

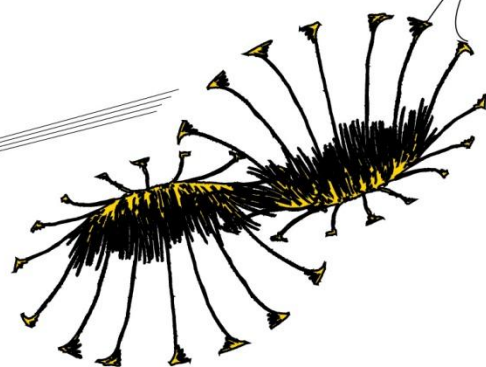


De Kracht Van Omleidingen

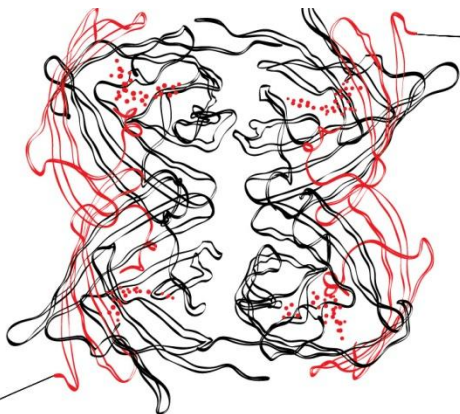
Onderzoek naar verkeersgedrag bij wegafsluitingen en het modelleren daarvan

Ronald Kuin

Afstudeerscriptie MSc. Civil Engineering and Management



provincie Overijssel



UNIVERSITEIT TWENTE.



De Kracht Van Omleidingen

Onderzoek naar verkeersgedrag bij wegafsluitingen en het modelleren daarvan

R. N. Kuin BSc.

Studentnummer: 0112194

r.n.kuin@student.utwente.nl

Afstudeerscriptie

Master of Science

Civil Engineering and Management

Universiteit Twente

Uitgevoerd in opdracht van:

Provincie Overijssel

Eenheid Wegen en Kanalen

Begeleiders:

Prof. dr. E.C. van Berkum

Universiteit Twente

Ing. K.M. van Zuilekom

Universiteit Twente

Ing. H. Bos MSc.

Provincie Overijssel

Ir. J. de Kleine

Provincie Overijssel

Deventer, april 2013

Voorwoord

Deze studie is uitgevoerd als afstudeerscriptie voor de masterstudie Civil Engineering and Management aan de Universiteit Twente. Bij de provincie Overijssel is binnen het project Hinderarm Wegbeheer een onderzoek gedaan naar verkeersgedrag bij wegafsluitingen en het modelleren hiervan. Dit onderzoek dient als validatie van het model dat de hoeveelheid hinder voorspelt. Hiermee moet het mogelijk worden verschillende onderhoudsstrategieën te vergelijken.

In augustus 2012 begon ik met het onderzoek bij de provincie Overijssel. Hierbij moesten gelijk keuzes gemaakt worden uit alle beschikbare gegevens en mogelijk locaties voor telpunten, het aanbod aan mogelijkheden was overweldigend. Het vervolg van het onderzoek verliep daarna niet zo soepel als verwacht. Het verkeersgedrag van automobilisten is niet zo eenduidig als gehoopt; er zit veel variatie in en het is lastig te meten. Ook zijn de verschillen tussen de projecten groot. Daarnaast was het uitvoeren van de simulaties lastiger dan gehoopt. Er moesten meer aanpassingen gedaan worden aan het model en ook waren fouten lastig op te sporen.

Een half jaar heb ik deel uit mogen maken van de 'WK-familie' en veel geleerd over het onderhoud en aanleggen van provinciale wegen. Velen hebben hun steentje bijgedragen aan het onderzoek en hen wil ik dan ook bedanken. Allereerst mijn begeleiders bij de provincie Overijssel, Jaap de Kleine en Henry Bos. Ook de andere medewerkers van de provincie die informatie hebben geleverd en Ton ter Wee die de telpunten heeft geplaatst. Vanuit de Universiteit Twente zijn de begeleiders Eric van Berkum en Kasper van Zuilekom geweest. Zij hebben de nodige sturing aan het project gegeven.

Ik wens u, de lezer, veel inzicht en plezier toe bij het lezen van dit rapport.

Deventer, 23 april 2013

Ronald Kuin

Samenvatting

Vaak veroorzaken wegwerkzaamheden in verband met onderhoud hinder voor weggebruikers en de omgeving. Het is wenselijk om de hoeveelheid hinder mee te nemen bij het vergelijken van onderhoudsstrategieën. Voor het voorspellen van de hinder tijdens wegwerkzaamheden kunnen verkeersmodellen gebruikt worden. De meeste verkeersmodellen houden echter niet expliciet rekening met afsluitingen en omleidingen. Het Hinderarm Wegbeheer-model (HW-model) doet dit wel en wordt in dit onderzoek gevalideerd.

In dit onderzoek is voor vijf wegonderhoudsprojecten met wegafsluiting aan provinciale wegen in Overijssel het verkeersgedrag onderzocht en gekeken in hoeverre dit gedrag goed voorspeld wordt door het HW-model. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de keuze van automobilisten bij wegafsluitingen tussen een omleidingsroute en een alternatieve route. Daarnaast wordt het HW-model vergeleken met standaard verkeersmodellen.

Bij een wegafsluiting moeten mensen een andere route kiezen, op een ander tijdstip reizen, een andere bestemming of een andere modaliteit kiezen, trips combineren of de trip niet maken. Er is geprobeerd om deze veranderingen in het gedrag vast te leggen. Hiertoe zijn verkeerstellingen gedaan vooraf, tijdens en na de afsluiting.

Er is een afname van de intensiteit op het werkvak enkele uren voor en na de werkzaamheden gemeten. Tijdens de werkzaamheden volgt 10% tot 80% van het verkeer de aangewezen omleiding. Voor de meeste projecten is het percentage verkeer dat de omleiding kiest het hoogst in de ochtendspitsperiode. Er is tevens een indicatie dat de intensiteit op de screenlines afneemt tijdens de werkzaamheden. Dit kan veroorzaakt worden doordat automobilisten trips niet maken, voor een ander vervoersmiddel kiezen of kiezen voor een andere bestemming.

Het HW-model verschilt in een aantal opzichten van standaard verkeersmodellen. Ten eerste wordt aangenomen dat lokaal verkeer altijd de kortste route kiest. Daarnaast wordt het niet-lokale verkeer verondersteld minder bekend te zijn in het gebied rondom de werkzaamheden. Hierdoor hebben ze een voorkeur voor het volgen van de omleidingsroute en maken ze minder snel gebruik van 30 km- en 60 km-zones. Dit wordt in het model gesimuleerd door de gegeneraliseerde kosten aan te passen. Hoeveel extra verkeer er op de omleidingsroute wordt toegedeeld, wordt in hoge mate bepaald door het percentage lokaal verkeer in de simulatie.

Bij de validatie zijn voor vijf projecten de modelresultaten van het standaardmodel en het HW-model vergeleken met de tellingen van voertuigenaantallen op individuele telpunten, screenlines en de determinatiecoëfficiënt. Hieruit blijkt dat de simulaties voor de restdagperiodes beter scoren dan de simulaties voor de spitsperiodes. Het aantal voertuigen op wegen voorspelt het standaardmodel beter dan het HW-model.

De verdeling van het verkeer van het werkvak over de alternatieve routes is in het HW-model nog niet goed, maar wel beter dan bij de standaardmodellen. Het HW-model overschat in de onderzochte projecten het gebruik van de omleiding en onderschat het gebruik van 60 km-zones tijdens wegafsluitingen in de projecten met een hoog percentage lokaal verkeer. Daarentegen is in projecten met een laag percentage lokaal verkeer het gebruik van de omleiding onderschat.

De huidige uitkomsten van de simulaties met het HW-model zijn niet nauwkeurig genoeg voor het bepalen van de hoeveelheid hinder van onderhoudsstrategieën in absolute zin. Wel kunnen met het HW-model omleidingsroutes beoordeeld worden. Hiermee kunnen knelpunten in en de effectiviteit van de omleidingsroute geanalyseerd worden.

Een belangrijke rol in het verschil tussen de gemeten en voorspelde intensiteiten speelt het feit dat het aantal voertuigen over een screenline (en daarmee de HB-matrix) anders is in de situaties met afsluiting. Dit is niet opgenomen in het model. Ook is de originele matrix geneigd voertuigenaantallen te overschatten.

Er zijn aanwijzingen dat er ook lokaal verkeer is dat de omleidingsroute kiest. Dit zou betekenen dat er een andere selectie van lokaal verkeer gebruikt moet worden of dat er ook een deel van het lokale verkeer in het model aan de omleidingsroute toegedeeld moet worden. Meer waarnemingen zouden gedaan moeten worden om hier aannames over te kunnen doen.

Summary

Road works often cause hindrance for the road users of the road and the local residents. Therefore it is desirable to consider the amount of hindrance when comparing maintenance strategies. Traffic models can be used to predict the amount of hindrance during road works. Most of the existing traffic models do not take road closures and deviation routes into account explicitly. However, the Hinderarm Wegbeheer-model (HW-model) does this and is validated in this research.

In this research the traffic behaviour is investigated for five road maintenance projects with road closure at provincial roads in Overijssel and is analysed to what extent this behaviour is well predicted in the HW-model. In this research the focus is on the choice of car drivers between the deviation route and an alternative route. Also the HW-model is compared with standard models.

In case of a road closure people have to choose another route, travel at another time, choose another destination or another modality, combine trips or do not make the trip. In this research is tried to record these changes. To do this traffic counts have been executed during, before and after the road works.

A decrease in intensity on the road works section is observed in the period several hours before and after the road works. During the road works 10% to 80% of the traffic follows the designated deviation route. For most of the projects the percentage of traffic that chooses the deviation routes is highest in the morning peak. Besides, an indication of a decrease of intensity is observed on the screenline during road works compared to the situation without road works. This can be caused by cars drivers not making trips, choosing another modality or choosing another destination.

The HW-model has a couple of differences with standard models. So is assumed that local traffic always chooses the shortest route. Besides, non-local traffic is assumed to be less known in the area. As a result they have a preference for the deviation route and they are less likely to use 30 km- and 60 km-zones. This is simulated in the model by adjusting the generalized costs. The amount of extra traffic that is assigned to the deviation route is largely determined by the percentage of local traffic in the simulation.

Predictions were made with the HW-model and the standard model for the five investigated projects. In the validation these model results were compared with the traffic counts of the number of vehicles on individual counting points, screenlines and the coefficient of determination. The validation shows that the simulations for the rest day periods score better than the simulations for the peak periods. The standard model scores better than the HW-model in predicting number of vehicles.

The distribution of the traffic of the road works section over the alternative routes is not good yet, but it is better than in the standard models. The HW-model overestimates the use of the deviation route and underestimates the use of the 60 km-zones during road works in the project with a high percentage of local traffic. On the other hand, the use of the deviation route is underestimated in projects with a low percentage of local traffic.

The present results of the simulations with the HW-model are not accurate enough to determine the amount of hindrance of maintenance strategies in absolute terms. However, deviation routes can well be reviewed. In these analysis the bottlenecks and the efficacy of the deviation route can be investigated.

An important issue in the difference between the model predictions and the traffic counts is the fact that the number of vehicles over a screenline (and thus the OD-matrix) is different in the situations with road closure. This is not taken into account by the model. Also the route distribution in the HW-model is not good yet, although it is better than in standard models.

Indications were found that also a part of the local traffic chooses the deviation route. This would mean that another selection of the local traffic has to be used or that a part of the local traffic too should be assigned in the model to the deviation route. More observations should be obtained to make good assumptions about this.

Inhoudsopgave

Begrippenlijst en gebruikte afkortingen.....	13
Hoofdstuk 1 Inleiding	15
Aanleiding.....	15
Onderzoeksvragen en begripsbepaling.....	16
Onderzoeksopzet.....	17
Opbouw rapport.....	17
Hoofdstuk 2 Hinderproblemen bij wegafsluitingen	19
Veranderingen in verkeersgedrag.....	19
De effecten van werkzaamheden.....	20
Mogelijke modeltypes voor bepaling van hinder.....	22
Conclusie over de hinder bij wegafsluitingen en het modelleren hiervan	22
Hoofdstuk 3 Hinderarm Wegbeheer-project	25
Modelmethodiek.....	25
Onderzoeksmethode.....	26
Hoofdstuk 4 Effect van het Hinderarm Wegbeheer-model	33
Aandeel lokaal verkeer.....	33
Aantal voertuigen 60 km-zones.....	34
Toename van verkeer op omleidingsroute	35
Screenlines	35
Conclusie over het effect van het Hinderarm Wegbeheer-model.....	36
Discussie simulatieproces.....	37
Hoofdstuk 5 Het Gemeten Verkeersgedrag.....	39
Seizoensvariatie.....	39
Tijdsverplaatsing.....	41
Routeverandering.....	42
Voertuigen over de screenline	43
Conclusie over het gemeten verkeersgedrag.....	43
Hoofdstuk 6 Validatie	45
Richtlijn 1: $R^2 > 0,88$ en een controle van de spreidingsplot.....	45
Richtlijn 2: GEH < 5 voor 85% van de telpunten.....	46
Richtlijn 3: GEH < 4 voor 95% van de screenlines	47
Verdeling werkvakverkeer over alternatieve routes binnen 10 procentpunt per telpunt	48
Aantallen voertuigen in 60 km-zones.....	49
Conclusie over validiteit van de verkeersmodellen	50

Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen.....	51
Bibliografie	55
Bijlage 1 Werkwijze bij wegonderhoud bij provincie Overijssel	57
Bijlage 2 Kaarten.....	61
Bijlage 3 Matrix herschatting	69
Bijlage 4 Plots gesimuleerde en getelde intensiteiten	71
Bijlage 5 Resultaten gedragsonderzoeken bij projecten.....	77
Bijlage 6 Verdeling werkvakverkeer over alternatieve routes	85

Begrippenlijst en gebruikte afkortingen

All-or-Nothing toedeling	Toedeling waarbij in één iteratie alle verkeer op de route met de laagste generaliseerde kosten wordt toegedeeld.
Avondspits	Periode van 16:00 tot 18:00 uur.
Belastingen	Het aantal voertuigen op een wegvak.
BPR-functie	Functie, ontwikkeld door het Amerikaanse Bureau for Public Roads, die beschrijft hoe de snelheid afneemt op een weg als de i/c-verhouding toeneemt.
CROW	Nederlands kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte.
FHWA	Federal Highway Agency, wegbeheerder voor de rijkswegen in de VS.
GEH	De GEH waarde wordt berekend met de volgende formule: $GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{(M+C)}}$ waarbij M de gemodelleerde verkeersbelasting is en C de waargenomen belasting.
HB-matrix	Herkomst-Bestemmingsmatrix, matrix met daarin voor alle zones per cel het aantal trips tussen een herkomst en een bestemming.
Hinderscan	Methode om een inschatting van de ernst van de hinder en te nemen maatregelen te maken bij wegonderhoud.
HW-model	Hinderarm Wegbeheer-model; de toedelingsmethodiek die ontwikkeld is in het Hinderarm Wegbeheerproject met de verdeling in lokaal en niet-lokaal verkeer, de aanpassingen in kosten en de volgorde van toedeling.
I/C-verhouding	Intensiteit/Capaciteit-verhouding; het aantal voertuigen per tijdseenheid gedeeld door het theoretische maximum aantal voertuigen per tijdseenheid.
Macroscopisch model	Macroscopische modellen zijn gebaseerd op de deterministische relaties tussen de intensiteit, snelheid en dichtheid van de verkeersstroom. De verkeersstromen worden geaggregeerd gesimuleerd en de beweging van individuele voertuigen wordt niet gemodelleerd. (Federal Highway Administration, 2009)
Mesoscopisch model	Model tussen macro- en microscopisch in. Er wordt rekening gehouden met de opbouw van congestie en de verplaatsing van groepen voertuigen over het netwerk wordt gesimuleerd. (Federal Highway Administration, 2009)
Microscopisch model	Dit type modellen simuleert het gedrag van individuele voertuigen met onder andere volgedrag en het veranderen van rijbaan. Hierbij wordt de positie van de voertuigen geüpdatet voor iedere seconde (of een vergelijkbare periode) over de verplaatsing in het netwerk. (Federal Highway Administration, 2009)
Modaliteit	Soort vervoersmiddel.
Ochtendspits	Periode van 7:00 tot 9:00 uur.

OmniTRANS	Software en interface voor het maken en gebruiken van verkeersmodellen.
Omrijfactor	Het aantal kilometer dat iemand extra wil rijden om één kilometer rijden in een 30 km- of een 60 km-zone te vermijden.
Omrijroute factor	Het aantal kilometer dat iemand extra wil rijden op een omleidingsroute om één kilometer rijden buiten een omleidingsroute te vermijden.
R ²	<p>Determinatiecoëfficiënt: $R^2 = 1 - \frac{SS_{err}}{SS_{tot}}$,</p> <p>som van de kwadratische verschillen: $SS_{err} = \sum_i (y_i - f_i)^2$,</p> <p>totale som van de kwadraten: $SS_{tot} = \sum_i (y_i - \bar{y})^2$,</p> <p>waarbij: f_i = gemodelleerde waarde y_i = geobserveerde waarde \bar{y} = gemiddelde van geobserveerde waarden</p>
Restdag	De periodes van de dag buiten de ochtend- en avondspits. Dus 0:00-07:00, 09:00-16:00 en 18:00-24:00 uur.
Screenline	Een screenline is een denkbeeldige lijn die doorsneden wordt door al het verkeer van en naar een bepaald gebied.
Selected-link analyse	Analyse waarbij gekeken wordt voor een bepaald wegvak waar het verkeer op dat wegvak vandaan komt en naartoe gaat.
Sketch-planning	Tools met specifieke doelen die beperkte verkeerstellingen en capaciteitsgegevens gebruiken (Federal Highway Administration, 2009).
Sluiproute	De wegen van lagere orde in het invloedsgebied van de wegafsluitingen die als alternatieve route gebruikt kunnen worden.
Standaardmodel	Verkeersmodel met een toedeling zonder de aanpassingen van het HW-model.
t-toets	Statistische toets die gebruikt kan worden om vast te stellen of het gemiddelde van een groep afwijkt van een bepaalde waarde en of het gemiddelde van twee groepen verschillende is of niet. (Trochi, 2006)
Toedeling	Proces waarbij per herkomst en bestemming de route voor automobilisten bepaald wordt. Het aantal voertuigen met die herkomst en die bestemming wordt aan dat wegvak toegerekend.
Trips	Modeleenheid, een verplaatsing tussen een herkomst en een bestemming.
Volume Averaging-toedeling	Toedeling waarbij in meerdere stappen een steeds kleiner deel van het verkeer opnieuw wordt toegedeeld.
Voorladen	Het toedelen van verkeer waarbij de belastingen die hierbij berekend worden als kosten gebruikt worden bij een andere toedeling.
Werkvakverkeer	Verkeer dat in de situatie zonder afsluiting gebruik maakt van het werkvak.
Werkdagweekgemiddelde	Werkdagen zijn maandag tot en met vrijdag. Per week wordt over deze dagen het gemiddelde genomen.

Hoofdstuk 1 Inleiding

Iedereen wil altijd gebruik kunnen maken van een weg. Toch moeten wegen soms afgesloten worden voor onderhoud. De meeste verkeersmodellen zijn niet geschikt om de effecten van wegwerkzaamheden op de verkeersstromen te bepalen; zo worden omleidingen niet meegenomen en wordt geen rekening gehouden met het feit dat mensen niet bekend zijn in het gebied. In het project 'Hinderarm Wegbeheer' (zie www.verkeershinder.eu) is een toedelingsmethode, het Hinderarm Wegbeheer-model, ontwikkeld om de effecten van afsluitingen bij wegwerkzaamheden op de verkeersstromen te kunnen bepalen.

Het Hinderarm Wegbeheer-model (HW-model) kan gebruikt worden om de hinder bij wegwerkzaamheden te bepalen en verschillende onderhoudsstrategieën te vergelijken. Bij onderhoudsstrategieën kan onder andere gekozen worden uit een type deklaag, de lengte van de afsluiting en het moment van de werkzaamheden. Het model is hiervoor recentelijk ontwikkeld, maar de validiteit is nog niet onderzocht. Daarom zal dit model in deze studie gevalideerd worden. De aannames over het verkeersgedrag zullen worden getest aan de hand van verkeerstellingen en de voorspellingen van het model worden getoetst. Hiervoor zijn vijf onderhoudsprojecten op provinciale wegen in Overijssel gebruikt. In dit rapport is het proces en het resultaat van die validatie te vinden.

In deze inleiding zal eerst verder worden ingegaan op de aanleiding van het onderzoek. Vervolgens worden de onderzoeksvragen besproken en wordt de opzet van het onderzoek verder toegelicht. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met de opbouw van het rapport.

Aanleiding

De keuze voor een onderhoudsstrategie is van invloed op de hoeveelheid hinder. Een volledige afsluiting veroorzaakt bijvoorbeeld andere hinder dan een gedeeltelijke afsluiting en een afsluiting van een aantal uren overdag is anders dan een even lange afsluiting 's nachts, omdat de gevolgen voor de weggebruikers anders zijn en er een ander aantal voertuigen rijdt. Binnen het Hinderarm Wegbeheer-project wordt een voorspelling gedaan van de hinder per onderhoudsstrategie, zodat de strategieën vergeleken kunnen worden. Om de hinder te berekenen wordt een verkeersmodel gebruikt. Met behulp van modellering kan de hoeveelheid hinder beter bepaald worden, vooral in complexe situaties. Met die hoeveelheid hinder kunnen maatregelen vergeleken en geëvalueerd worden. (Cragg, 2007)

Er is gebleken in de studie bij het groot onderhoud aan de N342 Oldenzaal – Denekamp (Hermelink, 2011) dat het regionale verkeersmodel de hoeveelheden verkeer op de omleidingsroute en alternatieve routes (waaronder sluiproutes) niet goed voorspelt. Onder sluiproute wordt in dit onderzoek verstaan een route die gebruik maakt van de wegen van lagere orde in het invloedsgebied van de wegafsluitingen en als alternatieve route voor het afgesloten werkvak gebruikt wordt. De hoeveelheid verkeer op de sluiproutes werd in het regionale verkeersmodel overschat, terwijl de hoeveelheid verkeer op de omleidingsroute wordt onderschat. Dit komt doordat de omleidingsroute niet expliciet is aangegeven in het verkeersmodel in dat project. Hier speelt het HW-model op in.

Het projectteam Hinderarm Wegbeheer heeft een model ontwikkeld voor het modelleringspakket OmniTRANS dat de effecten van wegwerkzaamheden en de daarbij behorende maatregelen simuleert; het HW-model. Het model is gekalibreerd aan de hand van het project op de N342 tussen Oldenzaal en Denekamp (Hermelink, 2011). Omdat deze enkele toepassing nog niet voldoende is om het HW-model valide te verklaren moet het HW-model nog op andere projecten toegepast worden. Het doel van dit onderzoek is om het HW-model te valideren.

Als bekend is of het HW-model valide is weten we of het te gebruiken is om de hoeveelheid hinder te bepalen. De effecten van werkzaamheden en de gekozen omleiding kunnen dan bepaald worden. Dit resultaat kan gebruikt worden om een keuze te maken uit bepaalde onderhoudsstrategieën. Ook zou

het model gebruikt kunnen worden om hinder te beperken en omleidingen te analyseren. Dit wordt verder toegelicht in bijlage 1.

Onderzoeksvragen en begripsbepaling

Het doel van dit onderzoek is, zoals toegelicht in de vorige paragraaf, om het verkeersmodel van het project Hinderarm Wegbeheer te valideren. De hoofdvraag die beantwoord wordt in dit onderzoek om tot dat doel te komen is:

Is het Hinderarm Wegbeheer-model valide voor het simuleren van verkeersgedrag van automobilisten bij wegwerkzaamheden aan regionale hoofdwegen met volledige afsluitingen en een ingestelde omleiding?

Van deze hoofdvraag zullen nu alle onderdelen gedefinieerd en toegelicht worden.

Het Hinderarm Wegbeheer-model wordt beschreven in het rapport 'Hinderarm Wegbeheer - Alternatief routekeuzemodel - verantwoording & documentatie' van Fikse (2012). Dit model is een aanpassing aan de bestaande routekeuzemodellen in OmniTRANS. Er worden aanpassingen gedaan aan de kostenfuncties en de volgorde van toedeling op het netwerk is anders dan bij standaardmodellen, deze aanpassingen worden verder toegelicht in hoofdstuk 3.

Een model is valide als het voldoet aan de richtlijnen. De richtlijnen zullen in hoofdstuk 5 worden besproken. In dit onderzoek is de validiteit voor het doel van het HW-model, het simuleren van de hoeveelheid hinder van wegwerkzaamheden waarbij omleidingen ingesteld zijn, specifiek onderzocht voor werkzaamheden aan provinciale wegen.

Het verkeersgedrag van automobilisten bestaat uit de keuze of een trip gemaakt wordt, de herkomst en bestemming van deze trip, het tijdstip waarop de trip gemaakt wordt en de route die gevolgd wordt.

De regionale hoofdwegen zijn de wegen met een sterk regionaal verbindende functie. Hieronder vallen wegen in de categorie regionale stroomweg en de grotere gebiedsontsluitingswegen. Vrijwel alle wegen in het beheer van de provincie vallen hieronder. Voor de autosnelwegen moet een ander onderzoek uitgevoerd worden om het model te valideren. Werkzaamheden aan de erftoegangswegen en de kleinere gebiedsontsluitingswegen hebben niet voldoende netwerkeffecten voor dit onderzoek.

Het HW-model is op dit moment alleen voor volledige afsluiting van een rijrichting geschikt. Daarom worden alleen werkzaamheden onderzocht waarbij verkeer in minstens één richting niet mogelijk is. Ook heeft het HW-model geen verwacht voordeel boven andere modellen als er geen omleiding is ingesteld. Voor die situaties zijn immers voldoende valide modellen.

Er wordt gekozen voor projecten met een omleiding. Als er geen omleiding ingesteld wordt, maar er wel een afsluiting is zal er veel zoekverkeer ontstaan dat lastig te voorspellen is. Daarnaast wordt er door de provincie Overijssel bij alle afsluitingen een omleiding ingesteld. De wegen die aangewezen zijn als regionale omleiding en gepubliceerd zijn op www.wegwerkzaamheden.nl worden als omleidingsroute gebruikt in dit onderzoek. De omleidingen staan ook ingetekend op de kaarten in bijlage 2.

De hoofdvraag of het model valide is, is in verschillende deelvragen opgedeeld zodat deze beter te beantwoorden is. Dit leidt tot de volgende vragen:

- Welke hinder treedt op bij wegwerkzaamheden?
- Hoe worden de effecten van wegwerkzaamheden gemodelleerd?
- Wat is het verkeersgedrag van automobilisten bij omleidingen?
- Wanneer is een model valide?
- Hoe kan het HW-model worden toegepast?
- Wat is het resultaat van de validatie voor het HW-model?

Deze vragen zullen in dit rapport worden beantwoord. De onderzoeksopzet die hierbij gebruikt wordt, wordt kort toegelicht in de volgende paragraaf.

Onderzoeksopzet

De kern van de validatie is het vergelijken van het verkeersgedrag dat optreedt bij wegafsluitingen met omleidingen met het gedrag dat voorspeld wordt. Dit gebeurt voor vijf wegonderhoudsprojecten van de provincie Overijssel waarbij sprake is van een volledige afsluiting en een omleiding. Er is voor dit type werkzaamheden gekozen omdat het model de strategieën hiervoor vergelijkt. Het optredende gedrag wordt gemeten met verkeerstellingen. De voorspellingen worden gedaan met modellen met en zonder de aanpassingen van het Hinderarm Wegbeheer-model. De vergelijking van het verwachte en opgetreden gedrag vindt plaats op basis van de routekeuze en de belastingen (het aantal voertuigen op een wegvak). Daarnaast wordt de juistheid van de modelaannames onderzocht. De onderzoeksmethode wordt verder toegelicht in hoofdstuk 3.

Opbouw rapport

In het tweede hoofdstuk wordt de hinder die optreedt bij wegwerkzaamheden beschreven, om een idee te krijgen van de gevolgen van wegwerkzaamheden. Er zal dan ook worden besproken in hoeverre en wanneer omleidingen opgevolgd worden op basis van literatuur. Daarnaast wordt toegelicht hoe dit gemodelleerd kan worden.

De werking van het Hinderarm Wegbeheer-model en hoe dit past in het gehele Hinderarm Wegbeheer-project wordt in hoofdstuk 3 besproken. Hierbij wordt ingegaan op de veranderingen in toedelingmethode ten opzichte van de gebruikelijke modellen en de verdeling in lokaal en niet-lokaal verkeer. Ook wordt in dit hoofdstuk de onderzoeksmethode verder toegelicht.

In hoofdstuk 4 worden de resultaten van modelsimulaties besproken en wordt de werking van het model onderzocht. Dit wordt gevolgd door een analyse van het verkeersgedrag bij wegafsluitingen met omleidingen op basis van voertuigtellingen in hoofdstuk 5. Met deze analyse kunnen de aannames en resultaten van het model getoetst worden in hoofdstuk 6.

De conclusies worden getrokken in hoofdstuk 7 met als afsluiting van deze studie aanbevelingen over mogelijke aanpassingen aan het model en hoe dit model te gebruiken is.

Hoofdstuk 2 Hinderproblemen bij wegafsluitingen

De werkzaamheden waar wij in het kader van dit onderzoek naar kijken brengen afsluitingen met zich mee. Dit maakt dat wegverkeer haar gedrag moet aanpassen. Deze veranderingen in gedrag hebben negatieve effecten op mobiliteit, veiligheid, de kosten en het milieu. Het Hinderarm Wegbeheer-project wil de wegbeheerder en de aannemer ondersteunen in de afweging tussen deze effecten en de kosten van de werkzaamheden. Inzicht in de effecten op het verkeersgedrag is dus van belang. In dit hoofdstuk zal op basis van literatuur onderzocht worden welke veranderingen in gedrag mogelijk zijn en welke effecten werkzaamheden met zich meebrengen. Daarna zal worden besproken hoe dit gemodelleerd kan worden.

Veranderingen in verkeersgedrag

Als een weg is afgesloten voor werkzaamheden zullen automobilisten een ander gedrag gaan vertonen. Er zijn een aantal gedragsveranderingen mogelijk:

- Andere route
- Niet verplaatsen
- Combineren van trips
- Andere modaliteit
- Andere bestemming (waaronder binnen eigen zone)
- Ander reistijdstip

Deze veranderingen in gedrag zullen invloed hebben op de verkeerssituatie en zijn dus van invloed op de hinder. Of deze veranderingen plaatsvinden en de eventuele grootte van de verandering kunnen verschillen op basis van een aantal factoren. Welke factoren dit zijn en hoe deze de gedragsveranderingen beïnvloeden zal in deze paragraaf beschreven worden.

