

Screening kenmerken weginfrastructuur

R-2017-26



Screening kenmerken weginfrastructuur

Beoordeling van veiligheid op basis van gestratificeerde random steekproeftrekking van 25-metersegmenten

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2017-26
Titel:	Screening kenmerken weginfrastructuur
Ondertitel:	Beoordeling van veiligheid op basis van gestratificeerde random steekproeftrekking van 25-metersegmenten
Auteur(s):	Dr. G.J. Wijlhuizen, prof. dr. J.J.F. Commandeur & D. Smit
Projectleider:	Dr. G.J. Wijlhuizen
Projectnummer SWOV:	S17.11a
Trefwoord(en):	Traffic; safety; road network; data acquisition; database; method; properties; sampling; Netherlands; SWOV
Projectinhoud:	De afgelopen jaren heeft SWOV verschillende instrumenten ontwikkeld om op basis van infrastructuurkenmerken van de veiligheid van weginfrastructuur te beoordelen. Bij al deze instrumenten is de verzameling van kenmerken (van alle wegen, over de volle lengte) een arbeidsintensief en relatief kostbare activiteit. In deze studie is onderzocht of de veiligheid van de weginfrastructuur efficiënter kan worden beoordeeld door alleen van een aselechte steekproef van weggedeelten de gegevens te verzamelen.
Aantal pagina's:	18 + 2
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2017

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

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

De afgelopen jaren heeft SWOV verschillende instrumenten ontwikkeld voor het beoordelen van de veiligheid van weginfrastructuur, zoals ProMeV, het Safe Cycling Network (CycleRAP) en de Netwerk Safety Index voor Amsterdam. Die instrumenten zijn door diverse overheden toegepast. Bij elk van de genoemde methoden is de gegevensverzameling een arbeidsintensief en relatief kostbare activiteit. Met de huidige aanpak worden binnen een bepaald gebied alle wegen over de volle lengte beoordeeld, om op basis daarvan een uitspraak te kunnen doen over hoe (relatief) veilig deze wegen zijn. Dit wordt gedaan door het scoren van een (groot) aantal relevant geachte kenmerken van de infrastructuur. Bij een recent onderzoek in Amsterdam zijn voor circa 500 kilometer weglengte per 25 meter circa 50 kenmerken beoordeeld. Voor de bruikbaarheid van de genoemde methoden is het van belang dat de beoordeling van weginfrastructuur zo efficiënt (doelmatig) mogelijk plaatsvindt.

In deze studie is onderzocht of de veiligheid van de weginfrastructuur efficiënter kan worden beoordeeld door alleen van een aselecte steekproef van weggedeelten de gegevens te verzamelen. Onderzocht is 1) welke steekproefmethode het meest passend is en 2) of de beoordeling op basis van een steekproef voldoende overeenkomt met die op basis van een volledige dataset?

De conclusie is dat 1) een gestratificeerde random steekproeftrekking (GRS) van 25-metersegmenten geschikt is en 2) een beoordeling van veiligheidskenmerken van de infrastructuur van die steekproef van weggedeelten voldoende informatie oplevert om wegen te kunnen onderscheiden naar de mate van verkeersonveiligheid. In het voorbeeld dat is uitgewerkt – 50km/uur-wegsegmenten in Amsterdam – kwam de mate van verkeersveiligheid op basis van een steekproef van 41% in hoge mate overeen met die op basis van het totaal aantal wegsegmenten.

Kortom, in deze casus heeft het principe van de steekproeftrekking zijn nut bewezen. We hebben vastgesteld dat er een aanzienlijke doelmatigheidswinst te behalen is. Om die reden verdient deze aanpak het om vaker toegepast en geëvalueerd te worden om te kunnen beoordelen of resultaten van dit concept reproduceerbaar zijn.

Inhoud

1. Inleiding	7
1.1. Probleemstelling	7
1.2. Dit onderzoek	8
2. Methode en resultaten	9
2.1. Vraagstelling 1: Welke steekproefmethode is het meest passend?	9
2.1.1. De algemene steekproefmethode	9
2.1.2. Allocatie van de steekproef	11
2.1.3. Nauwkeurigheid/precisie en betrouwbaarheid	11
2.1.4. Populatieomvang (totaal aantal 25-metersegmenten van wegen)	12
2.1.5. Aandeel veilig/onveilig per weginfrastructuurkenmerk	12
2.2. Vraagstelling 2: Komt de beoordeling van de mate van veiligheid van infrastructuur van 50km/uur-wegen bij een aselechte steekproef van weggedeelten overeen met de beoordeling op basis van een volledige dataset?	12
3. Conclusies en aanbevelingen	17
Literatuur	18
Bijlage	CycleRAP (Fietspad) / Vs/Gs / DV Kenmerken in Access-data-invoerscherm Amsterdam
	19

1. Inleiding

De afgelopen jaren zijn er verschillende instrumenten ontwikkeld om met een proactieve aanpak de mate van verkeersveiligheid te kunnen beoordelen, gebruikmakend van veiligheids(prestatie)indicatoren of Safety Performance Indicators (SPI's); zie voor een overzicht Aarts et al. (2014). De afgelopen jaren heeft SWOV verschillende instrumenten ontwikkeld voor het beoordelen van de veiligheid van weginfrastructuur, zoals ProMeV (zie Aarts et al., 2014), het Safe Cycling Network of CycleRAP (Dijkstra et al., 2015; Wijlhuizen et al., 2014; Wijlhuizen et al., 2016) en Network Safety Index (NSI; Wijlhuizen et al, 2017). Deze instrumenten maken gebruik van SPI's of veiligheidsindicatoren van weginfrastructuur en zijn inmiddels door diverse overheden toegepast. Kennis over SPI's is hierin zo veel mogelijk samengebracht om met name overheden te helpen om veiligheidsproblemen in het verkeer aan te wijzen en te prioriteren.

