

EEN STEEKPROEFMETHODIEK VOOR VISUELE VERKEERSTELLINGEN

Bijdrage in: Ir. T. de Wit (ed). "Bijdragen Verkeerskundige Werkdagen 1983, Deel 1, Blok 1: Verplaatsingsgedrag, Bijdrage 1.3., blz. 49 t/m 60. Koninklijk Instituut van Ingenieurs/Studiecentrum Verkeerstechniek, 's-Gravenhage/Driebergen-Rijsenburg, 1983

R-83-4

J. van Minnen

Leidschendam, 1983

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

SAMENVATTING

In deze bijdrage wordt een methode beschreven voor het vaststellen van de verkeersprestaties binnen een bepaald gebied of een verzameling van wegen. Door toepassing van een geschikte steekproefmethode kan bij visuele tellingen de benodigde telduur aanzienlijk bekort worden. Uitgaande van het gegeven dat de spreiding van intensiteiten naar plaats (wegen of wegvakken) meestal veel groter is dan de spreiding naar tijd, is een "mobiele" telmethode ontwikkeld.

Volgens een van te voren opgesteld telschema wordt op relatief veel telpunten gedurende korte tijd geteld. Nog efficiënter kan worden gewerkt, wanneer deze mobiele tellingen worden gecombineerd met een gestratificeerde steekproef van telpunten.

SUMMARY

A sampling method for visual traffic counts

This paper describes a method of measuring the amount of traffic within a specific area or group of roads. The time necessary for visual traffic counts can be drastically reduced by a suitable sampling method. A "mobile" traffic-counting method has been developed, based on the fact that the dispersion between locations (roads or road segments) is generally much greater than between periods of time. Therefore a relatively large number of locations is used each for a relatively short period of time. This is carried out using a timetable worked out in advance. It can be made even more efficient if these mobile counts are combined with a stratified sample of locations.

INHOUD

1.	<u>Inleiding</u>	4
2.	<u>Het principe van de "mobiele" methode</u>	5
3.	<u>Steekproeftrekking (plaats)</u>	7
3.1.	Weglengtesteekproef	7
3.2.	Wegvakkensteekproef	8
3.3.	Omvang van de steekproef bij statisch tellen	8
4.	<u>Uitwerking van de mobiele telmethode</u>	13
5.	<u>Gestratificeerde steekproeven</u>	17
6.	<u>Toepassingsmogelijkheden</u>	19
	<u>Literatuur</u>	21

1. INLEIDING

Verkeerstellingen worden voor verschillende doeleinden verricht, in veel gevallen om intensiteitsgegevens te verzamelen. Afhankelijk van de doelstelling kan het gaan om: kruispunttellingen, passeerlijntellingen of cordontellingen, tellingen op een aantal geselecteerde wegen, etc. Voorzover mogelijk wordt daarbij gebruik gemaakt van automatische telapparatuur, maar de mogelijkheden daarvan zijn beperkt. Zeker wanneer ook langzaam verkeer moet worden geteld en onderscheiden, zal men zijn toevlucht moeten nemen tot visuele tellingen.

Zoals gezegd is het verkrijgen van intensiteitsgegevens meestal het primaire doel van de tellingen. Soms worden de telresultaten omgerekend tot verkeersprestaties (aantal voertuigkilometers), maar dit blijft meestal beperkt tot een specifiek deel van het wegennet, zoals de auto-snelwegen of de hoofdverkeerswegen van een gemeente. Toch komt het nogal eens voor dat er behoefte bestaat aan gegevens over de verkeersprestatie. Bij verkeersveiligheidsonderzoek is dat bijvoorbeeld het geval, wanneer men de verkeersonveiligheid wil relateren aan de aantallen afgelegde kilometers. Die gegevens kunnen betrekking hebben op enkele of alle verkeerscategorieën, op een bepaald deel van het wegennet, een bepaalde regio of het gehele land. Wil men de verkeersprestatie door middel van tellingen exact vaststellen, dan zou men in principe op alle wegvakken van het betreffende gebied permanent visueel moeten tellen.