Het achterliggende motief voor een verplaatsing is bepalend voor de mogelijkheid om reisgedrag te veranderen. Veel voorkomende motieven voor een verplaatsing zijn werk, studie, zakelijk, winkelen, vrije tijd. Het is voor werk-, studie- en zakelijke trips lastiger om een andere bestemming of een ander tijdstip te kiezen. Voor zakelijke trips wordt daarnaast ook zelden van modaliteit veranderd en bijvoorbeeld personen met een leaseauto zullen voor hun rit naar het werk niet zo snel een andere modaliteit kiezen. Routeveranderingen zijn wel altijd mogelijk.

Niet alle motieven komen even vaak voor op verschillende momenten. Het percentage werk-, studie- en zakelijke trips is in de ochtendspits het hoogst en het laagst in de restdag en in het bijzonder tussen 10:00 en 13:00 uur (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006). In de ochtendspits zullen dus relatief de minste veranderingen in ritaantal te zien zijn terwijl in de restdag de meeste veranderingen te verwachten zijn.

Ook de bekendheid in een gebied heeft invloed op de veranderingen van het gedrag. Zo bleek in de studie van Lotan (1997) dat automobilisten die bekend zijn in een gebied minder snel hun route veranderen. Ook Khattak, Yim, and Prokopy (2003) hebben een aantal eigenschappen gevonden die van invloed zijn op de bereidheid om van route te veranderen zoals de bekendheid en veiligheid van de alternatieve route en het inkomen en woonlocatie (stedelijk of niet-stedelijk) van de bestuurder.

Naast deze eigenschappen van automobilisten en routes heeft ook de manier waarop de adviezen wordt gegeven invloed. Zo heeft de tekst waarin het advies gegeven wordt invloed, maar ook de verkeerssituatie waarin de informatie gegeven wordt. Het blijkt bijvoorbeeld dat een indicatie van de extra reistijd eerder aanleiding geeft tot routeverandering dan informatie over de hoeveelheid congestie, terwijl beiden feitelijk juist zijn (Xu, Sun, Peng, & Hao, 2011). Wel vertrouwen reizigers meer op vertraginginformatie via de radio dan hun eigen waarneming (Khattak et al., 2003). Dit zou gebruikt kunnen worden door de provincie Overijssel om de informatievoorziening te optimaliseren. Het grote aantal mogelijke invloeden op het gedrag maken analyses gecompliceerd.

Het volgen van omleidingen

Een groot deel van de automobilisten volgt niet de aanbevolen omleidingsroute, zoals bleek in het project op de N342 dat is uitgevoerd binnen 'Hinderarm Wegbeheer' (Hermelink, 2011). In het onderzoek van Erke, Sagberg en Hagman (2007) bleek slechts een vijfde van de voertuigen van route te veranderen op het punt waar het omleidingsadvies gegeven werd, hoewel niemand doorreed tot het afgesloten wegvak. Ook in andere onderzoeken worden relatief lage percentages gevonden (circa van 5% tot 40%) van automobilisten die de adviezen opvolgen (Erke et al., 2007; Xu et al., 2011).

Door McDonald, Hounsell, & Njoze (1995) worden een vijftal regels genoemd die verondersteld worden te beïnvloeden of bestuurders de geadviseerde route volgen:

- Niet-geleide (waarbij geen advies gegeven is) bestuurders die onbekend zijn met het netwerk selecteren de kortste route zonder de verkeerssituatie in ogenschouw te nemen
- Geleide bestuurders die onbekend zijn met het netwerk volgen alle (geloofwaardige) routeadviezen
- Niet-geleide bestuurders die bekend zijn met het netwerk kunnen een route heroverwegen als de verkeerssituatie daar aanleiding toe geeft
- Geleide bestuurders die bekend zijn met het netwerk volgen het routeadvies tenzij ze een betere route menen te weten
- Bestuurders die bekend zijn met het netwerk (geleid of ongeleid) kunnen een andere route kiezen als ze onverwacht congestie treffen

Dit onderzoek is gedaan in 1995 toen het gebruik van verkeersinformatie en routeadvies via navigatiesystemen nog niet mogelijk was. Dit gebruik kan echter een behoorlijk effect hebben op de routekeuze van automobilisten, doordat navigatiesystemen alternatieve adviezen en informatie over congestie kunnen geven. Bestuurders die verder onbekend zijn op de locatie van de werkzaamheden kunnen daarmee een alternatieve route zoeken die niet overeen hoeft te stemmen met de omleidingsroute.

De effecten van werkzaamheden

Werkzaamheden kunnen een volledige afsluiting van een rijbaan, waarbij al het verkeer een andere route kiest, een gedeeltelijke afsluiting of slechts beperkte capaciteitsvermindering tot gevolg hebben. Bij een gehele afsluiting zal het verkeer andere routes moeten gebruiken. Deze moeten aangegeven worden om te voorkomen dat automobilisten de route moeten zoeken. Ook wordt gepoogd om het verkeer zo te sturen als wenselijk wordt geacht. Zoals in de vorige paragraaf is beschreven volgt slechts een deel van de automobilisten het aangegeven routeadvies.

Het onderzoeken van effecten van wegafsluitingen heeft diverse voordelen en wordt aanbevolen in onder andere de Work Zone Impacts Assessment Guide (Federal Highway Administration, 2006). Zo kan effectief verkeersmanagement ingezet worden en kunnen operationele voordelen behaald worden. Hierdoor kunnen de maatschappelijke kosten dalen en kan er minder hinder voor aanwonenden en weggebruikers zijn.

Naast de effecten op de capaciteit van een weg hebben wegwerkzaamheden ook andere (indirecte) effecten. De FHWA (Federal Highway Administration, 2006, 2009) en de CROW (Grontmij Nederland bv, 2011a) geven verschillende categorieën van externe effecten waaruit de volgende lijst is samengesteld:

- Mobiliteit
- Veiligheid voor wegwerkers en weggebruikers
- Economische afwegingen (Maatschappelijke / Gebruikerskosten)
- Milieu-overwegingen

Deze categorieën worden geanalyseerd om een totaal beeld te krijgen van de effecten van de werkzaamheden. Hierbij wordt er bij alle effecten vanuit gegaan dat niet alle automobilisten de aangegeven omleidingroute volgen. Er wordt in deze analyse alleen gekeken naar de situatie tijdens de afsluiting en niet naar de voordelen van werkzaamheden als weg weer opengesteld wordt. Hierdoor is er per saldo sprake van negatieve effecten, zoals ook gesteld wordt door Witteveen+Bos (2012).

Mobiliteit

De kern van de effecten zijn de mobiliteitseffecten. Doordat er andere routes gevolgd moeten worden, zullen er langere rittijden zijn en daalt de bereikbaarheid. Bovendien kan er congestie ontstaan wat ook voor vertraging zorgt. De congestie zorgt ook voor een minder betrouwbare reistijd. Werkzaamheden hebben dus een negatief effect op de doorstroming.

Om het effect op de mobiliteit te bepalen bij gedeeltelijke afsluitingen is een voorspelling van de capaciteit nodig. Diverse onderzoeken zijn gedaan naar de invloeden van werkzaamheden op de capaciteit van snelwegen bijvoorbeeld Zheng, Hegyi, Hoogendoorn, Zuylen en Peters (2011), Ober-Sundermeier and Zackor (2001), Schonfeld and Chien (1999) en Homan (2012). Hierin worden diverse configuraties voor werkzaamheden op snelwegen vergeleken. Ook in het 'Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen' (Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 1998) worden voor een groot aantal configuraties capaciteitswaarden gegeven.

Veiligheid

Er is een hogere kans op ongevallen, doordat er bij afsluitingen meer kilometers gereden worden en deze deels worden gereden op wegen die minder geschikt zijn voor grote hoeveelheden verkeer als de officiële omleidingsroute niet gevolgd wordt. Er zijn kengetallen die gebruikt worden het voorspellen van aantallen ongevallen per wegcategorie. Daarnaast is er voor elke werklocatie een aparte analyse nodig. Zo is de kans op ongelukken bij een volledig afgesloten weg kleiner dan wanneer er slechts kegels staan tussen het rijdende verkeer en de wegwerkers (Federal Highway Administration, 2006; Grontmij Nederland bv, 2011a).

Economische overwegingen

De belangrijkste economische overwegingen zijn de onderhoudskosten en gebruikerskosten. De onderhoudskosten zijn afhankelijk van de onderhoudsstrategie (Schonfeld & Chien, 1999). Zo kost het werken 's nachts meer en veroorzaakt dit meer hinder voor omwonenden, maar veroorzaakt dit minder hinder voor minder weggebruikers. Ook kan er een vergelijking gemaakt worden tussen de grootte van de wegvakken die afgesloten worden en of een weg over de gehele rijbaan of per rijstrook wordt afgesloten.

De kosten voor de gebruikers omvatten de kosten voor de verloren tijd en kosten voor brandstof en het voertuig (Federal Highway Administration, 2006; Schonfeld & Chien, 1999). De vertragingkosten kunnen berekend worden met een bepaald bedrag per uur en de voertuigkosten hangen af van het brandstofverbruik en het type voertuig. Deze kosten nemen toe naarmate de omweg langer is of de congestie groter is.

Ook bedrijven langs een afgesloten weg kunnen kosten hebben. Het is mogelijk dat als een weg gesloten is de bedrijven die aan die weg gelegen zijn niet of minder goed bereikbaar zijn. Hierdoor kan hun omzet dalen. Dit moet als economisch effect meegenomen worden.

Milieu-overwegingen

De gereden afstanden en de snelheden van de automobilisten beïnvloeden ook de uitstoot van geluid, fijnstof en broeikasgassen. Dit heeft een negatief effect op het milieu. Daarnaast kan ook

verplaatsing van de locatie van de uitstoot en de geluidsoverlast nadelig zijn. Dit is het geval als de gebieden waardoor de alternatieve routes lopen dichterbekempt zijn. Daarnaast kan een omleidingsroute door beschermd gebied gaan en zijn er op die route wellicht geen faunapassages.

Voor het berekenen van de milieueffecten worden vaak kengetallen gebruikt. Hierin wordt de lengte van het wegvak, de snelheid, de versnelling en het aantal voertuigen meegenomen (Pronello & André, 2000). Witteveen+Bos (2012) stelt dat deze effecten verwaarloosbaar zijn vanwege de korte duur en het feit dat er een verplaatsing is en er dus ook gebieden zijn met positieve ontwikkelingen.

Mogelijke modeltypes voor bepaling van hinder

Er zijn verschillende typen modellen beschikbaar om verkeerssituaties te modelleren en hiermee de hoeveelheid hinder te bepalen. Sketch-planning en vervoersvraagmodellen kunnen niet goed omgaan met routekeuze-effecten, maar zijn wel snel en goedkoop. Microscopische simulatie is vooral toepasbaar voor kleinere netwerken en capaciteitsknelpunten. Meso- en macroscopische modellen zijn de enige type modellen die geschikt zijn voor het modelleren van routekeuze-effecten in grote netwerken (Federal Highway Administration, 2009). Hierbij zijn mesoscopische modellen beter geschikt om de opbouw van congestie te analyseren, maar niet bij alle projecten treedt congestie op. Bovendien is het Hinderarm Wegbeheer-model ontwikkeld voor macroscopische modellen. Daarom zullen in dit onderzoek macroscopische modellen gebruikt worden.

Er worden door de FHWA (2008) een aantal redenen gegeven in welke omstandigheden een macroscopisch verkeersmodel nuttig is:

- Het is beschikbaar voor het te modelleren gebied waardoor de kosten beperkt gehouden kunnen worden (zie ook Cragg (2007)).
- De tijdsperiodes in het model komen overeen met de periodes die interessant zijn voor analyse.
- Er zijn effecten te verwachten over een groot gebied en op parallelle en aanliggende routes.
- Een precieze berekening van congestieduur en intensiteit is minder nodig dan een beeld of congestie zal optreden.
- Meerdere gelijktijdige en mogelijk elkaar beïnvloedende projecten moeten gepland worden.

De eerste vier punten zijn in ieder geval van toepassing op de situatie voor de provincie Overijssel. Een macroscopisch model is dus bruikbaar voor deze provincie.

Effecten op netwerkniveau traden op in de al genoemde studie tussen Oldenzaal en Denekamp. Hier was een wegvak van zeven km lengte afgesloten en was de omleidingsroute 30 km lang en waren er diverse alternatieve routes in het netwerk. Ook de werkzaamheden aan de N332 bij Heeten zijn een voorbeeld waarbij zowel een alternatieve route over lokale wegen als een route via Deventer aanwezig waren. Hierbij zijn dus in een groot gebied rondom de werkzaamheden effecten merkbaar. Dit betekent dat het bij die wegwerkzaamheden goed mogelijk is om een macroscopisch verkeersmodel te gebruiken.

Conclusie over de hinder bij wegafsluitingen en het modelleren hiervan

Wegafsluitingen hebben een negatief effect op de verkeerssituatie, maar zijn onvermijdbaar om de kwaliteit van wegen op peil te houden. Bij afsluitingen worden reistijden langer, de kosten voor automobilisten hoger en bestemmingen minder goed bereikbaar. Doordat omleidingen niet altijd gevolgd worden en meer gebruik gemaakt van onveilige wegen, kan er schade aan die wegen ontstaan en kan ook de overlast voor het milieu en de omgeving toenemen.

Om deze effecten te voorspellen en te kwantificeren is het nuttig om te weten hoeveel voertuigen met welke snelheid op welk wegvak rijden. Om deze gegevens te modelleren zullen macroscopische

modellen gebruikt worden. Deze modellen kunnen goed omgaan met routekeuze-effecten op een regionaal netwerk. Ook is dit type model beschikbaar voor de provincie Overijssel.

Hoofdstuk 3 Hinderarm Wegbeheer-project

Het Hinderarm Wegbeheerproject heeft tot doel 'het beperken van verkeershinder bij wegwerkzaamheden als gevolg van wegonderhoud' (Universiteit Twente, 2012). Door de Universiteit Twente zijn hiervoor diverse onderzoeken uitgevoerd naar hinder, hinderbeleving en hinderbeperking. Wegbeheerders kunnen met de uitkomsten van deze onderzoeken hun projecten anders inrichten en krijgen tools waarmee ze de hoeveelheid hinder kunnen bepalen en maatregelen nemen. De wegbeheerders die deelnemen aan het project zijn Rijkswaterstaat Oost-Nederland, provincie Overijssel en Regio Twente. De onderzoeken zijn dan ook bij projecten van deze wegbeheerders uitgevoerd.

Het raamwerk dat is ontwikkeld voor het Hinderarm Wegbeheer-project (Hermelink, Berkum, & Huerne, 2010) omvat een proces waarbij een afweging wordt gemaakt tussen verschillende onderhoudsstrategieën op basis van de kosten voor aanleg en onderhoud en de hinder. Binnen dit raamwerk wordt de hoeveelheid hinder bepaald met een verkeersmodel. Er is hiervoor een specifiek verkeersmodel ontwikkeld, genaamd het "Hinderarm Wegbeheer-model". Dit model zou beter om moeten kunnen gaan met situaties met wegafsluitingen en omleidingen, in vergelijking met de standaard verkeersmodellen.

In dit hoofdstuk zal de eerst modelmethodiek van het HW-model besproken worden, gevolgd door de onderzoeksmethode om dit model te valideren. Hierbij wordt ingegaan op de keuze voor de onderzochte projecten, de toepassing van de verkeersmodellen, de verkeerstellingen, het onderzoek van het verkeersgedrag en ten slotte de validatie.

Modelmethodiek

In dit onderzoek wordt alleen de toedelingsfase van verkeersmodellen uitgevoerd. De verkeersmodellen bestaan hiervoor uit een netwerk en een HB-matrix. Hiermee worden door middel van een toedeling van de trips uit de matrix de belasting van het netwerk bepaald. Er zijn twee toedelingsmethodes gebruikt in dit onderzoek; de methodes van het HW-model en het standaardmodel. Bij het standaardmodel worden een Volume Averaging- en een All-or-Nothing-toedeling gedaan zonder aanpassingen.

In het HW-model wordt een drietal aanpassingen gedaan ten opzichte van het standaardmodel:

- Ten eerste wordt het verkeer verdeeld in lokaal verkeer, en niet-lokaal verkeer dat wel en niet-lokaal verkeer dat niet gebruikt maakt van het werkvak in de situatie zonder afsluiting. Dit om verschillende routekeuzes te kunnen toepassen op deze groepen.
- Ten tweede worden deze drie delen in een specifieke volgorde toegedeeld aan het wegennetwerk. Dit om te voorkomen dat al het niet-lokale verkeer op de hoofdwegen terecht komt en daarmee het lokale verkeer naar de secundaire wegen verdringt.
- Ten derde worden in de toedeling de kosten op omleidingsroutes en 30 km- en 60 km-zones voor niet-lokaal verkeer in het model aangepast. Hiermee wordt het niet-lokale verkeer gestimuleerd om de omleiding te volgen en minder gebruik te maken van de 30 km- en 60 km-zones. De kosten voor lokaal verkeer worden niet gewijzigd.

Deze stappen zullen nu verder toegelicht worden. De beschrijving is gebaseerd op het document "Hinderarm Wegbeheer - Alternatief routekeuzemodel - verantwoording & documentatie" van Fikse (2012).

Verdeling in lokaal en niet-lokaal verkeer

Het veronderstelde verschil tussen lokaal en niet-lokaal verkeer is dat niet-lokaal verkeer minder bekend is met de situatie in het lokale gebied waardoor ze andere routes kiezen. Voor de verdeling in lokaal en niet-lokaal verkeer wordt eerst een lokaal gebied bepaald. Het lokale verkeer is het verkeer

dat de herkomst in dit gebied heeft in de ochtendspitsperiode, de bestemming heeft in dit gebied in de avondspits of de herkomst of bestemming heeft in de restdagperiode. Het niet-lokale verkeer wordt met behulp van een selected-link analyse verdeeld in verkeer dat gebruik maakt van het werkvak en verkeer dat niet gebruik maakt van het werkvak. De verdeling wordt verderop in de methode gebruikt bij de volgorde van toedeling en de berekening van de kosten.

Toedelingsvolgorde

De volgorde van toedeling is in het HW-model als volgt:

1. voorladen lokaal verkeer
2. niet-lokaal – geen werkvak verkeer
3. niet-lokaal – werkvak verkeer
4. lokaal verkeer

De volgorde van toedeling heeft alleen effect op resultaten van een toedeling waarbij de intensiteit/capaciteit-verhouding (i/c-verhouding) in aanmerking wordt genomen; in dit onderzoek zijn dit Volume Averaging-toedelingen in de spitsperiodes. Hierbij is het doel dat niet-lokaal verkeer de hoofdwegen kiest. Het lokale verkeer zal daarna merken dat deze routes minder aantrekkelijk zijn en dus ook de in eerste instantie iets langere routes gebruiken (secundaire wegen). In de toedelingen wordt er wel vanuit gegaan dat alle verkeersdeelnemers alle wegen kennen en worden de kostenaanpassingen zoals beschreven in de volgende paragraaf meegenomen.

Aanpassing kosten

Voor het niet-lokale verkeer worden in de berekeningen van het model de gegeneraliseerde kosten (op basis waarvan een route wordt gekozen) aangepast. Dit gebeurt op de 30 km- en 60 km-zones en op de omleidingsroute.

De wegen in de 30 km- en 60 km-zones worden verondersteld minder bekend en aantrekkelijk te zijn. Daarom worden de kosten voor deze wegen in het lokale gebied verhoogd voor al het niet-lokale verkeer met behulp van de 'omrijfactor'. Deze factor is het aantal kilometers dat automobilisten extra willen rijden over 50 km- en 80 km-wegen om de 30 km- en 60 km-zones te vermijden.

In het HW-model is aangenomen dat het niet-lokale verkeer dat oorspronkelijk van het werkvak gebruik zou maken sneller de wegen van de omleidingsroute volgt dan andere wegen. De kosten voor de wegen in de omleidingsroute worden daarom verlaagd met behulp van de 'omrijroutefactor'. Deze factor is het aantal minuten dat mensen langer willen rijden over een omleiding om een minuut over een andere route te vermijden. Als een weg zowel in de lokale 30 km- en 60 km- zones aanwezig is als in de omleiding wordt alleen de omrijroutefactor van de omleiding gebruikt.

Alleen voor het niet-lokale verkeer dat gebruik maakt van het werkvak worden andere kosten voor de wegen in de omleidingsroute gebruikt in het model. Dit om te voorkomen dat het niet-lokale verkeer dat niet van het werkvak gebruik zou maken toch sneller de omleidingsroute zou gebruiken; bijvoorbeeld verkeer van Emmen naar Zwolle normaal over A37 rijdt en nu de N377 zou kiezen als deze deel van een omleiding is.

Onderzoeksmethode

In de komende paragraaf zal de onderzoeksmethode toegelicht worden waarmee het HW-model gevalideerd wordt. Allereerst wordt besproken welke projecten gekozen zijn. Voor deze projecten worden in dit onderzoek modelvoorspellingen gedaan en wordt het gedrag gemeten met behulp van telgegevens. Hoe en welke modelresultaten tot stand komen wordt daaropvolgend besproken. Vervolgens worden de verkeerstellingen toegelicht. Op basis van deze tellingen wordt het

verkeersgedrag onderzocht. Tenslotte kan in de validatie het voorspelde gedrag met de waarnemingen vergeleken worden. De richtlijnen en aanpak voor deze validatie worden aan het slot van de paragraaf besproken.

Selectie van onderhoudsprojecten

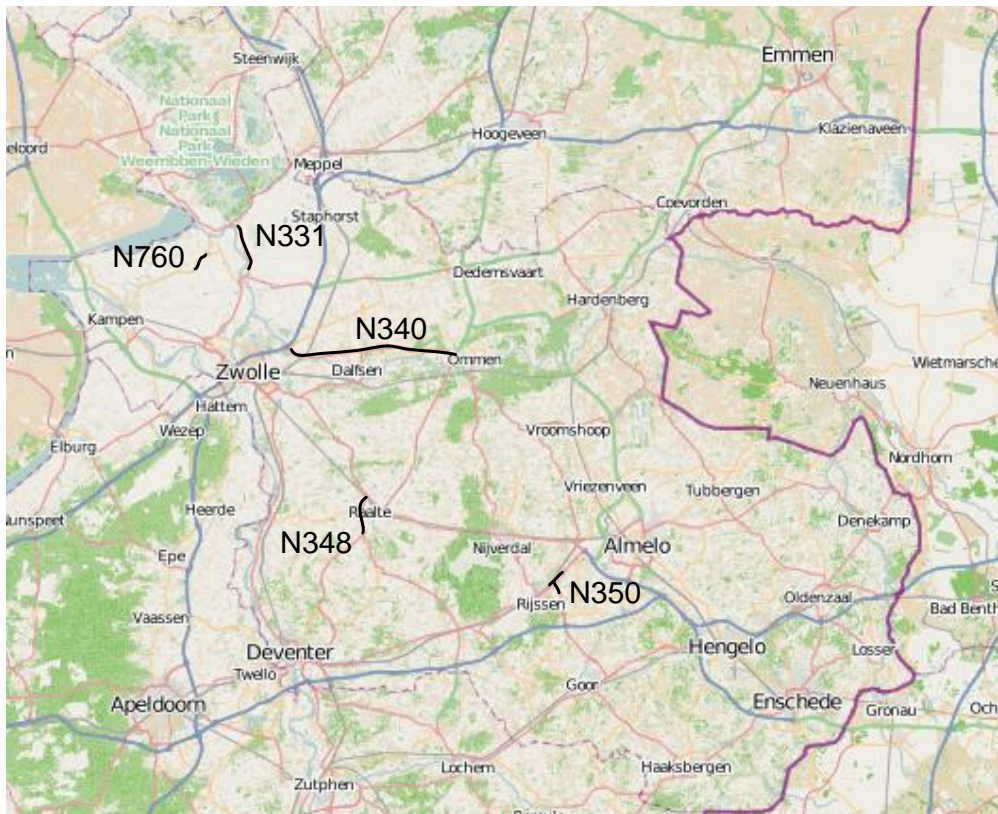
In dit onderzoek wordt een vijftal onderhoudsprojecten geanalyseerd. Deze projecten zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- Het project wordt uitgevoerd door de provincie Overijssel, de opdrachtgever van dit onderzoek.
- Het wegvak waarop de werkzaamheden plaatsvinden is volledig afgesloten.
- Er is een omleiding ingesteld.
- Er zijn andere routes dan de omleidingsroute mogelijk.
- De werkzaamheden vallen binnen het tijdsbestek van dit project.

Bij een volledige afsluiting van een weg wordt altijd een omleiding ingesteld. Het derde criterium was dus voor geen van de projecten bindend. De vijf projecten die gekozen zijn, zijn de afsluitingen van de volgende werkvakken: N331 Hasselt – Zwartsluis, N340 Zwolle – Ommen, N348 nabij Raalte, N350 op de kruising met de N347 nabij Rijssen en de N760 nabij Genemuiden. Van deze projecten is het afgesloten wegvak, de afsluitingsperiode en de afsluitingsduur opgenomen in Tabel 1. In Figuur 1 is de ligging in Overijssel te zien.

Project	Wegvak	Afsluitingsperiode	Afsluitingsduur
N331	Hasselt – Zwartsluis (tussen Stadsweg en Grote Kranenweerd)	Gehele dag	11-06-2012 tot 14-07-2012
N340	Zwolle – Ommen (tussen Kranenburgweg en N48)	Nacht	8-10-2012 op 9-10-2012 9-10-2012 op 10-10-2012 10-10-2012 op 11-10-2012 11-10-2012 op 12-10-2012 12-10-2012 op 13-10-2012 15-10-2012 op 16-10-2012 16-10-2012 op 17-10-2012 17-10-2012 op 18-10-2012 18-10-2012 op 19-10-2012
N348	Raalte (tussen Hondemotsweg en Heinoseweg)	Gehele dag	De gehele dag tussen 02-07-2012 en 14-07-2012
N350	Rijssen Kruising N347 en N350 (tussen Enterstraat, Nijstad, Reggesingel)	Weekend	vrijdag 19 oktober 19.00 uur tot maandag 22 oktober 06.00 uur
N760	Genemuiden (tussen Randweg en Korenbeltweg)	Gehele dag	1-10-2012 tot en met 12-10-2012

Tabel 1 Afsluitingsperiode en afsluitingsduur van onderzochte projecten



Figuur 1 Kaart met ligging projecten en afgesloten werkvak (Kaartgegevens © OpenStreetMap-auteurs)

Een aantal projecten van de provincie Overijssel die uitgevoerd zijn in de projectperiode, zijn niet in dit onderzoek meegenomen omdat ze niet aan alle criteria voldeden. Bij werkzaamheden zoals het maaien van de berm wordt meestal geen volledige afsluiting ingesteld. Dit type projecten viel dus buiten de scope van het project. Niet alle projecten hebben aantrekkelijke sluiproutes. Zo was er bij de afsluiting van de N342 Hengelo-Oldenzaal geen aantrekkelijke sluiproute aangezien dit vooral zandwegen zijn. Ook zijn de omlidingsroutes over de A1 en N738 goed. Vandaar dat dit project niet onderzocht is.

Modeltoepassing

Om modelresultaten te valideren worden voor de vijf onderhoudsprojecten simulaties uitgevoerd. Het algemene proces om tot de modelresultaten te komen zal hier besproken worden.

Allereerst wordt per project een bestaand model gekozen als basis, omdat het ontwikkelen van een nieuwe matrix en netwerk te veel tijd kost voor dit onderzoek. Het netwerk in dit model wordt nog wel gecontroleerd en er worden plaatselijk nog links toegevoegd. Voor de projecten N331, N348 en N760 is het Nederlands Regionaal Model (NRM) gebruikt, voor de N340 een projectmodel en voor de N350 het Regionaal Verkeersmodel Twente.

De tijdsperiodes waarvoor het model is ontwikkeld komen niet altijd overeen met de periode die gewenst is in de analyse. Er dient dan een matrix van een andere periode gebruikt te worden. Zo worden de nacht- en weekendmatrix voor de projecten op de N340 en de N350 gemaakt op basis van de restdagmatrix.

In het beginstadium van de studie is gebleken is dat de modelvoorspellingen op basis van de matrices die in de originele modellen aanwezig waren veel afwijken van de waargenomen verkeersstromen. Dit is omdat er voor het jaar 2012 geen matrix aanwezig is. Daarom wordt de HB-matrix gekalibreerd op basis van de telgegevens. De kalibratie gebeurt met het algoritme van OmniTRANS dat besproken wordt in bijlage 3. Hierbij wordt eerste de volledige matrix herschaalt waarna deze voor de

afzonderlijke telpunten wordt aangepast. Om deze kalibratie uit te voeren worden de telpunten en telgegevens in het model ingevoerd. De screenlinematrix die gebruikt wordt is die van het standaardmodel. De effecten van de kalibratie zijn te zien in de tabellen in de spreidingsplots in bijlage 4. De voorspelde waarden van het standaardmodel liggen door deze kalibratie tussen de waarde van de originele matrix en de getelde waarde in.

Doordat de kalibratie wordt uitgevoerd op basis van toedeling met het standaardmodel zal deze matrix minder goede resultaten geven voor het HW-model. Een kalibratie met het HW-model is ook mogelijk. Het nadeel hiervan is echter dat dan de effecten van de verschillende toedelingsmethodes niet duidelijk zichtbaar zijn. Daarom is besloten de HB-matrix alleen te kalibreren voor het standaardmodel.

Voor de ochtend- en avondspitsperiode wordt een Volume Averaging-toedeling gebruikt met de BPR-functies uit de oorspronkelijke modellen, voor de overige periodes (restdag, nacht en weekend) wordt een All-Or-Nothing-toedeling gebruikt. Omdat de tellingen op basis van aantallen motorvoertuigen zijn, vindt ook de toedeling op basis van motorvoertuigen plaats. Hierbij kan de intensiteit hoger zijn dan de werkelijke capaciteit, die in personenauto-equivalent wordt uitgedrukt, omdat de aantallen vrachtwagens niet vermenigvuldigd worden. De aantallen etmaal periodes worden verkregen door de afzonderlijke periodes op te tellen.

Het HW-model heeft naast het netwerk en de HB-matrix nog meer gegevens nodig. Welke wegen tot de 30 km- en 60 km-zones behoren, wat het lokale gebied is en wat het werkvak is, is benodigde informatie. Het lokale gebied was in alle vijf projecten een cirkel met een straal van 25 km om het midden van het werkvak. De parameters, zoals genoemd door Fikse (2012), worden gebruikt voor de omrijfactoren (2.50 voor 30 km-zones en 2.13 voor 60 km-zones) en omrijroutefactor (2.00).

De simulaties met het HW-model worden uitgevoerd voor de situaties met en zonder afsluitingen. In de situatie met afsluiting wordt in het HW model aangegeven over welke wegen de omleiding loopt. Om een vergelijking te kunnen maken met het standaardmodel (zonder wijziging in de gegeneraliseerde kosten en toedelingsvolgorde) worden de simulaties ook met dit model uitgevoerd.

