

Het meten van reistijdbetrouwbaarheid op het wegennet

Notitie

Marlinde Knoope

April 2023

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM

Het meten van reistijdbetrouwbaarheid op het wegennet

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) maakt analyses van mobiliteit die doorwerken in het beleid. Als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) maakt het KiM strategische verkenningen en beleidsanalyses.

De inhoud van de publicaties van het KiM behoeft niet het standpunt van de minister en de staatssecretaris van IenW weer te geven.

Samenvatting

Betrouwbaarheid is de mate waarin reistijden consistent en voorspelbaar zijn. Hoe meer de reistijd hoger of lager is dan de verwachting, des te lager is de betrouwbaarheid. Er zijn verschillende indicatoren ontwikkeld om reistijdbetrouwbaarheid op het wegennet te meten. In deze studie bespreken we 7 verschillende indicatoren:

- Standaarddeviatie; een statistische maat rond de gemiddelde reistijd.
- Variatiecoëfficiënt; de standaarddeviatie gedeeld door de gemiddelde reistijd.
- Buffertijd; extra reistijd die moet worden ingeruimd om met een bepaalde kans op tijd te komen.
- Planningstijdindex; de verhouding tussen de 95% percentiele reistijd en de gemiddelde reistijd.
- Kans op reistijd; de kans dat een verplaatsing binnen een bepaalde reistijd kan worden afgelegd.
- Reistijdverhouding; aandeel van de keren dat de reistijd 2 x zo lang duurt als de free-flow reistijd.
- Ellende-index; de verhouding tussen de reistijd van de 20% langste ritten en de gemiddelde reistijd.

Op basis van gesprekken met Rijkswaterstaat (RWS) en interne discussies hebben we, naast de randvoorwaarde meetbaarheid, 8 criteria opgesteld waaraan een indicator voor reistijdbetrouwbaarheid moet voldoen:

- Waardeert de indicator zowel het disnut van te vroeg als te laat komen?
- Houdt de indicator rekening met de verwachte reistijd waarin al een mate van vertraging zit?
- Aansluiting bij de systematiek van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)
- Onafhankelijk van aannames
- Gevoeligheid voor uitschieters
- Begrijpelijk en communiceerbaar
- Aggregeerbaarheid in de tijd
- Aggregeerbaarheid in de ruimte

Alle geïdentificeerde indicatoren voor betrouwbaarheid voldoen aan de randvoorwaarde van meetbaarheid. Echter geen van de indicatoren voldoet aan alle criteria. De standaarddeviatie en de daaruit afgeleide variatiecoëfficiënt scoren het minst vaak slecht op criteria. Daarnaast scoren ze op 3 criteria goed, namelijk op de onafhankelijkheid van aannames, aansluiting bij de MKBA-methodiek en het meenemen van zowel het disnut van te vroeg als te laat aankomen.

Het is aan te raden om te onderzoeken in hoeverre er afwijkingen optreden als de variatiecoëfficiënt en standaarddeviatie (met en zonder uitsluiting van uitschieters) worden geaggregeerd over ruimte en tijd. Verder is het goed om in gesprek te gaan met gebruikers om te kijken of ze in alle gevallen uit de voeten kunnen met de standaarddeviatie of variatiecoëfficiënt als betrouwbaarheidsindicator.

Inhoud

Samenvatting 3

Inhoud 4

1 Inleiding 5

1.1 Doel, onderzoeksvragen en afbakening 5

1.2 Aanpak 5

1.3 Leeswijzer 5

2 Reistijdbetrouwbaarheid 6

2.1 Wat is reistijdbetrouwbaarheid? 6

2.2 Hoe meten we reistijdbetrouwbaarheid? 7

3 Criteria 11

4 Afweging van de verschillende bereikbaarheidsindicatoren 13

5 Conclusie 16

5.1 Verder onderzoek 17

Referenties 18

Colofon 19

1 Inleiding

Reistijdbetrouwbaarheid is een belangrijk aspect van een reis. Mensen komen niet graag te laat bij een afspraak, maar ze willen ook niet te vroeg arriveren. Dit geldt ook voor het goederenvervoer. Daarom is het belangrijk om de reistijdbetrouwbaarheid van een bepaalde route te weten. Het is voor overheden nodig om de ontwikkeling van de reistijdbetrouwbaarheid in de gaten te houden; in hoeverre verbetert of verslechtert deze door de jaren heen? Maar hoe breng je dat in kaart? Een goede definitie van het begrip reistijdbetrouwbaarheid is hiervoor belangrijk. Momenteel zijn er verschillende definities en indicatoren parallel in gebruik, ieder met hun eigen toepassing. In deze notitie geven we een overzicht van de verschillende betrouwbaarheidsindicatoren. Daarnaast kijken we of we een goede uniforme definitie en indicator voor reistijdbetrouwbaarheid voor het wegverkeer kunnen voorstellen, die gebruikt kan worden in rapportages en databases.

1.1 Doel, onderzoeksvragen en afbakening

Het doel van deze notitie is om een voorstel te doen voor een indicator voor reistijdbetrouwbaarheid voor het wegverkeer die gebruikt kan worden in databases en rapportages. Dit leidt tot de volgende twee onderzoeksvragen:

- *Wat is reistijdbetrouwbaarheid en hoe kan die worden bepaald?*
- *Wat is een goede maat van reistijdbetrouwbaarheid voor het wegverkeer?*

We onderzoeken in deze studie alleen naar objectieve en niet naar subjectieve reistijdbetrouwbaarheid. Daarnaast beperken we ons in deze studie tot het wegverkeer. Ook in het openbaar vervoer (OV) is reistijdbetrouwbaarheid een belangrijk aspect, maar dat valt buiten de scope van deze studie.