1.1. Probleemstelling

Bij elk van de genoemde methoden is de gegevensverzameling een arbeidsintensief en relatief kostbare activiteit. Dat heeft met name te maken met het volgende. Met de huidige aanpak worden binnen een bepaald gebied alle wegen over de volle lengte beoordeeld, om op basis daarvan een uitspraak te kunnen doen over hoe veilig, of relatief veilig, deze wegen zijn. Dit wordt gedaan door een (groot) aantal relevant geachte kenmerken van de infrastructuur te 'scoren'. In de *Bijlage* staan overzichten van kenmerken die zijn beoordeeld bij de ontwikkeling van CycleRAP en de NSI (Wijlhuizen et al., 2016). Bij dat onderzoek zijn voor circa 500 kilometer weglengte per segment van 25 meter circa 50 kenmerken beoordeeld. Het ging om 50km/uur-wegen in Amsterdam. Het beoordelen van alle kenmerken voor elk 25-metersegment in twee richtingen nam in dit onderzoek circa 15 minuten in beslag. De totale benodigde tijdsinspanning voor de beoordeling van circa 500 kilometer komt daarmee op circa 5000 uren. Voor de bruikbaarheid van de genoemde methoden, is het van belang dat de beoordeling van weginfrastructuur zo efficiënt mogelijk plaatsvindt. Er is een aantal mogelijkheden om die efficiëntie te bevorderen:

1. Gebruikmaken van kenmerken die al (voor andere doeleinden) zijn verzameld en beschikbaar zijn, en op basis waarvan het in voldoende mate mogelijk is om relatief veilige van onveilige weginfrastructuur te onderscheiden. Er zijn geen instrumenten bekend die op deze wijze, zonder 'eigen' gegevensverzameling, de mate van veiligheid van weginfrastructuur bepalen. Tot op heden blijkt het noodzakelijk om relevante, specifieke informatie in te winnen.
2. Het reduceren van het aantal te verzamelen kenmerken. Deze manier om de efficiëntie te verhogen is in verschillende onderzoeken toegepast, zoals bij de ontwikkeling van CycleRAP (Wijlhuizen et al., 2016) en de ontwikkeling van de NSI (Wijlhuizen et al, 2017). Bij deze onderzoeken is nagegaan welke kenmerken wel, en welke kenmerken geen relatie hebben met verkeersongevallen. Uiteindelijk kunnen kenmerken die – ook bij vervolgstudies – geen relatie met ongevallen laten zien, uit het betreffende instrument worden weggelaten. Voordat er kenmerken definitief buiten beschouwing gelaten kunnen worden, moet uit onderzoek duidelijk zijn geworden dat ze bij herhaling in verschillende settings (zoals

- regio's, steden) geen bijdrage hebben geleverd aan het maken van onderscheid tussen relatief veilige en onveilige infrastructuur.
3. Het beperken van het aantal te beoordelen 25-metersegmenten door een aselechte steekproef te trekken uit alle wegsegmenten. Een weg van 1 kilometer lengte bevat 40 stukken van 25 meter die in de huidige werkprocessen allemaal worden beoordeeld. Het is denkbaar dat de mate van veiligheid van weginfrastructuur ook op een betrouwbare wijze kan worden bepaald wanneer niet alle 40, maar een aselechte steekproef daarvan wordt beoordeeld. Er is geen onderzoek bekend waarbij is nagegaan of kan worden volstaan met het beoordelen van een zeker aandeel of percentage van de weginfrastructuur.

1.2. Dit onderzoek

In deze studie is onderzocht of de veiligheid van de weginfrastructuur efficiënter kan worden beoordeeld door alleen van een aselechte steekproef van weggedeelten de gegevens te verzamelen.

Het onderzoekswerk is uitgevoerd door Danielle Smit in het kader van haar Masterstage Methodologie en Statistiek van de Faculteit der Sociale Wetenschappen van de Universiteit Leiden. Vanuit SWOV werd zij begeleid door prof. dr. Jacques Commandeur en dr. Gert Jan Wijnhuizen. Onder verwijzing naar haar onderzoeksverslag (Smit, 2017) zijn in het onderhavige rapport de bevindingen beknopt weergegeven. Hierin staan de belangrijkste uitkomsten beschreven van de toegepaste steekproefmethode op een bestaande dataset van 50km/uur-wegen in Amsterdam (Smit, 2017).