De simulaties worden dus uitgevoerd voor motorvoertuigen voor:

- Vijf projecten (N331, N340, N348, N350 en N760)
- Hinderarm Wegbeheer-model en standaardmodel
- Alle, lokaal-, niet-lokaal-werkvak- en niet-lokaal-nietwerkvak-verkeer
- Situatie met en zonder afsluiting
- Relevante tijdsperiodes
 - Ochtendspits/Restdag/Avondspits/Etmaal (N331, N348 en N760)
 - Werkdagnacht (N340)
 - Weekend (N350)

Tellingen

In dit onderzoek wordt het verkeersgedrag gemeten door middel van voertuigtellingen. Op deze manier kan op veel punten voor veel automobilisten het gedrag gemeten worden, maar de routes van de voertuigen kunnen hiermee niet bepaald worden. In de tellingen wordt het aantal voertuigen dat een telpunt passeert in een bepaalde tijdsperiode gemeten. De periode waarvoor de aantallen geregistreerd worden is in vrijwel alle tellingen een uur.

In dit onderzoek zijn de meetpunten van provincie Overijssel en Rijkswaterstaat gebruikt. Hierbij zijn alle telpunten in de ruime omgeving van het werkvak gebruikt. Op een aantal punten zijn telsingangen aangelegd als aanvulling op de bestaande telpunten om de sluiproutes ook te monitoren. Ook zijn een aantal gegevens van de gemeente Wierden, Connexion en handmatige tellingen gebruikt. Er was in dit onderzoek geen data beschikbaar uit de Nationale Databank Weggegevens of van commerciële partijen.

De gegevens zijn verzameld voor een periode van vier weken (bij de N331, N340, N348, N760) voor en na de afsluiting en tijdens de afsluiting. Voor de N350 is er een periode van zes weekenden gebruikt om het aantal dagen te verhogen. Voor een aantal telpunten zijn van voor de afsluiting geen gegevens beschikbaar. In dat geval is een periode langer voor of na de afsluiting gebruikt om de situatie zonder werkzaamheden te bepalen. Er wordt een gemiddelde van de tellingen voor en na de afsluiting gebruikt om seizoensinvloeden uit te sluiten.

De gegevens worden vervolgens nog gefilterd op afwijkingen die groter zijn dan de natuurlijke variatie. Deze waarden worden veroorzaakt door andere invloeden zoals vakanties, andere wegafsluitingen en grote evenementen en worden uitgesloten van de analyses.

Gedragsonderzoek

De gedragveranderingen zoals deze in hoofdstuk 2 genoemd zijn, worden per verandering onderzocht. Niet alle veranderingen zijn voor alle projecten van toepassing. Dit zal bij de betreffende gedragsaspecten toegelicht worden. Zo is een verandering van tijdstip alleen te verwachten in de projecten met een korte afsluiting; de N340 en de N350. Bij deze projecten is een analyse van het verschil in gedrag op verschillende tijdstippen van de dag niet mogelijk.

Bij een keuze om niet te verplaatsen, trips te combineren, een andere modaliteit te gebruiken of naar een andere bestemming te gaan worden minder trips gemeten over een screenline en daarom worden deze keuzes gezamenlijk onderzocht bij de verandering van de triphoeveelheid.

Screenline

Een deel van de gedragsanalyse gebeurt met behulp van screenlines. Als alleen de routekeuze verandert zou het aantal voertuigen op de screenline gelijk moeten blijven. Of het aantal voertuigen gelijk blijft wordt onderzocht.

De screenlines worden bepaald op basis van de aanwezige telpunten. In de screenlines kunnen fouten zitten waardoor de totalen bij een veranderende routekeuze niet gelijk blijven. Er kunnen gaten in zitten of ze zijn te kort. Met behulp van het verkeersmodel wordt dit verholpen. Hierbij moet wel een slag om de arm gehouden worden aangezien de modelwaarden niet overeen hoeven te komen met de werkelijkheid. De belasting op de wegen waar geen telpunten op geplaatst zijn wordt meegenomen. Ook wordt gekeken op welke wegen buiten de screenline veranderingen te zien zijn.

Tijdsverandering

Het is mogelijk dat mensen, als ze weten dat een weg afgesloten gaat worden, kort voor of na het moment dat de weg afgesloten is (dus iets eerder of later dan oorspronkelijk) hun verplaatsing maken. De verkeersbelasting kort voor en na de afsluiting zal die dag dan hoger zijn dan op een gemiddelde dag. Dit zal gemeten worden tijdens vier uren voor en na de weekendafsluiting op de N350 en twee uren voor en na de nachtafsluiting op de N340. Of de intensiteit voor die vier uren bij werkzaamheden verschillend is, wordt bekeken met de t-toets waarbij de grens voor significantie $p=0,05$ is.

Minder trips

Het niet maken van verplaatsingen leidt tot minder gemeten voertuigen. Ook het combineren van trips en een verandering van vervoerswijze en een verandering van bestemming leiden tot minder gemeten trips over de screenlines. De grootte van modaliteitsverandering is niet te bepalen door het ontbreken van gegevens. Het kiezen van een andere bestemming interfereert met routeverandering en is niet eenduidig te bepalen. Bij een bestemming binnen de herkomstzone leidt dit wel tot minder gemeten trips.

Variatie in verkeersgedrag

Het verkeersgedrag van mensen varieert. Dit is van invloed op de metingen van het aantal trips. Het kan daardoor zijn dat verschillen in metingen niet worden veroorzaakt door een afwijking in het aantal trips maar door de variatie in verkeersgedrag. In dit onderzoek worden de natuurlijke variatie en de systematische variatie per uur, dag en week beschouwd.

De seizoensvariatie komt ieder jaar terug. Zo is het rustiger op de weg in de vakanties en de winter. Deze variatie zorgt ervoor dat het weekgemiddelde niet gelijk blijft. Er zal met een analyse van het verloop van deze variatie bekeken worden of dit een verklaring kan zijn voor veranderende metingen. Ook binnen een week varieert de intensiteit. Deze wordt in dit onderzoek meegenomen doordat er gemiddelden over werkweken worden bekeken waardoor deze verschillen uitgemiddeld worden. Daarnaast varieert de intensiteit nog binnen een dag. Dit patroon wordt ook meegenomen, door het samennemen van de gehele dag. Wel worden werkdagen verdeeld in ochtendspits (7:00-9:00), avondspits (16:00-18:00) en restdag (overige uren).

Op basis van de werkdagweekgemiddeldes zal de standaarddeviatie bepaald worden (behalve bij het N350 project dat in het weekend plaatsvond). Als de losse dagen bekeken worden zal de standaarddeviatie groter zijn omdat de variatie binnen een week systematisch is. De maandag is hierbij de rustigste en de vrijdag de drukste werkdag. Het weekend is weer rustiger dan de werkdagen. De standaarddeviatie kan bepaald worden over de screenlinetotalen of over de individuele telpunten uit die screenline samen. Als niet twee derde van telpunten van de screenline over de gehele periode voor en na de afsluiting beschikbaar zijn zullen de individuele telpunten beschouwd worden. Hierbij worden de punten kwadratisch opgeteld tot een standaarddeviatie van de screenline. Omdat de intensiteiten op de telpunten niet geheel onafhankelijk zijn zal de standaarddeviatie met deze berekening iets kleiner zijn. Bij een afwijking die groter is dan twee maal de standaarddeviatie wordt gesteld dat deze significant is en veroorzaakt wordt door de afsluiting.

Routeveranderingen

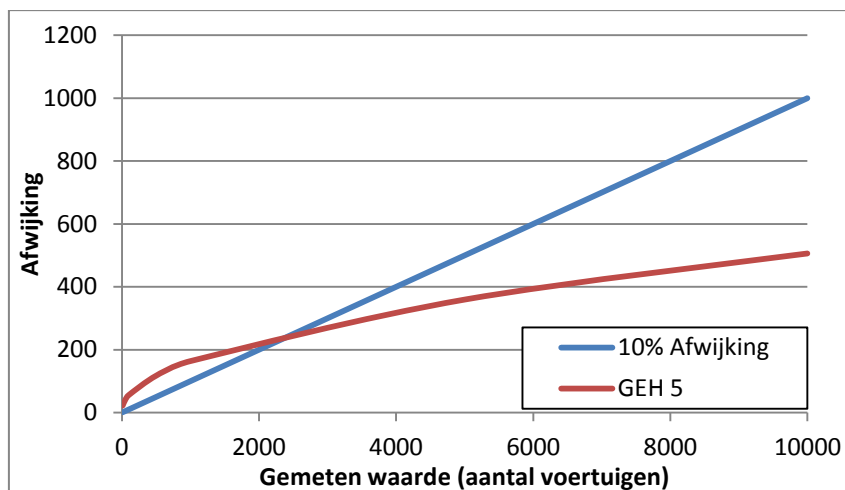
In het kader van het bepalen van de hoeveelheid hinder en de validiteit van het HW-model zijn we geïnteresseerd in de keuze tussen de omleiding en de sluiproute. Hierbij wordt de toe- of afname van het verkeer op de omleidingsroute uitgedrukt in percentage van de werkvakintensiteit.

Bij een lang durende omleiding kan er sprake zijn een verandering van het gedrag. Dit komt doordat mensen ontdekken welke weg optimaal is en waar er nieuwe knelpunten ontstaan. Voor de langer durende projecten (N331, N340, N348 en N760) zal dit onderzocht worden.

Validatie

Als de modelresultaten beschikbaar zijn kunnen deze gevalideerd worden per project en per periode (etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag). Hiervoor wordt gekeken of ze aan richtlijnen voldoen. De resultaten die getest worden zijn de intensiteiten op telpunten en de verdeling van het verkeer van het werkvak over de alternatieve routes en de ontwikkeling van de intensiteit op 60 km-wegen. Om de toegevoegde waarde van het HW-model te bepalen, vindt ook een vergelijking plaats met de standaardmodellen.

De richtlijnen in voor de voertuigaantallen zijn gebaseerd op veelgebruikte richtlijnen (Barton-Aschman Associates & Cambridge Systematics, 1997; Cambridge Systematics, 2010; Department of Transport, 1997; Planning Department, 2005). Over het algemeen worden in validaties van verkeersmodellen voor grotere waarden kleinere relatieve afwijkingen geaccepteerd. Bij de GEH wordt voor grotere intensiteiten bij eenzelfde procentuele afwijking de GEH groter, daarom is deze maat geschikt om als richtlijn te gebruiken (zie onder andere Department of Transport (1997)). In Figuur 2 op de volgende pagina is te zien welke afwijking is toegestaan bij een GEH van 5 en een afwijking van 10% van de telwaarde. Het voordeel van de GEH is dat het niet afhankelijk is van de grootte van de (tel)waarde, waar andere waarden dat wel zijn.



Figuur 2 Afwijking voor telwaarden voor een GEH van 5 en afwijking van 10%

De determinatiecoëfficiënt (R^2) geeft aan in hoeverre de gemodelleerde waarden overeen komen met de getelde waarden. Hierbij is een waarde van 1 perfect. Hoe lager de waarde is, hoe slechter deze presteert. Hierbij is er geen minimumwaarde. In de determinatiecoëfficiënt worden de verschillen voor alle punten meegenomen. Enkele sterk afwijkende metingen kunnen deze score dus negatief beïnvloeden, in tegenstelling tot bij het percentage punten dat aan de GEH-score voldoet.

De drie richtlijnen voor de voertuigaantallen zijn:

- Determinatiecoëfficiënt groter dan 0,88 en een controle van de spreidingsplot
- Individuele telpunten: GEH < 5 voor 85% van de telpunten.
- Screenlines: GEH < 4 voor 95% van de screenlines.

De richtlijnen zijn relatief strikt. Dit is om een goede voorspelling te kunnen doen van de hoeveelheid hinder bij wegafsluitingen. Om een inschatting te kunnen maken van de effectiviteit van een omleiding en de mogelijke knelpunten is een precieze voorspelling minder nodig. Daarnaast kan het absolute aantal trips dat gemaakt wordt bij wegafsluitingen afnemen. Dit kan een overschatting van het aantal voertuigen door het model tot gevolg hebben.

Om rekening te houden met de mogelijke afname van trips wordt ook de verdeling van het werkvakverkeer over de alternatieve routes bekeken en het aantal voertuigen in de 60 km-zones in de situaties met en zonder afsluiting. Dit zijn de punten waarop het HW-model beter zou moeten presteren dan het standaardmodel. Hiervoor zijn er twee aanvullende richtlijnen:

- Voorspelde toename intensiteit op alternatieve routes binnen 10 procentpunt.
- Aantal voertuigen in 60 km-zones beter voorspeld in HW-model dan in standaardmodel.

Alle veranderingen in intensiteiten worden verondersteld het gevolg te zijn van de afsluiting. Om de verdeling tussen de verschillende modellen en de tellingen te kunnen vergelijken worden percentages bekeken en worden de screenline-intensiteiten constant gemaakt. Het totaal aantal voertuigen op de screenline in de situatie met afsluiting is gelijk gemaakt aan dat zonder afsluiting door de toename op de telpunten te vermenigvuldigen. Vervolgens is het verschil per telpunt tussen de situaties met en zonder afsluiting uitgedrukt in percentage van de intensiteit op het werkvak.

Ten slotte wordt de ontwikkeling van het aantal voertuigen in de 60 km-zones besproken. Deze zijn in principe al opgenomen in de validatie van de voertuigaantallen, maar worden nog specifiek onderzocht. In de uitgangssituatie worden deze punten onderschat in het HW-model doordat de HB-matrix op het standaardmodel is gekalibreerd. In de afsluitingssituatie worden de intensiteiten overschat bij een afname van het aantal trips. Daarom wordt hier de ontwikkeling van de voertuigaantallen bekeken.

Hoofdstuk 4 Effect van het Hinderarm Wegbeheer-model

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van de modelsimulaties getoond en besproken om het effect van het Hinderarm Wegbeheer-model te onderzoeken. In dit onderzoek worden voor de eerste maal de aanpassingen van het HW-model volledig toegepast. Om het effect van het HW-model te onderzoeken zal een vergelijking gemaakt worden tussen het standaardmodel en het HW-model. Tot slot van dit hoofdstuk wordt het simulatieproces bediscussieerd.

Zowel het standaard als het HW-model geeft als resultaat het aantal voertuigen op de wegvakken in het netwerk. Deze aantallen zijn beschikbaar in verschillende dimensies zoals toegelicht is in hoofdstuk 3. De uitkomsten die in dit hoofdstuk getoond worden zijn:

- De verhouding tussen lokaal en niet-lokaal verkeer op het werkvak voor het HW-model.
- De aantallen voertuigen op punten in 60 km-zones voor het standaard- en het HW-model.
- De verdeling van het werkvak-verkeer over omleiding en sluiproutes voor het standaard- en HW-model.
- De verhouding van de screenlinetotalen in de modellen in de situatie met afsluiting in vergelijking met de situatie zonder afsluiting.

De verhouding tussen lokaal en niet-lokaal verkeer is bepalend voor de grootte van het effect van het HW-model. Bij een laag percentage niet-lokaal verkeer is er weinig verkeer dat extra gestimuleerd wordt om de omleiding of niet de 60 km-zones te kiezen ten opzichte van het standaardmodel. De hoeveelheid lokaal verkeer is afhankelijk van de definitie van het lokale gebied.

Het HW-model is ontwikkeld om de verdeling van het verkeer over sluiproutes en omleidingsroutes nauwkeurig te voorspellen. Er moet in het HW-model meer verkeer op de omleidingsroute en minder op de 60 km-zones en de sluiproutes toegedeeld worden dan in het standaardmodel. Daarom worden deze modellen vergeleken.

Als laatste modeluitkomst worden de screenlinetotalen besproken. De aantallen voertuigen op de screenlines zouden in theorie gelijk moeten blijven in de situaties met en zonder werkzaamheden. Of dit bij deze screenlines zo is zegt iets over de kwaliteit van de screenlines in de modellen. Daarom worden de screenlinetotalen in de situaties met afsluiting vergeleken met die in de situatie zonder afsluiting.

Met de voorspelde verkeersstromen en het waargenomen gedrag, dat in het komende hoofdstuk besproken wordt, zal de validatie van de modellen plaatsvinden in hoofdstuk 6. Hierbij zouden de resultaten van het HW-model beter moeten overeenkomen met de werkelijkheid dan de resultaten van het standaard model.

Aandeel lokaal verkeer

In Tabel 2 op de volgende pagina zijn de percentages lokaal verkeer op de wegvakken te zien zoals deze berekend zijn door het HW-model. Hierbij is een uitsplitsing gemaakt van de verschillende tijdsperiodes en de verschillende projecten. Het lokale gebied waar dit verkeer vandaan komt of naartoe gaat is te zien in de kaarten in bijlage 2. Het totale aantal voertuigen op het werkvak vormt 100%. Bij 65% lokaal verkeer is er dus 35% niet-lokaal verkeer.

Het lokale verkeer is het gedeelte van het verkeer op het werkvak waarop geen aanpassing van de kosten gedaan wordt, zoals is toegelicht in hoofdstuk 3. Voor al het niet-lokale verkeer worden de kosten voor de 30 km- en 60 km-zones in het lokale gebied aangepast in het HW-model. Voor niet-lokaal verkeer op het werkvak worden ook de kosten voor de omleidingsroute aangepast.

Hoe hoger het percentage lokaal verkeer is, hoe kleiner het verschil is tussen de resultaten van het HW-model en het standaardmodel. Als in de voorspelling van het HW-model te weinig gebruik gemaakt wordt van de omleiding en er te veel verkeer is in de 60 km-zones, kan een kleiner lokaal

gebied gekozen worden in het model. Hierdoor zal het percentage lokaal verkeer dalen en zullen voor een groter gedeelte van het verkeer de kosten aangepast worden.

Project	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
N331	65%	65%	87%
N348	3%	12%	25%
N760	82%	82%	100%
	Nacht		
N340	50%		
	Weekend		
N350	90%		

Tabel 2 Percentage lokaal verkeer op werkvak in situatie zonder afsluiting in HW-model

De oppervlakte van het lokale gebied was bij alle projecten even groot, toch verschilt de hoeveelheid lokaal verkeer veel. Bij de N760 en N350 zijn de hoogste percentages lokaal verkeer gevonden. Bij de N348 zijn de laagste percentages gevonden. In dit project zouden dus de grootste verschillen tussen het standaard- en het HW-model gevonden moeten worden. Voor de projecten die de gehele dag duren is in de restdag een hoger percentage lokaal verkeer gevonden dan in de ochtend- en avondspits. Dit komt doordat in de VA-toedeling de capaciteit van het werkvak een rol speelt en alleen in de restdag zowel het verkeer met een herkomst als met een bestemming in het lokale gebied als lokaal beschouwd wordt.

Aantal voertuigen 60 km-zones

Er wordt verondersteld in het HW-model dat de wegen in de 30 km- en 60 km-zones minder gebruikt worden door niet-lokaal verkeer. Het HW-model zou minder verkeer moeten toedelen aan deze wegen, omdat voor het niet-lokale verkeer de kosten voor deze wegen worden verhoogd. Er zijn geen 30 km-zones in de lokale gebieden van de behandelde projecten. Er zijn wel een aantal 60 km-zones bij vier van de vijf projecten. Er zijn geen 60 km-zones bij het N331 project. In Tabel 3 is voor een aantal locaties in de 60 km-zones de intensiteit van het standaard- en het HW-model gegeven in de situaties zonder afsluiting voor de etmaal (N348 en N760), nacht- (N340) of weekendperiode (N350).

Project	Weg	Standaardmodel	HW-model
N340	Koloniedijk	249	283
	Vilsterseweg	182	152
N348	Wechterholt	1441	1241
	Schoonheetensweg	5361	2549
	Poggenbeltweg	1916	889
N350	Zunaweg	1453	1410
N760	Zwolsesteeg	344	251

Tabel 3 Intensiteit voor het standaard- en HW model op enkele wegen in 60 km-zones voor etmaal/nacht/weekend periode zonder afsluiting

De verschillen tussen het standaardmodel en het HW-model in intensiteiten op de wegen in 60 km-zones zijn over het algemeen klein. Dit is te verklaren doordat bij de diverse projecten weinig niet-lokaal verkeer van de 60 km-zones gebruik maakt in het standaardmodel. Het HW-model kan dan niet nog minder verkeer aan de 60 km-zones toedelen. Alleen op de Poggenbeltweg en de Schoonheetensweg in het N348-model zijn de verschillen in toedelingen tussen de twee modellen groot (meer dan 1000 voertuigen per etmaal). Dit komt door het grote aandeel niet-lokaal verkeer in dit project waardoor het HW-model minder verkeer op deze wegen toedeelt dan het standaardmodel. Ook de toedelingsvolgorde kan hier een rol in spelen.

De toename op de Koloniedijk is te verklaren doordat verkeer vanuit de zone die bij de Zelhorstweg ligt, richting Nieuwleusen in het HW-model via de N48 gaat, in plaats van via de Koloniedijk in

westelijke richting. Westelijker op de Koloniedijk is de belasting in het HW-model dan ook lager dan in het standaardmodel.

Over het algemeen deelt het HW-model dus minder verkeer toe op de 60 km-zones dan het standaardmodel. Dit is wel afhankelijk van de hoeveelheid niet-lokaal verkeer en de mogelijkheid voor andere routes.

Toename van verkeer op omleidingsroute

Het HW-model zou meer verkeer aan omleidingsroutes moeten toekennen dan het standaardmodel, door de lagere kosten die aan deze routes worden toegekend in de modelberekening. Om te kijken of en in welke mate het HW-model dit ook daadwerkelijk doet wordt bekeken hoe groot de toename van het verkeer op de omleidingsroute is. Deze toename wordt uitgedrukt in percentage van de intensiteit op het werkvak. Een negatief percentage betekent een lagere hoeveelheid voertuigen op de omleidingsroute in de situatie met werkzaamheden dan zonder werkzaamheden. Er is gekozen om de modellen op basis van percentages te vergelijken, omdat de werkvakintensiteiten in het HW-model en in het standaardmodel niet hetzelfde zijn. De percentages zijn te vinden in Tabel 4.

Project	Screenline	Standaardmodel	HW-model
N331	A	-7%	18%
N340	A	35%	62%
	B	21%	38%
N348	Noord	6%	19%
	Zuid	4%	16%
N350	A	37%	45%
N760	A	2%	7%
	B	11%	11%

Tabel 4 Toename verkeer op de omleidingsroute in percentage van werkvakintensiteit voor etmaal-/nacht-/weekend-periode met afsluiting

Op het project van de N331 zijn er grote verschillen tussen de resultaten van het standaardmodel en het HW-model, met name in de ochtend- en avondspits. Op de A32, de omleidingsroute in dit project, is in het standaardmodel een afname gemeten van respectievelijk 25% en 33% van werkvakintensiteit in de ochtendspits en avondspits, terwijl in het HW-model een toename met respectievelijk 29% en 33% van werkvakintensiteit voorspeld is voor deze periodes op dezelfde weg. Dit resulteert in een aanzienlijk verschil op etmaalniveau zoals te zien is in Tabel 4.

Bij het N340-project is er voor beide screenlines door het HW-model meer verkeer op de omleidingsroute toegedeeld dan bij het standaardmodel. Voor beide screenlines wordt het percentage op de omleidingsroute bijna tweemaal zo groot.

Ook bij het project N348 is er, voor alle periodes bij het HW-model, meer verkeer op de omleidingsroute toegedeeld, in vergelijking met het standaard model. Wel zijn de percentages verkeer dat de omleiding volgt (verondersteld gelijk te zijn aan de toename) relatief laag.

In het project op de N350 wordt in het HW-model al het niet-lokale werkvakverkeer aan de omleiding toegedeeld. In het standaard model kiest veel van dit verkeer de sluiproute over de Bornerbroekseweg. Doordat er slechts 10% niet-lokaal verkeer is, verschillen de percentages weinig.

Er zijn slechts kleine verschillen in de verdeling over omleiding en sluiproutes in alle periodes van het N760 project. Dit komt door het hoge percentage lokaal verkeer.

Screenlines

De hoeveelheid verkeer op screenlines zou gelijk moeten blijven in de situatie met afsluiting ten opzichte van de situatie zonder afsluiting. Doordat de screenlines beperkt zijn tot de telpunten die geplaatst zijn op de wegen, zijn deze niet volledig sluitend. Daarom wordt gekeken hoeveel

voertuigen op de screenline geteld worden in de situatie met afsluiting ten opzichte van de situatie zonder afsluiting. Hiermee kan de kwaliteit van de screenline bepaald worden.

In Tabel 5 is de toe- of afname van het aantal voertuigen over de screenline in situaties met afsluiting ten opzichte van situaties zonder afsluiting te zien als percentage van het verkeer op het werkvak. Hierin zijn naast de telpunten uit de screenlines ook de overige wegen die in het model de screenline doorsnijden opgenomen. Op enkele projecten komt dit percentage uit op een waarde boven de 100%. Dit betekent dat er verkeer op twee punten door de screenline komt of dat er routes van andere HB-paren ook de screenline doorsnijden. Hoeveel en welke voertuigen dit zijn dient verder onderzocht te worden.

Project	Periode	Screenline	Standaardmodel	HW-model
N331	Ochtendspits	A	-27%	-13%
	Avondspits	A	-47%	-11%
	Restdag	A	-2%	-2%
N340	Nacht	A	-8%	0%
	Nacht	B	-20%	-24%
N348	Ochtendspits	Noord	-4%	2%
	Avondspits	Noord	-11%	-3%
	Restdag	Noord	1%	-8%
	Ochtendspits	Zuid	17%	4%
	Avondspits	Zuid	14%	16%
	Restdag	Zuid	12%	10%
N350	Weekend	A	36%	33%
N760	Ochtendspits	A	-3%	-5%
	Avondspits	A	-2%	-2%
	Restdag	A	-14%	-14%
	Ochtendspits	B	-2%	4%
	Avondspits	B	2%	4%
	Restdag	B	2%	-8%

Tabel 5 Toe- of afname van het aantal voertuigen over de screenline in situaties met afsluiting ten opzichte van situaties zonder afsluiting te zien als percentage van het werkverkeer

De grootste afnames van de intensiteiten op de screenlines zijn te vinden in het project N331. Hierbij verschillen de intensiteiten op de A32 en de overige wegen het meeste. Het toedelingsmechanisme veroorzaakt hier dus vreemde resultaten of er missen nog veel trips in de screenline. Hier zal verkeer toegedeeld zijn op wegen die buiten de screenline vallen en is de screenline dus incompleet.

Bij de N348 is er in beide modellen een toename van het aantal voertuigen op de screenline te zien. In dit model zijn er relatief grote toenames op de overige wegen (de wegen die niet in de screenline zijn opgenomen); bijvoorbeeld in de avondspits op screenline Zuid 39% in het standaard model en 23% in het HW-model.

In de N350 is de toename waarschijnlijk veroorzaakt door voertuigen die de screenline doorkruisen op de N350 bij km 11,3 en op de Zunaweg. Indien het telpunt op het afgesloten werkvak gelegen zou zijn, zou er geen toename zijn geweest.

Conclusie over het effect van het Hinderarm Wegbeheer-model

De verschillen in toedelingsresultaten tussen het HW-model en het standaardmodel zijn volgens de verwachtingen op basis van de aanpassingen in methodiek. Er is een duidelijk verschil in hoeveelheid lokaal verkeer tussen de projecten. Dit heeft invloed op de werking van het HW-model, want bij een laag percentage lokaal verkeer zijn de verschillen in verdeling over omleidingsroutes en sluiproutes groter tussen het HW-model en het standaardmodel. Een aantal screenlines vertonen in beide modellen grote verschillen in aantallen voertuigen tussen de situatie met en zonder afsluiting. Dit maakte de analyses op basis van deze screenlines minder betrouwbaar.

Discussie simulatieproces

Het NRM is als basis gebruikt voor het standaard- en het HW-model voor de projecten op de N331, N348 en N760. Dit is een model (netwerk en matrix) voor geheel Oost-Nederland. De schaal van de werkzaamheden is echter veel kleiner dan Oost-Nederland. Dit geeft als probleem dat er weinig zones zijn en een aantal wegen in het model missen. Hierdoor zijn er veel extra handelingen nodig voordat de simulaties uitgevoerd konden worden. Ook kunnen er gemakkelijker fouten in het model worden geïntroduceerd.

Doordat alle routes bekend zijn in de modellen wordt er relatief veel sluipverkeer voorspeld. Als er volgens het model meer verkeer over de sluiproutes gaat dan in werkelijkheid zal er een andere aanpak gekozen moeten worden om de hoeveelheid verkeer op de omleidingsroute, gemodelleerd door het HW-model, te verhogen. Mogelijkheden hiervoor zijn:

- Het verkleinen van het lokale gebied.
- Niet al het verkeer uit de lokale zones lokaal verkeer maken.
- Een aantal 80 km-wegen aanwijzen als lokale wegen (net als 60 km-zones).
- Een stochastische toedeling toepassen.

Een kleiner lokaal gebied zorgt er voor dat er minder lokaal verkeer op het werkvak is. Ook kan er gekozen worden om niet al het verkeer uit de lokale zones als lokaal verkeer te behandelen. Er kan bijvoorbeeld worden gekozen voor een percentage van 50%. Er zal dan ook verkeer uit het lokale gebied van de omleidingsroute gebruik gaan maken. Voorbeelden van mogelijke 80 km-wegen die als lokale wegen gesteld kunnen worden zijn de Conradsweg in het project op de N331 en de Bornerbroekseweg bij de N350 (deze wegen zijn te zien op de kaarten in bijlage 2). Bij de laatste mogelijkheid, het toepassen van een stochastische toedeling, wordt in het model voor een deel van het verkeer de route iets korter of langer voorgesteld dan deze is waardoor ze wellicht niet de kortste route kiezen.

Ook een aparte beschouwing van het vrachtverkeer is interessant voor verder onderzoek. Het gedrag hiervan kan verschillen van dat van automobilisten en ook zijn de kleinere wegen minder geschikt voor de vrachtwagens. De chauffeurs zullen deze dus waarschijnlijk niet graag gebruiken en veroorzaken bij gebruik meer hinder. Deze vrachtwagens zullen dus waarschijnlijk vaker de omleidingsroute gebruiken.

Hoofdstuk 5 Het Gemeten Verkeersgedrag

In dit hoofdstuk wordt het verkeersgedrag van automobilisten bij wegafsluitingen met omleidingen onderzocht op basis van verkeerstellingen voor, tijdens en na de afsluitingen. Dit gedrag wordt onderzocht om de aannames van het model te kunnen testen. Deze aannames van het HW-model zijn:

- Lokaal verkeer kiest altijd de kortste route.
- Niet-lokaal verkeer maakt minder snel gebruik van 30 km- en 60 km-zones en sneller gebruik van omleidingsroutes dan lokaal verkeer.
- Er zijn alleen routekeuzeveranderingen in het gedrag.