Gaat het om een klein aantal wegvakken, dan is dit wellicht uitvoerbaar. Bij grotere gebieden, en dus grotere aantallen wegvakken, zal om praktische redenen gekozen worden voor steekproeftellingen. De omvang van een dergelijke steekproef wordt in de eerste plaats bepaald door de gewenste nauwkeurigheid en bedraagt al gauw enige honderden telpunten, tenzij de nauwkeurigheidseisen zeer laag worden gesteld. Worden daarbij de gebruikelijke visuele tellingen toegepast, waarbij op ieder telpunt gedurende bijvoorbeeld 12 uur van een etmaal wordt geteld, dan is dit voor veel doeleinden een (te) kostbare zaak. Het gevolg zal zijn dat van de tellingen wordt afgezien of dat de steekproef noodgedwongen wordt verkleind. Er is daarom gezocht naar alternatieven voor de "statische" telmethode die een veel hoger rendement geven, zodat het benodigde aantal teluren aanzienlijk gereduceerd kan worden.

2. HET PRINCIPE VAN DE "MOBIELE" METHODE

De gedachte dat een telprogramma dat niet alle plaatsen en tijden omvat toch een redelijk compleet beeld van de intensiteiten kan geven, is bepaald niet nieuw. Het toepassen van ophoogfactoren voor de niet getelde uren van een etmaal was al een eerste stap in die richting. En het is al meer dan tien jaar geleden dat een poging werd gedaan de voertuigkilometers binnen de bebouwde kom via steekproeftellingen vast te stellen (CBS, 1974). Een recenter voorbeeld betreft verkeerstellingen voor het vaststellen van geluidshinder (Van der Sterre, 1982). Daarbij gaat het om de intensiteiten zelf, zodat de methode niet zonder meer toepasbaar is voor het vaststellen van verkeersprestaties. Voor dit laatste is een specifieke aanpak vereist.

In welke richting de oplossing kan worden gezocht, mag blijken uit de volgende redenering. De verkeersintensiteit kan worden opgevat als een grootte die varieert naar plaats en tijd. De mate waarin deze variaties optreden, kan worden uitgedrukt in de variatiecoëfficiënt, dat is de verhouding tussen de spreiding en het gemiddelde. Bij verkeersintensiteiten is de variatiecoëfficiënt naar de plaats (verschillende wegen) in het algemeen aanzienlijk groter dan die naar de tijd. Het ligt daarom voor de hand een zo groot mogelijk aantal meetplaatsen (= telpunten) in de steekproef op te nemen en tegelijkertijd de telduur per meetplaats zo kort mogelijk te kiezen. Wil men daarbij het aantal waarnemers beperkt houden, dan zullen zij zich regelmatig van telpunt naar telpunt moeten verplaatsen. Een dergelijk systeem wordt daarom aangeduid als "mobiele" telmethode. Ondanks het tijdverlies dat het verplaatsen met zich mee brengt, zal blijken dat de mobiele steekproefmethode een aanzienlijke besparing mogelijk maakt.

Naast de toepassing van de mobiele telmethode is er nog een tweede mogelijkheid om het telwerk verder te reduceren. De eerder genoemde variatiecoëfficiënt, die voor alle wegen in een gegeven gebied betrekkelijk groot is, kan belangrijk worden verminderd door de betreffende wegen in te delen in enkele intensiteitsklassen. Per klasse wordt daarna een steekproef van telpunten getrokken, waarvan de grootte wordt afgestemd op de intensiteiten en de variatiecoëfficiënten: een optimaal gestratificeerde steekproef.

In het nu volgende hoofdstuk zal worden aangegeven op welke wijze een dergelijke steekproeftrekking mogelijk is.

3. STEEKPROEFTREKKING (PLAATS)

In principe komen er vele methoden in aanmerking voor de steekproeftrekking. We zullen ons beperken tot twee methoden: de weglengtesteekproef en de wegvakkensteekproef. Andere denkbare methoden, bijvoorbeeld een oppervlaktesteekproef, laten we hier buiten beschouwing omdat ze gecompliceerder zijn en/of het inzicht in de effectiviteit en de benodigde informatie nog ontbreekt.