Doelstelling van het onderzoek

Het onderzoek heeft als doel het bevorderen van de economische efficiëntie (doelmatigheid) van de beoordeling van veiligheidskenmerken van weginfrastructuur door het trekken van een steekproef uit te beoordelen weggedeelten.

Vraagstellingen

1. Welke steekproefmethode is het meest passend?
2. Komt de beoordeling van de mate van veiligheid van infrastructuur van 50km/uur-wegen bij een aselechte steekproef van weggedeelten voldoende overeen met de beoordeling op basis van een volledige dataset?

2. Methode en resultaten

De kenmerken van weginfrastructuur van alle (in dit geval 50km/uur-)wegen in een gedeelte van een stad (in dit geval Amsterdam) worden beoordeeld. Op basis van die beoordeling krijgt elk van die wegen een verkeersveiligheidscore in relatie tot de betreffende kenmerken. In het rapport van Wijlhuizen et al. (2017) staat de procedure beschreven welke beoordelingen van kenmerken van weginfrastructuur van 50km/uur-wegen in Amsterdam, resulteren in een index (Netwerk Safety Index; NSI). In Amsterdam is de gegevensverzameling in 2015 en 2016 uitgevoerd. De 50km/uur-wegen die in dat gebied zijn beoordeeld, hebben samen een totale lengte van circa 500 kilometer, waarbij de afzonderlijke wegen onderling sterk konden verschillen in lengte.

Bij de beoordeling wordt elke weg opgedeeld in 25-metersegmenten, en van elk van die segmenten worden alle relevante kenmerken beoordeeld. In het algemeen wordt ervan uitgegaan dat wegkenmerken per 25 meter binnen elk van de wegen meer gelijkenis met elkaar hebben (homogener zijn) dan kenmerken tussen verscheidene 50km/uur-wegen.

De gedachte is nu dat het wellicht niet nodig is om de kenmerken voor alle 25-metersegmenten van alle wegen te beoordelen, maar dat een steekproef van 25-metersegmenten voldoende informatie geeft om aan de wegen een voldoende betrouwbare veiligheidsscore te kunnen toekennen.

2.1. Vraagstelling 1: Welke steekproefmethode is het meest passend?

Bij het bepalen van de steekproefomvang spelen de volgende zaken een rol.

1. de algemene steekproefmethode;
2. allocatie van de steekproef;
3. nauwkeurigheid/precisie en betrouwbaarheid;
4. populatieomvang (totaal aantal 25-metersegmenten van wegen);
5. proportie veilig/ onveilig per weginfrastructuurkenmerk.

2.1.1. *De algemene steekproefmethode*

Steekproeven worden geacht aselekt (random) getrokken te worden, zodat elk 25-metersegment een even grote kans heeft om in de steekproef te zitten. Bij gestratificeerde random steekproeftrekking (GRS) worden er random steekproeven getrokken, maar wel binnen zogeheten strata of subpopulaties. Bij de toepassing van GRS in dit onderzoek wordt in het algemeen aangenomen dat infrastructuurkenmerken binnen één weg onderling meer overeenkomen dan tussen verschillende wegen; zoals breedte, aantal stroken, type fietsvoorziening en verharding. In dit onderzoek vormt elke weg dus een subpopulatie of 'stratum' waaruit een steekproef moet worden getrokken.

Bij GRS wordt rekening gehouden met:

- het aantal 25-metersegmenten binnen een weg: hoe groter dit aantal, hoe kleiner het benodigde steekproefpercentage is;
- het aantal 25-metersegmenten van alle te beoordelen wegen samen. Als dit totaal groter is, dan kan volstaan worden met een kleiner steekproefpercentage.

Tegelijkertijd geldt dat bij een qua kenmerken heterogene weg, er een groter steekproefpercentage nodig is om tot een goede schatting te komen dan bij een homogene weg (Moors & Muilwijk, 1975). Bijvoorbeeld wanneer een weg over een deel van de lengte een fietspad heeft, maar op andere delen een fietsstrook en een fietssuggestiestrook.

Bij het berekenen van een steekproefomvang bij GRS, wordt gebruikgemaakt van *Formule 1* hieronder. Hierbij is n_o de totale te bepalen steekproefomvang, N is de grootte van alle individuen samen (of hier: totaal aantal wegsegmenten), N_i de hoeveelheid individuen (hier metingen) in het stratum i (aantal strata = h , $i = 1 \dots h$), en w_i de verhouding van metingen in het stratum ten opzichte van het totaal aantal metingen in de gehele populatie (N_i / N). Daarbij geeft d de beoogde nauwkeurigheid van de steekproef aan (hoe precies moeten de verdelingen in de steekproef lijken op die in de totale dataset), en t de beoogde betrouwbaarheid (hoe vaak moet bij het herhaald trekken van een steekproef de beoogde nauwkeurigheid worden bereikt). Het aandeel ('proportion') veilige wegsegmenten voor een infrakenmerk van een weg (stratum i) wordt aangegeven door p_i waarbij $q_i = 1 - p_i$ (Commandeur, 2012).