Zoals in hoofdstuk 2 besproken is zijn er meer gedragsveranderingen mogelijk dan het kiezen van een andere route:

- Niet verplaatsen
- Combineren van trips
- Andere modaliteit
- Andere bestemming (waaronder binnen eigen zone)
- Ander reistijdstip

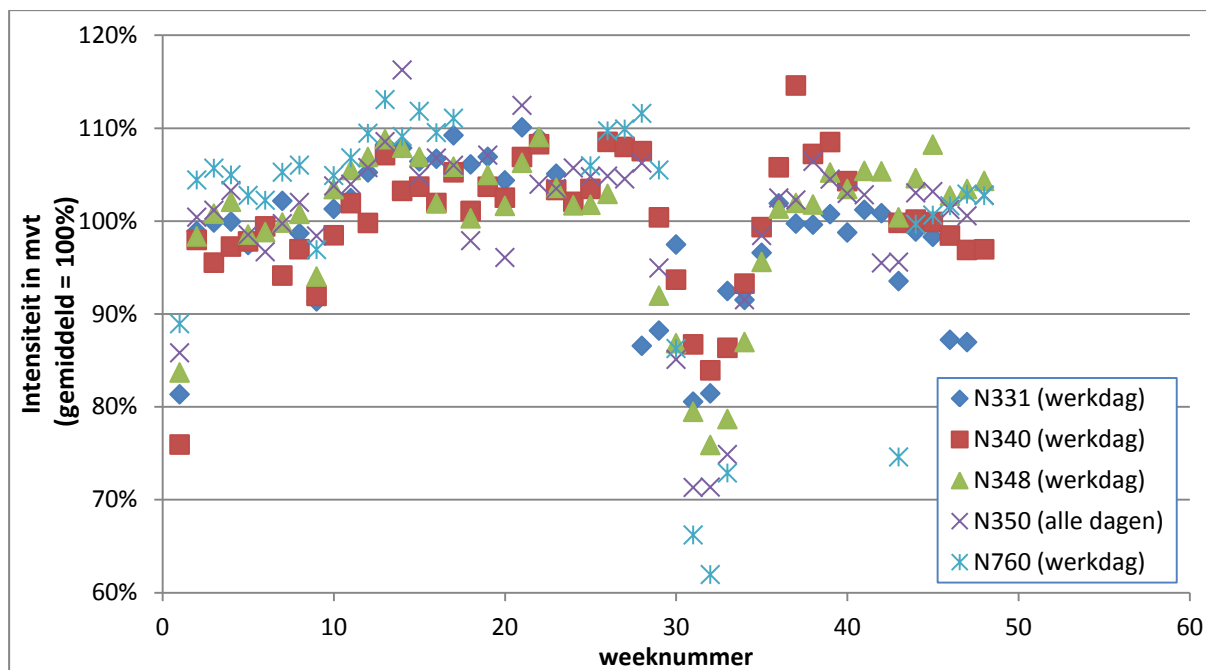
Deze veranderingen zullen ook invloed hebben op de verkeerssituatie en zijn dus van belang bij het analyseren van de hinder van werkzaamheden. Of deze veranderingen plaatsvinden en de eventuele grootte van de verandering zal in dit hoofdstuk onderzocht worden. De methodes hiervoor zijn besproken in hoofdstuk 3.

Alleen het aantal trips op een bepaald punt over een bepaalde tijd is gemeten. De mogelijkheden niet verplaatsen, combineren van trips, het reizen met een andere modaliteit en het kiezen van een andere bestemming zullen allen leiden tot een ander aantal trips op een punt. Daarom worden deze veranderingen niet apart onderzocht.

Allereerst zullen de veranderingen in de weken voor en na de werkzaamheden worden onderzocht. In die weken zal de invloed van de werkzaamheden klein te verwaarlozen en is er vooral invloed van seizoensvariatie. Daarna worden de veranderingen in de uren voor en na de werkzaamheden onderzocht. Vervolgens wordt de routekeuze tijdens de werkzaamheden bekeken en tenslotte wordt de verandering in tripaantallen tijdens de werkzaamheden bekeken.

Seizoensvariatie

De hoeveelheid voertuigen op het werkvak verschilt over het jaar zoals te zien is in Figuur 3. De gemiddelde weekintensiteit is hierin 100%. Het enige punt dat buiten deze grafiek valt is week 6 bij de N331. Hier was een erg hoge intensiteit (159%) doordat er die week in de Wieden en de Weerribben diverse schaatstochten gehouden zijn (o.a. de Hollands Venetiëtocht en de Vijf Merentocht).



Figuur 3 Seizoensvariatie 2012 van intensiteit per week voor de vijf projecten

De variatie van de projecten valt in dezelfde orde van grootte. De N350 heeft hierbij de grootste variatie. Er zijn wel een aantal opvallende periodes te onderscheiden. De zomervakantie (week 27-35) geeft een duidelijke afname van intensiteit. Ook in de herfstvakantie zijn er op werkdagen minder voertuigen gemeten. Daarom is deze week (week 43) niet meegenomen in de verdere analyses. Daarnaast is er verschil te zien tussen de eerste twaalf weken van het jaar en de periode daarna. Deze variatie kan dus invloed hebben op de metingen.

In Tabel 6 zijn voor de vijf projecten de verschillen in intensiteit tussen de periodes voor en na de afsluiting weergegeven met behulp van een factor. Hierbij is de intensiteit in de periode na de afsluiting gedeeld door de intensiteit in de periode voor de afsluiting per telpunt. Van de factoren van de beschikbare telpunten is het gemiddelde genomen.

Project	Periode Voor	Periode Na	Factor (Intensiteit Na/Voor)
N331	20-5 tm 10-6	14-7 tm 27-7	0,98
N340	17-9 tm 7-10	29-10 tm 18-11	0,94
N348	20-5 tm 10-6	15-7 tm 27-7	0,89
N350	21-9 tm 15-10	26-9 tm 19-11	0,94
N760	10-9 tm 30-9	15-10 tm 11-11	1,02

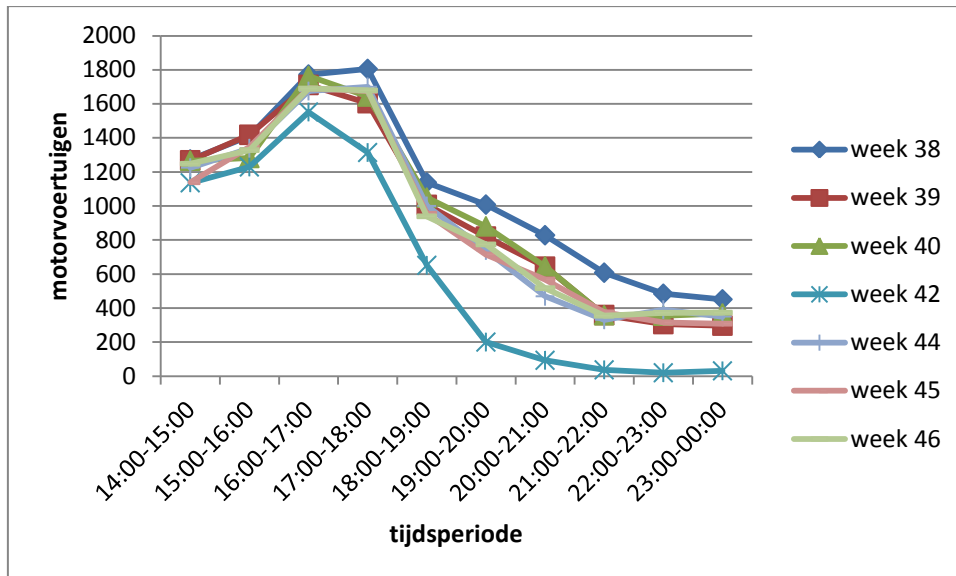
Tabel 6 Verhouding tussen intensiteit voor en na de afsluiting per project gemiddeld over alle telpunten

Uit deze factoren blijkt dat er een kleine invloed verwacht kan worden van de seizoensinvloeden op de intensiteit. De factoren liggen allen binnen 11% afwijking. Daarnaast is voor vier van de vijf projecten een lagere intensiteit gevonden in de periode na de afsluiting, in vergelijking met de periode voor de afsluiting.

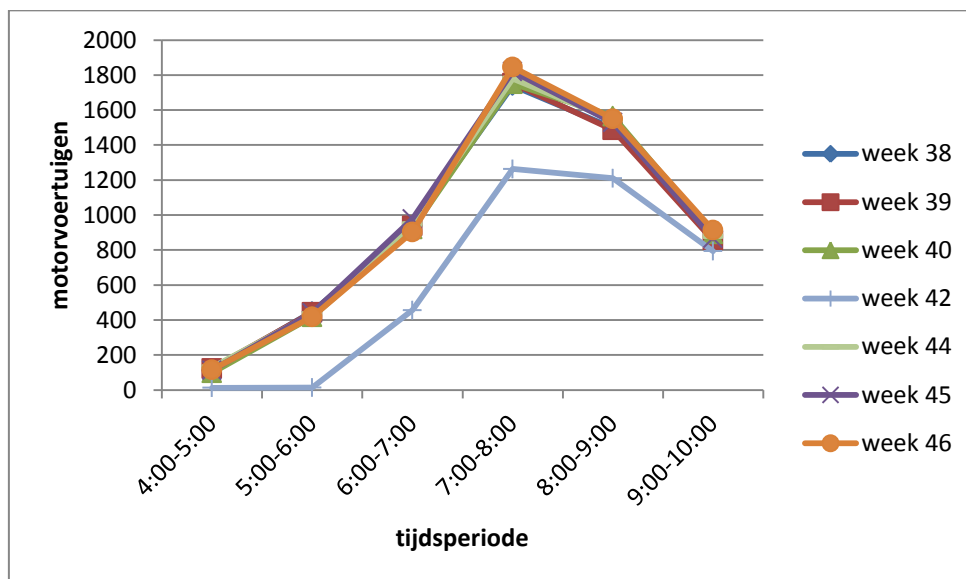
Door verkeerstellingen voor en na de afsluiting te nemen is geprobeerd seizoensvariatie uit te sluiten. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de hoeveelheid voertuigen tijdens de werkzaamheden hiertussen zou moeten liggen. Wel moet rekening gehouden worden met de vakanties waarin de intensiteit lager is. Dat is bij de projecten op de N331 en N348 gedaan door de periode na de werkzaamheden half zo zwaar mee te wegen in de bepaling van de intensiteit voor de situatie zonder afsluiting als de periode voor de werkzaamheden. Voor de overige projecten zijn beide projecten even zwaar meegenomen.

Tijdsverplaatsing

Bij een relatief korte afsluiting is het voor mensen waarschijnlijk eenvoudig om iets vroeger of later te vertrekken. Dit zou dus het geval kunnen zijn bij de weekendafsluiting op de N350 en bij de nachtafsluitingen op de N340. Hierbij werd dus een toename verwacht van het verkeer op het werkvak dat afgesloten gaat worden of net weer geopend is.



Figuur 4 Verloop intensiteiten op N350 km 11,2 op vrijdagmiddag (afsluiting week 42 vanaf 19:00 uur)



Figuur 5 Verloop intensiteiten op N350 km 11,2 op maandagochtend (afsluiting week 42 tot 6:00 uur)

In tegenstelling tot wat verwacht was, is er in de uren voor en na de wegafsluitingen juist een afname van het verkeer gevonden. Dit is in Figuur 4 en Figuur 5 te zien voor de N350 op het werkvak. In dit project zijn de verschillen tussen een gemiddelde dag en de dagen met afsluiting significant. Ook bij het project op de N340 is een afname te zien. Deze afname is alleen significant in het uur voor de werkzaamheden. Daarnaast is er waargenomen dat het niet drukker is op de omleidingsroutes kort voor en na de afsluitingen.

Routeverandering

Als automobilisten tijdens een afsluiting van het werkvak toch hun bestemming willen bereiken moeten ze een andere route kiezen. Hierbij wordt een keuze gemaakt tussen onder meer de aangewezen omleidingsroute en sluiproutes. In Tabel 7 is te zien welke percentages van het verkeer dat in de situatie zonder afsluiting het werkvak gebruikt, tijdens de afsluiting de omleiding en de sluiproute kiezen. In bijlage 5 zijn voor de etmaal-/nacht-/weekendperiodes de uitsplitsingen over de verschillende wegen in de screenline te zien.

In de kolom 'Totaal' van Tabel 7 is weergegeven hoeveel verkeer er op de gehele screenline is gemeten. Dit is bepaald door te meten hoeveel extra verkeer er op de telpunten in de screenline (behalve het werkvak) gemeten is tijdens de werkzaamheden ten opzichte van de situatie zonder werkzaamheden. Deze toename is uitgedrukt als percentage van het verkeer op het werkvak. Dit percentage is niet voor alle projecten gelijk aan het totaal van het verkeer op de omleiding en op de sluiproute. Dit heeft de volgende redenen:

- N331: Afrondingsverschillen
- N348: De ontsluitingswegen zijn noch als sluiproute noch als omleiding beschouwd.
- N350: Er is nog (10%) verkeer op het werkvak aanwezig.
- N760: De Krommesteeg is niet als sluiproute meegenomen.

Project	Periode	Screenline	Totaal	Omleiding	Sluiproute
N331	Ochtendspits	A	19%	80%	40%
	Avondspits	A	12%	53%	58%
	Restdag	A	-20%	24%	55%
N340	Nacht	A	-15%	47%	38%
	Nacht	B	-31%	46%	23%
N348	Ochtendspits	Noord	-49%	8%	38%
	Avondspits	Noord	-43%	1%	49%
	Restdag	Noord	-32%	9%	52%
	Ochtendspits	Zuid	-48%	7%	35%
	Avondspits	Zuid	-48%	1%	42%
	Restdag	Zuid	-34%	8%	48%
N350	Weekend	A	-25%	39%	26%
N760	Ochtendspits	A	-4%	-2%	65%
	Avondspits	A	-46%	15%	27%
	Restdag	A	-56%	9%	23%
	Ochtendspits	B	30%	31%	66%
	Avondspits	B	-45%	16%	26%
	Restdag	B	-56%	11%	22%

Tabel 7 Toe-/afname intensiteit op totale screenline en op omleidingen en sluiproutes als percentage van de werkvakintensiteit

De verdeling van het verkeer over de omleidingsroute en de sluiproute verschilt erg per project. In de projecten op de N331, N340 en de N350 zijn de omleidingsroutes het meest gebruikt. Dit zal wellicht te maken hebben met de hoeveelheid doorgaand of niet-lokaal verkeer. Dit is te verklaren met de veronderstelling dat niet-lokaal verkeer een voorkeur heeft voor de omleidingsroute. Een ander punt dat de verdeling kan beïnvloeden is de lengte van de omleiding ten opzichte van de sluiproute. Dit hangt erg van de herkomst en bestemming van de weggebruikers af. In de ochtendspits wordt meer gebruik gemaakt van de omleidingen dan in de andere periodes. Dit is wellicht vanwege congestie op de sluiproutes. Bij de N760 geldt het omgekeerde, in dit project worden in verhouding de sluiproutes het meest gebruikt in de ochtendspits.

Automobilisten zouden gewend kunnen raken aan de afsluiting en een nieuwe optimale route kunnen kiezen. Deze gewenning van de automobilisten aan de wegafsluitingen is niet goed aan te tonen door het beperkte aantal dagen dat er gemeten is en de spreiding in de resultaten. Wel is er

voor de projecten op de N760 en de N340 een aanwijzing dat in de tweede week van de afsluiting er meer gebruik wordt gemaakt van de omleidingsroute. Dit kan verklaard worden doordat mensen meer bekend zijn met de omleiding en al aan het begin van hun rit rekening met de omleiding kunnen houden.

De voertuigaantallen op de screenlines nemen vrijwel allemaal af gedurende de afsluitingen en omleidingsperiode, in vergelijking met de periode zonder afsluiting. Alleen bij de spitsperiodes bij de N331 en de ochtendspits bij de N760 op screenline B is een toename gemeten. Deze toename kan ook komen door een verkeerde aanname voor de waarde zonder afsluiting. Wel is er een afname bij deze projecten in de andere tijdsperiodes. Of deze afname van het verkeer significant is wordt onderzocht in de volgende paragraaf.

Voertuigen over de screenline

De aantallen voertuigen over een screenline in dit onderzoek lijken in een aantal situaties af te nemen tijdens afsluitingen zoals is te zien in Tabel 7. Voor de verschillende projecten is dit verder onderzocht op etmaalniveau. Hierbij is een verandering groter dan tweemaal de standaardafwijking als significant beschouwd zoals toegelicht in hoofdstuk 3. Ook zijn in deze analyse trips op de overige wegen, dus de gaten in de screenline en de wegen erbuiten, zoals voorspeld door de modellen meegenomen. De precieze aantallen en een uitgebreide analyse per project is te lezen in bijlage 5. Hieronder zal een samenvatting van deze resultaten gegeven worden.

N331: De afname van het aantal trips tijdens afsluitingen is niet significant. In de ochtend- en avondspits is er zelfs een toename van het verkeer gemeten.

N340: Er is een significante afname van het aantal trips op beide screenlines.

N348: In dit project kan niet bepaald worden of de afname significant is door de weinige tellingen op de Almelosestraat, Overkampsweg en Schoonheetensweg. Wel lijkt er meer afname in de spits te zijn dan buiten de spits. Hier kan de congestie die optrad bij dit project een rol spelen.

N350: Er is een significante afname van het totaal aantal trips gedurende het weekend.

N760: De afname op etmaalniveau op dit project is circa 50% en statistisch significant. Uitzondering hierop is de ochtendspits, daarbij is het aantal trips bijna gelijk.

Over het algemeen kan er geconcludeerd worden dat er een duidelijke afname van het aantal trips is tijdens afsluitingen. In de projecten op de N340, N350 en de N760 is de afname significant. Tijdens de spits is de afname iets kleiner. De afname van het aantal gemeten voertuigen kan het gevolg zijn van een keuze van automobilisten om zich niet verplaatsen, trips te combineren, een andere modaliteit te gebruiken of een andere bestemming te kiezen.

Conclusie over het gemeten verkeersgedrag

Wat betreft het aantal trips tijdens afsluitingen kan er geconcludeerd worden dat er een duidelijke afname is van het aantal trips. Tijdens de spits is deze afname wel iets kleiner. De invloed van seizoensinvloeden kan de gevonden afname van trips niet verklaren.

Vlak voor en na de afsluiting is in dit onderzoek een lagere verkeersintensiteit gevonden op het werkvak. Er zijn echter geen aanwijzingen dat het drukker is op de omleidingsroutes kort voor en na de afsluitingen. Een keuze van automobilisten voor een ander reistijdstip is dus niet aannemelijk. Deze gedragsverandering kan dus niet de oorzaak zijn van de gemeten afname van verkeer tijdens de afsluitingen.

De verdeling van het verkeer over omleidingsroutes en sluiproute verschilt veel tussen de periodes en de projecten. Bij de projecten op de N331, N340 en N350 heeft vrij veel verkeer de omleiding gebruikt (ca. 40%), terwijl dat percentage bij de projecten op de N760 en N348 slechts ongeveer 10% bedroeg. Omdat alle projecten vrij lange omleidingen hadden ten opzichte van de lengte van het

werkvak kan verondersteld worden dat hier ook meespeelt of het verkeer bekend is met de wegen in de omgeving of niet. Dit was echter niet te vast te stellen met de verkeerstellingen. Bij lokaal verkeer wordt verondersteld dat deze de kortste route kiezen, ongeacht of dit deel van de omleiding is of niet.

Hoofdstuk 6 Validatie

In dit hoofdstuk zal gekeken worden of de modelvoorspellingen van het HW-model en het standaardmodel valide zijn. Ook zal ook een vergelijking gemaakt worden van de scores op de richtlijnen van deze twee modellen. Dit gebeurt ten eerste aan de hand van de volgende drie richtlijnen voor de voertuigaantallen:

- Determinatiecoëfficiënt: $R^2 > 0,88$ en een controle van de spreidingsplot.
- Individuele telpunten: GEH < 5 voor 85% van de telpunten.
- Screenline waarden: GEH < 4 voor 95% van de screenlines.

Met deze richtlijnen wordt gekeken of de voorspellingen van de voertuigaantallen voldoende overeenkomen met de tellingen. Eerst wordt de determinatiecoëfficiënt bekeken. Daarna wordt de validiteit van de modellen per telpunt bekeken door middel van de GEH score. Als derde wordt deze score op screenlineniveau geanalyseerd.

Omdat gebleken is in hoofdstuk 5 dat er een afname is van het aantal trips, is de modelaannee van alleen routekeuzeveranderingen in het gedrag niet geldig. Dit zal ook een negatieve invloed hebben op de validiteit van de voorspellingen van de voertuigaantallen. Een ophoging van de getelde waarde van een aantal telpunten is lastig omdat er dan voor een groot aantal telpunten bepaald moet worden hoeveel verkeer welke afname hier veroorzaakt wordt door de afsluiting en welk door de routekeuzeveranderingen. Dit zijn niet alleen de telpunten op de screenline, maar ook op andere locaties in het project.

Er wordt verondersteld dat voor de screenline alle veranderingen het gevolg zijn van de afsluiting van het werkvak. Daarom wordt, naast de voertuigaantallen, de verdeling van het werkvakverkeer over de screenline bekeken. De voorspelling van de routekeuze van het verkeer dat in de situatie zonder werkzaamheden van het werkvak gebruik maakt wordt vergeleken met de gemeten routeverdeling met de volgende richtlijn:

- Verdeling werkvakverkeer over alternatieve routes binnen 10 procentpunt per route.

Daarnaast wordt speciale aandacht besteed aan de voorspellingen van de intensiteiten in de 60 km-zones, omdat hierin de aanname van het HW-model is dat niet-lokaal verkeer minder gebruik maakt van deze zones.

- Aantal voertuigen in 60 km-zones beter voorspeld in HW-model dan in standaardmodel.

Richtlijn 1: $R^2 > 0,88$ en een controle van de spreidingsplot

De eerste richtlijn die bekeken wordt is of de determinatiecoëfficiënt groter is dan 0,88. Hierbij worden per project alle gemodelleerde waarden vergeleken de getelde waarden. Die waarden zijn tegen elkaar uitgezet in spreidingsplots in bijlage 4. De determinatiecoëfficiënt is te zien in Tabel 8.

De determinatiecoëfficiënt voldoet voor het grootste deel van de situaties aan de richtlijn of voldoet er bijna aan. De spitsperiodes hebben een slechtere coëfficiënt dan de restdag- en etmaalperiode. Dit wordt veroorzaakt door een overschatting in de modellen van het aantal voertuigen op de telpunten.

In de spreidingsplots in bijlage 4 is te zien dat herschatte waarden tussen de telling en originele matrix in liggen. In de modellen waarbij het NRM als basis is gebruikt, is in de spreidingsplot een overschatting van de intensiteit te zien. Deze overschatting is het grootst in de spitsperiodes. Vandaar dat de determinatiecoëfficiënt daar relatief het laagste is. Voor het N340 project zijn voor de originele matrix een aantal zeer afwijkende waarden te zien. Een aantal hiervan zijn veroorzaakt door netwerkfouten. Een ander punt dat hier meespeelt is het feit dat de matrix niet aanwezig was voor de nachtperiode, maar alleen voor de restdag. Bij de N350 lijkt de originele matrix, die niet

aanwezig was voor de weekendperiode, een factor te groot. In de kalibratie wordt dit goed gecorrigeerd.

Project	Periode	Zonder afsluiting		Met afsluiting	
		Standaardmodel	HW-model	Standaardmodel	HW-model
N331	Etmaal	0,99	0,99	0,95	0,95
	Ochtendspits	0,79	0,82	0,88	0,87
	Avondspits	0,89	0,91	0,87	0,86
	Restdag	1,00	1,00	0,98	0,97
N340	Nacht	0,86	0,86	0,88	0,83
N348	Etmaal	0,97	0,94	0,97	0,96
	Ochtendspits	0,80	0,73	0,86	0,79
	Avondspits	0,86	0,79	0,89	0,84
	Restdag	1,00	0,99	0,99	0,96
N350	Weekend	0,72	0,70	0,95	0,96
N760	Etmaal	0,96	0,96	0,97	0,98
	Ochtendspits	0,72	0,66	0,73	0,65
	Avondspits	0,80	0,82	0,79	0,79
	Restdag	0,98	0,97	0,99	0,99

Tabel 8 Determinatiecoëfficiënt voor situaties met en zonder afsluiting per periode en per project (cellen die groter zijn dan de grenswaarde van 0,88 zijn weergegeven in groen)

Richtlijn 2: GEH < 5 voor 85% van de telpunten

Op basis van de GEH-score per telpunt wordt de prestatie van de modellen bekeken. In de Tabel 9 wordt het percentage van het totaal aantal telpunten dat een GEH kleiner dan vijf heeft getoond per project per periode.

In tegenstelling tot bij de determinatiecoëfficiënt waar sterk afwijkende waarden veel invloed hebben, is er bij de GEH score minder invloed hiervan. Dit is omdat hier het percentage van het aantal punten dat voldoet aan de richtlijn bekeken wordt en er dus slechts één van het totaal aantal telpunten niet voldoet.

Project	Periode	Zonder afsluiting		Met afsluiting	
		Standaardmodel	HW-model	Standaardmodel	HW-model
N331	Etmaal	39%	36%	40%	43%
	Ochtendspits	50%	50%	53%	53%
	Avondspits	50%	46%	59%	43%
	Restdag	68%	68%	44%	43%
N340	Nacht	87%	84%	63%	59%
N348	Etmaal	33%	24%	50%	40%
	Ochtendspits	40%	29%	47%	50%
	Avondspits	45%	21%	43%	33%
	Restdag	71%	48%	53%	23%
N350	Weekend	67%	43%	55%	50%
N760	Etmaal	17%	17%	38%	29%
	Ochtendspits	50%	42%	58%	46%
	Avondspits	58%	46%	50%	30%
	Restdag	75%	67%	88%	70%

Tabel 9 Percentage telpunten met een GEH kleiner dan 5 voor situaties met en zonder afsluiting per periode en per project (cellen die voldoen aan de grenswaarde van 85% zijn weergegeven in groen)

In het modelproces is de HB-matrix herschat. Hierbij is de matrix aangepast aan de tellingen voor de situatie zonder hinder op basis van de toedeling van het standaardmodel. Dit zou betekenen dat het standaardmodel valide zou moeten zijn voor de situatie zonder afsluiting. Hoewel de

determinatiecoëfficiënt redelijk goed is, blijkt uit Tabel 9 blijkt dat dit op deze richtlijn alleen voor de N340 het geval is. Dit betekent dat de matrix nog verder aangepast moet worden of dat de toedelingmethodiek niet goed genoeg is.

In de situaties met afsluitingen is alleen de restdagperiode bij de N760 in het standaardmodel valide. Voor de overige modelvoorspellingen (projecten en periodes) met en zonder afsluitingen is het percentage telpunten dat een GEH kleiner dan vijf heeft ongeveer 50%. Dit is te laag om het model valide te verklaren. Opvallend is dat de percentages in de situatie met afsluiting voor een aantal projecten hoger zijn dan in de situatie zonder afsluiting. Wat hier invloed op heeft is dat het aantal voertuigen op het werkvak tijdens afsluitingen 0 is en dit goed voorspeld zal worden door het model. Dit beïnvloedt de scores tijdens afsluitingen gedeeltelijk, de daadwerkelijke score is namelijk wat slechter dan de berekende waarde doordat het aantal voertuigen op het werkvak tijdens afsluitingen goed voorspeld wordt. Ook valt op dat in de restdagperiodes (waarbij een All-or-nothing toedeling is gebruikt) de percentages hoger zijn dan in de andere periodes voor vijf van de zes situaties met of zonder afsluiting in de betreffende projecten.

Slechts in twee simulaties heeft het HW-model meer telpunten met een GEH kleiner dan vijf dan het standaardmodel; de etmaalperiode in het N331 project met afsluiting en de ochtendspits in het N760 project zonder afsluiting. Dit is een onverwachte uitkomst want het HW-model zou tijdens afsluitingen juist beter moeten presteren dan het standaardmodel. Een oorzaak zou kunnen zijn dat de mogelijk betere routekeuze niet opweegt tegen het feit dat de matrix gekalibreerd is voor het standaardmodel.

Voor enkele situaties is het aantal telpunten dat aan de richtlijn voldoet erg afhankelijk van de gekozen GEH-grenswaarde. Zo is het percentage telpunten dat maximaal een GEH van zeven heeft bij de N340 met afsluiting voor beide modellen 80% in plaats van 63% voor het standaardmodel en 59% voor het HW-model. Het percentage stijgt bij de N331 zonder afsluiting in etmaalniveau in het HW-model naar 54% bij een GEH van zeven in plaats van vijf als grens. In diezelfde situatie blijft het standaardmodel echter steken op 46%. Bij het N760 project zonder afsluiting stijgt de score op etmaalniveau in het standaard- en het HW-model 17% van de telpunten naar respectievelijk 46% en 42% gestegen als de GEH-grenswaarde veranderd van vijf naar zeven.

Richtlijn 3: GEH < 4 voor 95% van de screenlines

Project	Periode	Zonder afsluiting		Met afsluiting	
		Standaardmodel	HW-model	Standaardmodel	HW-model
N331	Etmaal	0%	0%	0%	0%
	Ochtendspits	0%	0%	0%	0%
	Avondspits	0%	0%	0%	0%
	Restdag	50%	50%	0%	0%
N340	Nacht	100%	100%	100%	67%
N348	Etmaal	0%	0%	0%	0%
	Ochtendspits	0%	0%	0%	0%
	Avondspits	0%	0%	0%	0%
	Restdag	75%	75%	75%	50%
N350	Weekend	0%	0%	0%	0%
N760	Etmaal	50%	0%	0%	0%
	Ochtendspits	0%	0%	0%	0%
	Avondspits	50%	50%	0%	0%
	Restdag	0%	0%	0%	0%

Tabel 10 Percentage screenlines met een GEH kleiner dan 4 voor situaties met en zonder afsluiting per periode en per project (cellen die voldoen aan de grenswaarde van 95% zijn weergegeven in groen)

De resultaten op screenlinieniveau zijn slechts voor beide modellen in de situatie zonder afsluiting en de situatie met afsluiting bij de N340 valide zoals in Tabel 10 te zien is. Het kleine aantal screenlines

zorgt voor grote verschillen in percentages. De hoogste percentages worden gehaald in de restdagperiodes. De verschillen tussen het standaardmodel en het HW-model zijn hier zeer klein, slechts in vier situaties zijn de scores van het standaardmodel en het HW-model verschillend.

De slechte scores op de screenlines worden onder meer veroorzaakt door de afname van het aantal trips tijdens afsluitingen zoals waargenomen. De aantallen trips over de screenline worden daardoor overschat in de modelsimulaties. De GEH waardes voor screenlines in de situaties met een kleine afname van het verkeer zijn dan ook beter dan die in de andere situaties.

De afname van het aantal gemeten voertuigen verklaart de slechte scores voor de situatie zonder afsluiting echter niet. Hier is de overschatting van de intensiteiten in de originele matrix in de spitsperiodes van negatieve invloed, omdat deze overschatting niet volledig verdwijnt in de kalibratie.

Verdeling werkvakverkeer over alternatieve routes binnen 10 procentpunt per telpunt

Het HW-model zou de keuze tussen een sluiproute en een omleidingsroute beter moeten modelleren dan het standaardmodel. De verdeling van het werkvakverkeer over de alternatieve routes wordt hiervoor vergeleken met de optredende verkeersstromen op basis van telgegevens. Hierbij is het totaal aantal trips op de screenline gelijk getrokken tussen de situaties voor en na de afsluiting voor de modellen en de tellingen. Dit is gedaan omdat de afname van het aantal trips de vergelijking anders onmogelijk maakt en we hier geïnteresseerd zijn in de verdeling. De tabellen van de routeverdelingen zijn te vinden in bijlage 6. Eerst zullen de resultaten besproken worden per project, vervolgens worden deze bediscussieerd.