3.1. Weglengtesteekproef

Alle wegen of weggedeelten binnen het beschouwde gebied worden opgevat als één geheel met een totale weglengte L . Is het benodigde aantal telpunten bekend (zie 3.3 en 4), dan worden de plaatsen in principe gekozen via een aselechte steekproeftrekking. Dit betekent dat ieder mogelijk meetpunt evenveel kans heeft in de steekproef terecht te komen. Om een dergelijke aselechte steekproeftrekking uit te kunnen voeren zouden bijvoorbeeld alle wegen verdeeld moeten worden in wegvakjes van één meter lengte. Al deze vakjes worden opeenvolgend genummerd over de totale weglengte waarna m.b.v. randomgetallen de steekproef kan worden getrokken. Dit is een nogal omslachtige methode, zodat om praktische redenen de aselechte steekproef vervangen kan worden door een systematische steekproef met nagenoeg identieke resultaten. Daartoe worden alle betrokken wegen of wegvakken denkbeeldig in willekeurige volgorde achter elkaar geplaatst, zodat het gehele wegennetwerk wordt opgevat als één weg met weglengte L . Is het gewenste aantal telpunten n , dan worden de telpunten gekozen op regelmatige afstanden a , waarbij $a = L/n$, te beginnen bij de afstand $1/2 a$. Bijvoorbeeld:

de totale weglengte $L = 30.000$ m; het aantal telpunten $n = 60$; de telpuntafstand wordt dan $30.000 : 60 = 500$ m; de telpunten worden gekozen bij 250 m, 750 m, 1250 m, enz.

Om de totale verkeersprestatie per meetperiode te berekenen wordt het over alle telpunten gemiddelde aantal getelde voertuigen vermenigvuldigd met de totale weglengte L .

Theoretisch is dit een goede en ongecompliceerde methode, maar voor de toepassing is het noodzakelijk dat van alle betrokken wegen of wegvakken de lengte wordt vastgesteld. Is de populatie groot, dan is deze methode

daardoor minder geschikt, en komt de hierna te bespreken wegvakkensteekproef eerder in aanmerking.

3.2. Wegvakkensteekproef

In dit geval wordt verondersteld dat het totaal van alle wegen in het betrokken gebied of wegennetwerk is opgebouwd uit een aantal wegvakken. Onder "wegvak" wordt verstaan: ieder weggedeelte waarbinnen de verkeersintensiteit niet variëert met de plaats. Deze theoretische definitie kan voor toepassing in de praktijk worden omgezet in een praktische definitie: een wegvak is elk weggedeelte tussen twee opeenvolgende kruispunten of aansluitingen (voor dit doel wordt het einde van een doodlopende weg eveneens als kruispunt opgevat). Strikt genomen voldoet de praktische definitie niet aan de voorwaarde die de theoretische definitie stelt, maar de afwijkingen zijn meestal gering en niet systematisch, zodat zonder bezwaar de praktische definitie kan worden gehanteerd.

De steekproeftrekking kan ook in dit geval aselekt plaatsvinden via randomgetallen of op systematische wijze. Alle betrokken wegvakken worden daartoe in willekeurige volgorde opeenvolgend genummerd. Via randomgetallen worden de wegvakken gekozen waarop een telpunt moet komen, totdat het vereiste aantal telpunten is bereikt. Voor toepassing van een systematische steekproef deelt men het totale aantal wegvakken N door het vereiste aantal telpunten in de steekproef n . De aldus gevonden waarde $m = N:n$ (eventueel afgerond) wordt nu gebruikt om de wegvakken met telpunt, de "telvakken", te kiezen via: $0,5 m$, $1,5 m$, $2,5 m$, etc. Bij een wegvakkensteekproef is de wijze waarop de steekproefuitkomsten worden opgehoogd tot de totale verkeersprestatie, afhankelijk van de beschikbare informatie over wegvaklengten en van de vraag of er een correlatie bestaat tussen intensiteit en wegvaklengte. In de volgende paragraaf zal dit verder worden besproken.

3.3. Omvang van de steekproef bij statisch tellen

De omvang van de steekproef, dus het benodigde aantal telpunten, wordt in het algemeen bepaald door de gewenste nauwkeurigheid van de uitkomst en de variatiecoëfficiënt van de intensiteiten over alle weglengten (resp. wegvakken) van de gehele populatie.

Met intensiteit wordt hier en in het vervolg steeds bedoeld: het aantal gepasseerde voertuigen van de betreffende categorie op een dwarsdoorsnede van de weg gedurende één telperiode.