Formule 1. Berekening van totale steekproefomvang bij gestratificeerde random steekproeftrekking.

$$n_o = \frac{\sum w_i p_i q_i}{\left(\frac{d}{t}\right)^2}$$

Bijvoorbeeld: er zijn 3 strata met 18, 36 en 23 metingen ($N = 77$), waarbij er in 3, 21 en 16 metingen 'een paaltje in de weg' is gescoord. De bijbehorende aandelen met een paaltje in de weg (p_i) zijn dan ($3/18 =$) 0,17, ($21/36 =$) 0,58 en ($16/23 =$) 0,7. Wanneer de wegingsfactoren (w_i) worden uitgerekend, komt daar ($18/77 =$) 0,234, ($36/77 =$) 0,468 en ($23/77 =$) 0,299 uit. Dit wordt dan in *Formule 1* gestopt. In dit voorbeeld wordt aangegeven dat de beoogde nauwkeurigheid 0,05 is en er een beoogde betrouwbaarheid van 90% is.

$$\frac{(0,234 * 0,17 * 0,83) + (0,468 * 0,58 * 0,42) + (0,299 * 0,7 * 0,3)}{\left(\frac{0,05}{1,645}\right)^2} \approx 227$$

De uiteindelijke steekproefgrootte is groter dan die van de populatie ($N = 77$), dit komt omdat in de formule ervan uit wordt gegaan dat de populatie zo groot is dat er grote steekproeven kunnen worden getrokken. Hier is dat niet het geval en moet er gecorrigeerd worden met de 'finite population correction' (fpc). Dit is te zien in *Formule 2* (Commandeur, 2012).

Formule 2. Finite population correction (fpc) bij gestratificeerde random steekproeftrekking.

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$$

In het bovenstaande voorbeeld is de steekproefgrootte, gecorrigeerd voor de fpc:

$$\frac{227}{1 + \frac{227}{77}} \approx 57$$

De uiteindelijke steekproefgrootte is dus 57, wat 74% van het totaal is.

2.1.2. *Allocatie van de steekproef*

De omvang van de steekproef moet verdeeld worden over de strata (wegen). Er zijn daarvoor twee manieren die in aanmerking komen; optimale allocatie en proportionele allocatie. Om te berekenen hoe groot de omvang van de stratumsteekproeven moet zijn, kan gebruik worden gemaakt van Neyman's optimale allocatie. Deze houdt rekening met de grootte van het stratum (aantal 25-metersegmenten binnen een weg) en de proportions van een kenmerk (Commandeur, 2012). Zijn er bijvoorbeeld twee strata even groot (gelijke weglengte), maar is het aandeel wegsegmenten waar obstakels aanwezig zijn langs de ene weg: 0,5, en langs de andere weg: 0,2, dan suggereert optimale allocatie een groter steekproefpercentage voor de eerste weg dan voor de tweede.

Als alternatieve methode is het mogelijk om gebruik te maken van proportionele allocatie. Hierbij worden de stratumgroottes gebaseerd op de proportie van de stratumgrootte ten opzichte van de totale populatiegrootte (Commandeur, 2012). Bij het voorbeeld van de even grote strata (gelijke weglengte) met verschillende proportions obstakels langs de weg, namelijk 0,5 en 0,2, zouden de twee wegen volgens proportionele allocatie dezelfde steekproefomvang hebben.

De twee manieren van allocatie, namelijk proportionele en optimale, zijn met elkaar vergeleken aan de hand van de dataset van Amsterdam (Wijlhuizen et al., 2017). Daaruit bleek dat voor deze dataset een proportionele allocatie betere resultaten geeft dan optimale allocatie (Smit, 2017). Proportionele allocatie biedt bij de huidige toepassing een voordeel omdat er bij wegkenmerken regelmatig sprake is van een proportie van 1 of 0. Dat wil zeggen dat er binnen een weg voor een of meer kenmerken geen sprake is van variatie; de hele weg heeft bijvoorbeeld kantmarkering en/of een vrijliggend fietspad, of er zijn in het geheel geen obstakels langs de weg. Optimale allocatie filtert deze strata uit de populatie (worden buiten beschouwing gelaten), terwijl proportionele allocatie ze behoudt. Proportionele allocatie zal er dan voor zorgen dat de strata (hier 50km/uur-wegen) met deze proportions toch worden betrokken bij het bepalen van de steekproef (Smit, 2017).

2.1.3. *Nauwkeurigheid/precisie en betrouwbaarheid*

Met GRS moet er een keuze worden gemaakt over de nauwkeurigheid van de proportions in de steekproef tegenover de werkelijke proportions in de populatie en de betrouwbaarheid van deze nauwkeurigheid. De betrouwbaarheid geeft aan, in hoeveel gevallen een steekproef kan worden getrokken die buiten de gekozen nauwkeurigheid ligt. Door herhaaldelijk random steekproeven te trekken uit een bekende populatie (dataset Amsterdam) en daarbij te kijken naar de gevonden proportions en de verdeling in de populatie, is bepaald dat voor het vaststellen van de omvang van de

steekproef uitgegaan moet worden van een 99% betrouwbaarheid en een 0,01 nauwkeurigheid (Smit, 2017).

2.1.4. *Populatieomvang (totaal aantal 25-metersegmenten van wegen)*

Bij gelijkblijvende condities zal bij een relatief groot totaal aantal 25-metersegmenten van wegen kunnen worden volstaan met een relatief klein steekproefpercentage. Het gaat hier om de n_0 die wordt gebruikt om de wegingsfactoren (w_i) te bepalen; de w_i is onderdeel van *Formule 1*.

