

Mobiliteit en Logistiek
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 15 276 30 00
F +31 15 276 30 10
info-BenO@tno.nl

TNO-rapport

2008-D-R0996/A

Slimmer en beter- de voordelen van intelligent verkeer

Datum	8 oktober 2008
Auteur(s)	Bart van Arem, Ben Jansen en Martijn van Noort
Opdrachtgever	
Projectnummer	034.75.127
Aantal pagina's Aantal bijlagen	48 (incl. bijlagen)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2008 TNO

Voorwoord

Dit rapport verschaft inzicht in de effecten van Intelligente Transport Systemen op de doorstroming, verkeersveiligheid en het milieu. Het is het resultaat van een project dat is gefinancierd uit het Vraaggestuurde Programma Verkeer, Vervoer en Logistiek en het Kennis als Vermogen programma Intelligente Sensornetwerken van TNO. Het project is uitgevoerd door Dr Martijn van Noort en Prof Dr Ir Bart van Arem van TNO Bouw en Ondergrond, Business Unit Mobiliteit en Logistiek en Ir Ben Jansen van Bricola Advies. De auteurs willen Prof Dr Dirk Zumkeller van de universiteit van Karlsruhe, Prof Dr Hartmut Keller van Transver, Ir Michèle Coëmet, Ir Erik Martens, en Ir Henk Schuurman van de Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat en Dr Caspar Chorus van de Technische Universiteit Eindhoven bedanken voor het beschikbaar stellen van informatie over effecten van verkeersmanagement en verkeersinformatie. De auteurs willen Ir Frans op de Beek, Ir Arie Bleijenberg, Drs Björn Heijligers, Prof Ir Ben Immers, Dr Ir Ronald van Katwijk en Ing André Oldenburger van TNO Bouw en Ondergrond, Business Unit Mobiliteit en Logistiek bedanken voor hun commentaar op de conceptversie van dit rapport.

Bart van Arem
Ben Jansen
Martijn van Noort

Korte Samenvatting

Intelligente Transport Systemen (ITS) is de verzamelnaam voor de toepassing van Informatie- en Communicatie Technologie (ICT) in het verkeer en vervoer. Wat betreft het wegverkeer valt daarbij onder andere te denken aan filewaarschuwingssystemen, verkeers- en reisinformatie en adaptieve cruise control. In dit rapport zijn de effecten van ITS op het gebied van verkeersmanagement, verkeers- en reisinformatie en rijtaakondersteuning op een toegankelijke manier inzichtelijk gemaakt. De resultaten ondersteunen de verwachting dat door ITS de komende 10 tot 15 jaar grote voordelen te halen zijn: 50% minder files, 25% minder verkeersdoden, 10% minder uitstoot van CO₂ en 20% minder luchtvervuiling. Op de langere termijn kunnen deze effecten nog verder toenemen.

Management samenvatting

Intelligente Transportsystemen

Intelligente TransportSystemen (ITS) is de verzamelnaam voor toepassing van Informatie- en Communicatie Technologie (ICT) in het verkeer en vervoer. Daarbij valt te denken aan filewaarschuwingssystemen, verkeers- en reisinformatie en adaptieve cruise control. De snelle ontwikkeling van ICT opent de deur naar nieuwe systemen en diensten in het verkeer en vervoer. Industrieën en dienstverleners zien ITS als een belangrijke bron van product vernieuwing. Overheden en wegbeheerders zien in ITS een nieuw instrument om het verkeer veiliger, schoner en efficiënter te maken.

Vele partijen zijn betrokken bij de invoering van ITS. Voorbeelden hiervan zijn de voertuigindustrie, verkeersindustrie, ICT industrie, aanbieders van informatiediensten en digitale kaarten, verzekeraars, gebruikersorganisaties, wagenparkbeheerders, wegbeheerders en verschillende overheden. De invoering van ITS hangt af van de mate waarin elk van deze partijen haar commerciële en/of maatschappelijke doelen kan realiseren en de mate waarin samenwerking tot stand kan worden gebracht. De overheid kan hierbij een stimulerende rol kiezen, als ITS een positief effect heeft op de doorstroming, de verkeersveiligheid en het milieu. Daarom is er behoefte aan een toegankelijk en transparant overzicht van de effecten van ITS.

In dit rapport worden de effecten van ITS in beeld gebracht voor een aantal functionele gebieden van ITS. De focus ligt daarbij op wegverkeer met een nadruk op het autoverkeer. Bij de keuze van de gebieden is gelet op de aansluiting bij actuele beleidsthema's in Nederland. De effecten worden in kaart gebracht voor de volgende functionele gebieden: verkeersmanagement, verkeers- en reisinformatie en rijtaakondersteuning. Er is primair gekeken naar de effecten op doorstroming, verkeersveiligheid en milieu. Er wordt onderscheid gemaakt tussen ITS systemen die al volop worden gebruikt en waarvan het effect is gerealiseerd en ITS systemen die de komende 10-15 jaar worden ingevoerd. ITS-systemen zijn het meest effectief als ze onderling (voertuig-voertuig en/of voertuig wal) goed op elkaar zijn afgestemd.

Verkeersmanagement

Onder verkeersmanagement vallen ITS systemen als verkeerssignalering (file waarschuwing), snelheidsmaatregelen, toeritdosering en dynamische route informatiepanelen. Deze systemen zijn in Nederland vooral op het hoofdwegennet en in steden uitgebreid ingevoerd.

Verkeerssignalering heeft in ons land geleid tot een directe capaciteitstoename van circa 5% waardoor de congestie met zo'n 10-15% is afgenomen. Het aantal ongevallen is eveneens sterk afgenomen (met 26 à 43%). Dit heeft te maken met een veel rustiger verkeersafwikkeling. Aangezien ongevallen een significante oorzaak zijn van congestie zal hierdoor de indirecte afname van de congestie nog eens ca 10% extra bedragen.

Instelling van (statische) *maximumsnelheden* is in Nederland op verschillende autosnelwegen met strenge handhaving toegepast. De maatregel gaf wisselende effecten te zien die sterk locatiespecifiek zijn: de capaciteitsverandering liep uiteen van -6% tot +4% en gemiddelde snelheid nam af met 2-16%.

Toeritdosering heeft tot een capaciteitstoename op de hoofdrijbaan van ca 5% en een snelheidstoename van 15% geleid.

Ook is een stabielere verkeersafwikkeling geconstateerd op grond waarvan een additionele indirecte capaciteitstoename mag worden verwacht vanwege een afname van het aantal incidenten.

DRIP's (Dynamische Route-Informatie-Panelen) blijken in relevante situaties (files en alternatieven) voor 4-12 % van de reizigers aanleiding van route te veranderen. In zwaarbelaste situaties leidde dit tot een afname van de filezwaarte met 7% en van de voertuigverliesuren met 30%.