Bij de statische telmethode is dit bijvoorbeeld het aantal gepasseerde voertuigen in een periode van 12 uur.

Stel de gemiddelde intensiteit over de weglengte = \bar{i} en de spreiding = σ ; dan zal de spreiding van steekproefgemiddelden (weglengtesteekproef) gelijk zijn aan: $\sigma_{\bar{i}} = \sigma/\sqrt{n}$, waarin n het aantal telpunten voorstelt. Deze relatie is van toepassing voor aselechte steekproeven met teruglegging. Bij een systematische steekproef is de situatie enigszins anders en mag worden verwacht dat $\sigma_{\bar{i}}$ nog wat kleiner zal zijn. Exacte berekening is in dat geval niet mogelijk, zodat voor de berekeningen de formule voor aselechte steekproeven zal worden gehanteerd.

Stelt men nu aan de uitkomst de eis dat de onnauwkeurigheid niet groter mag zijn dan $p\%$ bij een betrouwbaarheid van 90%, dan geldt:

$$p = \frac{1,65\sigma_{\bar{i}}}{\bar{i}} \cdot 100 = \frac{1,65\sigma}{\bar{i}/\sqrt{n}} \cdot 100.$$

Het benodigde aantal telpunten volgt dan uit:

$$n = \left(\frac{1,65\sigma}{p \cdot \bar{i}} \cdot 100 \right)^2$$

Voorbeeld: $p = 10\%$, $\bar{i} = 300$ $\sigma = 480 \rightarrow n = 697$ (bij 90% betrouwbaarheid).

Wenst men een nauwkeurigheid van $p\%$ bij 95% betrouwbaarheid, dan volgt het aantal telpunten uit:

$$n = \left(\frac{1,96\sigma}{p \cdot \bar{i}} \cdot 100 \right)^2; \text{ in het voorbeeldgeval is de uitkomst dan: } n = 983.$$

Uit enkele beschikbare telgegevens en een eerste verkennende telling in de gemeente Voorburg werd afgeleid dat voor personenauto's binnen de bebouwde kom mag worden aangenomen dat de verhouding $\sigma:\bar{i}$, de variatiecoëfficiënt, ongeveer tussen 1,2 en 1,8 zal variëren; het benodigde

aantal telpunten zou daardoor tussen 400 en 900 liggen, als we weer uitgaan van 10% nauwkeurigheid bij 90% betrouwbaarheid. Bij een gewenste nauwkeurigheid van 5% zijn deze aantallen vier maal zo groot: 1600 à 3600.

Bij een wegvakkensteekproef hebben we te maken met de gemiddelde intensiteit over alle wegvakken: \bar{i}_w , die meestal niet veel van \bar{i} zal verschillen. Behalve met de intensiteitsspreiding over alle wegvakken σ_w , zullen we ook rekening moeten houden met de spreiding van de lengten van alle wegvakken σ_l .

Zijn er in totaal N wegvakken met intensiteiten i_w en lengten l, dan is de totale verkeersprestatie V gelijk aan:

$$V = \sum_{j=1}^N l_j \cdot i_{wj}$$

De gemiddelde verkeersprestatie per wegvak volgt dan uit:

$$\bar{v} = \frac{V}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N l_j \cdot i_{wj}}{N}$$

Indien er geen correlatie bestaat tussen l en i_w , dan geldt: $\bar{v} = \bar{l} \cdot \bar{i}_w$; in dat geval is $\bar{i}_w = \bar{i}$. Is de totale weglengte L bekend, dan kan worden volstaan met bepaling van \bar{i}_w en is de verdere behandeling gelijk aan die bij de weglengtesteekproef.