2.1.5. *Aandeel veilig/onveilig per weginfrastructuurkenmerk*

Binomiaal verdeelde variabelen zijn variabelen bestaande uit de som van het aantal keer voorkomen van een van twee mogelijke uitkomsten. Bijvoorbeeld: is een obstakel aanwezig of niet. Bij de huidige toepassing zijn alle variabelen (weginfrastructuurkenmerken) dichotoom gecodeerd: elk kenmerk krijgt de score onveilig (1) of veilig (0). Bijvoorbeeld de aanwezigheid van een obstakel langs de weg is onveilig en het ontbreken ervan is veilig. De breedte van een weg (continue variabele) wordt op deze manier gecodeerd in een 'veilige' en 'onveilige' breedte. De benodigde steekproefgrootte is afhankelijk van wat de proportie 'veilig' van een gegeven kenmerk is. Daarbij is de noodzakelijke steekproefomvang relatief groot als de verdeling in de populatie 50%-50% is. Wanneer de verdeling in de populatie minder evenwichtig is, kan worden volstaan met een geringere steekproefomvang (Smit, 2017). Het gaat hier om het product $p_i q_i$ dat maximaal is als $p_i = 0,50$.

2.2. **Vraagstelling 2: Komt de beoordeling van de mate van veiligheid van infrastructuur van 50km/uur-wegen bij een aselechte steekproef van weggedeelten overeen met de beoordeling op basis van een volledige dataset?**

Bij het bepalen van de omvang van de steekproefgrootte is uitgegaan van:

1. gestratificeerde random steekproeventrekking (GRS);
2. proportionele allocatie;
3. een betrouwbaarheid van 99% en een nauwkeurigheid van 0,01;
4. de omvang van de populatie: de dataset omvat in totaal 12.463 25-meterbeoordelingen van in totaal 596 strata (verschillende 50km/uur-wegen);
5. de variabele 'obstakels' die het meest evenwichtig was verdeeld in de populatie (25-metersegmenten veilig/onveilig: 40%/60%) was het uitgangspunt voor het bepalen van de steekproefgrootte; $p_i = 0,40$.

Er is een steekproefomvang berekend en een GRS uitgevoerd op een bestaande dataset met beoordelingen van kenmerken van infrastructuur van Amsterdam (Wijlhuizen et al., 2017).

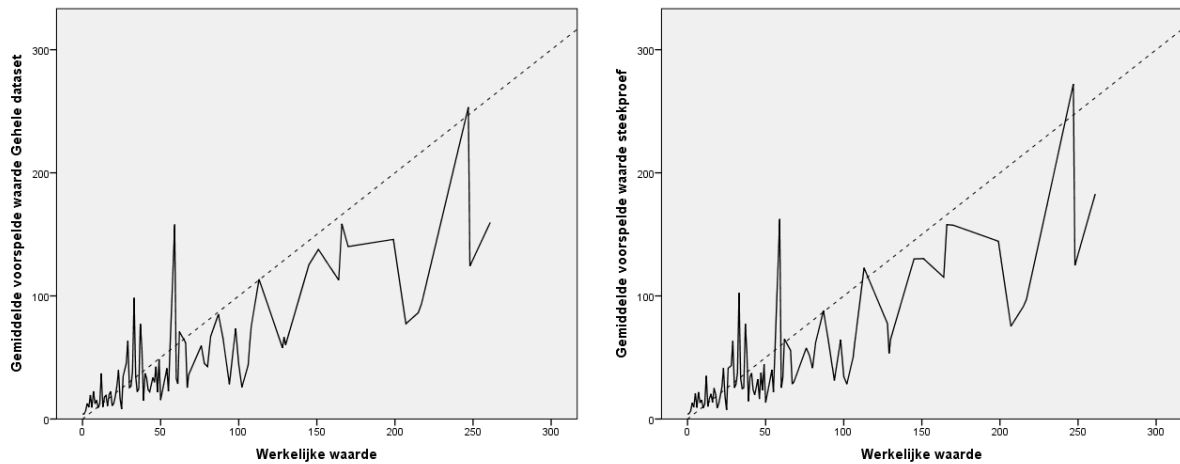
Uitgaande van *Formule 1* is de omvang van de steekproef (n_0) bepaald. De uiteindelijke steekproefomvang komt uit op 5.045 metingen, oftewel 41% van de totale populatie.

Er zijn op deze wijze twee datasets gevormd: een volledige dataset waarin per kenmerk de proportie veilig/onveilig is opgenomen en een inhoudelijk vergelijkbare dataset gebaseerd op de steekproef van 41%.

Op beide datasets zijn identieke bewerkingen en analyses uitgevoerd, analoog aan die zijn beschreven in Wijlhuizen et al. (2017). Deze analyses zijn erop gericht om na te gaan in welke mate (combinaties van) kenmerken van infrastructuur samenhangen met de mate van verkeersonveiligheid. Als mate van verkeersonveiligheid is genomen: het aantal door de ambulance geregistreerde verkeersongevallen per weg over de jaren 2009-2012, gedeeld door de betreffende weglengte. Dit is dus een ongevallendichtheid. Deze analyses zijn uitgevoerd op beide datasets. Daarbij zijn de volgende stappen gezet.