Bij validatie van de routeverdeling wordt gekeken of het HW- of standaardmodel voldoet aan de richtlijn van een maximale afwijking van 10 procentpunt per route. Hierbij weegt natuurlijk ook mee dat de screenlinetotalen niet constant zijn. Bij grote verschillen hierin tussen simulaties en tellingen kan dit invloed hebben op de validiteit zoals deze gedefinieerd is.

N331

Het percentage voertuigen op de veerpont is goed benaderd in beide modellen. De afname op de A32 in het standaardmodel in de ochtend- en avondspits is niet verwacht. Hierdoor wordt de verdeling erg slecht gemodelleerd. Het HW-model voorspelt dit punt beter, maar onderschat dit alsnog. Het verkeer op de Conradsweg wordt daarnaast overschat in beide modellen. Echter is er ook een grote onzekerheid in tellingen van zowel de A32 als de Conradsweg. Toch lijkt het HW-model de routeverdeling beter te modelleren.

N340

De voorspellingen voor screenline A zijn voor beide modellen niet valide maar geven wel een goed beeld van de verkeersstromen. Het standaardmodel onderschat het verkeer op de omleidingsroutes en overschat het verkeer op de sluiproutes, terwijl dit voor het HW-model andersom is. In het HW-model is voor screenline B het verkeer op de N377 meer onderschat dan dat op de N348. Ook wordt het verkeer op de Vilsterseweg overschat in het standaardmodel. In beide modellen wordt de Koloniedijk onderschat. Dit komt omdat er in beide modellen andere wegen als sluiproute worden gekozen waar geen telslangen geplaatst zijn (onder andere de Kampendwarsweg). De routeverdeling van het HW-model voldoet voor beide screenlines aan de richtlijn voor validiteit.

N348

Het HW-model voorspelt in de situatie met afsluiting op de A50 een toename voor alle periodes van meer dan 20%, terwijl het standaardmodel een toename van minder dan 10% voorspelt. Het standaardmodel komt hierbij beter overeen met de tellingen. Het HW-model voorspelt het aantal

voertuigen op de Schoonheetensweg en N337 wel beter dan het standaardmodel. De routeverdeling is bijna valide op screenline Noord voor het standaardmodel in de spitsperiodes en op etmaalniveau.

N350

Het verschil tussen de twee modellen is klein en beide modellen voldoen niet aan de richtlijn. Het verkeer op de sluiproutes en met name de Bornerbroekseweg wordt in beide modellen overschat. Het aantal voertuigen op de A1 is gebaseerd op de modellen. Doordat de screenlinetotalen en de werkvakintensiteiten echter verschillend zijn, verschillen de percentages op deze weg ook.

N760

In dit project deelt het HW-model meer verkeer toe op de omleidingsroute dan het standaardmodel behalve in de restdagperiode op screenline B. Slechts in de ochtendspitsperiode op screenline A wordt er door het HW-model te veel verkeer op de omleiding voorspeld terwijl het in andere periodes te weinig is. Als het veronderstelde verkeer op de Krommesteeg bij dat op de Zwolsesteeg opgeteld wordt komt de routeverdeling redelijk overeen met de verwachte verdeling op basis van de tellingen. Op screenline A in de ochtendspits voldoet het standaardmodel aan de richtlijn, terwijl op screenline B het HW-model voldoet. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het aantal voertuigen op de Krommesteeg geschat is en dat er een grote afname is van het aantal voertuigen op de screenline.

Conclusie routeverdeling

Het HW-model presteert beter dan het standaardmodel in de projecten N331, N340, N350 en N760 in de etmaalperiodes. In de spitsperiodes is het niet duidelijk welk model beter is. Bij de N331 laat het standaardmodel erg afwijkende resultaten zien, terwijl dit model de routeverdeling wel beter voorspelt bij het N348-project.

Er is bij alle projecten meer gebruik gemaakt van de omleidingsroutes dan voorspeld is door het standaardmodel. Er is echter nog wel meer finetuning van het HW-model nodig, omdat deze het gebruik van omleidingsroutes nog niet goed voorspelt. Zo is het aandeel lokaal verkeer lastig te voorspellen en te bepalen. Zo moet voor de N331, N340, en N760 minder lokaal verkeer en bij de N348 en N350 meer lokaal verkeer gedefinieerd worden. Een andere optie is om wel meer lokaal verkeer te definiëren, maar de omrijfactoren aan te passen. Nog een optie is om geen gebied te selecteren maar om de veranderde routekosten toe te passen op een gedeelte van het verkeer op het werkvak ongeacht de herkomst en bestemming.

Het is opvallend dat de routeverdeling voor het HW-model beter is dan het standaardmodel terwijl de GEH scores slechter zijn. Misschien is dit te verklaren doordat er meer en betere GEH scores zijn voor punten buiten de screenlines.

Aantallen voertuigen in 60 km-zones

In het HW-model wordt aangenomen dat niet-lokaal verkeer minder snel 60 km-zones gebruikt dan lokaal verkeer. Er zijn slechts zes punten waarbij er een telling is van een 60 km-weg. De aantallen voertuigen zijn te zien in Tabel 11 voor deze punten voor de situaties met en zonder afsluiting van de simulaties en de tellingen.

Bij de Vilsterseweg in het N340 project geeft het HW-model een onderschatting in de situatie zonder afsluiting, maar een goede voorspelling voor de situatie met afsluiting. Het standaardmodel voorspelt te veel voertuigen op de Vilsterseweg in de situatie met afsluiting. Op de Koloniedijk is er weinig verschil tussen de modellen. Er is wel sprake van een overschatting van het aantal voertuigen in de situatie zonder afsluiting. Waarschijnlijk worden hier in het model andere routes gekozen dan in werkelijkheid zoals ook wordt besproken bij de routeverdeling.

Project	Weg	Periode	Zonder afsluiting			Met afsluiting		
			Standaard-model	HW-model	Telling	Standaard-model	HW-model	Telling
N340	Vilsterseweg	Nacht	182	152	187	980	540	545
	Koloniedijk	Nacht	249	283	109	258	292	216
N348	Schoon-heetensweg	Restdag	1172	662	1390	4597	1612	2796
N350	Enterweg	Weekend	4184	4184	3558	10375	10335	6458
	Zunaweg	Weekend	1453	1410	1300	8920	8749	3888
N760	Zwolsesteeg	Etmaal	631	503	1005	4318	3993	2176

Tabel 11 Aantal voertuigen op enkele wegen in 60 km-zones voor modellen en telling met en zonder afsluiting

Op de Schoonheetensweg is alleen verkeer toegestaan buiten de spitsperiodes. In deze restdagperiode onderschatten beide modellen het verkeer op deze weg in de situatie zonder afsluiting. In de restdagperiode met afsluiting is er een overschatting van het standaardmodel en een onderschatting van het HW-model.

In het N350 project is er juist overschatting van de intensiteit op de Zunaweg en de Enterweg in de situaties met en zonder afsluiting. Dit is echter vrijwel alleen lokaal verkeer in het model, dus is het aantal voertuigen in het HW-model op deze wegen niet lager dan het standaardmodel. Ook de verschillen tussen de modellen in de situatie met afsluitingen zijn klein ten opzichte van de afwijking met de tellingen. In dit geval heeft het model het verkeer op de 60 km-zones overschat.

In het N760 project is op de Zwolsesteeg in de situatie zonder afsluiting een onderschatting gevonden en in de situatie met afsluiting juist een overschatting.

Doordat de HB-matrix en daarmee het standaardmodel is gekalibreerd op de telpunten, is de simulatie zonder afsluiting beter in het standaardmodel. Het HW-model deelt namelijk minder verkeer toe op de 60 km-zones.

Het HW-model voorspelt de ontwikkelingen in 60 km-zones bij wegafsluitingen beter dan het standaardmodel. In de projecten met een hoog percentage lokaal verkeer (N350 en N760) overschatten de simulaties het verkeer in de 60 km-zones. Ook is het duidelijk dat de verschillen tussen het HW-model en het standaardmodel kleiner zijn in de modellen met een hoog percentage lokaal verkeer.

Conclusie over validiteit van de verkeersmodellen

Er is geen simulatie die aan alle richtlijnen voldoet, maar de voorspelling voor de N340 zonder afsluiting in het standaardmodel zijn de voertuigaantallen goed benaderd. Daarnaast zijn voor de nacht-, weekend- en restdagperiodes de voorspellingen voor de vijf projecten in zowel het standaardmodel als het HW-model redelijk goed. De verschillen in validiteit tussen de modellen zijn niet groot. Dit komt doordat de verschillen in de voorspellingen voor de meeste telpunten relatief klein zijn.

Het blijkt dat de voorspelde waarden in de situaties zonder afsluiting te hoog zijn. Dit wordt veroorzaakt door overschatting in de originele matrix. De originele matrix zou dus nog meer gekalibreerd moeten worden, waardoor de modellen in de situaties zonder afsluitingen valide worden. Daarna kunnen voorspellingen gedaan worden voor situaties met afsluitingen. De gevonden afname van het verkeer tijdens werkzaamheden komt hier nog bovenop en moet ook meegenomen worden bij verbetering van het HW-model. Dit is ook de reden dat de screenline-aantallen voor de situaties met afsluiting door de modellen vrijwel allemaal onderschat zijn.

Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen

Bij wegwerkzaamheden met wegafsluitingen moeten automobilisten een andere (vaak langere) route kiezen. Hierbij volgen niet alle automobilisten de aangewezen omleidingsroute. Behalve dat een langere route meer tijd en geld kost en negatieve effecten heeft op het milieu, kan het ook zijn dat de alternatieve routes minder geschikt zijn voor hoge verkeersaantallen. Hierdoor komt de veiligheid in het geding, kan er schade ontstaan aan wegen en is er overlast voor omwonenden.

De hoeveelheid voertuigen en de snelheid op een wegvak zijn bepalend voor de hoeveelheid hinder bij werkzaamheden. Macroscopische verkeersmodellen voorspellen de intensiteiten en snelheden van auto's en zouden dus geschikt kunnen zijn voor het voorspellen van hinder. In deze studie wordt het HW-model, wat een macroscopisch model is, gevalideerd. Hierbij worden de voorspellingen van het model vergeleken met waargenomen intensiteiten.

In de literatuur met betrekking tot hinder bij wegwerkzaamheden wordt met name ingegaan op de keuze van automobilisten om een omleiding te volgen. Het blijkt dat zowel karakteristieken van de automobilist als van de routes, de keuze voor het volgen van een omleiding of sluiproute bepalen. Naast de routekeuzeveranderingen zijn ook de volgende gedragsveranderingen mogelijk:

- Niet verplaatsen
- Combineren van trips
- Andere modaliteit
- Andere bestemming (waaronder binnen eigen zone)
- Ander reistijdstip

In dit onderzoek is gekeken naar het verkeersgedrag van automobilisten tijdens, voor en na wegafsluitingen op basis van verkeerstellingen bij vijf projecten. Hieruit blijkt dat er in de uren voor en na wegafsluitingen sprake is van een afname van verkeer op het wegvak. Tijdens de wegafsluitingen is er daarnaast een indicatie dat de verkeersintensiteit over de screenlines afneemt. Verder blijkt dat niet alle verkeer de aangewezen omleidingsroute volgt. In sommige situaties worden sluiproutes meer gebruikt dan de omleidingsroutes.

De verkeerstellingen gaven niet altijd een duidelijk beeld van het gedrag van automobilisten. Om het gedrag goed te kunnen analyseren moet er veel aandacht besteed worden aan het meetplan. Hierbij zijn gesloten screenlines erg belangrijk. In dit onderzoek was het niet altijd mogelijk om de screenlines goed sluitend te maken. Het gebruik van gegevens van verkeersregelinstallaties (VRI's) zou hierbij ondersteunend kunnen zijn.

De standaard verkeersmodellen nemen afsluitingen en omleidingen niet expliciet mee. Om dit wel te doen moet het HW-model meer verkeer toedelen op omleidingsroutes en minder verkeer op 60 km-zones dan standaardmodellen. Bij toepassing van het HW-model bleken de resultaten in overeenstemming te zijn met deze aannames. Het aandeel niet-lokaal verkeer (waarvoor het HW-model andere kosten gebruikt dan standaardmodellen) verschilt aanzienlijk per project. Hierdoor varieert de grootte van het verschil met het standaardmodel veel tussen de projecten.

De aanname in het HW-model dat de omleiding meer gebruikt wordt dan op basis van de kortste routes in het standaardmodel wordt voorspeld, wordt bevestigd in de tellingen. Echter zijn de veranderingen in de HB-matrix niet opgenomen in het HW-model. Hierdoor wordt de validiteit negatief beïnvloed. In de toekomst zouden meer metingen gedaan kunnen worden om beter zicht te krijgen op veranderingen in de HB-matrix. Deze veranderingen kunnen dan in het HW-model verwerkt worden.

In dit onderzoek is de validiteit van het HW model getoetst. Het HW-model wordt als valide beschouwd als de voorspellingen van het HW-model de optredende verkeersbelastingen voldoende benaderen. Dit onderzoek toont aan dat het HW-model het aantal voertuigen in de situaties met en

zonder afsluiting in absolute zin nog niet goed voorspeld. Wel kan het HW-model gebruikt worden om onderhouds- en omleidingsvarianten te evalueren, omdat het percentage verkeer dat de omleidingsroute kiest goed benaderd wordt.

De voorspellingen van het HW-model zijn vergeleken met die van het standaardmodel. De voorspellingen van voertuigaantallen door het standaardmodel komen over het algemeen dicht bij het waargenomen verkeersgedrag op basis van tellingen, dan het HW-model. Een belangrijke reden hiervoor is dat de HB-matrix is gekalibreerd voor het standaardmodel in de situatie zonder afsluiting. De voorspelling van het routekeuzegedrag bij wegafsluitingen is bij het HW-model wel meer overeenkomstig met de tellingen dan bij het standaardmodel.

Hoewel modellen geen exact beeld geven van het aantal voertuigen op wegen tijdens wegwerkzaamheden heeft het gebruik van modellen toch meerwaarde. Het belang van het voorspellen van de effecten van wegafsluitingen is vooral dat knelpunten herkent kunnen worden en de effectiviteit van omleidingen voorspeld kan worden.

Aanbevelingen

Het gebruik van verkeersmodellen bij wegafsluitingen is aan te raden. Bij het ontwerpen van een omleiding kan inzicht de effecten gekregen worden, waardoor er betere oplossingen ontworpen kunnen worden. In de huidige methodes voor het voorspellen van hinder wordt uitgegaan van 100% (Hinderscan) of 95% (bepaling maatschappelijke kosten) van het verkeer dat van de omleiding gebruik maakt. Hierdoor wordt het gebruik van sluiproutes onderschat en de hoeveelheid hinder verkeerd ingeschat. Uit de analyse van het verkeersgedrag blijkt dat een percentage van 50% van het verkeer dat de omleiding gebruikt beter overeenkomt met de werkelijkheid.

Het is verstandig de invloed van navigatiesystemen op het verkeersgedrag van automobilisten te onderzoeken. Er kan bijvoorbeeld gekeken worden of automobilisten met een navigatiesysteem het advies de navigatie uit te zetten opvolgen en of ze de omleiding vaker volgen dan automobilisten zonder navigatiesysteem. Automobilisten zouden de neiging kunnen hebben de routeadviezen die de systemen geven te volgen in plaats van de omleidingsroute. Het probleem hierbij is dat de adviesroute van het navigatiesysteem over sluiproutes kan gaan wat ongewenst is. Ook is de afsluiting niet altijd opgenomen in het navigatiesysteem waardoor er lastig alternatieve routes berekend kunnen worden.

Uit de tellingen blijkt dat het aantal voertuigen over de screenline tijdens de afsluitingen afneemt. Zonder aanvullend onderzoek blijft onduidelijk welke oorzaken deze afname heeft. Het doen van verkeerstellingen van overige vervoersmodaliteiten kan bijvoorbeeld inzicht geven of de verplaatsing van trips van auto naar bus of fiets een rol speelt. Dit speelt zeker bij onderhoudsprojecten waarbij maatregelen genomen zijn om gebruik van deze modaliteiten te stimuleren.

Om automobilisten te overreden een omleidingsroute te volgen zouden zij beloond kunnen worden. Deze beloning kan ingericht worden naar analogie van 'Spitsmijden' waarbij automobilisten die vaak van een bepaald project gebruik maken een vergoeding krijgen als zij buiten de spits rijden. Hiermee kan het percentage automobilisten dat de omleidingsroute kiest verhoogd worden.

Naast verbeteringen van de tellingen kan ook het model verbeterd worden. Vanuit het HW-model worden hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van het netwerk en de matrix die worden gebruikt. Er moeten veel wegen en een fijne zoneverdeling aanwezig zijn. Het NRM kan hierbij als basis dienen, maar is geen perfect startpunt. Het RVM Twente heeft een fijner netwerk en zoneverdeling. Ook is het nodig om een actuele matrix te gebruiken.

Voor Overijssel kan gestreefd worden naar een verdeling in drie regionale modellen. Modellen voor de Regio Twente en de stedendriehoek Deventer-Apeldoorn-Zutphen zijn al gereed of in ontwikkeling. Een derde model zou dan ingericht kunnen worden rondom de netwerkstad Kampen-Zwolle (inclusief de Noordwest-Overijssel). Een uitbreiding, naar Noordoost-Overijssel (Hardenberg)

en Zuid-Drenthe (Meppel-Hoogeveen-Coevorden), zou de dekking voor Overijssel compleet maken. Dit nieuwe model zou ingepast kunnen worden in het project Beter Bereikbaar van Netwerkstad Kampen-Zwolle.

Om de voorspellingen van het model te verbeteren moeten de parameters van het HW-model gekalibreerd worden. Aangezien blijkt dat het HW-model de restdagperiode beter voorspelt dan de spitsperiodes kunnen met name voor de spitsperiodes de resultaten verbeterd worden. De resultaten van het HW-model kunnen ook verbeterd worden door een andere bepaling van het verkeer waarvoor andere gegeneraliseerde kosten (voor de omleidingsroutes en 60 km-zones) toegepast worden. Hierdoor kan er meer verkeer toegedeeld worden aan de omleidingsroute.

Ter besluit

Het Hinderarm Wegbeheer-model is een goede ontwikkeling in het modelleren van verkeersgedrag bij wegwerkzaamheden. De resultaten zijn in nog niet valide voor het bepalen van de hoeveelheid hinder die wordt veroorzaakt door een bepaalde onderhoudsstrategie. De verdeling van de voertuigen over omleidingsroutes en sluiproutes wordt wel redelijk voorspeld en beter dan standaardmodellen. Het is aanbevelenswaardig om het model verder te ontwikkelen, omdat het gebruik van verkeersmodellen een belangrijke rol kan spelen bij de beperking van hinder tijdens wegafsluitingen.

Bibliografie

- Aaldenberg, N., Hoogma, W., & Birnie, J. (2012). *Verkeershinderscan wegwerkzaamheden*. Paper presented at the Nationaal verkeerskundecongres.
- Adviesdienst Verkeer en Vervoer. (1998). *Capaciteitswaarden infrastructuur autosnelwegen : handboek*. Rotterdam: Rotterdam : Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Barton-Aschman Associates, & Cambridge Systematics. (1997). Model Validation and Reasonableness Checking Manual. In F. H. Administration (Ed.), *Travel Model Improvement Program*.
- Bovy, P. H. L., Bliemer, M. C. J., & Nes, R. v. (2006). Course CT4801 Transportation Modeling.
- Cambridge Systematics, I. (2010). *Travel Model Validation and Reasonableness Checking Manual Travel Model Improvement Title (Second Edition ed.)*: Federal Highway Agency.
- Cragg, S. (2007). Roadworks: What are the benefits of modelling temporary traffic management arrangements?
- Department of Transport. (1997). Design manual for roads and bridges, Volume 12 section 2.
- Erke, A., Sagberg, F., & Hagman, R. (2007). Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behaviour. *Transportation Research Part F, 10*, 447-457.
- Federal Highway Administration. (2006). *Work Zone Impacts Assessment: An Approach to Assess and Manage Work Zone Safety and Mobility Impacts of Road Projects*.
- Federal Highway Administration. (2008). *Traffic Analysis Toolbox Volume VIII: Work Zone Modeling and Simulation — A Guide for Decision-Makers*. Washington D.C.
- Federal Highway Administration. (2009). *Traffic Analysis Toolbox Volume IX: Work Zone Modeling and Simulation — A Guide for Analysts*. Washington D.C.
- Fikse, N. (2012) *Hinderarm Wegbeheer - Alternatief routekeuzemodel - verantwoording & documentatie*.
- Grontmij Nederland bv. (2011a). *Beleid, proces en basisinformatie Werk in Uitvoering 96a/96b*.
- Grontmij Nederland bv. (2011b). *Omleidingen en tijdelijke bewegwijzering Werk in Uitvoering 96a/96b*.
- Hermelink, W. (2011). *Evaluatie verkeerspatronen groot onderhoud N342 Oldenzaal - Denekamp*: Universiteit Twente.
- Hermelink, W., Berkum, E. v., & Huerne, H. t. (2010). *Raamwerk voor het inzichtelijk maken van verkeershinder bij wegonderhoud*. Paper presented at the CROW Infradagen 2010, Papendal.
- Homan, T. (2012). *Freeway work zone capacity - Empirical research on work zone capacity in the Netherlands*. MSc, Universiteit Twente, Enschede.
- Jeannotte, K., & Chandra, A. (2005). *Developing and implementing transportation management plans for work zones*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Transportation Operations.
- Khattak, A. J., Yim, Y., & Prokopy, L. S. (2003). Willingness to pay for travel information. *Transportation Research Part C, 11*, 137-159.
- Lotan, T. (1997). Effects of familiarity on route choice behavior in the presence of information. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 5*(3-4), 225-243. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X\(96\)00028-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X(96)00028-9)

- McDonald, M., Hounsell, N. B., & Njoze, S. R. (1995). Strategies for route guidance systems taking account of driver response.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2006). *Tabellenboek MON 2006*.
- Ober-Sundermeier, A., & Zackor, H. (2001, August 25-29, 2001). *Prediction of Congestion due to Road Works on Freeways*. Paper presented at the IEEE Intelligent Transportation Systems, Oakland (CA).
- Ortúzar, J. d. D. S., & Willumsen, L. G. (2001). *Modelling transport* (3rd ed.). Chichester New York: J. Wiley.
- Planning Department. (2005). Land Use Planning for the Closed Area - Feasibility Study - Appendix C - Transport Modelling Approach and Validation.
- Pronello, C., & André, M. (2000). Pollutant emissions estimation in road transport models Report INRETS-. In INRETS (Ed.).
- Schonfeld, P., & Chien, S. (1999). Optimal work zone lengths for two-lane highways. *Journal of transportation engineering*, 125(1), 21-29.
- Smits, E.-S. (2010). *Origin-Destination Matrix Estimation in OmniTRANS*. Master of Science, Universiteit Utrecht.
- Trochi, W. M. K. (2006, 2006-10-20). The T-Test. *Research Methods Knowledge Base* Retrieved 21 februari, 2013, from http://www.socialresearchmethods.net/kb/stat_t.php
- Universiteit Twente. (2012). Hinderarm Wegbeheer Retrieved January 8th, 2013, from <http://www.verkeershinder.eu/?show=page&id=1>
- Witteveen+Bos. (2012). Toelichting op excelapplicatie 'maatschappelijke kosten onderhoudsvarianten'.
- Xu, T. D., Sun, L. J., Peng, Z. R., & Hao, Y. (2011). Modelling drivers' en-route diversion behaviour under variable message sign messages using real detected traffic data. *IET Intelligent Transport Systems*, 5(4), 294-301. doi: 10.1049/iet-its.2011.0060
- Zheng, N., Hegyi, A., Hoogendoorn, S., Zuylen, H. v., & Peters, D. (2011). A Comparison of Freeway Work Zone Capacity Prediction Models. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 16, 419-429.

Bijlage 1 Werkwijze bij wegonderhoud bij provincie Overijssel

In deze bijlage wordt allereerst het huidige proces van wegafsluitingen bij werkzaamheden besproken vanaf de projectplanning tot de evaluatie zoals het uitgevoerd wordt bij de provincie Overijssel. Daarna wordt dit proces kort besproken. Tenslotte worden nagegaan wat de bijdrage van het Hinderarm Wegbeheer model hierbij zou kunnen zijn.

Huidige proces

Opstarten Project

Het onderhoudsproces begint met de planning van de uitvoering van werkzaamheden. Voor de meeste wegvakken wordt dit gedaan volgens de methodiek van cyclisch beheer waarbij de provincie per project opdracht geeft. De programmamanagers bepalen het moment en de locatie van onderhoud. Dit wordt vastgelegd in een vijfjarenplanning. In de tweede helft van een jaar wordt de planning voor het jaar erop bepaald met daarin gepland in welk deel van het jaar het onderhoud plaatsvindt.

Tijdens het opstarten van een project, enkele maanden voor de geplande uitvoering, is er een actieve rol voor de projectleider. Hij doet de inventarisatie van geschikte werkstrategieën en scant op knelpunten in de planning (bijvoorbeeld een dorpsfeest waarbij veel verkeer gebruik maakt van de af te sluiten weg) en het netwerk. Hierbij wordt de Hinderscan gebruikt.

De Hinderscan is een spreadsheet-tool om de werkbare uren voor een project te bepalen en de hoeveelheid hinder in te schatten. De werkbare uren bepalen of een gedeeltelijke afsluiting mogelijk is en in welke periode van de dag (bijvoorbeeld gehele dag, nacht of weekend) gewerkt kan worden. De hoeveelheid hinder wordt uitgedrukt in een klasse. Per klasse zijn er acties in afstemming, communicatie en contracteisen vastgesteld. Met de hinderscan wordt snel duidelijk wat er mogelijk is en wat er gedaan moet worden. Hierdoor kan effectief en efficiënt gewerkt worden. Als invoer voor de Hinderscan wordt de verliestijd per gehinderd voertuig en het aantal hinderde voertuigen gebruikt en kunnen er een aantal specifieke factoren (bijv. fietsers of bussen) aangegeven worden. (Aaldenberg, Hoogma, & Birnie, 2012)

De medewerkers van het rayon geven in deze fase een advies ter aanvulling op de Hinderscan. Hiermee kan afgeweken worden van de uitkomsten van de Hinderscan. Dit is meestal in beperkingen aan de werkzaamheden. Ook kunnen er aanvullende eisen en beperkingen aan de omleiding geformuleerd worden.

In de opstartfase wordt ook gekeken of er gelijktijdige projecten zijn op nabijgelegen wegen, uitgevoerd door andere wegbeheerders. Hierdoor kunnen onverwachte knelpunten optreden of wordt de hinder op een bepaald punt onacceptabel hoog. Hierbij moet ook rekening gehouden worden met projecten in aangrenzende regio's zoals de provincie Gelderland. De alternatieve routes hiervan zouden daarbij ook in Overijssel kunnen liggen.

Op de website www.wegwerkmeldingen.nl worden alle geplande werkzaamheden geplaatst. Als er omleidingen over provinciale wegen zijn gemeld door bijvoorbeeld gemeentes, Rijkswaterstaat of een andere provincie, volgt een melding van dit systeem. Meestal kan de provincie aan de andere wegbeheerders voor deze omleiding toestemming verlenen. Hierin kunnen ook de aangesloten wegbeheerders zien wat er te gebeuren staat en worden werkzaamheden op elkaar afgestemd.

In de aanbesteding wordt een uitvoeringsperiode en een maximale uitvoeringsduur aan de aannemer opgelegd. Ook wordt in enkele gevallen in een EMVI aanbesteding een bonus gegeven voor een korte afsluitingsduur. Een andere beperking die aan de aannemer kan worden opgelegd is het rekening houden met buslijnen, breedtetransport en gevaarlijk transport wat doorgang moet blijven houden. Hier moet bij de werkzaamheden en omleiding dan rekening mee gehouden worden.

In enkele projecten wordt ook de omleidingsroute aangegeven in het bestek. Deze is vaak gelijk aan een calamiteitenroute. Er wordt op dit moment gewerkt aan een procedure om deze standaardomleidingen voor incidenten op te stellen. Hierbij wordt per wegvak een omleidingsroute ontworpen. Deze zou ook bij onderhoudsafsluitingen gebruikt kunnen worden.

Ontwerpen omleiding

Na de aanbesteding is het ontwikkelen van de oplossingsrichtingen voor afwikkeling van het verkeer de taak van de aannemer, maar de provincie houdt een controlerende rol als opdrachtgever. De werkstrategie bepaalt of de weg volledig wordt afgesloten, in welke richting en voor hoelang. De belangrijkste voorwaarden van de provincie voor omleidingen zijn de volgende; er worden gelijkwaardige wegen gebruikt en automobilisten mogen niet van een omleiding in een omleiding terecht komen. Het eerste uitgangspunt heeft direct invloed op de kwaliteit van de omleiding. Zo kan de dichtstbijzijnde omleidingsroute al een hoge intensiteit/capaciteit-verhouding hebben waardoor extra verkeer congestie veroorzaakt of een veel langere route zijn. Het tweede criterium heeft vooral invloed op de planning.

Bij het maken van de omleiding kan de aannemer rekening houden met de reeds bekende omleidingen en werkzaamheden. Deze zijn namelijk al geplaatst in het systeem op www.wegwerkmeldingen.nl. Als de omleiding definitief en goedgekeurd is wordt deze pas in het systeem geplaatst. Dit omdat de gegevens zeer betrouwbaar moeten zijn.

Hierna wordt de omleidingsroute gemaakt. De aannemer besteedt dit vaak uit aan een bedrijf dat hierin gespecialiseerd is zoals Abbink. De route wordt voorgelegd aan de provincie Overijssel. Het gebeurt zelden dat er meerdere alternatieven worden voorgelegd. De omleidingsroute is vrijwel altijd de kortste route die over wegen van gelijke orde mogelijk is. Bij sommige projecten wordt gebruik gemaakt van omleidingen die al eerder ontworpen zijn.

De omleiding en onderhoudsaanpak die ontworpen zijn door de aannemer worden beoordeeld door het projectteam van de provincie. Hierin zitten onder andere de projectadviseur en de adviseur verhanding. De beoordeling wordt op basis van ervaring gedaan. Bij twijfel worden rayonmedewerkers van de provincie geraadpleegd. Zij hebben veel kennis van het gebied.

Uitwerken maatregelen

Als de aanpak door het projectteam goedgekeurd is kan de omleiding uitgewerkt en uitgevoerd worden. De maatregelen worden in deze fase tot op detailniveau uitgewerkt door de aannemer. Hierbij worden onder andere de locaties van borden, de teksten en pijlen op borden en de aanwezigheid van verkeersregelaars bepaald. Hier zijn veel richtlijnen voor voorgeschreven door de CROW (Grontmij Nederland bv, 2011b) . Zo worden het formaat van de letters en de afstand van de borden tot de afslagen voorgeschreven. Voor de bebording worden de algemene eisen uniformiteit, continuïteit, leesbaarheid en begrijpelijkheid gegeven.