Is L niet bekend, dan zal de spreiding van v over alle wegvakken bepalend zijn voor de grootte van de steekproef. Deze spreiding, σ_v , volgt uit:

$$\sigma_v = \sigma_{i_w l} = \sqrt{l^2 \cdot \sigma^2 + \bar{i}_w^2 \sigma_l^2 + \sigma^2 \cdot \sigma_l^2}$$

indien er geen correlatie tussen i_w en l bestaat. De steekproefomvang wordt gegeven door:

$$n = \left(\frac{1,65\sigma_v}{p \cdot \bar{v}} \cdot 100 \right)^2, \text{ resp. } n = \left(\frac{1,96\sigma_v}{p \cdot \bar{v}} \cdot 100 \right)^2 \text{ voor 90\%, resp. 95\% betrouwbaarheid.}$$

Kiezen we het eerder genoemde voorbeeld: $p = 10\%$, $\bar{i} = 300$ en $\sigma = 480$, en voegen we daaraan toe: $\bar{l} = 100$ en $\sigma_l = 60$ dan geldt: $\bar{v} = 100 \times 300 = 30.000$, $\sigma_v = 58.800$ en $n = 1046$ bij 90% betrouwbaarheid. Ophoging vindt plaats door \bar{v} te vermenigvuldigen met N .

Indien er wel correlatie tussen i_w en l bestaat, dan kan niet worden volstaan met de bepaling van \bar{i}_w , omdat in dat geval $\bar{v} \neq \bar{l} \cdot \bar{i}_w$.

Er kan dan worden gekozen uit de volgende twee mogelijkheden:

1. De gemiddelde verkeersprestatie per wegvak \bar{v} wordt berekend uit de steekproef en vermenigvuldigd met het totale aantal wegvakken N om de totale verkeersprestatie vast te stellen. De grootte van de steekproef volgt uit de enkele alinea's terug gegeven formules voor n , maar in dit geval zal de variatiecoëfficiënt van de verkeersprestatie σ_v/\bar{v} geschat moeten worden.

2. De over de gehele weglengte van de steekproef gemiddelde intensiteit \bar{i}_s wordt berekend door de totale verkeersprestatie over alle steekproefwegvakken te delen door de totale lengte van deze wegvakken:

$$\bar{i}_s = \sum v_s / \sum l_s.$$

Voor ophoging tot de totale verkeersprestatie wordt \bar{i}_s vermenigvuldigd met de totale weglengte L . De vereiste steekproefgrootte is in dit geval ongeveer gelijk aan die bij een weglengtesteekproef en volgt uit:

$$n \approx \left(\frac{1,65\sigma}{p \cdot \bar{i}} \cdot 100 \right)^2 \quad \text{bij 90\% betrouwbaarheid.}$$

Omdat $\sigma/\bar{i} < \sigma_v/\bar{v}$, zal de steekproef bij toepassing van de tweede methode kleiner kunnen zijn dan bij de eerste methode. Daar staat echter tegenover, dat de uitkomst volgens de tweede methode in principe een systematische fout ("bias") oplevert. De relatieve grootte van deze fout is niet exact vast te stellen, maar kan bij benadering worden afgeleid uit:

$$q \approx \frac{1}{n} \cdot \frac{\bar{i}_w - \bar{i}}{\bar{i}} \cdot 100\%.$$

De grootte van deze fout is dus bij benadering omgekeerd evenredig met de steekproefgrootte. De onnauwkeurigheid p is omgekeerd evenredig met \sqrt{n} . Naarmate de steekproef groter wordt, zal de waarde van q dus sterker afnemen dan die van p , zodat bij niet al te kleine steekproeven de fout q verwaarloosd mag worden.

4. UITWERKING VAN DE MOBIELE TELMETHODE

Bij toepassing van een mobiele telmethode is het mogelijk met eenzelfde aantal waarnemers een veel groter aantal telpunten te bezoeken dan bij de statische methode. Of omgekeerd: gegeven het aantal telpunten kan bij de mobiele telmethode met een aanzienlijk kleiner aantal waarnemers worden volstaan. De mogelijke besparing door toepassing van de mobiele methode kan op de volgende wijze worden afgeleid. De totale teltijd T gedurende een etmaal (bijvoorbeeld 12 uur) wordt verdeeld in r telperiodes met de lengte t (bijvoorbeeld $t = 15$ minuten), dus $t = T/r$.

De totale verkeersprestatie gedurende de teltijd T kan worden opgevat als de som van de verkeersprestaties in de r telperiodes.