Netwerkmanagement betreft het gecoördineerd inzetten van verschillende verkeersmanagementmaatregelen en is in Nederland in verschillende steden toegepast. Het heeft geleid tot een reductie van zo'n 20% van de voertuigverliesuren.

Samenvattend kan worden gesteld dat verkeersmanagement in Nederland op vele plaatsen met succes is ingevoerd. Verkeersmanagement is bovendien nog volop in ontwikkeling. De komende 10-15 jaren dient de stap gemaakt te worden naar *intelligent verkeersmanagement*, waarbij verkeersmanagement maatregelen van verschillende wegbeheerders in samenhang worden toegepast en waar verkeersmanagement systemen en systemen in voertuigen onderling communiceren over incidenten, slecht weer, alternatieve routes, etc. Verkeersstromen kunnen hierdoor online worden gevolgd waardoor verkeersmanagement systemen en verkeerslichten beduidend efficiënter kunnen functioneren, bijvoorbeeld door het gebruik van voorspellingen. Een studie op het wegennet rond Delft wijst uit dat communicatie tussen verkeersmanagement systemen onderling een reistijdwinst van 20% mogelijk maakt. Deze winst kan verder toenemen als de communicatie ook plaatsvindt met voertuigen. De effectiviteit van de deze systemen hangt sterk af van de penetratiegraad. Om tot een penetratiegraad van ca. 30% binnen 15 jaar te komen is het van belang dat er een gerichte implementatie aanpak komt. Grootschalige demonstratieprojecten vormen hierbij een belangrijk onderdeel.

Verkeers- en reisinformatiesystemen

Onder verkeers- en reisinformatie vallen ITS systemen die de reiziger van informatie voorzien, zoals dynamische navigatiesystemen, parkeerwijssystemen, en systemen die (multi-)modale reisinformatie verschaffen.

Pre-trip informatie over files en vertragingen in het OV zijn in Nederland breed beschikbaar via bijvoorbeeld Teletekst en Internet en worden door zo'n 40% van de reizigers gebruikt om eerder of later te vertrekken of een andere route te kiezen. Empirische gegevens over het effect op de voertuigverliesuren zijn niet beschikbaar. Het effect kan worden afgeleid uit een modelstudie waarin informatie over de verwachte reistijd werd gegeven bij verschillende vertrektijdstoppen. Wanneer in het geval van reguliere congestie de helft van de weggebruikers de flexibiliteit heeft om tot maximaal 30 minuten eerder te vertrekken, dan kan een afname van 30% van de voertuigverliesuren worden bereikt.

Navigatiesystemen ontzorgen de mobilist bij het vinden van de gewenste route (kortste, snelste, toeristische, etc.). In 2007 was in Nederland zo'n 15% van de auto's uitgerust met een navigatiesysteem. Uit proefritten blijkt dat dit leidt tot een reductie van 18% van de reistijd van de gebruikers.

Dynamische navigatiesystemen beschikken over real-time verkeersinformatie die wordt ontvangen via RDS-TMC of GPRS. Ze zijn met name belangrijk bij niet-reguliere verkeerssituaties zoals wegwerkzaamheden, incidenten en evenementen.

In Nederland is zo'n 20% van de congestie op het hoofdwegennet niet-regulier, waarvan minimaal zo'n 13% ten gevolge van een incident. Gebruikers van een dynamisch navigatiesysteem zijn tot zo'n 88% minder extra tijd kwijt aan een incident en tot zo'n 52% minder in geval van onverwacht druk verkeer. In Nederland maakt nog slechts een beperkt aandeel van de navigatiesystemen gebruik van dynamische verkeersinformatie. Er is dus nog een flinke winst te halen door de invoering van (dynamische) navigatiesystemen, zeker indien hier de voorspellingen van de verkeersafwikkeling aan worden toegevoegd. Aangezien reistijdverwachting systemen nog in ontwikkeling zijn, zijn de effecten van deze systemen nog niet gekwantificeerd. De verwachtingen zijn echter groot.

Parkeerverwijssystemen beperken de tijd die verloren wordt door het zoeken naar een parkeerplaats met 30-50%. Deze systemen hebben een positief effect op de doorstroming en leefbaarheid van de (binnen)stad, aangezien 10-20% van het stadsverkeer op zoek is naar een parkeerplaats. Parkeerverwijssystemen zijn in de meeste steden in Nederland ingevoerd. In de nabije toekomst is verdere winst te behalen door het koppelen van parkeerverwijssystemen aan navigatiesystemen en reservering van een parkeerplaats via het navigatiesysteem.

Multimodale reisinformatiediensten geven reisinformatie voor verschillende vervoerwijzen. Deze informatie wordt gebruikt voor het vergelijken van verschillende vervoerwijzen, of combinaties daarvan zoals Park and Ride. Op dit moment past slechts een klein gedeelte van de reizigers de keus van het vervoermiddel aan op grond van deze informatie. De volgende generatie multi modale reistijdsystemen maakt het voor de mobilist ook mogelijk om tijdens de reis goede vergelijkingen te maken tussen de kosten en reistijden van de verschillende vervoerwijzen en eenvoudig te betalen voor de kosten van het openbaar vervoer. ITS leidt tot een toename van de betrouwbaarheid van de informatie, draagt zodoende bij aan de kwaliteit van het openbaar vervoer en kan daarmee leiden tot een toename van het aantal reizigers dat de keuze van het vervoermiddel aanpast. De verwachting bestaat dat een flinke toename van het Park and Ride gebruik mogelijk is bij trein en metro stations die gunstig gelegen zijn ten opzichte van het hoofdwegennet.

Samenvattend kan worden gesteld dat de invoering van systemen voor verkeers- en reisinformatie in een stroomversnelling is gekomen. Op basis van verschillende onderzoeken blijkt dat systemen voor verkeers- en reisinformatie –afhankelijk van de situatie- tot 50% besparing van voertuigverliesuren leiden. Het is daarom van groot belang de invoering van verkeers- en reisinformatie te bevorderen. Mede vanwege de introductie van goedkope en draagbare navigatiesystemen beschikt inmiddels meer dan 15% van de auto's over een navigatiesysteem, maar nog niet alle systemen beschikken echter over actuele verkeersinformatie. De verkeersinformatie die wordt gegeven is veelal beperkt tot het wegverkeer en de actuele verkeersstoestand. Het gebruik van voorspellingen zal de afname van de voertuigverliesuren versterken, maar over dit effect is, vanwege het prille stadium waarin deze ontwikkeling zich bevindt, nog geen materiaal aangetroffen. Om dit effect betrouwbaar te kunnen bepalen is kennis nodig over de reacties van bestuurders op voorspellende informatie.