1.2 Aanpak

De hiervoor gedefinieerde onderzoeksvragen beantwoorden we door een combinatie van literatuuronderzoek, een interne KiM brainstorm en gesprekken met verschillende stakeholders binnen Rijkswaterstaat (RWS). Via het literatuuronderzoek vinden we de indicatoren die nu gebruikt worden, of voorgesteld zijn, om reistijdbetrouwbaarheid te meten. De voor- en nadelen van elke indicator hebben we besproken tijdens een interne KiM brainstorm. Daarnaast hebben we in de brainstorm criteria opgesteld waar een ideale betrouwbaarheidsindicator aan moet voldoen. Deze criteria zijn tenslotte getoetst en aangevuld in gesprek met RWS.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zoomen we in op het begrip reistijdbetrouwbaarheid; wat is reistijdbetrouwbaarheid en hoe wordt dit gemeten in verschillende studies. Vervolgens stellen we in hoofdstuk 3 criteria op waaraan de indicator voor reistijdbetrouwbaarheid moet voldoen. Deze passen we vervolgens in hoofdstuk 4 toe. Tot slot eindigen we deze notitie met een conclusie.

2 Reistijdbetrouwbaarheid

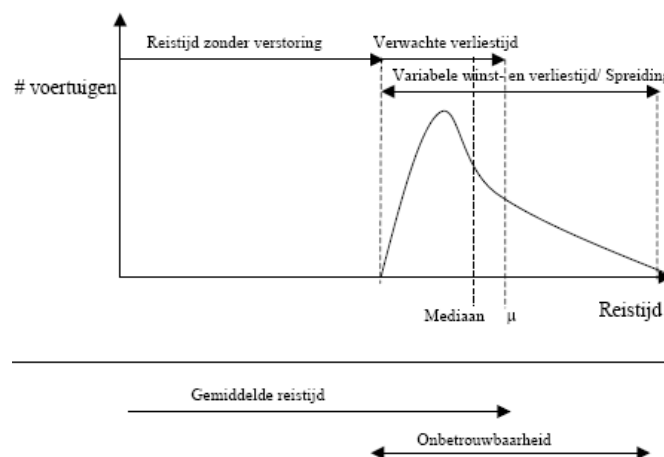
In dit hoofdstuk kijken we naar het begrip reistijdbetrouwbaarheid. Wat is reistijdbetrouwbaarheid en hoe wordt dit momenteel gemeten in verschillende studies?

2.1 Wat is reistijdbetrouwbaarheid?

Er zijn verschillende definities in omloop van reistijdbetrouwbaarheid. Peeters et al., (1998) definieert betrouwbaarheid als de kans dat een reis wordt afgelegd met de vooraf verwachte kenmerken. Als relevante kenmerken onderscheiden zij hierbij niet alleen de reistijd, maar ook vervoerskosten en comfort. OECD en ITF (2010) hanteert een iets nauwere definitie: betrouwbaarheid is de mate waarin reistijden consistent en voorspelbaar zijn. Hoe meer de reistijd hoger of lager is dan de verwachting, des te lager is de betrouwbaarheid.

Het is belangrijk om te beseffen dat er een verschil zit tussen de reistijd op basis van de free-flow snelheid en de verwachte reistijd, zie ook Figuur 2.1. De free-flow snelheid oftewel de reistijd zonder verstoring gaat ervan uit dat je overal door kunt rijden. Dit in tegenstelling tot de verwachte reistijd, die al rekening houdt met het verwachte reistijdverlies. In Figuur 2.1 is de verwachte reistijd μ weergegeven met een stippelijijn en die is gelijk aan de gemiddelde reistijd. De verwachte reistijd kan ook worden uitgedrukt met de mediaan. De mediaan is de middelste waarde als je de reistijden op volgorde zet. Kortom, de helft van de reizen duurt korter en de helft van de reizen duurt langer dan de mediaan. In de praktijk kan je er korter of langer over doen dan de verwachte reistijd (of die nu wordt uitgedrukt met het gemiddelde of met de mediaan). Deze spreiding tussen de verwachte en de daadwerkelijke reistijd is de onbetrouwbaarheid. Dit betekent ook dat als je weet dat je er dinsdagochtend in de spits altijd 10 minuten langer over doet (in vergelijking met bijvoorbeeld 's nachts), dit geen reistijd-onbetrouwbaarheid is.

Figuur 2.1 Het verschil tussen reistijd zonder verstoringen (free-flow reistijd) en de gemiddelde reistijd



Reistijdbetrouwbaarheid geeft aan in hoeverre een bepaald traject telkens weer in nagenoeg dezelfde reistijd af te leggen is. Er kunnen verschillen zijn in zowel de verwachte reistijd als in de betrouwbaarheid tussen bijvoorbeeld de ochtend- en de avondspits. Daarnaast kunnen er ook trajecten zijn waarop veel reistijdvariatie is door incidenten die niet samenhangen met bepaalde tijdstippen.