De intensiteitsspreiding over alle weglengten in een periode met lengte t noemen we σ_t ; de variantie is dan σ_t^2 . De variantie van steekproefgemiddelden per telperiode bedraagt:

$$\sigma_{\bar{i}_t}^2 = \frac{\sigma_t^2}{n_t} \text{ als } n_t \text{ het aantal telpunten in de betreffende periode is.}$$

De totale variantie van de som van alle steekproefgemiddelden volgt dan uit:

$$\sum \sigma_{\bar{i}_t}^2 = \frac{\sigma_{t_1}^2}{n_{t_1}} + \frac{\sigma_{t_2}^2}{n_{t_2}} + \dots + \frac{\sigma_{t_r}^2}{n_{t_r}},$$

mits de steekproeven in de opeenvolgende perioden ieder aselekt met teruglegging worden getrokken en daardoor onafhankelijk van elkaar zijn.

Afgeleid kan worden dat de waarde van $\sum \sigma_{\bar{i}_t}^2$ minimaal is, wanneer we de aantallen telpunten per periode evenredig kiezen met σ_t . Het is echter praktischer de aantallen telpunten per periode constant te houden, zodat niet met een wisselend aantal waarnemers hoeft te worden gewerkt. Noemen we het aantal telpunten per periode n_t , dan is:

$$\sum \sigma_{\bar{i}_t}^2 = \frac{\sigma_{t_1}^2}{n_t} + \frac{\sigma_{t_2}^2}{n_t} + \dots + \frac{\sigma_{t_r}^2}{n_t} = \frac{1}{n_t} \sum \sigma_t^2.$$

Bij permanent tellen gedurende de gehele teltijd T, de statistische methode, geldt:

$$\sigma_{\bar{i}_T}^2 = \frac{1}{n} \sigma_T^2.$$

Stellen we ter vergelijking van beide methoden dezelfde nauwkeurigheidseisen, dan zal moeten gelden:

$$\sum \sigma_{\bar{i}_t}^2 = \sigma_{\bar{i}_T}^2 \text{ dus } \frac{1}{n_t} \sum \sigma_t^2 = \frac{1}{n} \sigma_T^2 \text{ of } n_t = n \cdot \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma_T^2} \quad (1)$$

In het (theoretische) geval dat de intensiteiten op alle wegvakken gedurende de gehele teltijd T constant zouden zijn, zou ook de variatiecoëfficiënt σ/\bar{i} constant zijn en onafhankelijk van de lengte van de telperiode t. In dat geval kan worden afgeleid dat $n_t = n/r$ of $n_t = n \cdot t/T$. Het benodigde aantal telpunten per periode zou dan evenredig zijn met de lengte van de periode t, wat zou pleiten voor een zo kort mogelijke periode. In werkelijkheid zullen echter zowel de gemiddelde intensiteit als de variatiecoëfficiënt variëren met de tijd en afhankelijk zijn van de lengte van de telperiode t. Dit kunnen we tot uitdrukking brengen door invoering van de factor f_t , zodat:

$$n_t = f_t \cdot \frac{t}{T} \cdot n \text{ of } n_t = f_t \cdot \frac{n}{r} \quad (2)$$

De factor f_t is één voor het geval $t = T$ (= statisch tellen) en zal toenemen naarmate t korter wordt gekozen. Door combinatie van (1) en (2) kan worden afgeleid dat:

$$f_t = r \cdot \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma_T^2}.$$

De waarden van f_t zullen empirisch vastgesteld moeten worden. Uit proeftellingen in de gemeente Voorburg (november 1978) werden de volgende uitkomsten voor personenautoverkeer berekend:

t = 30 minuten : $f_t = 1.24 \text{ à } 1.44$
t = 15 minuten : $f_t = 1.30 \text{ à } 1.55$
t = 5 minuten : $f_t = 1.50 \text{ à } 2.05$

Bij de mobiele telmethode zal buiten de feitelijke teltijd voor de waarnemers ook tijd beschikbaar moeten zijn voor het verplaatsen van het ene telpunt naar het volgende. Deze verplaatsingstijd t_v zal ook in de vergelijking tusschen statische en mobiele methode betrokken moeten worden. De verhouding tussen de benodigde aantallen manuren voor beide methoden, aangeduid door de letter R (reductiefactor) volgt nu uit:

$$R = f_t \frac{t+t_v}{T} \quad (3)$$

Voorbeeld: lengte telperiode $t = 15$ minuten; verplaatsingstijd $t_v = 15$ minuten; totale teltijd $T = 12$ uur = 720 minuten; factor $f_t = 1.45$. Dan volgt daaruit een waarde $R = 0,060$. Met andere woorden: door toepassing van de mobiele telmethode kan in dit voorbeeld de benodigde inzet aan waarnemers tot ca. 6% worden gereduceerd bij dezelfde nauwkeurigheid. Uit (3) blijkt dat de reductiefactor R afneemt naarmate t_v en t kleiner worden gekozen. Voor t_v is er een praktische ondergrens die, afhankelijk van de situering van de telpunten, 10 à 20 minuten zal bedragen.