Rijtaakondersteunende systemen

Rijtaakondersteunende systemen zijn in-car systemen die de bestuurder helpen bij de rijtaak. Het gaat bijvoorbeeld om systemen die de bestuurder helpen een veilige snelheid te houden (SpeedAlert), adaptive cruise control, lane keeping, waarschuwing voor gevaarlijke situaties en eCall. In de meeste gevallen zijn rijtaakondersteunende systemen bedoeld om de veiligheid of het rijcomfort te verhogen. Daarnaast zijn er ook effecten op reistijden en op het milieu. Rijtaakondersteunende systemen zijn breed beschikbaar in topklasse auto's en komen nu ook beschikbaar op middenklasse auto's. Tenzij anders aangegeven gaan de effecten die hieronder genoemd worden er van uit dat alle voertuigen met het bewuste systeem zijn uitgerust. Als slechts een deel van de voertuigen het systeem heeft, is het effect in het algemeen kleiner.

Systemen die de bestuurder adviseren over een veilige (en toegestane) snelheid (ook wel bekend als SpeedAlert) leiden tot een afname van het aantal verkeersdoden met 12-24%, en een lichte toename van de reistijd met 1-7%.

Adaptive Cruise Control (ACC) is een systeem dat zorgt voor een veilige snelheid en afstand tot de voorligger, en bestaat in verschillende varianten, bijvoorbeeld met en zonder communicatie tussen voertuigen. De gekozen variant heeft een sterke invloed op het effect. Wanneer 10% respectievelijk 50% van de auto's is uitgerust met een ACC die ook in files functioneert, reduceert het systeem het reistijdverlies door files met 30% respectievelijk 60%. Het levert daarmee een belangrijke bijdrage aan het oplossen van de structurele files. Het aantal ongevallen neemt af met 8%, en emissies met 10%. Het brandstofverbruik en de CO2 uitstoot nemen af met zo'n 5%.

Coöperatieve Adaptive Cruise Control (CACC) is een uitbreiding van ACC met voertuig-voertuig communicatie. Hiermee kunnen voertuigen op korte afstanden pelotons vormen. Op speciale rijstroken kan de capaciteit van de weg tot zo'n 50% toenemen. In gemengd verkeer leidt CACC tot 50% minder snelheidsvariatie, een stabielere verkeersstroom en zo'n 5% minder voertuigverliesuren ten opzichte van ACC.

Lane keeping is een systeem dat de gebruiker ondersteunt bij het op koers houden van het voertuig. Ook hier hangt het effect sterk af van de gekozen technische uitvoering. Het systeem kan 24% van de enkelzijdige ongevallen en 25-37% van de zijdelingse botsingen voorkomen. Invoering van het systeem op vrachtwagens leidt tot 9% minder ongevallen met vrachtwagens en daarmee tot 11% minder files door ongevallen. Een bijeffect is dat rijstroken versmald kunnen worden als alle vrachtwagens dit systeem hebben.

Met een systeem voor *lokale waarschuwing voor gevaarlijke situaties* (zoals obstakels, gladheid, slecht zicht, en wegwerkzaamheden) kan 5% van alle ongevallen voorkomen.

eCall is een systeem dat automatisch hulpdiensten oproept bij een ongeval, en zal 4-5% van alle verkeersdoden voorkomen.

Rijtaakondersteunende systemen gaan een krachtig instrument vormen om files te reduceren, incidenten te verminderen en de doorstroming te vergroten. Als totaaleffect van de genoemde systemen wordt geschat dat het aantal dodelijke ongevallen afneemt met 25-50%, afhankelijk van de mate van dwingendheid van het systeem. Wanneer 10% van de voertuigen is uitgerust, kunnen de files met 30% afnemen.

Als de penetratiegraad verder toeneemt wordt op de langere termijn het grootste deel van de files opgelost. De emissies nemen met zo'n 10% af, het brandstofverbruik en de uitstoot van CO₂ met zo'n 5%.

Het boeiende van deze systemen is dat bij relatief geringe penetratiegraden reeds aanzienlijke effecten kunnen worden bereikt. Rijtaakondersteunende systemen worden inmiddels door verschillende automobielfabrikanten geleverd. Reeds vele systemen zijn ontwikkeld en de komende periode komt het vooral aan op het versnellen van de implementatie, onder andere via grootschalige demonstratieprojecten en veldtesten. De overheid kan stimulerend optreden via bijvoorbeeld BPM reducties, het beschikbaar stellen van communicatie-frequenties, het stimuleren van R&D en publieksgerichte campagnes.

Discussie

In dit rapport zijn de effecten van ITS op een toegankelijke manier inzichtelijk gemaakt. Bij de interpretatie van deze effecten dienen de volgende aspecten in acht te worden genomen:

- In dit rapport wordt een beperkt aantal systemen behandeld. Dit betekent niet dat systemen of maatregelen die in dit rapport niet behandeld zijn geen positief effect kunnen hebben. Incident management wordt als maatregel niet behandeld, maar in het rapport wordt wel ingegaan op ITS enablers voor incident management zoals verkeersmanagement, dynamische verkeersinformatie en eCall.
- Zowel ingevoerde als nieuwe ITS systemen zijn voortdurend in ontwikkeling, bijvoorbeeld met betrekking tot de technische mogelijkheden en de mate van dwingendheid. De effecten zijn afhankelijk van het stadium van ontwikkeling.
- Het vergelijken van verschillende studies naar de effecten van ITS wordt bemoeilijkt door verschillen in de opzet van de studies. Te denken valt aan verschillend in specificaties, referentiesituatie en methode (model en/of veldtest). Daarnaast zijn de effecten van ITS zeer locatiespecifiek. Er is nog veel onduidelijk over de condities waarin de effecten uiteindelijk kunnen worden gerealiseerd. Daarom moeten de gerapporteerde effecten vooral als een richting en ordegrootte te worden opgevat.
- De effecten van ITS zijn medeafhankelijk van de onderliggende infrastructuur sterk medebepalend voor de mogelijke effecten. Een recente studie heeft uitgewezen het gebruik van buffers en de beschikbaarheid van goede alternatieve routes tot zo'n 12% respectievelijk 30% reductie van voertuigverliesuren leiden in het geval van incidenten.
- Er is weinig materiaal aangetroffen over de milieu-effecten van ITS. Positieve effecten op de doorstroming wijzen echter ook op een verbetering van de effecten op het milieu. Een uitgebreide empirische studie in Nederland wees uit dat de gemiddelde personenauto in de file 20% meer CO₂ uitstoot, zo'n 25% meer fijnstof, terwijl de uitstoot van NO_x vrijwel gelijk blijft. Bij vrachtwagens neemt de uitstoot van CO₂, fijnstof en NO_x toe met ruim 30%, 100% en 100%.
- De kosten voor ITS systemen zijn in dit rapport niet in beeld gebracht. Ten aanzien de kosten van 'traditionele' weginfrastructuur mag worden verwacht dat de kosten van ITS gering zijn. Daartegenover staat dat de kostendragers verschillend zijn omdat de ITS investeringen worden gedaan in de weginfrastructuur, in de vervoermiddelen en in de infrastructuur van ITS dienstverleners.