2.2 Hoe wordt reistijdbetrouwbaarheid gemeten?

Er zijn verschillende indicatoren in omloop die de mate van betrouwbaarheid op het wegennet meten. Die bespreken we hieronder één voor één.

Standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt

De standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt zijn statistische maten die worden bepaald op basis van de verdeling in reistijden. De standaarddeviatie geeft de mate van spreiding van getallen rondom het gemiddelde van deze getallen. In formulevorm ziet dat er als volgt uit:

$$\text{Standaarddeviatie} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \text{gemiddelde reistijd})^2}{N - 1}}$$

Waarin x_i de waarde is van waarneming i en N het aantal waarnemingen. Als de waarnemingen normaal verdeeld zijn dan kan vanuit de standaarddeviatie en het gemiddelde een betrouwbaarheidsinterval berekend worden. Zo omvat het gemiddelde plus minus 2 standaarddeviaties 95% van de waarnemingen.

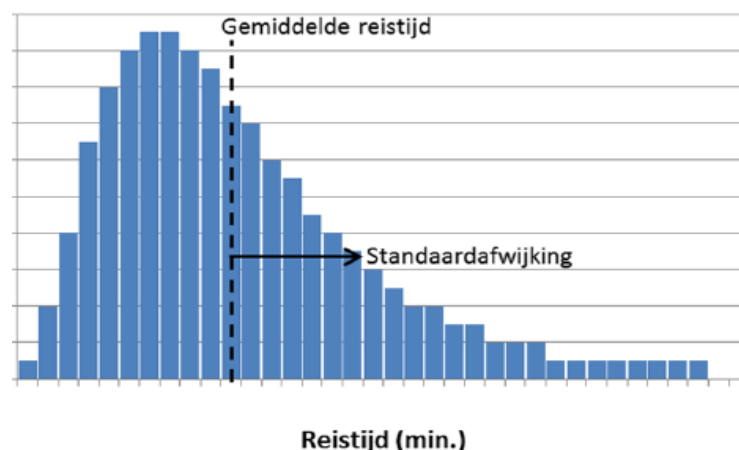
Een variant van de standaarddeviatie is de variatiecoëfficiënt, waarbij de standaarddeviatie gedeeld wordt door de gemiddelde reistijd (Hilbers et al., 2004):

$$\text{Variantiecoëfficiënt} = \left(\frac{\text{standaarddeviatie}}{\text{gemiddelde reistijd}} \right) \times 100\%$$

Een voordeel van de variatiecoëfficiënt ten opzichte van de standaarddeviatie is dat de betrouwbaarheid van trajecten die veel verschillen in lengte en daardoor in gemiddelde reistijd, makkelijker met elkaar te vergelijken zijn. Een andere optie om de standaard deviatie vergelijkbaar te maken voor verschillende routes is om deze te delen door de routelengte (Koomen et al., 2022; Koomen en Jacobs-Crisioni, 2021).

In Figuur 2.2 staat een voorbeeld van een verdeling van de reistijden en de bijbehorende standaarddeviatie. In principe kan de gemiddelde reistijd en de bijbehorende standaarddeviatie voor verschillende tijdsperiodes bepaald worden. Dat is ook belangrijk omdat de gemiddelde reistijd en de standaarddeviatie sterk van de verkeerssituatie afhangen. Dit betekent dat een jaargemiddelde weinig informatief is voor de situatie tijdens een gemiddelde ochtendspits.

Figuur 2.2 Verdeling van de reistijden met daarbij de standaarddeviatie (aangepast van Kouwenhoven et al., 2015)



Voor het Mobiliteitsbeeld van het KiM waarin regulier ook reistijdbetrouwbaarheid wordt opgenomen, is gekozen om de standaarddeviatie per wegvak per kwartier te

bepalen. Daarnaast is het een keuze om extreme reistijden wel of niet mee te nemen in de bepaling van de standaarddeviatie. Extreme reistijden worden dan bijvoorbeeld gedefinieerd als een reistijd die minimaal 1,5 keer zo groot is als de gemiddelde reistijd en bovendien meer dan 3 standaarddeviaties afwijkt van de gemiddelde reistijd (Kouwenhoven et al., 2015; KiM, 2017).

Buffertijd, buffertijdindex en planningstijdindex

De buffertijd kijkt naar hoeveel extra reistijd moet worden gerekend op een bepaald traject om met bijvoorbeeld 95% zekerheid op tijd aan te komen. Voor de buffertijd wordt het verschil van de 95^{ste} percentielwaarde en de verwachte reistijd genomen, waarbij de verwachte reistijd kan verwijzen naar het gemiddelde of de mediaan. Om te zorgen dat de buffertijd voor lange reizen niet veel hoger uitvalt dan voor korte reizen, kan het verschil gedeeld door de gemiddelde of mediane reistijd. Dit leidt tot de buffertijdindex. In formulevorm ziet dat er als volgt uit:

$$\text{Buffertijd} = 95\text{ste percentiel (min)} - \text{gemiddelde of mediane reistijd (min)}$$

$$\text{Buffertijdindex} = \left(\frac{95\text{ste percentiel} - \text{gemiddelde of mediane reistijd}}{\text{gemiddelde of mediane reistijd}} \right) \times 100\%$$

De buffertijdindex zou vervolgens gewogen kunnen worden over alle wegsecties met behulp van de verkeersprestatie (Hilbers et al., 2004). Een buffertijdindex van 0,1 betekend bijvoorbeeld dat mensen 10% extra reistijd moeten inplannen van de verwachte reistijd om in 95% van de gevallen op tijd te komen.