Bij het steeds kleiner kiezen van t zal f_t toenemen. Het is te verwachten dat voor iedere situatie een optimale waarde van t gevonden kan worden, waarbij R minimaal is. De eerder genoemde proeftellingen in Voorburg tonen aan dat dit optimum in de buurt ligt van $t = 5$ minuten. Afhankelijk van ondermeer de benodigde verplaatsingstijd, zal de reductiefactor R daarbij uitkomen op 0,04 à 0,07.

Geconcludeerd kan worden dat door toepassing van de mobiele telmethode het benodigde aantal tellers tot $1/15 \text{ à } 1/25$ van het benodigde aantal bij de statische methode gereduceerd kan worden.

Bij bovenstaande afleidingen is steeds uitgegaan van aselechte steekproeven zonder teruglegging. Bij een systematische steekproef wordt de situatie nog wat gunstiger, maar dit geldt voor beide telmethoden, zodat dit geen invloed op de reductiefactor zal hebben.

Tot slot nog de opmerking dat de gegeven praktijkvoorbeelden betrekking hebben op personenautoverkeer. Voor de andere wijzen van verkeersdeelname geldt dezelfde theoretische afleiding, maar de uitkomsten van R en de optimale waarde van de telperiode t kunnen verschillen.

5. GESTRATIFICEERDE STEEKPROEVEN

In hoofdstuk 3 werd afgeleid dat de omvang van de steekproef (het aantal telpunten) sterk afhankelijk is van de intensiteitsspreiding en wel evenredig met

$$\left(\frac{\sigma}{\bar{i}}\right)^2.$$

Indien nu alle wegvakken worden ingedeeld naar de veronderstelde intensiteitsklasse (2 à 4 klassen), dan zal in het algemeen de verhouding $\sigma:\bar{i}$ binnen iedere klasse kleiner zijn dan van het totaal. Dit gegeven biedt mogelijkheden tot reductie van de steekproefomvang door middel van het trekken van een gestratificeerde steekproef (zie CBS, 1972). De afleiding is als volgt.

In hoofdstuk 3 was voor een weglengtesteekproef afgeleid dat $\sigma_{\bar{i}} = \sigma/\sqrt{n}$. De verkeersprestatie $V = L \cdot \bar{i}$, zodat de spreiding van steekproefgemiddelden van de verkeersprestatie kan worden gesteld op:

$$\sigma_{\bar{v}} = \frac{L \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \text{ en de variantie } \sigma_{\bar{v}}^2 = \frac{L^2 \cdot \sigma^2}{n}.$$

Wordt nu de totale weglengte à priori verdeeld over bijvoorbeeld een drietal intensiteitsklassen a, b en c, met weglengten per klasse L_a , L_b en L_c , dan is de totale verkeersprestatie gelijk aan

$$V = L_a \bar{i}_a + L_b \bar{i}_b + L_c \bar{i}_c.$$

Stellen we de aantallen telpunten per intensiteitsklasse op n_a , n_b en n_c , dan is de totale variantie van de gesommeerde steekproefgemiddelden van de verkeersprestatie:

$$\sigma_{\bar{v}}^2 = \frac{L_a^2 \cdot \sigma_a^2}{n_a} + \frac{L_b^2 \cdot \sigma_b^2}{n_b} + \frac{L_c^2 \cdot \sigma_c^2}{n_c}.$$