Vooruitblik

In dit rapport is gekeken naar afzonderlijke ITS systemen. Wanneer pakketten van ITS systemen worden toegepast, kan het ene systeem het effect van het andere systeem versterken of juist verminderen. Elke file of ongeval kan tenslotte maar één keer worden voorkomen. De gezamenlijke resultaten ondersteunen echter de verwachting dat door ITS de komende 10 tot 15 jaar grote voordelen te halen zijn: 50% minder voertuigverliesuren, 25% minder verkeersdoden, 10% minder uitstoot van CO2 en 20% minder luchtvervuiling. Op de langere termijn kunnen deze effecten nog verder toenemen.

Op het gebied van verkeersmanagement dient de stap gemaakt te worden naar intelligent verkeersmanagement. De invoering van systemen voor verkeers- en reisinformatie dient bevorderd te worden, met name richting de eindgebruiker en gebruik makend van voorspellende informatie. De invoering van rijtaakondersteunende systemen, dient met kracht te worden bevorderd. Communicatie tussen voertuigen onderling en de wegkant opent de deur naar intelligent verkeersmanagement, waarbinnen verschillende ITS systemen in onderlinge samenhang nog effectiever worden.

Door middel van veldtesten kan de overheid concrete stappen nemen om grootschalige implementatie en versnelde introductie van ITS systemen te bevorderen. Daarbij moet structureel aandacht worden gegeven aan het monitoren van de effecten en het uitvoeren van een (model-) studie naar de kosten en effecten van coöperatieve ITS maatregelen.

De communicatie tussen voertuigen onderling en de wegkant moet mogelijk worden gemaakt door standaarden vast te stellen, frequenties te reserveren en de communicatieinfrastructuur langs de wegen aan te leggen. Ondersteuning van de implementatie door de overheid is nodig, omdat de voordelen voor een deel bij de samenleving als geheel terecht komen en niet bij individuele burgers of bedrijven. Stimulering kan plaatsvinden door fiscale voordelen, tijdelijke subsidies, publieksgerichte campagnes, voorschriften en een platform waarin de betrokken partijen gezamenlijk werken aan de invoering van ITS.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	12
1.1	Intelligente Transport Systemen	12
1.2	Vragen bij de invoering van Intelligente Transport Systemen.....	13
1.3	Opzet van dit rapport	13
2	Intelligente Transport Systemen	14
3	Bepalen van effecten	16
3.1	De wisselwerking tussen ITS en het verkeer	16
3.2	Type effecten	17
3.3	Methoden om effecten te bepalen	17
4	Verkeersmanagement.....	19
4.1	Definitie en afbakening.....	19
4.2	Verkeerssignalering	21
4.3	Snelheidsmaatregelen	22
4.4	Toeritdosering.....	24
4.5	Inhaalverbod vrachtverkeer	25
4.6	Dynamische Route Informatiepanelen.....	26
4.7	Netwerkmanagement: ongecoördineerde inzet van verkeersmanagementmaatregelen ..	27
5	Verkeers- en reisinformatie	30
5.1	Definitie en afbakening.....	30
5.2	Dynamische navigatiesystemen	31
5.3	Dynamische parkeerverwijssystemen.....	33
5.4	Multimodale reisinformatie	34
6	Rijtaakondersteunende systemen	36
6.1	Definitie en afbakening.....	36
6.2	Informatie over de actuele snelheidslimiet (speed alert).....	38
6.3	Bewaken van een veilige snelheid en afstand	38
6.4	Koers houden	40
6.5	Lokale waarschuwing voor gevaarlijke situaties	41
6.6	Automatische noodoproep (eCall)	41
7	Discussie en conclusies.....	43

1 Inleiding

1.1 Intelligente Transport Systemen

Intelligente Transport Systemen (ITS) is de verzamelnaam voor toepassing van Informatie- en Communicatie Technologie (ICT) in het verkeer en vervoer. ITS kan worden gezien als een familie van diensten en functies met elk een eigen ontwikkelingstempo. Daarbij valt te denken aan filewaarschuwingssystemen, verkeers- en reisinformatie, betaalsystemen en adaptieve cruise control. De ontwikkeling van ITS kwam in de jaren 90 van de grond door Europese R&D programma's zoals PROMETHEUS en DRIVE I and II. De ICT ontwikkelt zich snel en levert nieuwe mogelijkheden op het gebied van sensoren, communicatie, gegevensverwerking en mens-machine interactie. De snelle ontwikkeling van ICT opent de deur naar nieuwe systemen en diensten in het verkeer en vervoer. Industrieën en dienstverleners zien ITS als een belangrijke bron van product vernieuwing. Overheden en wegbeheerders zien in ITS een nieuw instrument om het verkeer veiliger, schoner en efficiënter te maken.

De ontwikkeling van ITS wordt geïllustreerd in Figuur 1. De ontwikkeling start met de uitvoering van pilots. Zo werden toeritdosering, dynamische route-informatiepanelen en filewaarschuwing in het begin van de jaren 90 in pilots beproefd. Inmiddels worden deze systemen in Nederland op het grootste deel van het hoofdwegennet toegepast. Ook navigatiesystemen doorlopen dit traject. Navigatiesystemen hebben de afgelopen jaren een snelle opmars gemaakt: 15% van de auto's in Nederland beschikt over een navigatiesysteem en dit percentage groeit fors. ITS systemen kunnen hiermee een flink effect hebben op de doorstroming, verkeersveiligheid en het milieu.

De volgende stap in de ontwikkeling van ITS zal bestaan uit de integratie van verschillende ITS systemen. Hierbij valt te denken aan het uitwisselen van informatie tussen voertuigen en de weg over gevaarlijke situaties en het aanbieden van alternatieve route op maat bij incidenten. Juist door de integratie met andere systemen kan het effect van ITS verder worden versterkt.