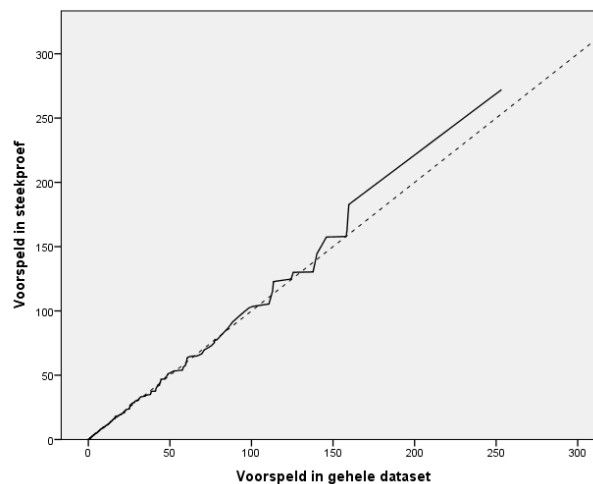
1. Kenmerken zijn op inhoudelijk gronden samengenomen en vormen scores. Bijvoorbeeld: met betrekking tot de fietsinfrastructuur is een score 'kwaliteit' gevormd uit vijf relevante kenmerken, zoals soort fietsvoorziening, type verharding, kwaliteit van overgangen en dergelijke. Als al deze vijf kenmerken een waarde 'onveilig' hebben, dan is de kwaliteitscore maximaal onveilig, namelijk 5.
2. Uitvoeren van een eerste (regressie)analyse om een formule te maken die beschrijft hoe infrastructuurkenmerken in combinatie met elkaar samenhangen met het aantal verkeersongevallen per km weglengte. Dit is gedaan met een Generalized Linear Model met een negatieve binomiale verdeling, met een log link. De afhankelijke variabele was het aantal verkeersongevallen zoals geregistreerd door de ambulancedienst. Deze verkeersongevallen waren bekend voor straten met drie of meer metingen. In de steekproef zijn dit straten met één meting. Hierdoor zijn er minder straten, namelijk 366 in plaats van 596, opgenomen in de analyse. Het natuurlijk logaritme (LN) van de weglengte is gebruikt als offset-variabele om te controleren voor de lengte van een weg (Wijlhuizen et al, 2017). Er is – naast intensiteiten van fietsverkeer een gemotoriseerd verkeer – een gewogen combinatie van scores opgenomen in het model op basis van het feit of ze een significante extra bijdrage leverden aan het verklaren van het aantal ongevallen per kilometer weglengte.
3. De uitkomst van de analyse per dataset (volledig en steekproef) is een model waarin alleen die geselecteerde scores (combinaties van kenmerken) en weegfactoren zijn opgenomen.
4. Met elk van deze twee uiteindelijke modellen kon vervolgens per weg een veiligheidsscore worden berekend op basis van de relevante scores van infrastructuurkenmerken op die specifieke weg. Zo kreeg elke weg een veiligheidsscore op basis van de totale dataset en op basis van de steekproef-dataset.

Wanneer er wordt gekeken naar de voorspelde waardes van het uiteindelijke model voor de twee datasets en de werkelijke waardes op basis van de ambulancegegevens, dan is er een overeenkomst te zien tussen de voorspellingen op basis van de gehele dataset en die op basis van de steekproef. *Afbeelding 1* toont de relatie tussen de gemiddelde voorspelde waarde en de werkelijke waarde van de gehele dataset en de steekproef. Er is een overeenkomst te zien in de kracht van de voorspelling, en de enige verschillen op het oog zijn een paar fluctuaties. De voorspelde waarde hierbij is de waarde die uit het voorspellingsmodel voortkomt.



Afbeelding 1. Relatie tussen de gemiddelde voorspelde waardes en de werkelijke waardes in de gehele dataset (links) en de steekproef (rechts). De stippellijn geeft de (theoretische) optimale samenhang weer ($N = 366$).

Wanneer de twee voorspelde waardes tegenover elkaar worden gezet, dan kan er ook een overeenkomst worden gevonden tussen de steekproef en de gehele dataset; zie *Afbeelding 2*. Hier is te zien dat de voorspelde waardes goed overeenkomen en weinig afwijken van een optimale overeenkomst (de stippellijn). Het model gebaseerd op de steekproef, blijkt bij voorspelde waarden van boven 150 systematisch een hogere voorspelde waarde te geven dan het model van de totale dataset.



Afbeelding 2. Relatie tussen de voorspelde waarde in de steekproef en de voorspelde waarde in de gehele dataset. De stippellijn representeert een perfecte overeenkomst ($N = 366$).