De teksten en de locaties van de bewegwijzering kan de aannemer zelf bepalen. Ook de route van omleiding wordt niet voorgeschreven door de CROW. De locatie en informatie over het project voor verkeersregelaars wordt ook niet beschreven. Er is hierin dus een mate van vrijheid voor een aannemer.

De definitieve omleiding wordt gepubliceerd zodat weggebruikers hier van tevoren kennis van kunnen nemen. In de Hinderscan wordt een aanbeveling gedaan welke media gebruikt zouden moeten worden. Een aantal veelgebruikte media zijn advertenties in lokale en regionale bladen, tekstkarren en bewonersbrieven.

Evalueren

Het idee binnen de provincie Overijssel is dat afsluitingen vrijwel altijd voldoen. Tijdens de uitvoering treden de meeste problemen op vanwege calamiteiten. In de enkele gevallen dat er onacceptabel grote knelpunten ontstaan wordt er wel ingegrepen en wordt de omleiding aangepast. Ook wordt vaak de bebording nog aangepast. Er is echter geen lijst beschikbaar van wanneer en waar dit is gebeurd.

Nadat de wegwerkzaamheden zijn uitgevoerd wordt tijdens een projectvergadering tussen de opdrachtgever, aannemer en eventueel gemeente en politie het project geëvalueerd. Er vindt bij de provincie Overijssel vrijwel nooit expliciet een evaluatie plaats van de hinder die ontstaat bij werkzaamheden. Tijdens de projectevaluatie komt de hinder ook ter sprake. Er wordt echter niet altijd teruggekeken naar deze evaluatie bij een nieuwe afsluiting van het wegvak.

Opmerkingen over het proces

Vanuit de literatuur worden aanbevelingen gegeven voor het proces van wegafsluitingen en omleidingen. Het proces zoals dat bij de provincie vormgegeven is wijkt op een aantal punten af van de aanbevelingen van de CROW (Grontmij Nederland bv, 2011a) en de FHWA (Jeannotte & Chandra, 2005). Deze organisaties leggen meer de nadruk op een explicietere beschouwing van de effecten vooraf. Zo wordt er onder meer het bepalen van criteria en het toetsen van omleidingen hieraan en het beschrijven van weg- en verkeerskenmerken aangeraden. Ook wordt in het proces de gebruikte kennis van medewerkers de genomen beslissingen weinig gedocumenteerd. Hiermee is de afhankelijkheid van de kennis en continuïteit van de medewerkers groot.

De ontwikkelde oplossingsrichtingen kunnen getoetst worden aan bepaalde criteria. Deze criteria zouden gebruikt kunnen worden door de provincie Overijssel. Omdat er zelden meerdere oplossingsrichtingen worden voorgelegd, worden er ook geen precieze beoordelingscriteria gehanteerd. Wel wordt gekeken naar de redelijkheid van de omleiding en of deze aan de beleidsuitgangspunten voldoet. Het doel is bijvoorbeeld om bedrijven niet onevenredig te benadelen.

De weg- en verkeerskenmerken zijn nodig om de mogelijk onderhoudsstrategieën en de gevolgen van de afsluiting te kunnen bepalen. De technische weggegevens, bijvoorbeeld de locatie en breedte, zijn goed bekend bij de provincie Overijssel. Ook de heersende verkeerssituatie met betrekking tot maximum snelheid en toegang voor fietsers of landbouwverkeer is bekend. Hiermee kan indien nodig nog de capaciteit bepaald worden.

Er kan voor de wegvakken waarop zich telpunten bevinden bepaald worden wat de verkeersbelasting is per tijdsperiode. Dit om de gevolgen van de routeveranderingen te voorspellen en knelpunten te ontdekken. Slechts in de HinderScan procedure in de planfase wordt de verkeersbelasting op het wegvak in ogenschouw genomen. Voor de wegvakken zonder telpunten kan een schatting gedaan worden op basis van een verkeersmodel.

De inschatting van extra voertuigtijd wordt op dit moment bepaald door voor alle voertuigen een geschatte extra rijtijd te bepalen op basis van de omleiding. Dit kan nauwkeuriger met een verkeersmodel doordat niet alle voertuigen dezelfde herkomst en bestemmingen hebben en niet allemaal de omleiding volgen.

De extra werkzaamheden voor de analyses gaan gepaard met extra kosten. Doordat er volgens de provincie momenteel weinig problemen optreden bij de wegafsluitingen kan het zijn dat de bijdrage van de analyses te weinig is. Wel kunnen analyses met het Hinderarm Wegbeheer-model eenvoudig uitgevoerd worden.

Zowel vooraf als tijdens en na de werkzaamheden wordt de kennis en ervaring van medewerkers veel gebruikt. Veel van deze kennis is nog niet gedocumenteerd. Hierdoor is er kans dat deze kennis

verdwijnt als medewerkers uit dienst gaan en dat er voor nieuwe project weer veel opnieuw uitgezocht moet worden.

Er is echter weinig formele evaluatie, dus het is goed mogelijk dat er opnieuw dezelfde problemen optreden bij al eerder gebruikte omleidingen. Dit kan ook gebeuren als een andere aannemer een omleiding gaat ontwerpen voor een wegvak waar al eerder een omleiding voor gemaakt is. De projectevaluatie wordt ook zelden bekeken bij het starten van een nieuw project.

Mogelijkheden voor Hinderarm Wegbeheer-model

Het doel van het Hinderarm Wegbeheer is om de hoeveelheid hinder van verschillende onderhoudsstrategieën te vergelijken. Daarnaast kan het HW-model ook in een aantal deelprocessen in het hinderbeheersingsproces bij de provincie Overijssel een rol spelen:

- Beter bepaling extra reistijd Hinderscan
- Toetsen oplossingen/omleidingen
- Bepaling knelpunten in netwerk
- Voorspelling hoeveelheid hinder

Deze processen zullen hierna kort worden toegelicht. Op dit moment ligt de taak voor het ontwikkelen en vergelijken van omleidingsvarianten bij de aannemer van de onderhoudswerkzaamheden. Daarom zou ook de aannemer het Hinderarm Wegbeheer-model kunnen gebruiken. Een andere optie is dat de provincie Overijssel zelf omleidingen gaat ontwikkelen bij werkzaamheden.

Betere bepaling extra reistijd met Hinderscan

Het Hinderarm Wegbeheer-model kan gebruikt worden als aanvulling op de Hinderscan. De extra voertuigtijd wordt op dit moment bepaald door het voertuigtijd vanaf het begin van het wegvak via de omleiding naar het eind van het wegvak te nemen. Dit wordt vermenigvuldigd met het aantal voertuigen dat van het werkvak gebruik maakt. Deze berekening kan verbeterd worden door een berekening te maken van de voertuigverliesuren in het netwerk. Hierbij kan rekening gehouden worden met het feit dat voor sommige routes een zeer goede alternatieve route beschikbaar is die slechts een kleine vertraging oplevert. Ook kan dan rekening gehouden worden met de extra reistijd die ontstaat op de alternatieve routes door congestie.

Toetsen en vergelijking van oplossingen

De aannemer zou bij het toetsen van de oplossingen en verschillende omleidingen het Hinderarm Wegbeheer-model kunnen gebruiken. Zo kan hij de effecten van verschillende omleidingen met elkaar vergelijken.

Bepaling knelpunten in netwerk

Om te bepalen waar knelpunten ontstaan in het netwerk bij wegafsluitingen is het nuttig om de routekeuze bij afsluitingen te kunnen voorspellen. Er wordt verondersteld dat het model dit beter kan dan dat met de inschatting van het projectteam bepaald kan worden.

Voorspelling hoeveelheid hinder

De hoeveelheid hinder wordt op dit moment nog expliciet niet als criterium gebruikt. Dit omdat hiervoor weinig gegevens beschikbaar zijn. Het feit dat de benodigde gegevens voor de berekening van de hoeveelheid hinder beschikbaar zijn in een model, maakt berekening veel eenvoudiger. Ook een verbeterde nauwkeurigheid zou bereikt kunnen worden.

Bijlage 2 Kaarten

Project N331

Project N340

Project N348 - 1

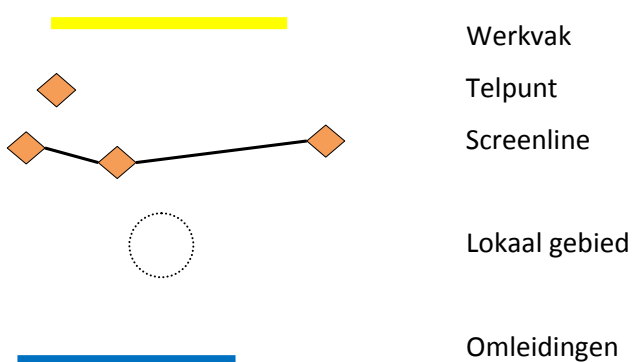
Project N348 - 2

Project N350

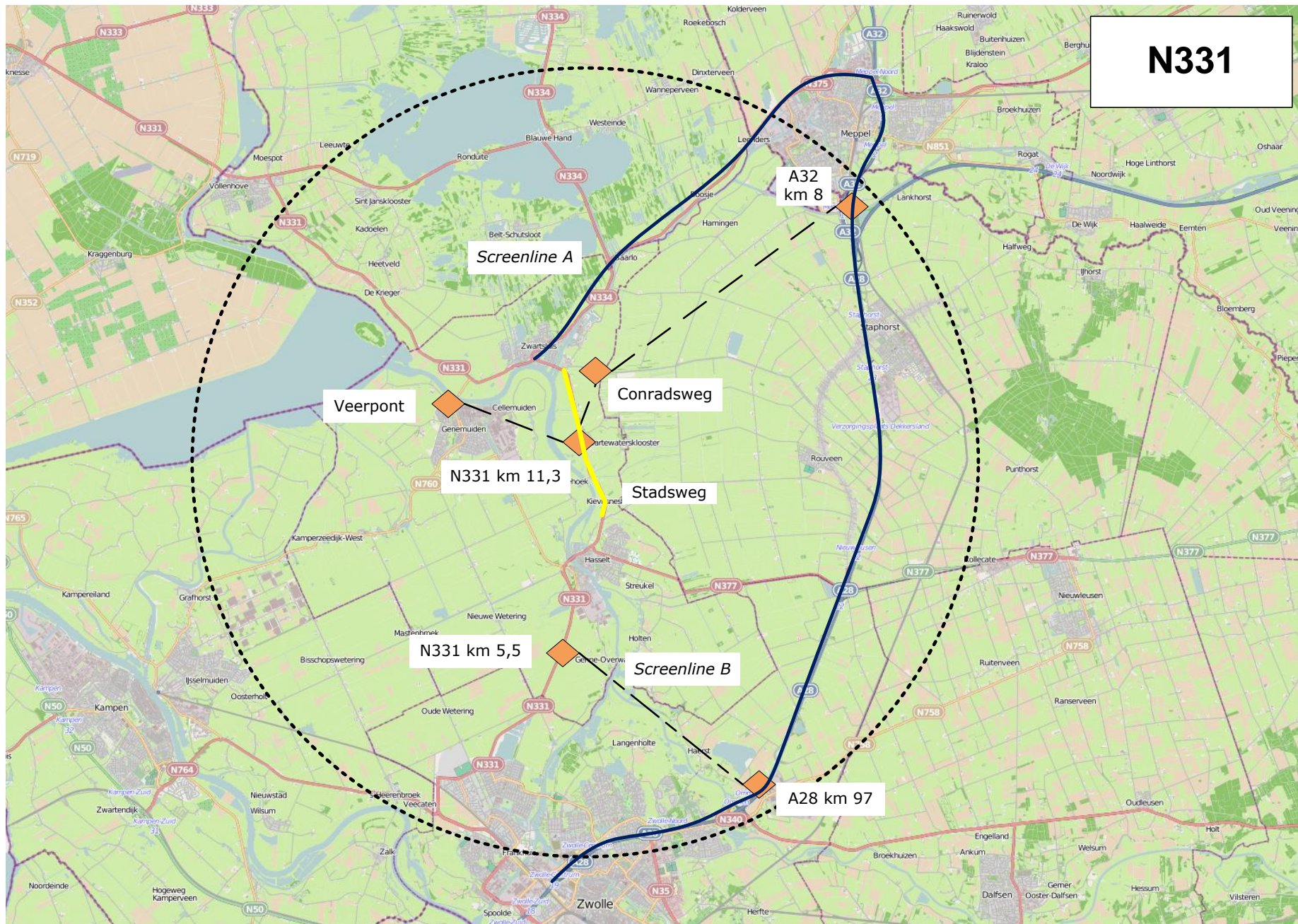
Project N760

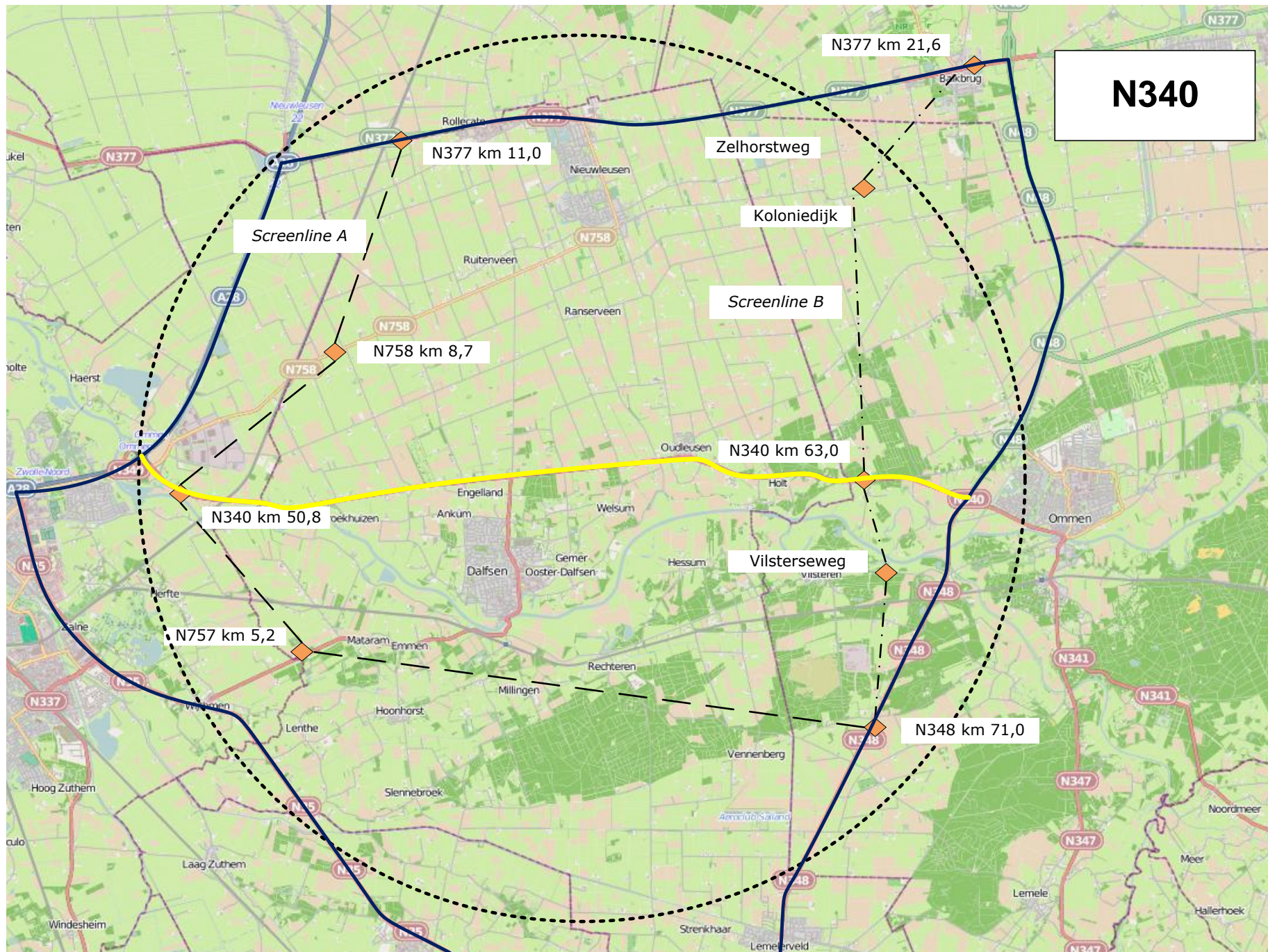
(Kaartgegevens © OpenStreetMap-auteurs)

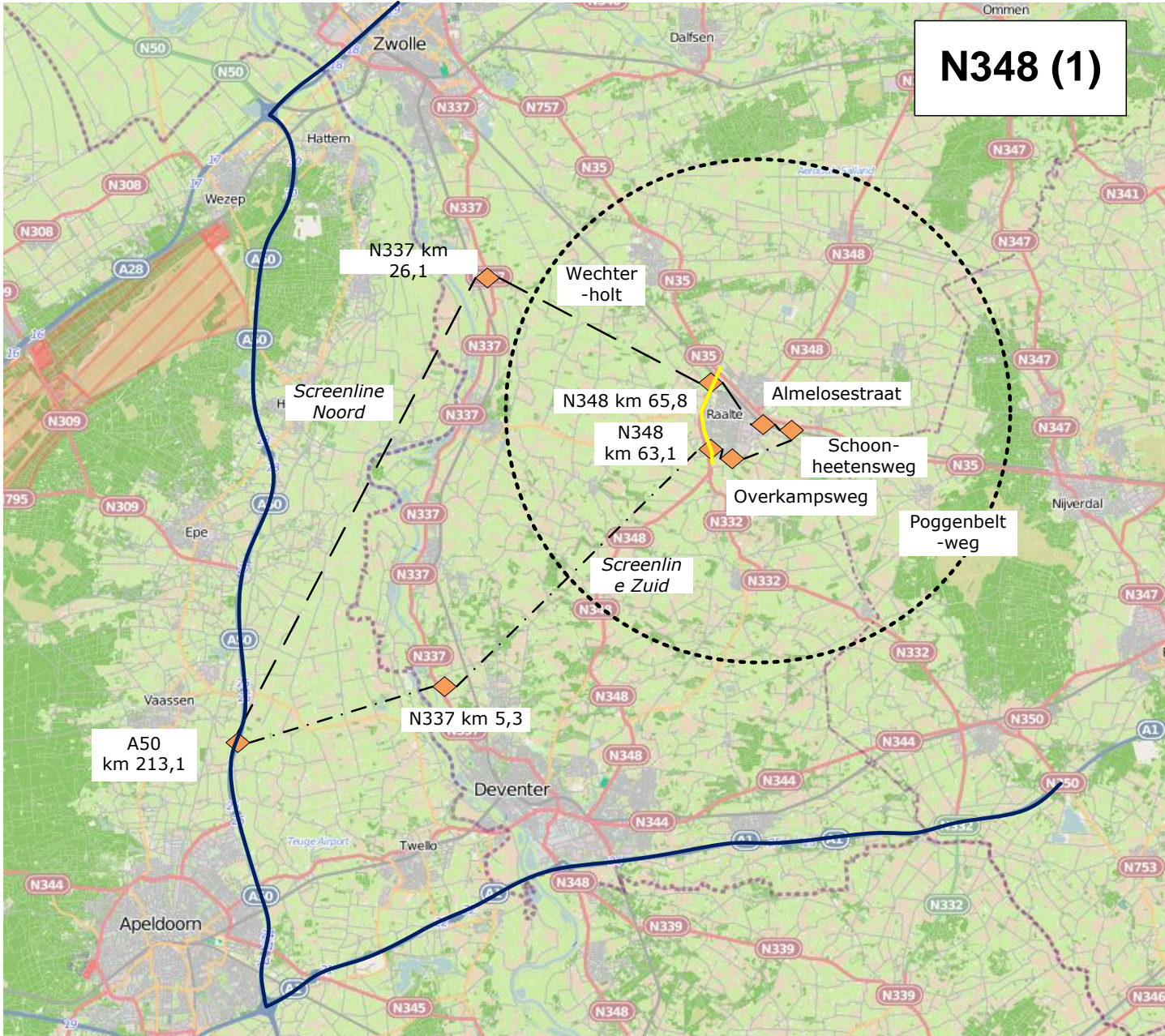
Legenda:

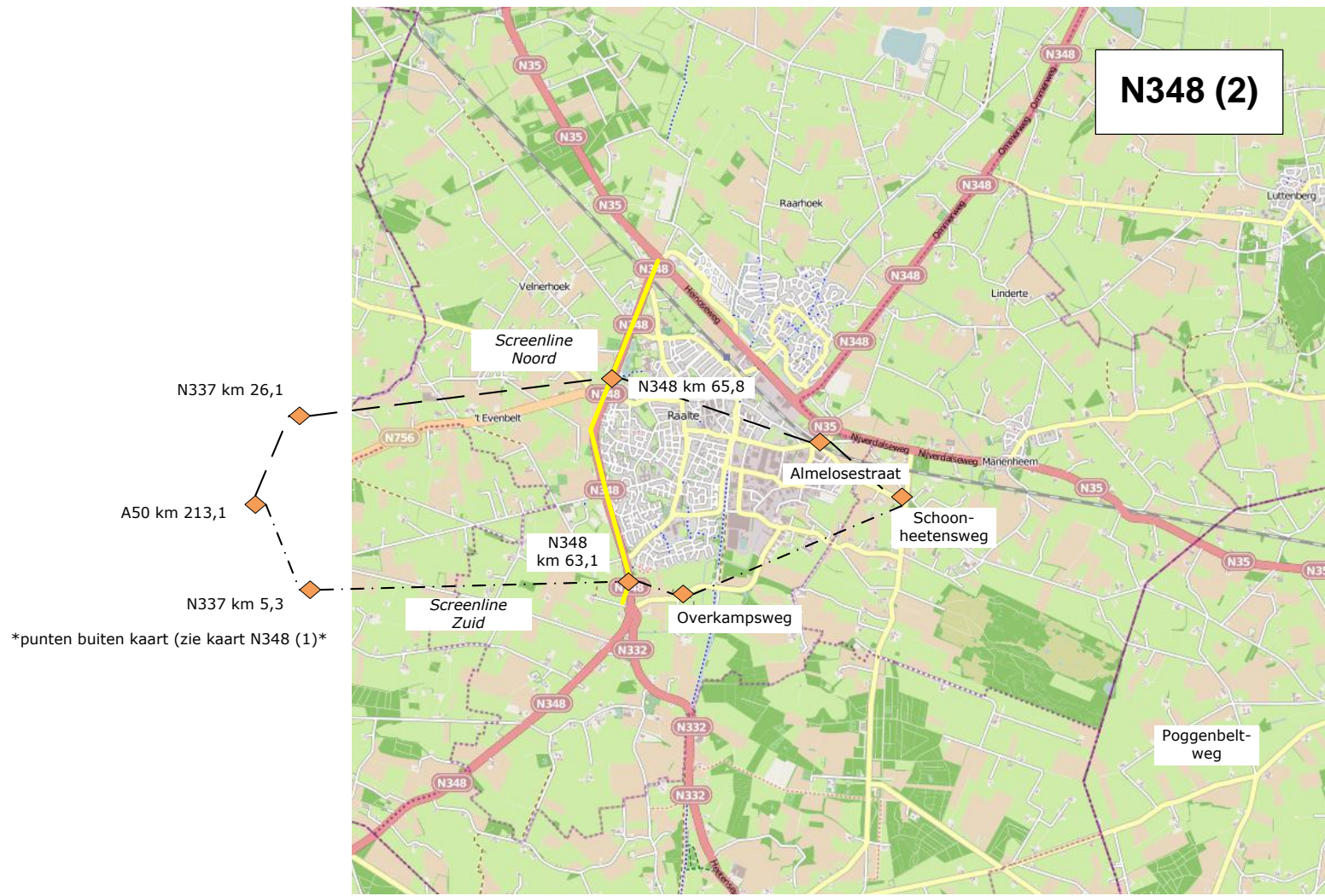


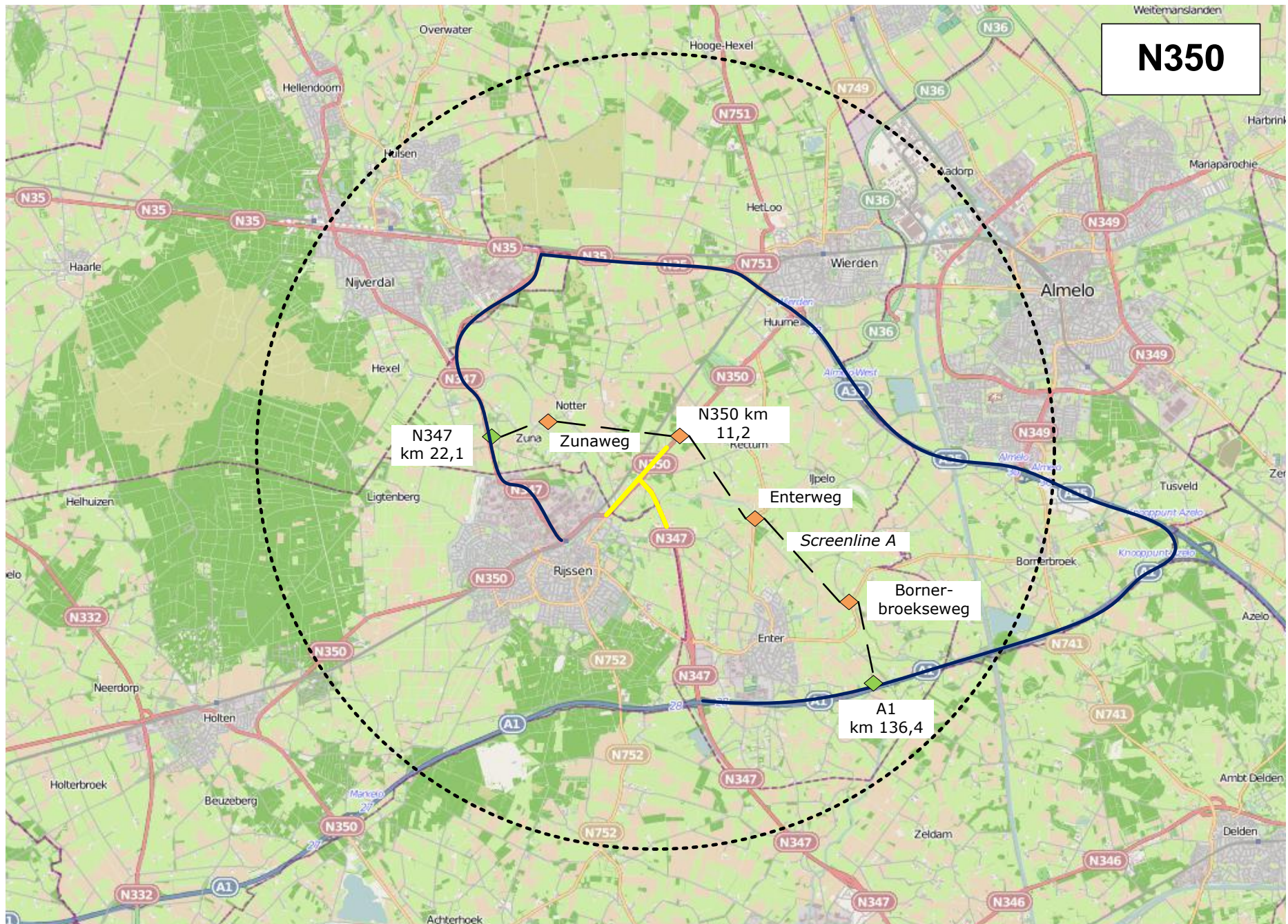
N331

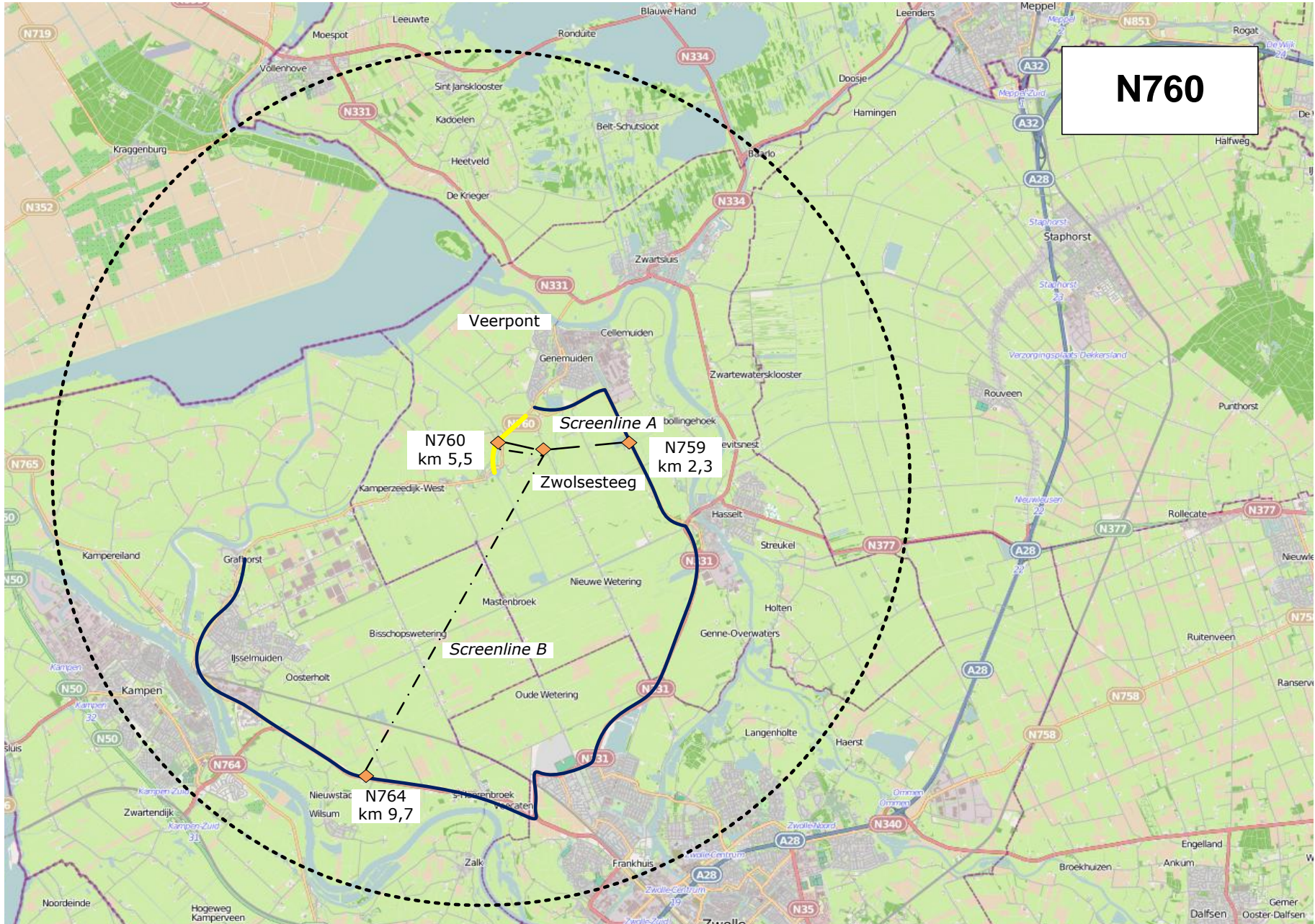












N760

Bijlage 3 Matrix herschatting

De HB-matrix die aanwezig is in het NRM-model, dat gebruikt is voor de projecten op de N331, N348 en N760, is enkele jaren oud. In de modellen die gebruikt zijn bij de projecten op de N340 en de N350 is de HB-matrix niet aanwezig voor de periode van het onderzoek (respectievelijk nacht en weekend). Een herschatting van de HB-matrix is dus gerechtvaardigd. Er zijn verschillende methodes beschikbaar om een matrix-herschatting uit te voeren. In deze paragraaf zal toegelicht worden welke gekozen is en waarom.