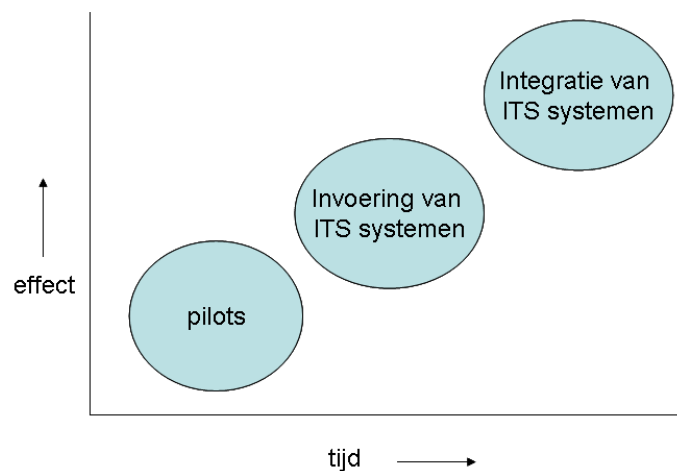


Figure 1 Ontwikkeling van ITS systemen

1.2 Vragen bij de invoering van Intelligente Transport Systemen

Vele partijen zijn betrokken bij de invoering van Intelligente Transport Systemen. Voorbeelden hiervan zijn de voertuigindustrie, verkeersindustrie, ICT industrie, aanbieders van informatiediensten en digitale kaarten, verzekeraars, gebruikersorganisaties, wagenparkbeheerders, wegbeheerders en de overheid. Het succes van de invoering van ITS hangt af van de mate waarin elk van deze partijen haar commerciële en/of maatschappelijke doelen kan realiseren en de mate waarin samenwerking tot stand kan worden gebracht.

Dit rapport gaat primair in op vragen die relevant zijn voor de overheid. De overheid ontwikkelt zelf geen ITS systemen, maar kan de ontwikkeling van ITS sterk beïnvloeden. De overheid kan ITS systemen faciliteren, stimuleren, regisseren, optreden als eerste gebruiker en investering in R&D. De overheid kan juridische en economische kaders scheppen waarbinnen ITS systemen kunnen worden ontwikkeld en toegepast. Als wegbeheerder past de overheid al een breed scala aan weggant gebonden ITS systemen toe. Vragen die spelen voor de overheid zijn:

- Welke invloed heeft de ontwikkeling van systemen in de auto op investeringen in weggant gebonden ITS systemen?
- Op welke wijze kan de overheid de invoering van ITS systemen in de geëigende vorm bevorderen die een positief effect op de doorstroming, de verkeersveiligheid of het milieu hebben?
- Welke regelgeving is nodig voor de beschikbaarheid van frequenties en bandbreedte voor communicatie en radar systemen?
- Welke rol moet de overheid spelen in het R&D proces van ITS?
- Welke rol kan of moet de overheid spelen ten aanzien van de integratie van systemen en standaardisatie van koppelvlakken tussen systemen (denk aan navigatiesystemen, verkeersinformatie, betaalsystemen, eCall, Electronic Vehicle Identification)? Moet de overheid hierbij dwingend of stimulerend optreden? Dit geldt eveneens voor de regelgeving en de aansprakelijkheidsaspecten.

De ontwikkeling van ITS is een gegeven. Daarom is het nodig dat de overheid zich oriënteert op haar rol. De rolkeuze van de overheid en de daaraan te koppelen acties hangen af van de effecten van ITS op doorstroming, verkeersveiligheid en milieu. En juist over deze effecten bestaat onduidelijkheid. Er is een dringende behoefte aan een toegankelijk en transparant overzicht van de effecten van ITS.

1.3 Opzet van dit rapport

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de huidige kennis van de effecten van ITS. Voor het overzicht is gebruik gemaakt van een groot aantal internationale bronnen en bestanden. Om de leesbaarheid te bevorderen zijn de nuanceringen van de resultaten zoveel mogelijk beperkt en is een lijst van geraadpleegde literatuur opgenomen in plaats van directe literatuurverwijzingen in de tekst.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op Intelligente Transport Systemen en worden vier functionele gebieden geselecteerd. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op verschillende manieren om effecten van ITS te bepalen. In hoofdstukken 4-7 worden de effecten beschreven van de geselecteerde functionele gebieden: Verkeersmanagement, Verkeers- en reisinformatie en Rijtaakondersteunende systemen.

2 Intelligente Transport Systemen

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op Intelligente Transport Systemen (ITS). De verschillende functionele gebieden worden beschreven. Er wordt een keuze gemaakt voor een aantal functionele gebieden voor het in kaart brengen van de effecten.

ITS is de verzamelnaam voor toepassing van ICT in het verkeer en vervoer. Het Europese project KAREN heeft een architectuur ontwikkeld die de samenhang tussen verschillende ITS systemen beschrijft. Tabel 1 geeft de functionele gebieden die door KAREN worden onderscheiden, inclusief een aantal voorbeelden. Dit rapport richt zich op de in vet gedrukte gebieden.

Tabel 1 Functionele gebieden van ITS

Functioneel gebied	Voorbeelden
Elektronisch betalen	Anders betalen voor mobiliteit OV Chipcard Parkeerbetaalsystemen
Hulpdiensten	Automatische melding ongevallen (eCall) Incident management
Verkeersmanagement	File waarschuwing (signalering) Dynamische route informatiepanelen (DRIPs) Toeritdosering (TDI) Verkeerslichten
Openbaar vervoer management	Speciale afhandeling openbaar vervoer bij kruising Vraagafhankelijk openbaar vervoer Automatische People Movers
Rijtaakondersteuning	Adaptieve Cruise Control Waarschuwing bij het verlaten van de rijstrook Blinde hoek bewaking
Verkeers- en reisinformatie	Verkeersinformatie via RDS-TMC, GPRS, Teletekst, Internet Openbaar vervoersinformatie Informatie over hotels, restaurant, attracties
Handhaving	Trajectcontrole Roodlicht- en snelheidscontrole Weigh in Motion
Vracht- en wagenparkbeheer	Vracht- en ritplanningssystemen Tracking and tracing Remote diagnostics

Binnen elk functioneel gebied valt een groot aantal toepassingen en systemen. De effecten van ITS worden in dit rapport uitgewerkt voor een beperkt aantal gebieden. De focus ligt daarbij op wegverkeer met een nadruk op het autoverkeer. Bij de keuze van de gebieden is ook gelet op de aansluiting bij actuele beleidsthema's in Nederland.

Verkeersmanagement: het beïnvloeden en sturen van verkeersstromen op basis van informatie over de huidige en verwachte verkeerssituatie.

In het kader van 'Gebiedsgericht benutten' is de netwerkbrede toepassing van verkeersmanagement sterk in ontwikkeling.

Verkeersmanagement is een taak van wegbeheerders. Op nationaal, regionaal en lokaal niveau spelen beslissingen over investeringen in verkeersmanagement, bijvoorbeeld in relatie tot de ontwikkeling van systemen in het voertuig. Kennis over de effecten is daarbij van belang.