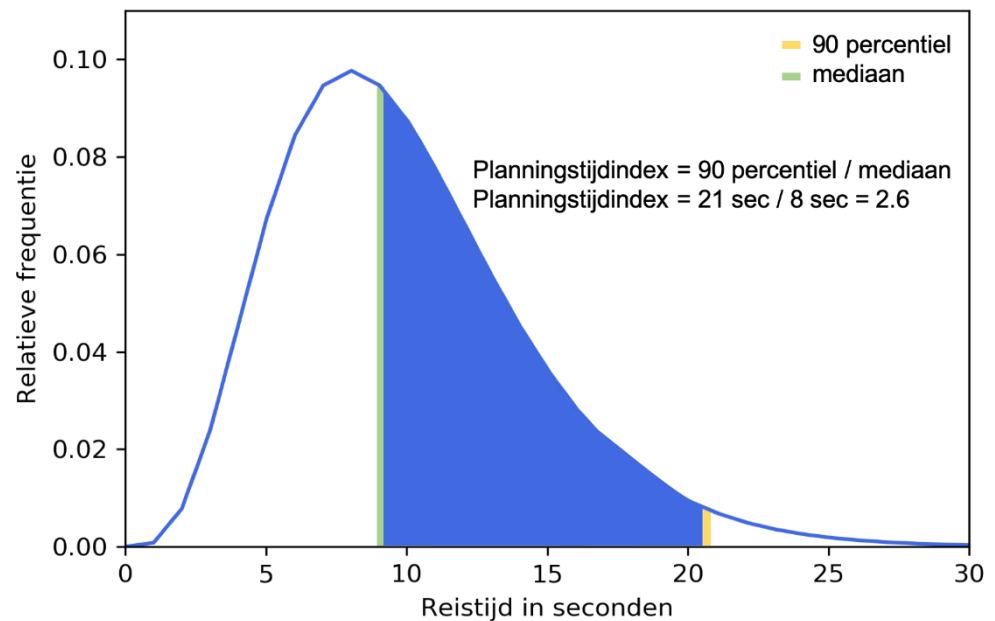
Een variant van de buffertijdindex is de planningstijdindex, die kijkt naar de verhouding tussen het 95% percentiel en de gemiddelde of mediane reistijd. In formulevorm:

$$\text{Planningstijdindex} = \left(\frac{95\text{ste percentiel}}{\text{gemiddelde of mediane reistijd}} \right)$$

Een visuele weergave van de planningstijdindex staat in Figuur 2.3. Merk op dat de planningstijdindex en buffertijdindex sterk aan elkaar gerelateerd zijn.¹ Hierdoor beperken we ons in het vervolg tot de planningstijdindex en de buffertijd.

Figuur 2.3 Voorbeeld van de planningstijdindex (Turpijn en Visser, 2020)

¹ Buffertijdindex = Planningstijdindex - 1



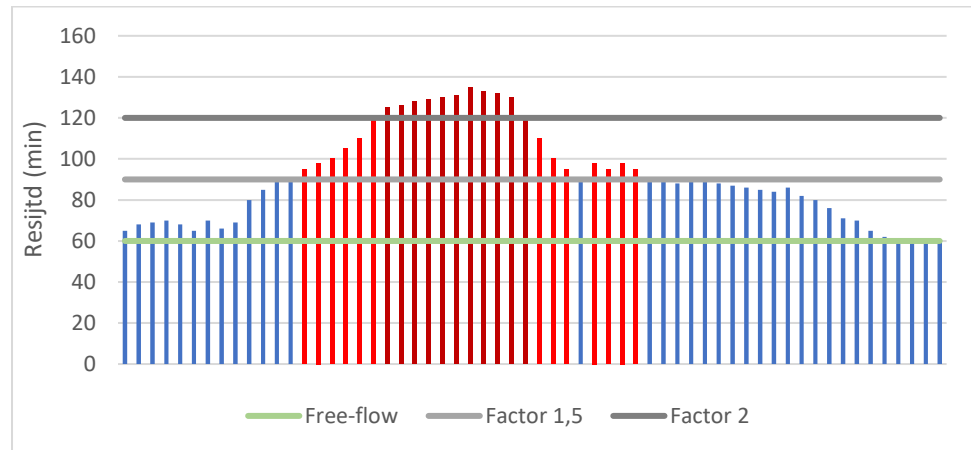
Kans op reistijd

Deze indicator kijkt naar de kans dat een verplaatsing (op een bepaald stuk weg) binnen een bepaalde reistijd kan worden afgelegd. In de Nationale Mobiliteitsmonitor wordt bijvoorbeeld gekeken naar het aandeel van alle verplaatsingen dat op tijd is (RWS AVV, 2007). Hierbij wordt 'op tijd' anders gedefinieerd voor korte, dan voor lange verplaatsingen. Bij lange verplaatsingen (boven de 50 kilometer) mag de afwijking maximaal 20% zijn, anders is de reiziger niet op tijd. Bij kortere verplaatsingen mag de reiziger maximaal 10 minuten vroeger of later aankomen dan de verwachte reistijd. De verwachte reistijd is gebaseerd op een gemiddelde voor de te analyseren periode. Deze definitie wordt ook genoemd in rapportage rijkswegennet (RWS, 2022), maar zover wij weten wordt deze door Rijkswaterstaat niet expliciet gebruikt.