De uitgangssituatie van het model moet de werkelijkheid zo goed mogelijk benaderen. De methode die gebruikt wordt moet daarom een zo klein mogelijk verschil met tellingen als resultaat hebben, waarbij de informatie uit de oorspronkelijke matrix behouden blijft. Deze methoden vallen in de categorie maximum entropy matrix estimation (Ortúzar & Willumsen, 2001). Ook de methode in OmniTRANS valt in deze categorie. In deze methode wordt de oorspronkelijke matrix meerdere malen vermenigvuldigd. Eerst wordt een globale vermenigvuldigingsfactor bepaald en toegepast. Daarna worden voor ieder telpunt de HB-paren die daarbij horen aangepast. Welke HB-paren bijdragen aan het verkeer op een telpunt wordt bepaald met een screenlinematrix.

De huidige methode van OmniTRANS kan goed omgaan met de gegevens zoals deze aanwezig zijn. Het algoritme is door Erik Smits onderzocht. Hieruit bleek dat de methode ongewenste, onverwachte veranderingen teweeg kan brengen bij grote verschillen tussen de tellingen en de gesimuleerde data (Smits, 2010). In dit onderzoek zullen waarschijnlijk geen grote verschillen tussen telling en matrix aanwezig zijn omdat de matrix relatief jong is.

Alleen de HB-paren waarvan het verkeer bijdraagt aan een telpunt worden gewijzigd. Dit levert twee problemen op. Ten eerste, als HB-combinatie in werkelijk juist wel of juist niet bijdraagt aan het telpunt wordt deze combinatie ten onrechte aangepast of juist niet. Wel kan de methode omgaan met meerdere routes tussen een herkomst en een bestemming (Bovy, Bliemer, & Nes, 2006). Er wordt verondersteld dat dit bij het toepassen van een Volume Averaging-toedeling, waarbij er verschillende routes gebruikt worden per HB-paar, geen problemen oplevert.

Een tweede probleem is dat HB-paren die niet bijdragen aan een telling niet veranderd worden. In het geval een algemene groei van het verkeer is opgetreden is dit onwenselijk. Er zou dan een algemene groeifactor op de gehele matrix toegepast moeten worden (Bovy et al., 2006; Ortúzar & Willumsen, 2001). Daarom wordt in dit onderzoek voorafgaand aan de herschatting een algemene groeifactor toegepast worden voor de projecten waarbij de matrix niet voor de juiste periode beschikbaar is.

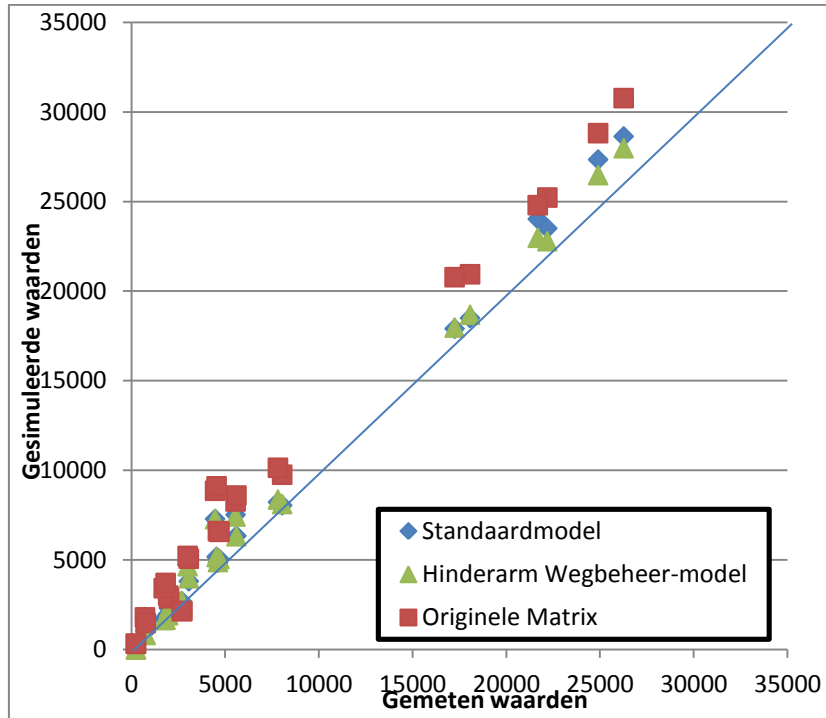
Omdat de tellingen ook fouten kunnen bevatten zal niet de volledige waarde van de tellingen nagestreefd worden maar zal de oorspronkelijke matrix deels behouden worden. Fouten en inconsistenties kunnen ontstaan door tellingen uit verschillende periodes te gebruiken, door telfouten of door fouten in de screenlinematrix (Bovy et al., 2006). De weging voor telpunten waarbij data niet volledig is, is lager dan 1,0 en het aantal iteraties is beperkt tot drie.

Smits (2010) noemt nog een nadeel van de methode in OmniTrans; namelijk dat het resultaat afhankelijk is van de volgorde waarin de tellingen behandeld worden. De tellingen die later in het algoritme worden behandeld worden dichter benaderd. Doordat er meerdere iteraties worden gedaan wordt dit effect kleiner. Als er binnen die iteraties verschillende volgordes worden gekozen, wordt het effect nog kleiner. Daarom zal de volgorde willekeurig gekozen worden. Dit zal tot een betrouwbaarder resultaat leiden.

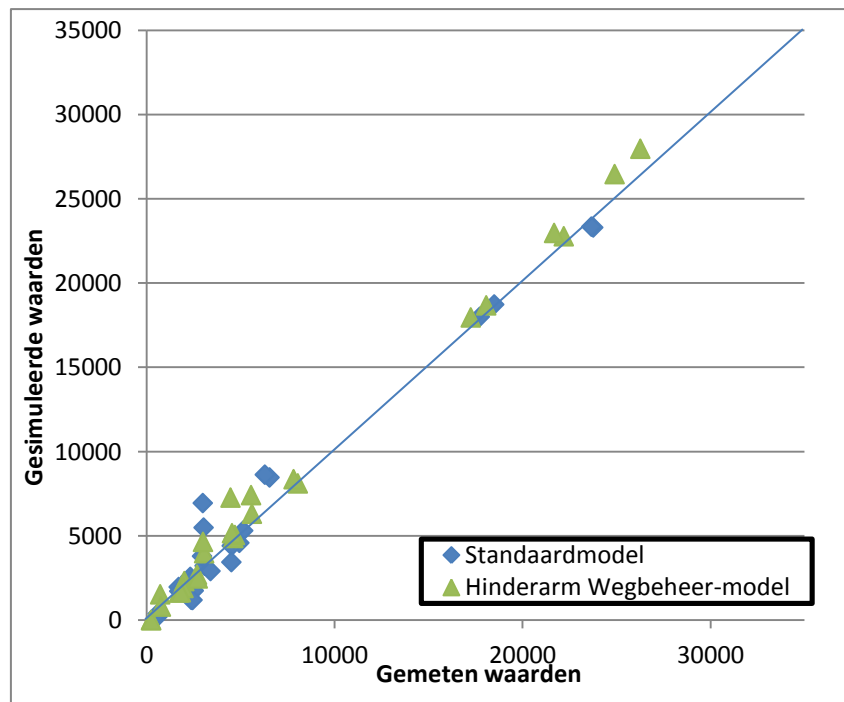
Bijlage 4 Plots gesimuleerde en getelde intensiteiten

In deze plots worden de gesimuleerde waardes uitgezet tegen de getelde waarden. Hierbij worden de simulaties gebruikt van het standaardmodel, het HW-model en de originele HB-matrix. De diagonale lijnen verbinden de waarden waarbij de gemodelleerde en gesimuleerde waarden gelijk zijn.

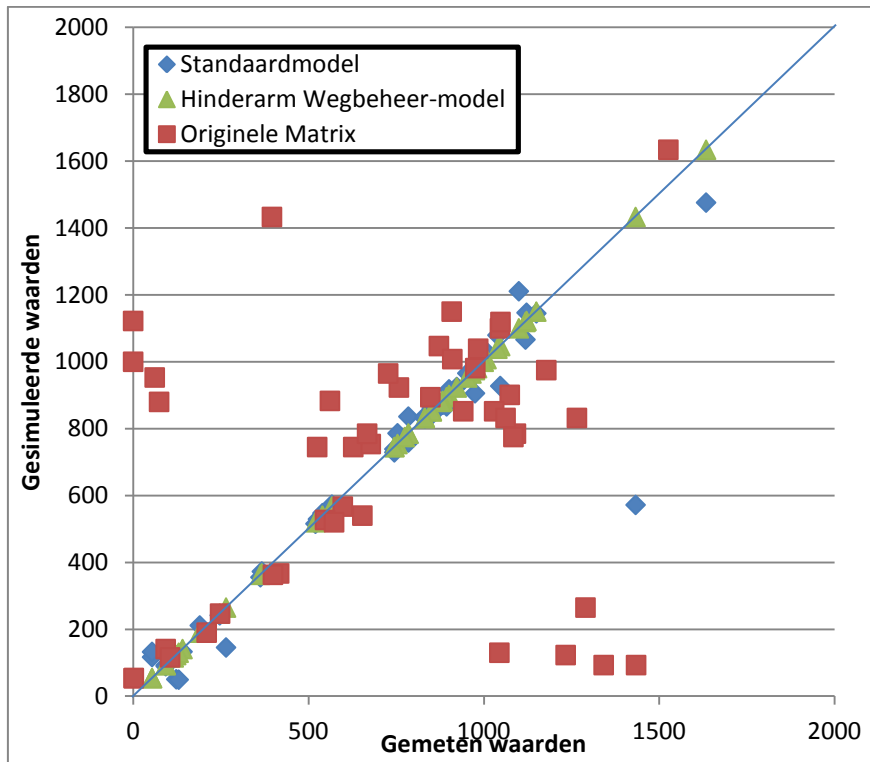
N331



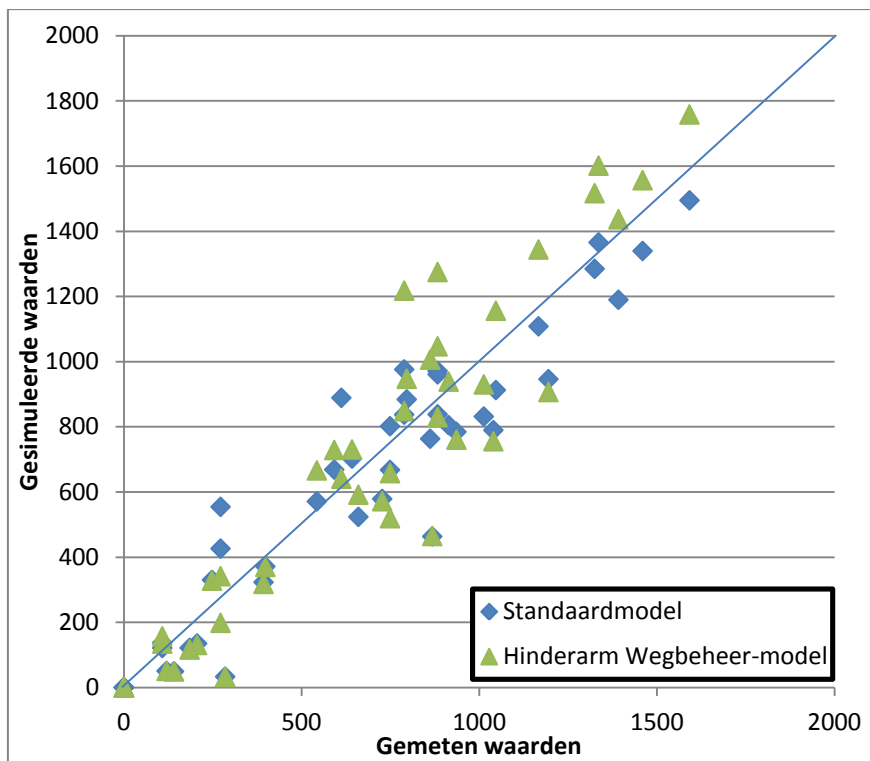
Figuur 6 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N331 in situatie zonder afsluiting



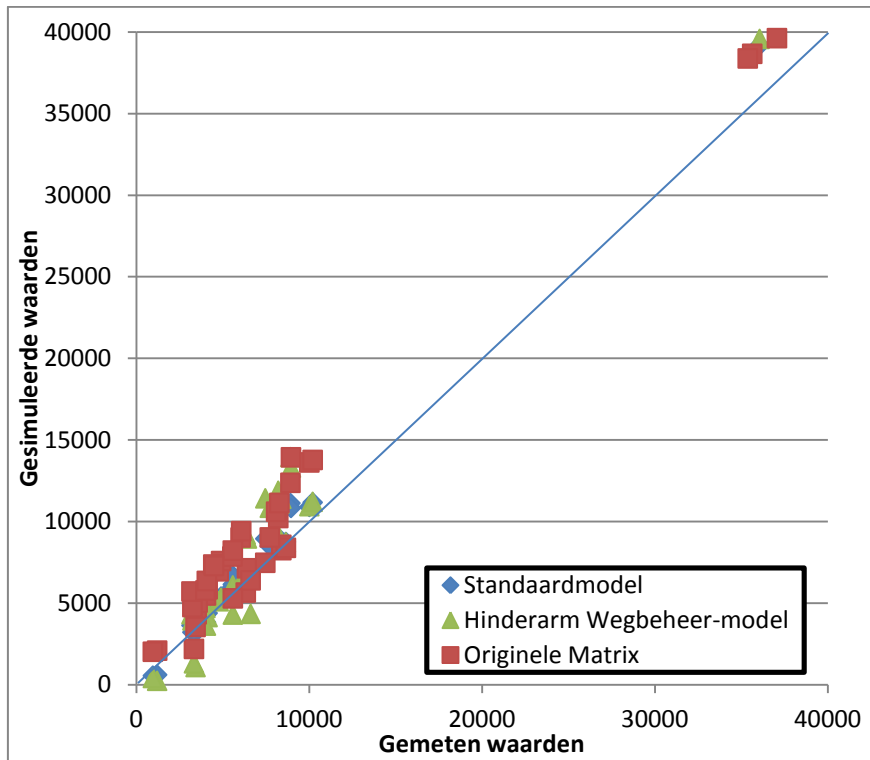
Figuur 7 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N331 in situatie met afsluiting



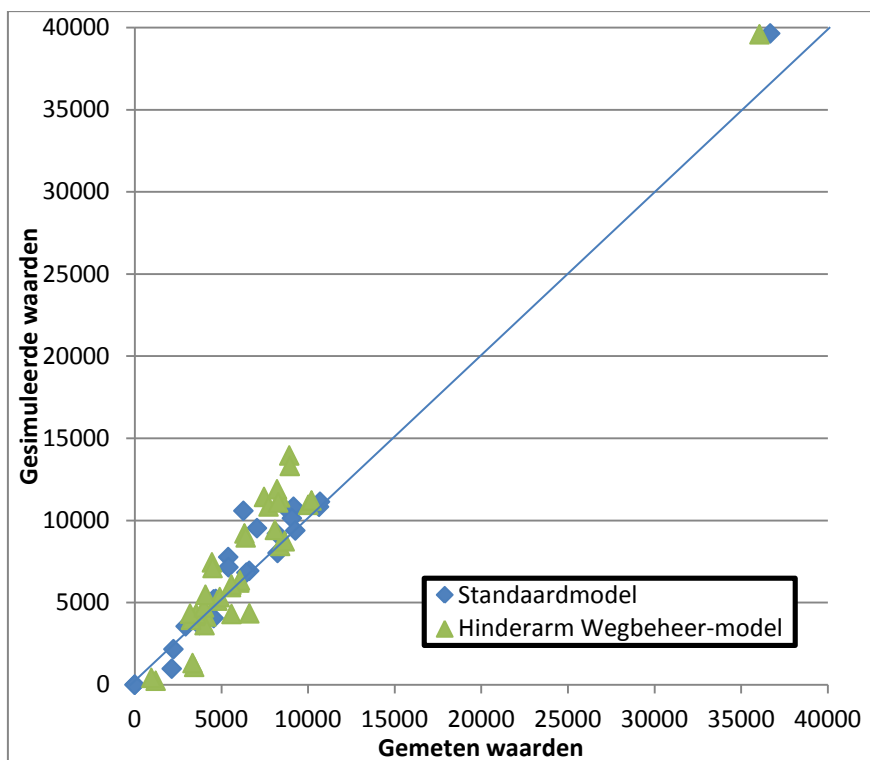
Figuur 8 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N340 in situatie zonder afsluiting



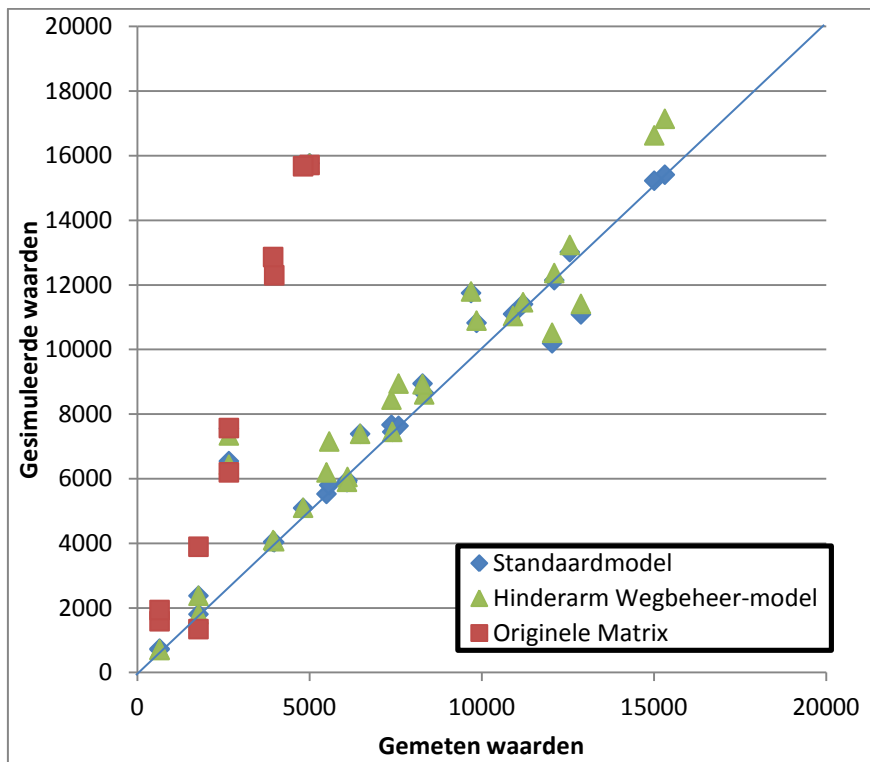
Figuur 9 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N340 in situatie met afsluiting



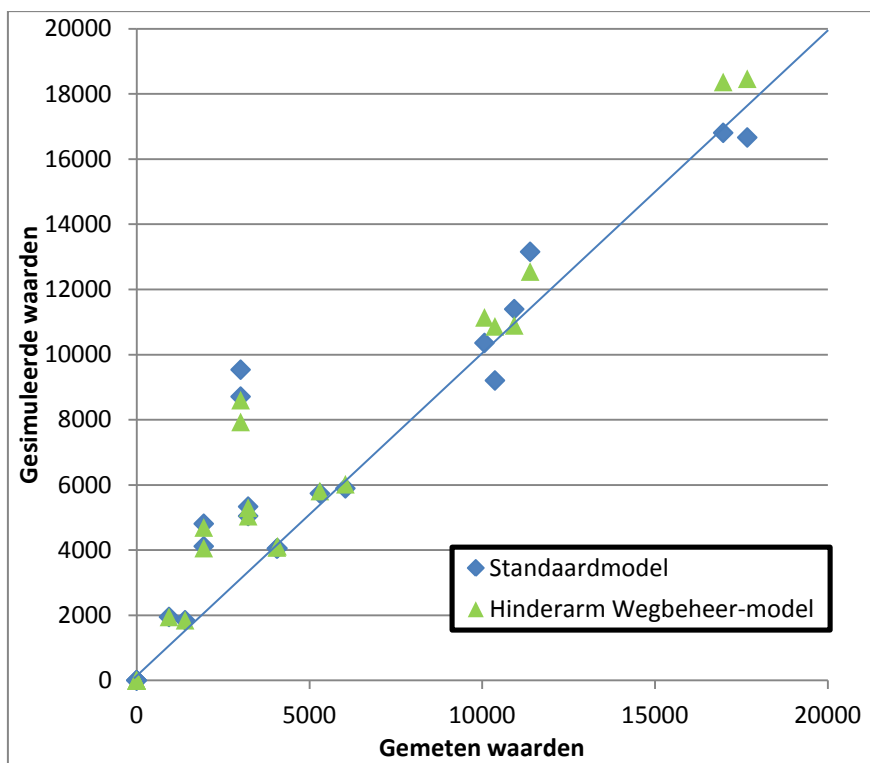
Figuur 10 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N348 in situatie zonder afsluiting



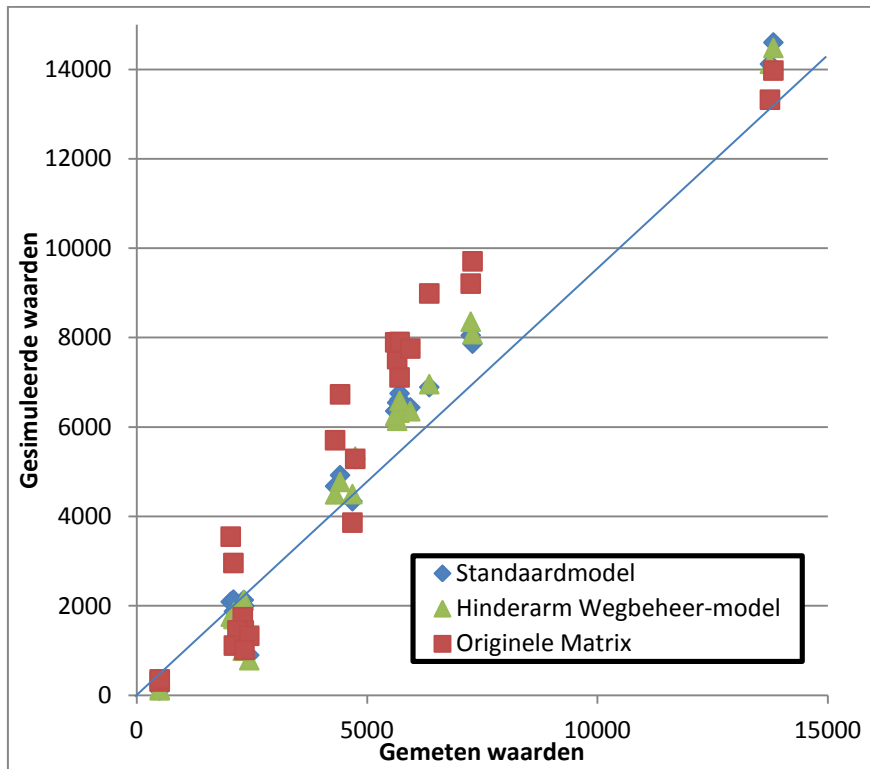
Figuur 11 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N348 in situatie met afsluiting



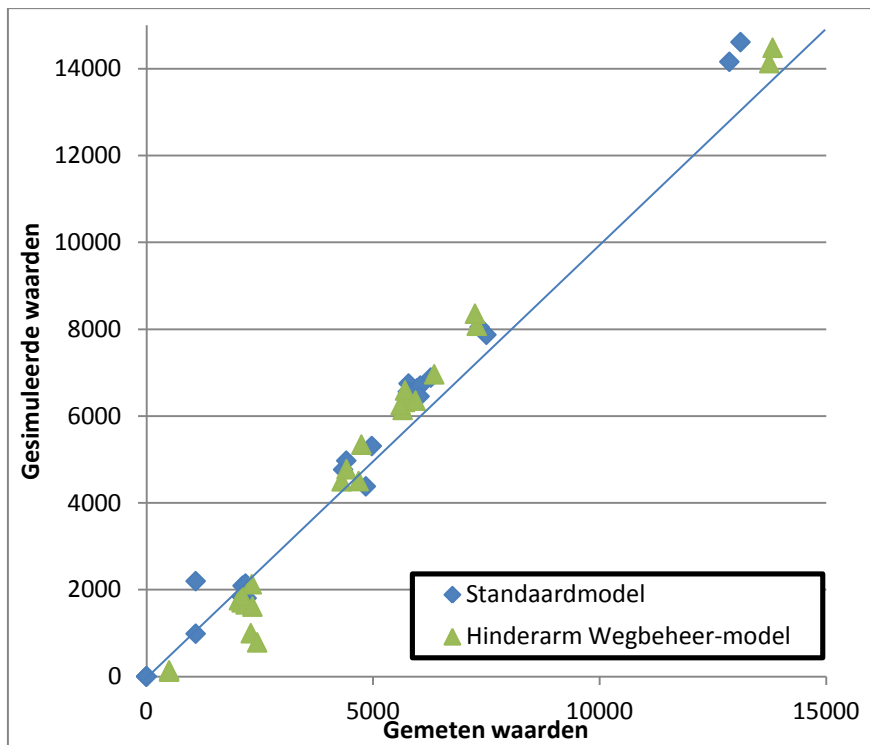
Figuur 12 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N350 in situatie zonder afsluiting



Figuur 13 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N350 in situatie met afsluiting



Figuur 14 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N760 in situatie zonder afsluiting



Figuur 15 Plot gesimuleerde en getelde waarden voor project N760 in situatie met afsluiting

Bijlage 5 Resultaten gedragsonderzoeken bij projecten

N331

Van 11-06-2012 tot 14-07-2012 was de Sluizerdijk tussen de Stadsweg bij Hasselt en de Grote Kranenwaard bij Zwartsluis afgesloten voor onderhoud. De aangewezen omleidingsroute was vanaf Hasselt via de N377, de A28, de A32 tot Meppel Noord en de N375 naar Zwartsluis. Deze omleidingsroute heeft een lengte van 36 km terwijl de originele route 5 kilometer lang is. Alternatieve routes zijn mogelijk via de veerpont Genemuiden-Zwartsluis en via de route Stadsweg/Rechterenseweg/Conradsweg.

Verdeling omleidingsroute & sluiproute

In onderstaande tabellen zijn de tellingen van de aantallen voertuigen per gemiddelde werkdag te zien voor verschillende routes op de screenlines voor de situatie met en zonder afsluiting. De situatie op de A32 zonder afsluiting is bepaald op basis van de gegevens over 2011. Voor de Conradsweg zijn een aantal dagen gedurende een korte periode voertuigen geteld. Voor de veerpont waren maandtotalen beschikbaar.

Op basis van deze aantallen is berekend hoe het verkeer dat anders van de N331 Sluizerdijk gebruik zou maken (zonder afsluiting) zich verdeelt over de omleidingsroute en de sluiproutes tijdens de afsluiting. Dit is te zien in Tabel 12. Het aantal van 9091 voertuigen is hierbij 100% en het percentage wordt berekend op basis van het verschil tussen de intensiteiten met en zonder afsluiting. Dit percentage is te zien in de onderste rij van de tabel. Dit betekent dat 47% van het verkeer dat normaal gesproken over de N331 zou gaan nu de Conradsweg kiest.

	Totaal	Veerpont	N331 km 11,3	Conradsweg	A32 km 8
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding
Zonder afsluiting	54940	484	9091	1491	43874
Met afsluiting	54379	1177	0	5778	47425
Vershil	-561	693	-9091	4287	3551
verdeling originele werkvak intensiteit	94%	8%	0%	47%	39%

Tabel 12 Routeverdeling screenline A afsluiting N331 werkdagweekgemiddelde

	Totaal	N331 km 5,5	A28 km 97
		Werkvak	Omleiding
Zonder afsluiting	119503	11165	108338
Met afsluiting	119594	10080	109514
Vershil	13	-1085	1176
Verdeling originele werkvak intensiteit	101%	88%	13%

Tabel 13 Routeverdeling screenline B afsluiting N331 werkdagweekgemiddelde

In dit project is de grootste toename zowel relatief als absoluut te zien op de Conradsweg. Wel is er in dit project een grote onzekerheid in de tellingen van de Conradsweg en de A32. Er moet dus enige marge bij het interpreteren van de getallen gehanteerd worden.

Bij een vergelijking van de N331 km 5,5 Hasselterweg tussen Zwolle en Hasselt (zie Tabel 13) blijkt hier slechts 1085 voertuigen minder te rijden in de situatie met afsluiting dan in de situatie zonder afsluiting. Dit aantal is vrijwel gelijk aan de toename op de A28 van 1176. Op deze screenline blijft dus het totaal gelijk.

Er is een afname van het verkeer (6%) op screenline A. De standaardafwijking van het aantal voertuigen per etmaal A32 voor de afsluitingsperiode is 1733 voertuigen. Dit betekent dat de

vermindering voor de screenline niet significant is. Er kan hier wel verondersteld worden dat vooral verkeer van Zwartsluis naar Hasselt is wat verminderd, aangezien screenline B gelijk blijft. De modellen voorspellen voor screenline A nog een toename van 580 voertuigen voor de overige wegen.

In dit project zijn er alleen tellingen op uurbasis beschikbaar voor de A32 en niet van de veerpont en de Conradsweg. Hieruit blijkt een grotere toename van het verkeer op de A32 bij afsluiting van de N331 tijdens de avondspits en de ochtendspits. Voor de ochtendspits kiest zelfs 80% van het werkvakverkeer voor de A32. Hier is de afhankelijkheid van de tellingen erg duidelijk. Met uurtellingen zou deze conclusie beter getrokken kunnen worden.

N340

De N340 tussen Zwolle en Ommen is gedurende negen nachten over twee weken in oktober afgesloten geweest. Er zijn hier een noordelijke omleidingsroute via de N48, N377 en A28 en een zuidelijke omleidingsroute via de N348 en N35 ingesteld. Er worden bij dit project twee screenlines bekeken, screenline A tussen Dalfsen en Zwolle en screenline B tussen Ommen en Dalfsen.