Verkeers- en reisinformatie: het verstrekken van informatie aan weggebruikers over routes, reistijden, vertragingen en van bestemmingsinformatie. Dit functionele gebied is sterk in ontwikkeling gegeven de snel toenemende mogelijkheden voor het inwinnen van data. Er bestaan veel initiatieven zowel door private partijen (commerciële verkeersinformatiediensten) als publieke partijen (Nationale Databank Wegverkeersgegevens). Verkeersinformatie is belangrijk als basis voor verkeersmanagement. Daarnaast kan verkeers- en reisinformatie leiden tot een betere spreiding van de verkeersvraag in tijd en ruimte en om weggebruikers meer bewuste keuzes te kunnen laten maken. Daarom is het belangrijk om de effecten te kennen die informatie heeft op het keuze- en rijgedrag van weggebruikers en de daaruit voortvloeiende effecten op de verkeersstromen.

Rijtaakondersteunende systemen: systemen die de rijtaak van de autobestuurder geheel of gedeeltelijk overnemen. Ze zijn sinds eind jaren 90 commercieel beschikbaar. De automobiellindustrie verricht omvangrijke R&D programma's voor het verbeteren van het comfort en veiligheid van de bestuurder en inzittenden van auto's door rijtaakondersteunende systemen. Rijtaakondersteunende systemen kunnen grote effecten hebben op het verkeerssysteem door het voorkómen van ongelukken en door verandering in het rijgedrag. Ze worden echter nog maar op beperkte schaal gebruikt. Kennis van de effecten is nodig om te besluiten of, en zo ja, hoe de invoering van rijtaakondersteunende systemen kan worden bevorderd.

3 Bepalen van effecten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het bepalen van de effecten van ITS. Daarbij wordt ingegaan op het type effect en verschillende methodes om de effecten te bepalen.

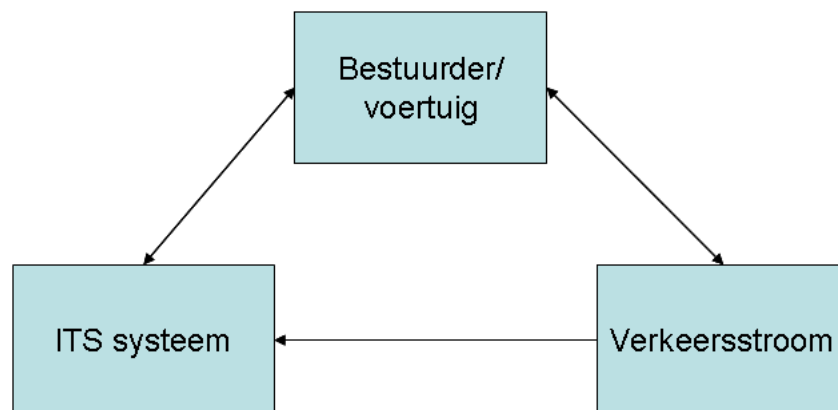
3.1 De wisselwerking tussen ITS en het verkeer

Het bepalen van de effecten van ITS is een complex vraagstuk. Figuur 2 geeft de wisselwerking weer tussen het ITS systeem en het verkeerssysteem.

Het ITS systeem heeft allereerst een effect op de bestuurder, bijvoorbeeld door aanpassing van de snelheid of routekeuze. Dit effect is afhankelijk van de keuzevrijheid die het ITS systeem de bestuurder laat: informerend, adviserend of dwingend. Daarnaast kan de bestuurder ook invloed hebben op het ITS systeem, bijvoorbeeld door in te stellen welke informatie de bestuurder wil hebben of het instellen van een volgafstand.

De verandering van het gedrag van de bestuurder leidt vervolgens tot een verandering in het gedrag van de verkeersstroom. Dit kan zijn een andere verdeling van de verkeersstromen in het wegennetwerk of bijvoorbeeld een verhoging of verlaging van de snelheid. Dit effect is vaak groter naarmate het aandeel van de bestuurders dat door het ITS systeem wordt beïnvloed groter is. Een verandering van de verkeersstroom kan tevens leiden tot een verandering in het gedrag van (eventueel andere) bestuurders, bijvoorbeeld door van route te wisselen.

Het ITS systeem heeft dus via de bestuurder een effect op de verkeersstroom. De werking van het ITS systeem zelf is weer afhankelijk van kenmerken van de verkeersstroom.



Figuur 2 De wisselwerking van het ITS systeem met het verkeerssysteem

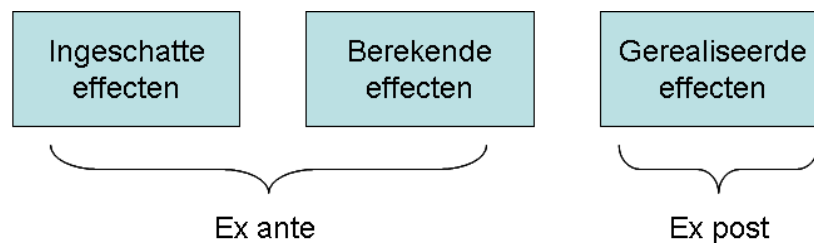
Samenvattend kan worden gesteld dat het effect van een ITS systeem op de verkeersstroom de resultante is van de wisselwerking tussen systeem, bestuurder en verkeersstroom. Om de effecten van het ITS systeem op de verkeersstroom te begrijpen is dus tevens inzicht nodig in de wisselwerking met de bestuurder. Omdat ook diverse omgevingsfactoren relevant kunnen zijn, is het effect van het ITS systeem situatiespecifiek en zijn de resultaten over het algemeen moeilijk generaliseerbaar. Een voorbeeld hiervan is de invoering van 80 km/h zones in Nederland, waarbij sterke situatiespecifieke verschillen in de effecten optraden.

3.2 Type effecten

Tabel 2 Effectcategorieën en voorbeeldindicatoren

Effectcategorie	Voorbeeldindicatoren
Doorstroming en betrouwbaarheid	Capaciteit, reistijd, vertraging, filelengtes, snelheden, intensiteiten, etc.
Verkeersveiligheid	Aantal en ernst van ongevallen; Surrogate safety measures: Time-to-collisions, korte volgtijden en snelheidsvariaties.
Milieu	Uitstoot van PM, NOx, geluid en CO2

3.3 Methoden om effecten te bepalen



Figuur 3 Effectbepaling in de invoering van ITS systemen

Het bepalen van de ingeschatte effecten is aan de orde in de idee vormingsfase van een ITS systeem. Hierbij wordt doorgaans gebruik gemaakt van globale data van het toepassingsgebied. Een voorbeeld kan zijn het gebruik van ongevalsstatistieken ter onderbouwing van een ITS systeem dat deze ongevallen kan voorkomen. Er is dus sprake van een ruwe inschatting berekening, die vooral het mogelijke effect aangeeft. De inschatting houdt geen rekening met indirecte effecten bijvoorbeeld door compenserend gedrag.