Reistijdverhouding

De reistijdverhouding (ook wel de reistijdfactor genoemd) wordt berekend door de daadwerkelijke reisduur te delen door de free-flow reistijd. Vervolgens wordt gekeken naar het aantal keer dat de reistijdverhouding van het onderzochte traject hoger is dan bijvoorbeeld 1,5 of 2. Een voorbeeld van de reistijdverhouding staat in Figuur 2.4 waarin elk staafje een reistijd reflecteert. In dit Figuur 2.4 staan 60 waarnemingen, daarvan hebben 11 een reistijdverhouding van boven de 2 en 14 een reistijdverhouding tussen de 1,5 en de 2.

Figuur 2.4 Voorbeeld van de reistijdverhouding voor 60 waargenomen reistijden, waarbij de rode staven refereren naar een reistijd die 1,5 x langer is dan de free-flow reistijd en de donderrode staven refereren naar een reistijd die 2 x langer is dan de free-flow reistijd



Ellende-index

De ellende-index gaat ervan uit dat mensen het met name vervelend vinden om zeer lange vertragingen te hebben. Hierdoor wordt gekeken naar de reistijd van de 20% langste ritten ten opzichte van het gemiddelde (Hilbers et al., 2004). In formule-vorm ziet dat er als volgt uit:

$$Ellende_index = \frac{gem. reistijd\ 20\% \ langste\ ritten - gemiddelde\ reistijd}{gemiddelde\ reistijd}$$

3 Criteria

Elk van de bovenstaande indicatoren van betrouwbaarheid zijn met een bepaald doel ontwikkeld en hebben dus allemaal hun eigen kenmerken. Van belang is dat een indicator helder is, dat de indicator de juiste informatie geeft over het doel waarvoor hij gebruikt wordt en dat de indicator ook daadwerkelijk toepasbaar is (Snelder et al., 2004). Voor databases en rapportages is de randvoorwaarde dat de indicator meetbaar is. Een onmeetbare indicator kan immers niet opgenomen worden of getraceerd worden over de tijd. Naast deze randvoorwaarde hebben we 8 criteria opgesteld om de indicatoren te vergelijken:

- Waardeert de indicator zowel het disnut van te vroeg en te laat komen?
- Houdt de indicator rekening met de verwachte reistijd waarin al een mate van vertraging zit?
- Aansluiting bij de systematiek van maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's)
- Aanname onafhankelijk
- Gevoeligheid voor uitschieters
- Begrijpelijk en communiceerbaar
- Optelbaarheid in tijd
- Optelbaarheid geografisch

Deze criteria zijn opgesteld in samenspraak met RWS en via een interne brainstorm. De criteria worden hieronder één voor één toegelicht.

Waardeert de indicator zowel het disnut van te vroeg en te laat komen?

In de definitie van betrouwbaarheid van OECD en ITF (2010) zit expliciet dat betrouwbaarheid niet alleen relateert aan langer onderweg zijn dan verwacht, maar ook aan korter dan verwacht. Dit sluit ook aan bij wat mensen vervelend vinden, niet alleen te laat komen, maar ook te vroeg komen, levert een disnut op (Swierstra en Leusden, 2014; Small, 1982). Volgens de scheduling approach, neemt het disnut af naarmate je dichterbij de gewenste aankomst arriveert. Als de gewenste aankomsttijd is gepasseerd gaat het disnut met een sprong omhoog, de penalty van te laat komen.

Houdt de indicator rekening met de verwachte reistijd waarin al een mate van vertraging zit?

Op een lange reis is het waarschijnlijker dat je 10 minuten vertraging hebt dan op een korte reis, ceteris paribus. Om te voorkomen dat langere reizen zwaarder meetellen in een betrouwbaarheidsindicator moet er op een of andere manier gecorrigeerd worden voor de verwachte reistijd. Deze verwachte reistijd moet al rekening houden met normale vertragingen. Hiervoor is de mediaan de beste indicator, omdat die niet beïnvloed wordt door uitschieters. De second best is de gemiddelde reistijd.

Aansluiting bij MKBA systematiek

In maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's) zijn betrouwbaarheidsverbeteringen of verslechtingen een van de kosten- en batenposten die wordt meegenomen (Warffemius, 2013). Het is handig als de maten van betrouwbaarheid in rapportages en MKBA's overeenkomen.

Aanname onafhankelijk

Sommige indicatoren hebben aannames nodig om ze uit te kunnen rekenen. Hierbij kan gedacht worden aan een bepaalde percentielwaarde, een bepaalde kans of een

maximale vertragingstijd. Over deze aannames kan discussie ontstaan want gebruiken we 90% of 95%-percentielwaarde? Deze discussies zijn ongewenst, waardoor een indicator die aannamen onafhankelijk is, wordt geprefereerd.

Gevoeligheid voor uitschieters

Door verkeerde meting of door extreme omstandigheden kunnen er uitschieters in de data voorkomen. Vooral een sterke gevoeligheid voor uitschieters van verkeerde metingen is ongewenst. In deze notitie testen we de gevoeligheid door 1 van de 100 waarnemingen 3 keer hoger dan het gemiddelde te zetten.