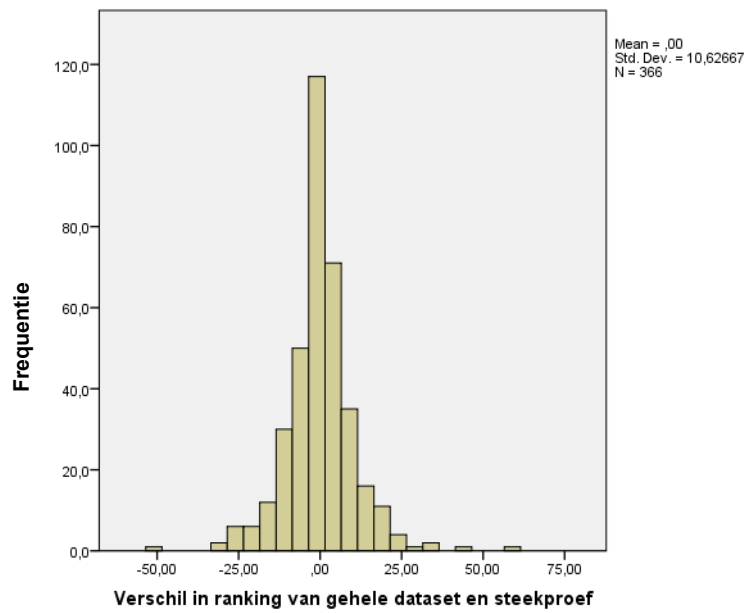
Wanneer er een voorspelde waarde wordt uitgerekend met behulp van de uiteindelijke modellen voor de twee datasets, dan kan er een volgorde (ranking) worden gemaakt naar de mate van gevaarlijkheid van de betreffende wegen. De top tien van de meest gevaarlijke wegen volgens beide modellen is te zien in *Tabel 1*.

Rank	Wegen op basis van model steekproef	Wegen op basis van model gehele dataset
1	nr. 491	nr. 491
2	nr. 315	nr. 315
3	nr. 186	nr. 350
4	nr. 350	nr. 186
5	nr. 15	nr. 331
6	nr. 331	nr. 15
7	nr. 235	nr. 235
8	nr. 570	nr. 570
9	nr. 390	nr. 390
10	nr. 301	nr. 301

Tabel 1. Top 10-ranking van meest gevaarlijke wegen volgens de voorspelde waarde van het model in de steekproef (41%) en in de gehele dataset. De verschillende wegen zijn elk weergegeven met een codenummer.

De verschillende wegen zijn in *Tabel 1* elk weergegeven met een codenummer. Hier is te zien dat 6 van de 10 straten dezelfde ranking hebben. Voor degene die niet dezelfde ranking hebben, is de rank eentje hoger of eentje lager in de steekproef dan volgens de gehele dataset.

Afbeelding 3 toont de verschillen tussen alle rankings van de gehele dataset en de steekproef. Aan de verdeling is te zien dat de meeste rankings minder dan 10 plaatsen verschillen. Voor een ranking van 366 is dat niet veel. Bij de gehele ranking van de 366 straten, zijn er 30 die exact dezelfde ranking hebben bij de steekproef als bij de gehele dataset. Van die 30 staan er 9 in de top 15. Vooral bij de gevaarlijke straten komen de rankings dus overeen. In totaal zijn er 78 rankings die er maximaal een ranking naast zitten. De helft van de rankings (194) in de steekproef zit er 5 of minder rankings naast. Slechts 20% van de rankings zit er 13 of meer rankings naast. Met de zogeheten rank-order-correlatie (Spearman's rho) wordt een hoge correlatie gevonden, $r_s = 0,995$, $p < 0,0001$. Dit betekent dat de twee ranks in hoge mate vergelijkbaar zijn.



Afbeelding 3. Verschillen in ranking tussen die op basis van de gehele dataset en de steekproef (N = 366).

3. Conclusies en aanbevelingen

Een gestratificeerde random steekproeftrekking van 41% uit een gegevensbestand van Amsterdam blijkt een ranking van de (meest gevaarlijke) wegen te geven die goed overeenkomt met ranking op basis van het totale databestand.

De hoofdconclusie is dat de mate van onveiligheid van weginfrastructuur kan worden bepaald door op een beperkt aantal aselekt gekozen plaatsen van de betreffende wegen de observaties uit te voeren. Op deze manier hoeven we dus niet alle 25-metersegmenten te beoordelen. Door op deze wijze de doelmatigheid van de screening te verhogen kunnen kosten worden bespaard, terwijl er wel voldoende inhoudelijke informatie wordt verzameld. Dit laatste zou niet het geval zijn als de kostenbesparing zou worden bereikt door het aantal te beoordelen kenmerken van infrastructuur op voorhand te reduceren.

Enkele deelconclusies zijn:

1. Met een gestratificeerde random steekproeftrekking (GRS) van 25-metersegmenten is het mogelijk het aantal te beoordelen wegsegmenten substantieel te reduceren, zonder dat de daarmee bepaalde mate van onveiligheid van weginfrastructuur sterk afwijkt van die op basis van alle 25-metersegmenten.
2. In het voorbeeld dat is uitgewerkt – 50km/uur-wegen in Amsterdam – kon met een steekproefomvang van 41% van de wegsegmenten ($N_{\text{steekproef}} = 5.045$) de mate van verkeersveiligheid van wegen worden bepaald. Deze komt in hoge mate overeen met de bepaling op basis van het totaal aantal wegsegmenten ($N_{\text{totaal}} = 12.463$).
3. Deze casus laat zien dat bij een beoordeling van veiligheidskenmerken van wegsegmenten in stedelijk gebied, een tijdbesparing mogelijk is van circa 5.000 naar circa 2.000 uren voor de beoordeling van alle 50km/uur-wegen in Amsterdam.
4. De resultaten laten zien dat het principe ‘steekproeftrekking’ zijn nut heeft bewezen. Op basis van ‘de casus Amsterdam’ is vastgesteld dat er een aanzienlijke doelmatigheidswinst te behalen is. Om die reden verdient deze aanpak het om vaker toe te passen en te evalueren.