Het bepalen van de berekende effecten is aan de orde bij de uitwerking van een ITS systeem. Hierbij wordt het effect van het ITS systeem in een zo realistisch mogelijke omgeving onderzocht. Vaak wordt gebruik gemaakt van wiskundige modellen die het verkeer simuleren en waarmee de effecten van verschillende varianten van het ITS systeem kunnen worden bepaald. In deze modellen worden tevens veronderstellingen gedaan over de verandering van het bestuurdersgedrag onder invloed van het ITS systeem. Deze veranderingen kunnen empirisch worden onderzocht in een rijnsimulator, via een veldproef of via een enquête. Het voordeel van de modelstudie is dat het goed mogelijk is de invloed van het ITS systeem te scheiden van andere invloeden. Een andere mogelijkheid voor het bepalen van de verwachte effecten op het verkeer is een veldproef. Een voorwaarde hierbij is dat een voldoende groot aandeel van de bestuurders door het systeem wordt beïnvloed. Het voordeel van een veldproef is een hoge validiteit. Het nadeel is dat het niet altijd mogelijk is de invloed van het ITS systeem te scheiden van andere invloeden en dat de resultaten zoals eerder aangegeven vaak situatiespecifiek zijn.

Gerealiseerde effecten worden ex post vastgesteld nadat een ITS systeem op voldoende grote schaal is ingevoerd. Doorgaans is hiermee een dermate lange tijdsperiode gemoeid dat het effect van ITS niet meer te scheiden van andere ontwikkelingen zoals aanleg van infrastructuur en groei van de verkeersvraag.

4 Verkeersmanagement

4.1 Definitie en afbakening

In hoofdstuk 2 (tabel 1) is op basis van de KAREN-architectuur een indeling van ITS in een aantal functionele gebieden gegeven, waarbij ook een aantal voorbeelden van diensten per functioneel gebied is opgesomd. Het functionele gebied 'verkeersmanagement' (VM) is een van die gebieden en ook een van de vier die voor deze studie zijn geselecteerd.

In brede zin kan verkeersmanagement worden omschreven als "het op basis van actuele en plaats specifieke verkeers- en omgevingsomstandigheden doelgericht informeren, geleiden en sturen van verkeersstromen" (V&W, 'Programma Verkeersbeheersing Hoofdwegenet 1995 – 2000', 1995).

In het kader van deze studie wordt verkeersmanagement iets smaller opgevat omdat zowel 'hulpdiensten', 'elektronisch betalen' als 'verkeers- en reisinformatie' als aparte functionele gebieden worden behandeld. Strikt genomen kunnen zij worden gezien als onderdelen van verkeersmanagement zoals hierboven gedefinieerd.

Een tweede inperking is vanzelfsprekend dat het hier gaat om ITS-gebonden diensten binnen verkeersmanagement. Dit betekent dat uitsluitend diensten worden geanalyseerd die voor een groot en essentieel deel zijn gebaseerd op ICT.

Verder richten de studie zich zo veel mogelijk op innovatieve diensten.

Geselecteerde verkeersmanagement-services

Gegeven de doelgroep van deze rapportage staan vooral de diensten centraal die in de Nederlandse context zijn of worden toegepast.

In een aantal recente studies van Rijkswaterstaat/AVV¹ naar de effecten en effectiviteit van dit soort diensten is een bruikbaar overzicht samengesteld dat is opgenomen in tabel 3.

¹ RWS-AVV, 'Effecten verkeersmanagement – cijfers van meer dan 100 (praktijk)evaluaties uit Nederland', Rotterdam, RWS-AVV, 2006, 10 november, versie 1.7

RWS-AVV, 'Kosteneffectiviteit benuttingmaatregelen', Rotterdam, RWS-AVV, 2003, maart, 36 p.

Tabel 3 Overzicht en selectie van verkeersmanagementdiensten (Bron: RWS/AVV)

Verkeersmanagement dienst of maatregel	ITS gebaseerd	Innovatief uit ICT oogpunt	Opmerking	Geselecteerd?
Verkeerssignalering	+++	++		ja
Snelheidsmaatregel	++	++(mits dynamisch)		ja
Toeritdosering	++	++		ja
Inhaalverbod vrachtverkeer	+	++ (mits dynamisch)		ja
Spitsstroken	+	+	Grootste effect uit extra profiel	Nee
Doelgroepstroken/wisselstroken	+	-	Grootste effect uit extra profiel	Nee
Maatregelen bij Werk in uitvoering	-	-		nee
Verbeterde verkeerslichtenregelingen	+	++	Meegenomen bij netwerkmanagement	Nee
Diversen	-	-	Opzwaaien e.d.	Nee
Incident management		+(potentieel)	Is aparte dienst en wordt niet behandeld	Nee
Dynamische Route Informatiepanelen	+++	++		ja
Verkeersinformatie	+++	++		Ja maar elders
Netwerkmanagement	+++	++		Ja

De maatregelen zijn te verdelen in twee categorieën. Die welke uitgevoerd worden binnen de bestaande fysieke infrastructuur van de wegen en die waarbij de fysieke infrastructuur wordt uitgebreid. De laatste categorie omvat de spitsstroken en de doelgroepstroken. Alle overige diensten vallen in de eerste categorie. Uit de evaluaties blijkt, zoals te verwachten viel, dat de spits- en doelgroepstroken de grootste effecten hebben; immers in deze gevallen wordt significante additionele verkeersruimte gecreëerd. In de onderhavige studie worden deze maatregel buiten beschouwing gelaten omdat de ITS-component een beperkte en meer faciliterende rol speelt.

Voorts worden de diensten Incident Management en Verkeersinformatie hier buiten beschouwing gelaten respectievelijk omdat deze buiten de gekozen selectie valt (zie hoofdstuk 2) of afzonderlijk (zie hoofdstuk 5) wordt behandeld.

De diensten bij 'werk in uitvoering' zijn tot nu toe voornamelijk fysiek en star en maken weinig gebruik van ICT; hetzelfde geldt voor de maatregelen 'diversen' welke handmatige verkeersregelingen inhouden.

De dienst 'verbeterde verkeerslichtenregelingen' wordt behandeld onder 'netwerkmanagement'.

