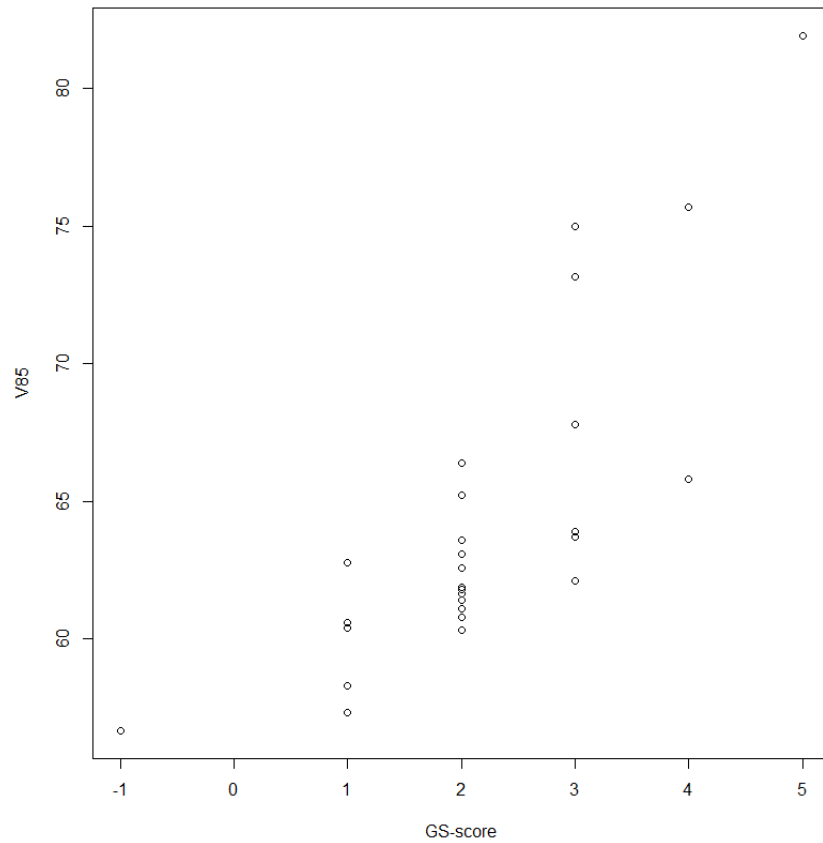
Afbeelding B.7. Scatterplot van de GS-score en V85 voor alle verkeer op 30km/uur-wegen in de uitgebreide dataset



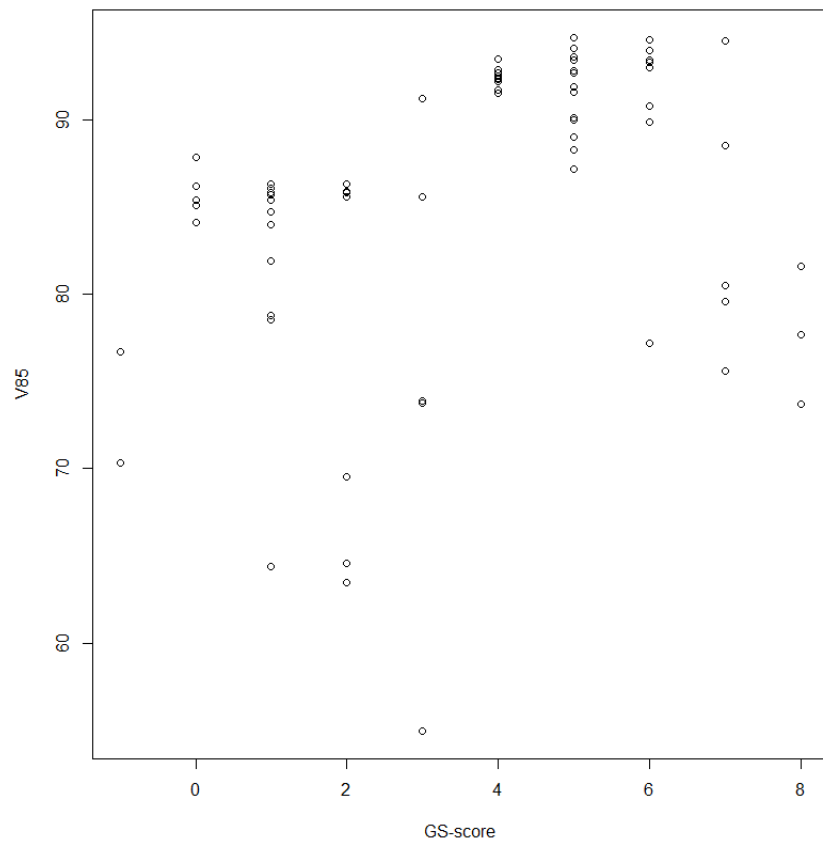
Afbeelding B.8. Scatterplot van de GS-score en V85 voor alle verkeer op 50km/uur-wegen in de uitgebreide dataset



Afbeelding B.9. Scatterplot van de GS-score en V85 voor alle verkeer op 60km/uur-wegen in de uitgebreide dataset



Afbeelding B.10. Scatterplot van de GS-score en V85 voor alle verkeer op 80km/uur-wegen in de uitgebreide dataset



Ongevallen voorkomen Letsel beperken Levens redden

SWOV

Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Postbus 93113

2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62

070 – 317 33 33

info@swov.nl

www.swov.nl

 [@swov_nl](#) / @swov

 [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)