Aanbevelingen

1. Verhoog de doelmatigheid van beoordelingen van veiligheidskenmerken van weginfrastructuur bij voorkeur door het toepassen van gestratificeerde random steekproeftrekking.
2. Herhaal de voorgestelde aanpak op basis van toekomstige gegevensverzameling om te kunnen beoordelen of resultaten van het voorgestelde concept reproduceerbaar zijn.

Literatuur

Aarts, L., Dijkstra, A. & Bax, C. (2014). *Proactief meten van verkeersveiligheid. Inzicht in onveiligheid vóóordat er slachtoffers vallen*. R-2014-10. SWOV, Den Haag.

Dijkstra, A., Wijlhuizen, G.J. & Aarts, L. (2015). *Monitoring van de veiligheidskwaliteit van weginfrastructuur en fietsinfrastructuur*. R-2015-5. SWOV, Den Haag.

Commandeur, J. F. (2012). *Sampling techniques and naturalistic driving study designs*. Deliverable 6.2B of the EC FP7 project DaCoTA.

Moors, J. J. A & Muilwijk, J. (1975). *Steekproeven: een inleiding tot de praktijk*. Amsterdam: Agon Elsevier.

Smit, D. (2017). *Gestratificeerd steekproeftrekken van wegen*. Stageverslag Methodologie en Statistiek, Universiteit Leiden.

Wijlhuizen, G.J., Dijkstra, A. & Petegem, J.H. van (2014). *Safe Cycling Network. Ontwikkeling van een systeem ter beoordeling van de veiligheid van fietsinfrastructuur*. R-2014-14. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J., Petegem, J.W.H. van, Goldenbeld, Ch., Gent, P. van, et al. (2016). *Doorontwikkeling CycleRAP-instrument voor veiligheidsbeoordeling fietsinfrastructuur*. R-2016-11. SWOV, Den Haag.

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

Inventarisatie

Meetpunt

URL

Straatnaam

Langte:

Zekerheid meting

Omschrijving vraag

VsGs/DV Fietspad

	Heen	Terug	Heen	Terug
Intensiteit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Geen of nauwelijks	Geen of nauwelijks
Soort kruising / aantal tr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Vlank	Vlank
Zicht kruispunt	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Voorziening	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Voorziening, anders nl:	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Bijz. voorziening fiets	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Rijrichtingen fietspad	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Zicht rijbaan rechtsafsl.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Nee	Nee
Rijrichtingen rijbaan	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Ligging	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Middenland - Aanwezig	Nee
Omgeving	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Middenland - Zicht	
Verhardingsbreedte	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Berm - Kwaliteit	
Verharding - Type	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Berm - type	
Verharding - Kwaliteit	<input type="text" value="Voldoende"/>	<input type="text" value="Voldoende"/>	Obstakel - Afstand	
Uitritten aanwezig	<input type="text" value="Nee"/>	<input type="text" value="Nee"/>	Werk in uitvoering	
Bocht - Scherp	<input type="text" value="Geen"/>	<input type="text" value="Geen"/>		
Bocht - Zicht	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Snelheidslimiet rijbaan	<input type="text" value="50"/>	<input type="text"/>		

Meetpunt URL

Straatnaam Lengte:

Zekerheid meting Zeker

Omschrijving vraag

VsGs/DV **Fietspad**

VSGS

Locatie wegvak Wegvak

DV Categorie (weg) GOW

Snelheidslimiet 50

Geslotenverklaring Heen Terug Geen

Wegbeeld Dicht

Rijrichtingscheiding Tram/busbaan overrijdbaar

Rechtstand (m) Ja

Kruispunt

Soort Kruising

DV Categorie Kruispunt

Regeling

Takken

Verhoging

Bewegwijzering

Wegvak

Snelheidsremmer	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	Geen	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	Geen	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	Geen	<input type="text"/>
Oversteekplaats	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>
Wegverharding	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>
Parkeervoorzieningen	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	1	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	1	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	1	<input type="text"/>
OV halte	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	Geen berm	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	Geen berm	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	Geen berm	<input type="text"/>
Pechvoorziening	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>
Voor_bewegwijzering	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	18	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	18	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	18	<input type="text"/>
Kantmarkering	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	10	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	10	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	10	<input type="text"/>
Parallelvoorziening	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Fiets_bromfiets	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>	Aanliggend fietsstrook	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	Aanliggend fietsstrook	<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>	Aanliggend fietsstrook	<input type="text"/>
Eenrichting?	<input type="text"/>	Heen	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Terug	<input type="text"/>		<input type="text"/>