De N377 was vooraf aan de afsluiting van de N340 afgesloten voor werkzaamheden. Voor deze weken zijn de gegevens van de N377 en de omleidings- en sluiproutes daarvan dus niet bruikbaar.

In onderstaande tabellen zijn de aantallen voertuigen per werkdag te zien voor de routes op de gebruikte screenlines voor de situatie met en zonder afsluiting. Op basis van deze aantallen is berekend hoe het verkeer dat anders van het werkvak gebruik zou maken zich verdeelt. Het aantal van 2219 respectievelijk 2020 is 100% en het percentage wordt berekend op basis van het verschil tussen de intensiteiten met en zonder afsluiting. Het aantal voertuigen in de kolom "overige" is bepaald met het verkeersmodel. Dit zijn de voertuigen die missen in de screenline en andere wegen gebruiken.

	Totaal	N377 km 11,0	N758 km 8,7	N340 km 50,8	N757 km 5,2	N348 km 71,0	Overige
		Omleiding	Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	Sluiproute
Zonder afsluiting	6320	1888	437	2219	729	1047	1192
Met afsluiting	5989	2785	641	0	1360	1202	1333
Vershil	-330	897	205	-2219	631	156	141
verdeling originele werkvak intensiteit	85%	40%	9%	0%	28%	7%	6%

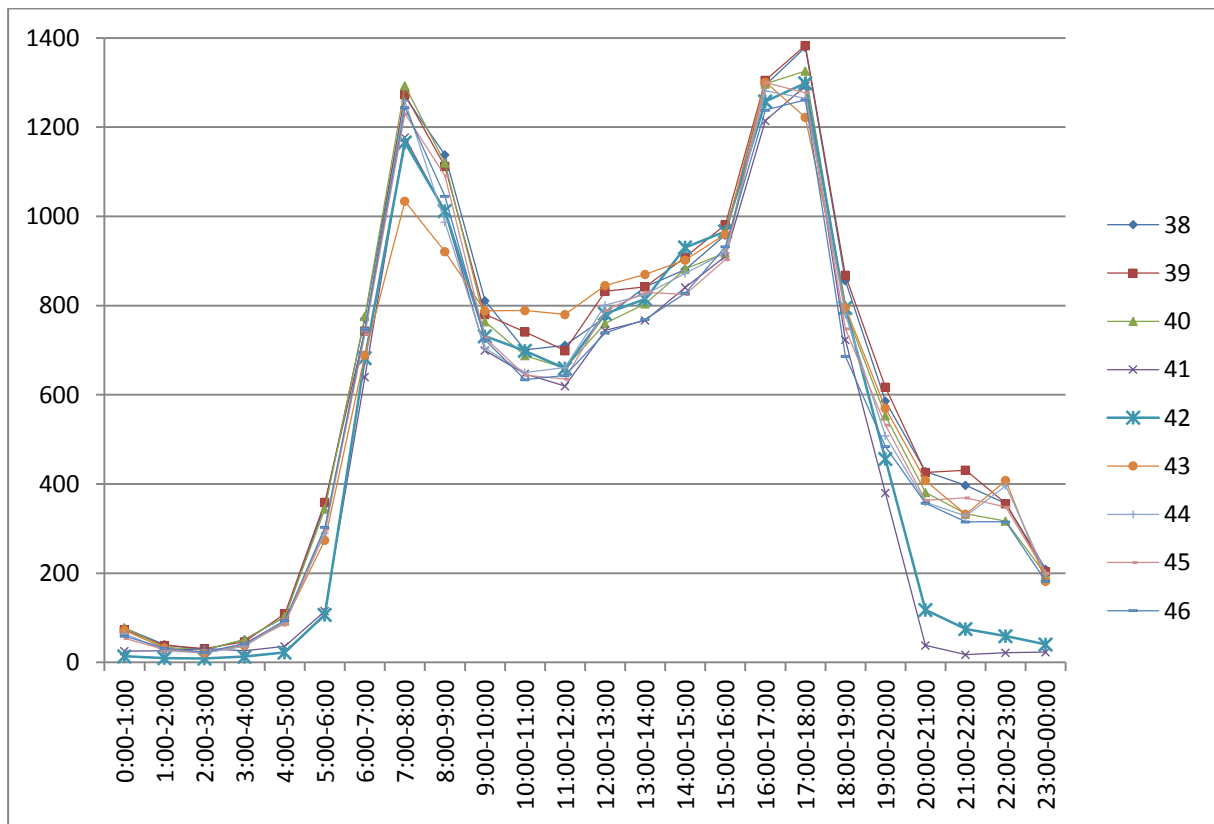
Tabel 14 Routeverdeling screenline A Zwolle-Dalfsen werkdagnachtperiode

	Totaal	N377 km 21,6	Koloniedijk	N340 km 63,0	Vilsterseweg	N348 km 71,0	Overige
		Omleiding	Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	Sluiproute
Zonder afsluiting	5520	2159	109	2020	187	1047	1613
Met afsluiting	4891	2928	216	0	545	1202	2026
Vershil	-629	770	107	-2020	358	156	414
verdeling originele werkvak intensiteit	69%	38%	5%	0%	18%	8%	20%

Tabel 15 Routeverdeling Screenline B Ommen - Dalfsen werkdagnachtperiode

Veel verkeer maakt in dit project gebruik van de N377 als alternatieve route (40% in screenline A in Tabel 14 en 38% in screenline B in Tabel 15). Dit is vooral voor trips op grotere afstand (Zwolle-Hardenberg/Coevorden) een aantrekkelijke route. Op de N757 Poppenallee en de Vilsterseweg op de zuidelijke oever van de Vecht is ook een relatief grote verandering te zien ten opzichte van het aantal voertuigen dat normaal van het wegvak gebruik maakt (respectievelijk 28% en 18%). Op de N35 en N348 is nauwelijks een verandering te zien (respectievelijk 2% en 7%). Deze omleidingsroute is blijkbaar niet aantrekkelijk. Hier moeten ook veel kilometers extra gemaakt worden.

Op beide screenlines is een afname van het aantal trips te zien. De afname op screenline B is groter dan die op screenline A. Dit kan verklaard worden doordat er hier meer omgereden moet worden. Bij de screenline A is de standaardafwijking 205 voertuigen en bij ander screenline B 206. Op de screenline B is het verschil significant.



Figuur 16 Verloop intensiteit N340 km 58,9 (werkzaamheden in week 41 en 42, herfstvakantie week 43)

Bij dit project is ook een verandering in moment van reizen onderzocht. Voor het telpunt op de N340 km 58,9 is dit de intensiteit over een gemiddelde werkdag in Figuur 16 te zien voor een aantal weken. Hierbij is de spits tijdens de werkzaamheden duidelijk rustiger en niet drukker zoals verwacht. Het uur voor en na de afsluiting is zowel op km 63,0 als op km 50,8 significant rustiger.

N348

De N348 ter hoogte van Raalte was afgesloten van 02-07-2012 tot 14-07-2012 van de Overkampsweg tot de aansluiting met de N35. De omleidingsroute ging via de A1 en de A50. In Raalte zelf zijn er wel borden geplaatst naar de Overkampsweg en Almeloseweg om verkeer dat het dorp in en uit wil te verwijzen, maar op de N35 bij Raalte werden automobilisten via de N35 verwezen. Er worden bij dit project twee screenlines bekeken, een noordelijke en een zuidelijke. Deze zijn te zien in bijlage 4.

In onderstaande Tabel 16 en Tabel 17 zijn de aantallen voertuigen per werkdag op basis van tellingen te zien voor de routes op de gebruikte screenlines voor de situatie met en zonder afsluiting. Op basis van deze aantallen is berekend hoe het verkeer dat anders van het werkvak gebruik zou maken zich verdeelt. Het aantal van 15196 respectievelijk 17875 is 100% en het percentage wordt berekend op basis van het verschil tussen de intensiteiten met en zonder afsluiting. De N337, Almelosestraat en Overkampsweg worden niet geheel als sluiproute gezien. De N337 is een gelijkwaardige weg, maar geen onderdeel van de omleiding. De Almelosestraat en Overkampsweg zijn gebruikt als ontsluiting voor Raalte. Toch zal een gedeelte van dit verkeer geen bestemming in Raalte gehad hebben en te bestempelen zijn als sluihverkeer.

	Totaal	A50 km 213,1	N337 km 26,1	N348 km 65,8	Almelose- straat	Schoonhee- tensweg
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute
Zonder afsluiting	114041	73128	12116	15196	12211	1390
Met afsluiting	108500	74292	13063	0	18349	2796
Vershil	-5540	1164	947	-15196	6138	1407
verdeling originele intensiteit	64%	8%	6%	0%	40%	9%

Tabel 16 Screenline Noord werkdaggemiddelde

	Totaal	A50 km 213,1	N337 km 5,3	N348 km 63,1	Overkamps- weg	Schoonhee- tensweg
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute
Zonder afsluiting	106735	73128	8954	17875	6778	2175
Met afsluiting	98439	74292	10812	0	13336	4377
Vershil	-6094	1164	1858	-17875	6558	2202
verdeling originele intensiteit	66%	7%	10%	0%	37%	12%

Tabel 17 Screenline Zuid werkdaggemiddelde

Verdeling omleidingsroute en sluiproute

In dit project kiest slechts een klein deel van het verkeer voor de omleidingsroute via de A50 (7-8%). De route via de N337 wordt meer gebruikt tijdens de afsluiting hoewel deze niet aangegeven staat (6-7%). De Almelosestraat en de Overkampsweg zijn zwaar belast (respectievelijk 40 en 37%). Omdat deze route ook als ontsluitingsweg voor Raalte dient is dit niet expliciet als sluiproute opgenomen. De Schoonheetensweg kent een verdubbeling van de intensiteit en is hiermee een populaire sluiproute.

Op de N35 is per saldo geen verandering gemeten. Wel is op de N348 ten noorden van Raalte, de N348 bij Deventer en de N332 bij Nieuw-Heeten een vermindering van de intensiteit gemeten. Deze intensiteit verplaatst zich naar de A50 en de N35 bij Nijverdal.

Voor beide screenlines is een tripvermindering te zien. Hier is niet te bepalen of deze afname significant is omdat er op slechts 3 dagen enkele uren gemeten is op de Almelosestraat, Schoonheetensweg en Overkampsweg. Ook is het aantal overige trips in de modellen erg groot (ca. 3000 voertuigen voor screenline Noord en 2000 voor screenline Zuid). Hierdoor wordt de afname onzeker.

Verschillen tussen tijdsperiodes

Helaas zijn er geen continue metingen gedaan op de Overkampsweg, Almeloseweg en Schoonheetensweg waardoor er geen analyse gedaan kan worden voor het gedrag op de screenline in verschillende periodes van de dag. Op de N348, N337 en N332 zijn wel voor de gehele dag tellingen beschikbaar. Hier zijn de verschillen tussen de periodes klein en niet significant. Wel is er een indicatie van een toename van trips op de A50 tijdens de spitsperiodes en een afname tijdens de restdag.

Er trad in dit project veel congestie op in Raalte en op rotonde Overkampweg/N332/N348. De hoeveelheid hinder was dus groot in die periodes. Hierdoor kan het verkeer gestimuleerd zijn om de A50 te kiezen.

N350

De afsluiting van de kruising van de N350 met de N347 bij Rijssen vond plaats van vrijdag 19 oktober 19.00 uur tot maandag 22 oktober 06.00 uur. De aangewezen omleidingsroutes waren:

- De route over de A1/A35 via knooppunt Azelo
- De route over de N347/N35 via Nijverdal.

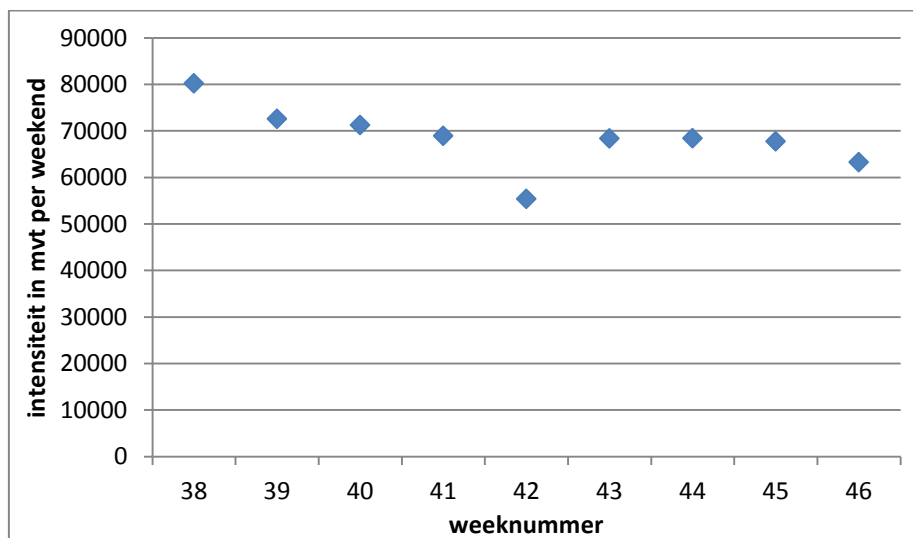
In onderstaande tabel zijn de tellingen van de aantallen voertuigen per weekend (vrijdag 19:00 uur tot maandag 06:00 uur) te zien voor verschillende routes op de gebruikte screenline voor de situatie met en zonder afsluiting. Het aantal voertuigen op de A1 is gebaseerd op modelwaardes omdat hier geen telgegevens van beschikbaar zijn.

Op basis van deze aantallen is berekend hoe het verkeer dat anders van de N350 Rijssensestraat gebruik zou maken (zonder afsluiting) zich verdeelt tijdens de afsluiting. Het aantal van 24158 voertuigen is hierbij 100% en het percentage wordt berekend op basis van het verschil tussen de intensiteiten met en zonder afsluiting. Dit percentage is te zien in de onderste rij van de tabel. Dit betekent dat 23% van het verkeer dat normaal gesproken over de N350 zou gaan nu de N347 kiest.

	Totaal	N347 km 22,1	Zunaweg	N350 km 11,2	Enterweg	Borner- broekseweg	A1 km 133
		Omleiding	Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Sluiproute	Omleiding
Geen hinder	343744	14972	1300	24158	3558	5323	294433
Hinder	337650	20442	3888	2341	6458	6022	298499
Verskil	-6094	5470	2588	-21817	2900	699	4066
verdeling originele werkvak intensiteit	75%	23%	11%	10%	12%	3%	17%

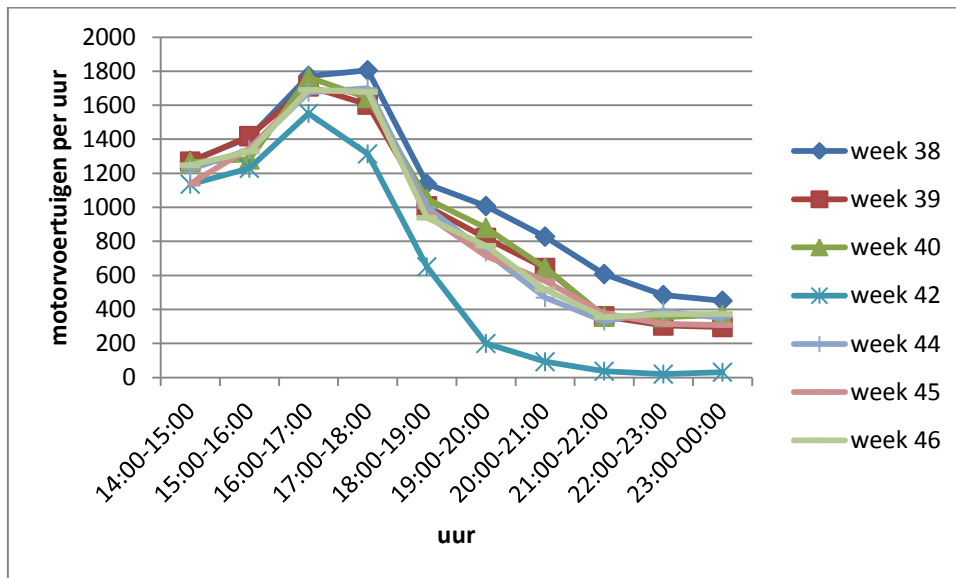
Tabel 18 Aantal voertuigen op routes en verdeling voor N350

In dit project is tijdens de afsluiting meer dan een verdubbeling te zien van de intensiteit op de lokale (sluip)wegen Zunaweg en Enterweg. Toch wordt de omleidingsroute via Nijverdal ook veel gebruikt. Het totaal aantal voertuigen tijdens de afsluiting is 6094 lager dan zonder afsluiting, in de modellen wordt voor de overige wegen een toename van 401 trips voorspeld. Aangezien de standaarddeviatie (natuurlijke variatie) op de screenline (zonder de A1) 1300 voertuigen is, is het zeer waarschijnlijk dat de afsluiting van de kruising N347-N350 in dit geval in een afname van het totaal aantal voertuigen heeft geresulteerd. Kanttekening bij de resultaten is de grote onzekerheid van de intensiteit op de A1. Ook zit in deze screenline enige overlap van voertuigen die gebruik maken van de Zunaweg en de N350 bij km 11,2.

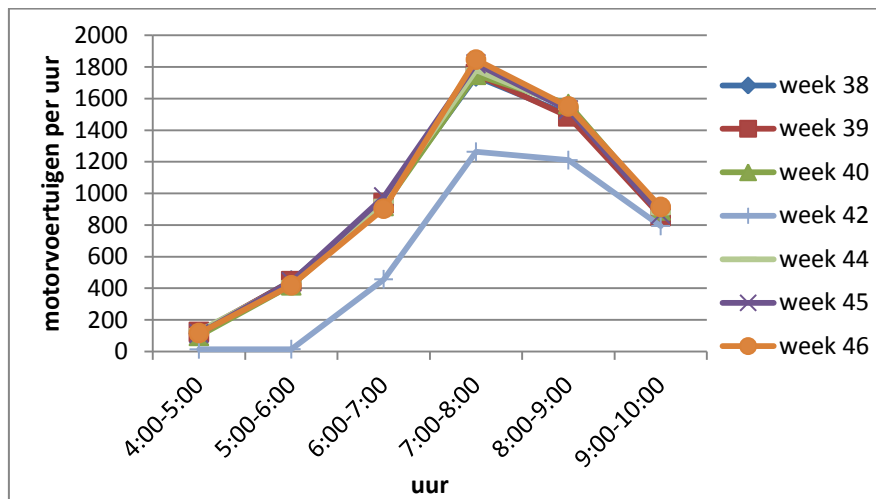


Figuur 17 Weekendintensiteit op screenline N350-project

Uit bovenstaande resultaten blijkt dat er een afname is van het aantal voertuigen tijdens de afsluiting. In eerste instantie wordt er verondersteld dat een deel van deze voertuigen kort voor of na de werkzaamheden is gaan reizen over het werkvak. Het tegendeel blijkt echter het geval te zijn zoals te zien is in Figuur 18 en Figuur 19. In deze figuren is het verloop te zien van de intensiteit op het werkvak gedurende het weekend met werkzaamheden en enkele weken voor en na de werkzaamheden. Het verloop van de intensiteit op het werkvak in het weekend met werkzaamheden (week 42) is op zowel vrijdagmiddag ($p=0,02$) als op maandagochtend ($p=0,04$) significant lager dan gemiddeld. Op de omleiding op de N347 is voorafgaand aan de afsluiting geen verschuiving aanwezig.



Figuur 18 Verloop intensiteiten op N350 km 11,2 op vrijdagmiddag (afsluiting week 42 vanaf 19:00 uur)



Figuur 19 Verloop intensiteiten op N350 km 11,2 op maandagochtend (afsluiting week 42 tot 6:00 uur)

N760

Bij het project op de N760 was de Kamperzeedijk bij Genemuiden gedurende twee weken afgesloten. Hierbij was de N759 als omleidingsroute aangewezen. In onderstaande tabel zijn de aantallen voertuigen per gemiddelde werkdag te zien voor verschillende routes op de gebruikte screenline voor de situatie met en zonder afsluiting.

Op basis van deze aantallen is berekend hoe het verkeer dat anders van het werkvak gebruik zou maken zich verdeelt. Het aantal van 4631 is 100% en het percentage wordt berekend op basis van het verschil tussen de intensiteiten met en zonder afsluiting. Dit is te zien in de onderste rij van Tabel 19. Het aantal voertuigen op de Krommesteeg is geschat op de helft van het aantal gebruikers van de Zwolsesteeg. Op deze weg was geen telpunt geplaatst en is ook niet aanwezig in het model.

	Totaal	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N759 km 2,3	Krommesteeg
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding	Sluiproute
Geen hinder	15569	4631	1005	9431	502
Hinder	13083	0	2176	9819	1088
Verschil	-2486	-4631	1172	388	586
verdeling originele werkvak intensiteit	46%	0%	25%	8%	13%

Tabel 19 Routeverdeling Screenline project N760 werkdaggemiddelde

Er wordt dus voornamelijk gebruik gemaakt van de Zwolsesteeg als alternatieve route (25%). De omleidingsroute over de N759 wordt nauwelijks extra gebruikt (8%). Ook is een grote afname van de intensiteit te zien (54%). Er zijn 2486 voertuigen minder gemeten tijdens de afsluiting en het model voorspelt een toename op de overige wegen van 22 voertuigen. Aangezien de standaarddeviatie (natuurlijke variatie) op de screenline slechts 213 voertuigen bedraagt, is een afname in het aantal voertuigen zeer waarschijnlijk.

De grootste onzekerheid is het aantal gebruikers van de Krommesteeg. De verwachting is dat deze weg minder gebruikt is dan de Zwolsesteeg, omdat de Zwolsesteeg dichterbij het afgesloten werkvak ligt en meer in het verlengde ligt van de Kamperdijk, de belangrijkste uitvalsweg van Genemuiden.

Het gebruik van de routes veranderde tijdens de werkzaamheden nauwelijks. Dit zou verklaard kunnen worden doordat een groot gedeelte van het verkeer bekend is in het kleine gebied van de Mastenbroeker polder. Dit wordt bevestigd door het HW-model waarbij vrijwel al het verkeer op het werkvak lokaal verkeer is.

Er is in dit project wel een duidelijk verschil te zien tussen de ochtendspits en de restdag periode. In Tabel 20 is de verdeling van het verkeer dat anders van het werkvak gebruik zou maken over de routes voor de periodes ochtendspitsperiode de restdag. Deze berekening is gelijk aan die van de onderste regel van Tabel 19.

verdeling originele werkvak intensiteit	Totaal	Kamperzeedijk	Zwolsesteeg	N759	Krommesteeg
Ochtendspits	96%	0%	65%	-2%	33%
Avondspits	54%	0%	27%	15%	13%
Restdag	44%	0%	23%	9%	12%

Tabel 20 Verdeling over routes voor ochtendspits en restdag in N760 project

Er is hier te zien dat in de ochtendspits zeer veel verkeer van de Zwolsesteeg gebruik maakt en dat de afname van het verkeer tijdens de werkzaamheden klein is. Dit is in overeenstemming met de verwachtingen dat het verkeer in de ochtendspits minder flexibel is en bekend is in de regio. Op de N759 is zelfs een kleine afname te zien van het verkeer tijdens de werkzaamheden.

Bijlage 6 Verdeling werkvakverkeer over alternatieve routes

In deze bijlage is de verdeling van het verkeer van het werkvak over de overige routes getoond voor de tellingen en de modellen. Het totaal aantal voertuigen op de screenline in de situatie met afsluiting is gelijk gemaakt aan dat zonder afsluiting door de toename op de punten te vermenigvuldigen. De vermenigvuldigingsfactor is te vinden in de tweede kolom van de tabellen. Vervolgens is het verschil tussen de situaties met en zonder afsluiting uitgedrukt in percentage van de intensiteit op het werkvak. Hierbij zijn alle veranderingen intensiteiten verondersteld het gevolg te zijn van de afsluiting.

N331

Screenline A

Etmaal	Factor	Veerpont	N331	Conradsweg	A32	Overige
			km 11,3		km 8	
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	
Telling	1,00	8%	0%	47%	39%	6%
Standaard	1,19	6%	0%	92%	-8%	11%
HW	1,07	5%	0%	76%	20%	0%

Ochtend	Factor	Veerpont	N331	Conradsweg	A32	Overige
			km 11,3		km 8	
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	
Telling	0,76	5%	0%	25%	60%	9%
Standaard	1,37	6%	0%	102%	-35%	27%
HW	1,15	2%	0%	59%	39%	0%

Avond	Factor	Veerpont	N331	Conradsweg	A32	Overige
			km 11,3		km 8	
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	
Telling	0,96	9%	0%	47%	51%	-7%
Standaard	1,89	7%	0%	147%	-62%	7%
HW	1,13	2%	0%	63%	47%	-13%

Restdag	Factor	Veerpont	N331	Conradsweg	A32	Overige
			km 11,3		km 8	
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	
Telling	1,14	9%	0%	55%	27%	9%
Standaard	1,02	5%	0%	79%	8%	8%
HW	1,02	5%	0%	72%	18%	5%

Tabel 21 Routeverdelingen modellen en telling voor project N331 Screenline A

N340

Screenline A

Nacht	Factor	N377	N758	N340	N757	N348	Overige
		km 11,0	km 8,7	km 50,8	km 5,2	km 71,0	
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	Sluiproute	
Telling	1,08	44%	10%	0%	31%	8%	8%
Standaard	1,09	36%	10%	0%	46%	2%	7%
HW	1,00	53%	8%	0%	22%	9%	8%

Tabel 22 Routeverdeling modellen en telling voor project N340 Screenline A

Screenline B

Nacht	Factor	N377 km 21,6	Koloniedijk	N340 km 63,0	Vilsterseweg	N348 km 71,0	Overige
		Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Omleiding	Sluiproute	
Telling	1,12	43%	6%	0%	20%	9%	23%
Standaard	1,25	23%	1%	0%	48%	3%	25%
HW	1,31	36%	1%	0%	24%	13%	26%

Tabel 23 Routeverdeling modellen en telling voor project N340 Screenline B

N348

Screenline Noord

Etmaal	Factor	A50 km 213,1	N337 km 26,1	N348 km 65,8	Almelose- straat	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	1,02	8%	6%	0%	41%	9%	35%
Standaard	1,02	6%	8%	0%	36%	12%	39%
HW	1,12	21%	17%	0%	38%	5%	19%

Ochtendspits	Factor	A50 km 213,1	N337 km 26,1	N348 km 65,8	Almelose- straat	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	1,17	10%	6%	0%	44%	0%	40%
Standaard	1,04	3%	5%	0%	52%	0%	40%
HW	0,98	23%	13%	0%	57%	0%	7%

Avondspits	Factor	A50 km 213,1	N337 km 26,1	N348 km 65,8	Almelose- straat	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	1,08	1%	8%	0%	53%	0%	38%
Standaard	1,13	4%	5%	0%	52%	0%	39%
HW	1,03	20%	7%	0%	57%	0%	15%

Restdag	Factor	A50 km 213,1	N337 km 26,1	N348 km 65,8	Almelose- straat	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	0,98	9%	6%	0%	38%	14%	33%
Standaard	0,99	7%	10%	0%	26%	18%	39%
HW	1,09	28%	22%	0%	20%	8%	22%

Tabel 24 Routeverdelingen modellen en telling voor project N348 Screenline Noord

Screenline Zuid

Etmaal	Factor	A50 km 213,1	N337 km 5,3	N348 km 63,1	Overkamps- weg	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	0,75	5%	8%	0%	28%	6%	54%
Standaard	0,86	4%	4%	0%	53%	8%	31%
HW	0,96	15%	12%	0%	53%	3%	17%

Ochtendspits	Factor	A50 km 213,1	N337 km 5,3	N348 km 63,1	Overkamps- weg	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	0,61	4%	6%	0%	21%	0%	68%
Standaard	0,88	2%	2%	0%	55%	0%	41%
HW	0,86	16%	10%	0%	54%	0%	20%

Avondspits	Factor	A50 km 213,1	N337 km 5,3	N348 km 63,1	Overkampsweg	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	0,61	0%	6%	0%	25%	0%	68%
Standaard	0,89	2%	0%	0%	50%	0%	47%
HW	0,91	14%	10%	0%	57%	0%	19%

Restdag	Factor	A50 km 213,1	N337 km 5,3	N348 km 63,1	Overkampsweg	Schoon- heetensweg	Overige
		Omleiding		Werkvak		Sluiproute	
Telling	0,98	8%	10%	0%	35%	12%	35%
Standaard	0,84	5%	7%	0%	53%	13%	23%
HW	0,99	22%	19%	0%	50%	6%	4%

Tabel 25 Routeverdelingen modellen en telling voor project N348 Screenline Zuid

N350

Screenline A

Weekend	Factor	N347 km 22,1	Zunaweg	N350 km 11,2	Enterweg	Borner- broekseweg	A1 km 133	Overig
		Omleiding	Sluiproute	Werkvak	Sluiproute	Sluiproute	Omleiding	
Telling	1,31	30%	14%	13%	16%	4%	22%	2%
Standaard	0,74	14%	25%	12%	20%	14%	13%	2%
HW	0,75	15%	24%	12%	20%	9%	18%	1%

Tabel 26 Routeverdeling modellen en telling voor project N350 Screenline A

N760

Screenline A

Etmaal	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N759 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	2,29	0%	58%	19%	29%	-6%
Standaard	1,10	0%	99%	2%		-1%
HW	1,10	0%	96%	8%		0%

Ochtendspits	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N759 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	1,03	0%	67%	-2%	33%	1%
Standaard	1,03	0%	101%	-2%		1%
HW	1,05	0%	85%	14%		1%

Avondspits	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N759 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	1,90	0%	50%	28%	25%	-3%
Standaard	1,03	0%	95%	5%		0%
HW	1,02	0%	87%	17%		-4%

Restdag	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N759 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	2,37	0%	53%	20%	27%	-4%
Standaard	1,17	0%	100%	2%		-2%
HW	1,16	0%	105%	1%		-6%

Tabel 27 Routeverdelingen modellen en telling voor project N760 Screenline A

Screenline B

Etmaal	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N764 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	1,95	0%	48%	28%	24%	0%
Standaard	0,99	0%	89%	11%		0%
HW	1,02	0%	89%	11%		0%

Ochtendspits	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N764 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	0,77	0%	51%	24%	25%	0%
Standaard	1,02	0%	99%	1%		0%
HW	0,96	0%	78%	22%		0%

Avondspits	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N764 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	1,83	0%	48%	28%	24%	0%
Standaard	0,98	0%	91%	9%		0%
HW	0,96	0%	82%	18%		0%

Restdag	Factor	N760 km 9,6	Zwolsesteeg	N764 km 2,3	Krommesteeg*	Overige
		Werkvak	Sluiproute	Omleiding		
Telling	2,25	0%	50%	24%	25%	0%
Standaard	0,98	0%	84%	16%		0%
HW	1,08	0%	98%	2%		0%

Tabel 28 Routeverdelingen modellen en telling voor project N760 Screenline B

Het aantal voertuigen op de Krommesteeg is verondersteld als de helft van het aantal op de Zwolsesteeg. De Krommesteeg is niet opgenomen in het model en in het model zal dit verkeer zich dus verdelen over de N759 en de Zwolsesteeg.