Begrijpelijk en communiceerbaar

Dit criterium gaat over hoe duidelijk de indicator begrepen wordt door wegbeheerders en door het grote publiek. Een begrijpelijke indicator is ook makkelijk te communiceren en goed uit te leggen.

Aggregeerbaarheid in tijd en ruimte

In databases (zoals Dexter en ShiVi van RWS) kunnen over verschillende tijdsperiodes en verschillende wegvakken data worden gedownload. Dit betekent dat iemand geaggregeerde data kan downloaden van een jaar of uitgesplitste data in tijdsvakken van maanden voor hetzelfde jaar. Hetzelfde geldt voor ruimtelijke specificaties, iemand kan geaggregeerde data van een aantal wegvakken of van meerdere wegvakken afzonderlijk downloaden. Om te voorkomen dat de betrouwbaarheid anders wordt als iemand zelf wegvakken of maanddata aggregeert, is aggregeerbaarheid in de tijd en ruimte handig.

4 Afweging van de verschillende bereikbaarheidsindicatoren

In het vorige hoofdstuk hebben we een randvoorwaarde van meetbaar vastgesteld en 8 criteria opgesteld. Alle betrouwbaarheidsindicatoren voldoen aan de randvoorwaarde van meetbaarheid. In dit hoofdstuk gaan we per betrouwbaarheidsindicator na in hoeverre deze voldoet aan de opgestelde criteria. In Tabel 4.1 staat een samenvatting van de score per criteria.

De *standaarddeviatie* sluit volledig aan bij de MKBA-systematiek, is aanname onafhankelijk en is een van de weinige indicatoren die het disnut van te vroeg komen meeneemt. Een nadeel van de standaarddeviatie is de gevoeligheid voor uitschieters. Dit kan voorkomen worden door uitschieters (die bijvoorbeeld buiten drie standaarddeviaties vallen) niet mee te nemen in de berekening van de standaarddeviatie. Daarnaast is de standaarddeviatie niet goed te aggregeren in ruimte en tijd. Bij een simpele optelling wordt de covariantie niet meegenomen, wat leidt tot een afwijking.² Een ander nadeel is dat de standaarddeviatie toeneemt bij langere trajecten. Dit nadeel heeft de variatiecoëfficiënt niet.

De *variatioecoëfficiënt* is afgeleid van de standaarddeviatie en scoort dan ook vrijwel hetzelfde als de standaarddeviatie. Ook de variatioecoëfficiënt is slecht te aggregeren over tijd en ruimte, neemt het disnut van te vroeg komen mee, is aanname onafhankelijk en sluit (na een kleine conversie) aan bij de MKBA-systematiek. Deze indicator heeft als voordeel ten opzichte van de standaarddeviatie dat het corrigeert voor de gemiddelde reistijd. Het is echter niet heel gemakkelijk om aan weggebruikers en wegbeheerders uit te leggen wat de variatioecoëfficiënt is. Dit komt de begrijpelijkheid en communiceerbaarheid niet ten goede.

De *planningstijdindex* geeft een indicatie van de reistijd die moet worden uitgetrokken om een grote kans te hebben om ergens op tijd te komen. Deze indicator scoort het beste op het criteria de 'verwachte reistijd is erin verwerkt' omdat de indicator gebaseerd kan zijn op de mediaan. Net zoals de standaarddeviatie en de variatioecoëfficiënt is de planningstijdindex in principe niet te aggregeren in ruimte en tijd. Een nadeel van de planningstijdindex ten opzichte van de standaarddeviatie is dat de indicator slecht aansluit bij de MKBA-systematiek en gevoelig is voor aannames omtrent de percentielwaarde. Daarnaast houdt de planningstijdindex geen rekening met het disnut van te vroeg komen.

De *kans op reistijd* is, naast de standaarddeviatie en de variatioecoëfficiënt, de enige indicator die het disnut van te vroeg komen meeneemt. De indicator is ongevoelig voor uitschieters. De indicator is afhankelijk van aannames omtrent wat een acceptabele afwijking is voor korte en voor lange verplaatsingen en wat een korte en lange verplaatsing is. Hier kan veel discussie over ontstaan. Deze indicator is waarschijnlijk redelijk te middelen over de tijd, maar lastig geografisch aggregeerbaarheid.

De *reistijdverhouding* scoort beter op de aggregeerbaarheid over de tijd dan de standaarddeviatie en de planningstijdindex, maar daar staat tegenover dat deze indicator uitgaat van de freeflow reistijd in plaats van een gemiddelde of mediane reistijd. Hierdoor zit de verwachte vertraging niet verwerkt in de indicator. Ook voor

² Om standaarddeviaties op te tellen heb je niet alleen de standaarddeviaties van de afzonderlijke delen nodig, maar ook de covariantie. Die wordt bij een simpele optelling genegeerd, wat leidt tot afwijkingen. In formule vorm wordt de laatste term genegeerd. $SD(X+Y)=SD(X)+SD(Y)+2Cov(X,Y)$.

deze indicator moeten er aannames over een acceptabele reistijdverhouding gemaakt worden.

De *buffertijd* bekijkt hoeveel extra tijd er nodig is op een bepaald traject om met een bepaalde kans op tijd te komen. Aangezien het traject alles kan zijn van een wegvak van 1 km tot een rit van Amsterdam naar Den Haag, is het lastig om de uitkomst op waarde te schatten. Daarnaast hangt de uitkomst af van welke kans wordt aangenomen. Een voordeel van de buffertijd is dat deze als enige indicator ruimtelijk te aggregeren is en dat het aansluit bij de belevingswereld van mensen waardoor de indicator makkelijker uitlegbaar is.