De waarde van σ_v^{-2} is minimaal indien:

$$n_a : n_b : n_c = L_a \sigma_a : L_b \sigma_b : L_c \sigma_c,$$

in welk geval er sprake is van een optimaal gestratificeerde steekproef. De besparing die door toepassing van een optimaal gestratificeerde steekproef kan worden verkregen, is niet direct uit de formules af te leiden. De grootte van de besparing is onder meer afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee de wegen of wegvakken van te voren ingedeeld kunnen worden in intensiteitsklassen en van de keuze van het aantal en de begrenzing van de klassen. Een nader onderzoek, ten dele theoretisch maar vooral met behulp van praktijkwaarnemingen, kan meer inzicht verschaffen in de gewenste wijze van stratificatie, afhankelijk van de gegevens van de populatie. Het eerder genoemde proefonderzoek in de gemeente Voorburg, dat betrekking had op het personenautoverkeer op alle wegen binnen de bebouwde kom, toonde aan dat door stratificatie een belangrijke reductie van het aantal telpunten kan worden verkregen.

De waargenomen reductiefactoren, R_s , bedroegen:

$R_s = 0,065 \text{ à } 0,08$ bij optimale stratificatie

$R_s = 0,08 \text{ à } 0,12$ bij gelijke verdeling van de telpunten over de gekozen drie intensiteitsklassen.

6. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Er zijn ongetwijfeld veel terreinen binnen de verkeerskunde, de ruimtelijke ordening e.d. waar men behoefte heeft aan gegevens over verkeersprestaties of mobiliteit en de ontwikkelingen daarin. In ieder geval bestaat die behoefte bij de beschrijving en analyse van de verkeersonveiligheid.

De volgende voorbeelden ter illustratie:

- Bij de beschrijving van de verkeersonveiligheid kan men niet volstaan met de omvang, bijvoorbeeld uitgedrukt in aantallen ongevallen en slachtoffers, maar zal ook het risico moeten worden aangegeven; daarvoor zijn gegevens nodig van de verkeers- of vervoersprestatie, eventueel gespecificeerd naar wijze van verkeersdeelname, naar wegtype, naar omstandigheden of andere kenmerken.
- Voor het verklaren van ontwikkelingen in de verkeersonveiligheid is het noodzakelijk te weten welk aandeel de veranderingen in de verkeersprestaties daarin hebben gehad. Denk aan de veranderingen door de energiecrisis en de toename van het fietsgebruik in de laatste jaren.
- Ook bij meer specifieke onderzoeken - op landelijk, regionaal of lokaal niveau - zijn gegevens over (veranderingen in) de verkeersprestatie gewenst. Bijvoorbeeld bij de herinrichtingsprojecten in Rijswijk en Eindhoven. Maar ook bij vragen over de meest veilige inrichting (wegenstructuur etc.) van nieuwe woonwijken of bij de invoering van éénrichtingverkeer op grote schaal kan men niet aan de invloed daarvan op de verkeersprestaties voorbijgaan.
- Tot slot nog een ander voorbeeld. Er is vastgesteld dat de aantallen slachtoffers in het verkeer bij regen aanzienlijk hoger liggen dan bij droog weer (Van Nuland, 1982). Maar er is nauwelijks iets bekend over de invloed van regen op de verkeersprestaties, met name van het langzaam verkeer, zodat nog geen uitspraak mogelijk is over de risico's bij regenval.

Tot voor enkele jaren waren de gegevens over verkeersprestaties zeer summier. Het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG) van het CBS heeft daarin belangrijke verbeteringen gebracht. Maar toch blijven nog vele vragen onbeantwoord, omdat het OVG bijvoorbeeld geen informatie geeft over verkeersprestaties naar bebouwing, verdeeld over wegtypen, naar (weers)om-

standigheden of voor specifieke kleinere gebieden; daarvoor was het OVG ook niet bedoeld.

De mobiele telmethode kan daardoor gezien worden als een aanvulling op het OVG op landelijke schaal of voor het verkrijgen van gegevens over verkeersprestaties voor specifieke doeleinden.

LITERATUUR

CBS (1974). Proefverkeerstellingen ter bepaling van voertuigkilometers binnen de bebouwde kom. Statistische en econometrische onderzoeken nr. 15. Staatuitgeverij, 's-Gravenhage, 1974.

Nuland, J. van (1982). Verkeersslachtoffers bij regen. Afstudeerverslag Verkeersakademie Tilburg, 1982.

Sterre, G. van der (1982). Verkeerstellingen kunnen goedkoper. Verkeerskunde 33 (1982) 5: 269-272.