De *ellende-index* scoort het slechtst van alle indicatoren. De indicator is niet consistent met de MKBA-systematiek, gevoelig voor aannames, slecht aggregaerbaar en lastig te begrijpen en te communiceren.

Het meten van reistijdbetrouwbaarheid op het wegennet

Tabel 4.1 Beoordeling indicatoren op basis van criteria

	Standaarddeviatie	Variatie-coëfficiënt	Buffertijd	Planningstijdindex	Kans op reistijd	Reistijdverhouding	Ellende-index
Disnut van te vroeg komen	+	+	-	-	+	-	-
Verwachte reistijd erin verwerkt	0/-	0	0/-	+	0	0/-	0
Aansluiting bij MKBA-systematiek	+	0/+	-	-	-	-	-
Aanname onafhankelijk	+	+	-	-	-	-	-
Ongevoelig voor uitschieters	0/-	0/-	-	0/-	+	+	0/-
Begrijpelijk en communiceerbaar	0	0/-	0/+	0	0/-	0/-	-
Aggregeerbaarheid over tijd	0/-	0/-	0	0	0	+	-
Aggregeerbaarheid over ruimte	-	-	+	-	-	-	-

5 Conclusie

In deze korte notitie hebben we verschillende indicatoren voor reistijdbetrouwbaarheid op de weg beschreven. Vervolgens hebben we op basis van 8 criteria bekeken welke indicator voor reistijdbetrouwbaarheid het beste scoort.

Wat is reistijdbetrouwbaarheid en hoe kan het worden bepaald?

Er zijn verschillende definities van reistijdbetrouwbaarheid in omloop. In deze studie sluiten we aan bij de definitie van ITF en OECD. Deze luidt: betrouwbaarheid is de mate waarin reistijden consistent en voorspelbaar zijn. Hoe meer de reistijd hoger of lager is dan de verwachting, des te lager is de betrouwbaarheid. Er zijn verschillende indicatoren ontwikkeld om betrouwbaarheid te meten, elk met een eigen doel. In deze studie hebben we 7 verschillende indicatoren besproken:

- Standaarddeviatie; een statistische maat rond de gemiddelde reistijd.
- Variatiecoëfficiënt; de standaarddeviatie gedeeld door de gemiddelde reistijd.
- Buffertijd; extra reistijd die moet worden ingeruimd om met een bepaalde kans op tijd te komen.
- Planningstijdindex; de verhouding tussen de 95% percentiele reistijd en de gemiddelde reistijd.
- Kans op reistijd; de kans dat een verplaatsing binnen een bepaalde reistijd kan worden afgelegd.
- Reistijdverhouding; aandeel van de keren dat de reistijd 2 x zo lang duurt dan de free-flow reistijd.
- Ellende-index; de verhouding tussen de reistijd van de 20% langste ritten en de gemiddelde reistijd.

Wat is een goede maat van reistijdbetrouwbaarheid voor het wegverkeer?

Voordat we kunnen bepalen wat een goede maat is voor reistijdbetrouwbaarheid van het wegverkeer, moeten we eerst vast stellen waaraan zo'n maat moet voldoen. Een randvoorwaarde is dat de indicator meetbaar is. Daarnaast hebben we 8 criteria opgesteld waaraan een indicator voor reistijdbetrouwbaarheid moet voldoen op basis van gesprekken met RWS en interne discussies hebben. Deze criteria zijn:

- Waardeert de indicator zowel het disnut van te vroeg en te laat komen?
- Houdt de indicator rekening met de verwachte reistijd waarin al een mate van vertraging zit?
- Aansluiting bij de MKBA systematiek
- Onafhankelijk van aannames
- Gevoeligheid voor uitschieters
- Begrijpelijk en communiceerbaar
- Aggregeerbaarheid in de tijd
- Aggregeerbaarheid in de ruimte

Alle geïdentificeerde betrouwbaarheidsindicatoren voldoen aan de randvoorwaarde van meetbaarheid. Echter geen van de indicatoren voldoet aan alle criteria (zie ook Tabel 4.1.). Vooral aggregeerbaarheid in de ruimte en tijd zijn lastig en geen van de indicatoren voldoen aan beide aggregatiecriteria. Ook scoort geen van de indicator goed op het criteria 'begrijpelijk en communiceerbaar'.

De standaarddeviatie en de daaruit afgeleide variatiecoëfficiënt scoren het minst vaak slecht op criteria. Daarnaast scoren ze op 3 criteria goed, namelijk op de aanname onafhankelijk, aansluiting bij de MKBA-methodiek en het meenemen van zowel het disnut van te vroeg als te laat aankomen. We adviseren om naast de

gemiddelde reistijd in ieder geval de standaarddeviatie of de variatiecoëfficiënt op te nemen in databases en rapportages. Vanuit deze 2 variabele kan namelijk gemakkelijk de andere betrouwbaarheidsindicator worden berekend; de standaarddeviatie gedeeld door de gemiddelde reistijd geeft de variatiecoëfficiënt.

Het is wellicht de moeite waard om te bekijken of het technisch mogelijk is om extreme reistijden uit te sluiten bij de bepaling van de standaarddeviatie. Een voordeel is dat de indicator dan ongevoeliger wordt voor uitschieters. Tegelijkertijd moet echter bekeken worden of dit voordeel opweegt tegenover eventuele nadelen, zoals trendbreuken, introduceren van een aanname afhankelijkheid en wellicht een lagere begrijpelijkheid en communiceerbaarheid van de indicator.

Eventueel kan overwogen worden om naast de standaarddeviatie of variatiecoëfficiënt nog een andere betrouwbaarheidsindicator op te nemen in databases en rapportages. De reistijdverhouding, de kans op reistijd of de planningstijdindex lijken de meest geschikte kandidaten om eventueel op te nemen als tweede betrouwbaarheidsindicator. Als meerdere betrouwbaarheidsindicatoren worden gebruikt dan moet wel duidelijk zijn voor de gebruiker welke betrouwbaarheidsmaat voor de ene dan wel voor de andere toepassing gebruikt kan worden om verwarring en eventuele cherry-picking te voorkomen. Het is namelijk denkbaar dat de waarde van indicatoren zich verschillend ontwikkelen, en je wilt voorkomen dat de ene partij stelt dat de betrouwbaarheid van een weg over een gegeven periode is afgenomen (op basis van bijvoorbeeld de planningstijdsindex) en de andere dat de betrouwbaarheid is toegenomen (op basis van bijvoorbeeld de standaarddeviatie of variatiecoëfficiënt).

5.1 Verder onderzoek

Het is aan te raden dat Rijkswaterstaat onderzoekt in hoeverre er afwijkingen optreden als de standaarddeviatie en de variatiecoëfficiënt (met en zonder uitsluiting van uitschieters) wordt geaggregeerd over ruimte en tijd. Daarnaast is het aan te raden om een disclaimer mee te geven bij databases dat er afwijkingen kunnen ontstaan als de betrouwbaarheidsindicator door de gebruiker zelf wordt geaggregeerd over ruimte en tijd.

Verder is het goed om in gesprek te gaan met de gebruikers van reistijd onbetrouwbaarheidsindicatoren om te kijken of ze in alle gevallen uit de voeten kunnen met de standaarddeviatie of de variatiecoëfficiënt (met of zonder uitsluiting van uitschieters) als betrouwbaarheidsindicator. Zo ja, dan heeft het de voorkeur om geen andere indicator voor betrouwbaarheid in databases en rapportages op te nemen.

Referenties

- Hilbers, H., J. R. van Eck en D. Snellen (2004). Behalve de dagelijkse files. Over betrouwbaarheid van reistijd. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)
- KiM (2017). Mobiliteitsbeeld 2017. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)
- Koomen, E., C. Jacobs-Crisioni, Y. Köning (2022). Betrouwbaarheid reistijden; analyse op basis van floating car data. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Koomen, E. en C. G. W. Jacobs-Crisioni (2021). Deur-tot-deur reistijdbetrouwbaarheid op basis van floating car data: Onderzoek naar temporele en ruimtelijke variatie in betrouwbaarheid reistijden. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Kouwenhoven, M., M. Mulder, H. van Mourik (2015). Betrouwbaarheid van reistijden in het LMS/NRM. *Tijdschrift Vervoerswetenschappen* 51 (1), p 3-16.
- OECD en ITF (2010). Improving Reliability on Surface Transport Networks. Organisation for Economic co-operation and development (OECD) en International Transport Forum (ITF).
- Peeters, P., Rietveld, P., Bruinsma, F. R., van Vuuren, D. J., & Rooijers, A. J. (1998). Hoe Laat Denk je Thuis te Zijn? Hoofdrapport. Den Haag: Pb IVVS.
- RWS (2022). Rapportage Rijkswegennet 23 periode 2022: 1 mei – 1 augustus. Rijkswaterstaat en Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- RWS AVV (2007). Nationale Mobiliteitsmonitor 2006. Rotterdam: Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer (RWS AVV).
- Small, K., (1982). The scheduling of consumer activities: work trips. *American Economic Review* 72, pp. 467-479.
- Snelder, M., B. Immers, I. Wilmink (2004). De begrippen betrouwbaarheid en robuustheid nader verklaard. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk (CVS).
- Swierstra, A., en R. van Leusden, R. (2014). Reistijdbetrouwbaarheid in strategische vervoersmodellen: Buffer tijd versus standaarddeviatie. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk (CVS).
- Turpijn, B. en E. Visser (2020). NDW kiest maat voor betrouwbaarheid: de planningstijdindex. *NM magazine* februari 2020.
- Warffemius, P. (2013). De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

Colofon

Dit is een uitgave van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM),
ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

April 2023

Auteur:

Marlinde Knoope

Vormgeving en opmaak: IenW

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

Bezuidenhoutseweg 20

2594 AV Den Haag

Postbus 20901

2500 EX Den Haag

Telefoon : 070 456 1965

Website : www.kimnet.nl

E-mail : info@kimnet.nl

Publicaties van het KiM zijn als PDF te downloaden van onze website www.kimnet.nl
of aan te vragen bij het KiM (via info@kimnet.nl). U kunt natuurlijk ook altijd
contact opnemen met één van onze medewerkers.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van
bronvermelding: Knoope, M. (2023), Het meten van reistijdbetrouwbaarheid op het
wegennet. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).