Na deze beschouwing van het belang van de ITS component en het innovatiegehalte blijven de volgende diensten ter behandeling over:

- Verkeerssignalering
- Snelheidsmaatregelen
- Toeritdosering
- Inhaalverbod vrachtverkeer
- Dynamische Route Informatiepanelen

Effecten en effectraming

De effectenramingen in dit hoofdstuk zijn voor het grootste deel gebaseerd op het overzicht dat door de AVV eerder is opgesteld. De VM-diensten dienen idealiter te worden beoordeeld op de volgende impacts: reistijden, capaciteit, betrouwbaarheid, comfort, veiligheid en emissies. In het bijzonder de laatste effecten houden verband met de verkeersafwikkeling, vaak aangeduid met het voorkómen van schokgolven.

Het blijkt dat in de vele tientallen evaluaties van VM-maatregelen vrijwel steeds uitsluitend de reistijd (snelheid), de capaciteit en de veiligheid zijn meegenomen. Dit houdt in dat hier over de andere effecten weinig gezegd kan worden.

De effectramingen kunnen op grofweg vier manieren worden vervaardigd²:

- a. metingen in de voor- en na situatie met hierop gebaseerde berekening van secundaire impacts
- b. gedrags- en opinieonderzoek onder weggebruikers middels enquêtes
- c. modelberekening
- d. expert judgement

Het gros van de evaluaties is gebaseerd op metingen in de voor- en na situatie met vaak een begeleidende enquête onder de gebruikers. Slechts sporadisch worden modelberekeningen toegepast wat te verklaren valt uit het niet of nauwelijks beschikbaar zijn van adequate microsimulatiemodellen in de afgelopen periode.

Bij toepassingen van veel gelijksoortige diensten in een netwerkcontext en zeker bij de toepassing van verschillende diensten in een netwerk is het noodzakelijk combinaties van gecombineerde of geïntegreerde diensten te evalueren. Echter, de beschikbare evaluaties beperken zich vrijwel steeds tot afzonderlijke diensten in een specifieke situatie. De opkomst van krachtige microsimulatiemodellen zal het in de nabije toekomst mogelijk maken combinaties van VM diensten in een netwerkcontext ex ante te evalueren.

4.2 Verkeerssignalering

Wat is het

Verkeerssignalering geeft middels flikkerende lampen de automobilisten een waarschuwing dat een file of ander incident genaderd wordt. Tevens geeft het dynamische maximumsnelheden aan bij nadering van en in files. Voorts maakt het verkeerssignaleringssysteem het mogelijk rijstroken te sluiten en begeleidende maximumsnelheden aan te geven.

² RWS-AVV, 'Effecten verkeersmanagement – cijfers van meer dan 100 (praktijk)evaluaties uit Nederland', Rotterdam, RWS-AVV, 2006, 10 november, versie 1.7

Waar geïnstalleerd

In Nederland is intussen sinds de tachtiger jaren op ongeveer 1000 km van het autosnelwegennet verkeerssignalering aangebracht³. Het betreft hier vooral de drukste gedeelten van dit net.

Hoe werkt het

Door middel van lussen die per rijstrook om de paar honderd meter in het wegdek zijn aangebracht worden de intensiteiten en snelheden bepaald. Door middel van algoritmes worden op een decentrale manier de benodigde ingrepen bepaald en aan displays aan de portalen boven de weg doorgegeven. De verkeerscentrale kan hierop zo nodig handmatig ingrijpen.

Evaluaties

Op een klein aantal trajecten zijn voor- en na studies verricht om de impacts van de verkeerssignalering te bepalen. Daarnaast is een groter aantal wegvakken met en zonder verkeerssignalering vergeleken op het punt van maximale verkeersintensiteit.

Impacts

Uit de diverse studies bleek dat

- a. De capaciteit van de wegvakken en de doorstroming ongeveer met 5 % toeneemt. (let op: zie hierna).
- b. Het aantal primaire ongevallen met 26% en het aantal secundaire ongevallen met ca 43% afneemt.
- c. Het aantal schokgolven met circa 50% afneemt.

De onder a. genoemde capaciteitswinst lijkt beperkt; echter dit betreft de reguliere condities zonder het optreden van ongevallen of andere incidenten. Gegeven het feit dat op zeer drukke wegvakken frequent incidenten/ongevallen optreden die een significant deel van de congestie veroorzaken (minstens 20%), zal de capaciteitswinst beduidend groter zijn.

Verder leidt een capaciteitswinst op zwaarbelaste wegvakken volgens Rijkswaterstaat tot een twee- tot viermaal zo hoge vermindering van het aantal voertuigverliesuren.

4.3 Snelheidsmaatregelen**Wat is het**

Behandeld worden maximumsnelheden op autosnelwegen die op specifieke trajecten worden ingesteld via borden langs de weg en deels middels elektronische borden boven de weg.

Tot nu toe zijn in ons land deze maximumsnelheden op een starre manier (dat wil zeggen, ze gelden altijd) aangebracht. Nieuw is de elektronische handhaving op sommige trajecten door middel van vooral camera's en nummerplaatherkenning. Het perspectief is de te verwachten invoering van zogenaamde dynamische maximumsnelheden die van kracht zijn in afhankelijkheid van de verkeerssituatie, de wegdekconditie of de weersomstandigheden. Dit op een wijze die in omliggende landen al geruime tijd gebruikelijk is. In deze toepassing zal de ITS component veel zwaarder zijn.

³ Rijkswaterstaat, "Verkeersmanagement 2020 – de verkeersmanagement-ambitie van Rijkswaterstaat voor hoofdwegen", Den Haag, Rijkswaterstaat, 2007, februari.

Recentelijk zijn in ons land proeven gedaan met het instellen van zogenaamde 'snelheidsdekens'. Via de verkeerssignalering worden maximumsnelheden aangegeven van 70 of 90 km/h met als doel het ontstaan van congestie uit te stellen of de oplossing ervan te bespoedigen. Het gaat hierbij om proeven van een beperkte duur op een 13 tal autosnelwegtrajecten. De concrete uitvoering varieert behoorlijk.

De studie van Wilmink et al (2006) geeft een goed overzicht van de toepassing van dynamische maximumsnelheden elders in met name Europa. Het blijkt dat deze maatregelen om uiteenlopende redenen worden genomen die verband houden met doorstroming, veiligheid, emissies van fijnstof en geluid. Verder blijkt dat de dynamische snelheidsmaatregelen vaak gepaard gaan met andere maatregelen zoals inhaalverboden voor vrachtverkeer en handhaving. Slechts in een enkel geval zijn de resultaten van een evaluatie bekend. In het verband van de onderhavige studie zijn vooral van belang de zogenaamde Streckenbeeinflussungsanlagen op een behoorlijk aantal Duitse autosnelwegen en de dynamische snelheidsmaatregelen op de een groot deel van de M25 (Orbital) in Londen. In beide gevallen is sprake van een grotendeels (semi-) automatische online instelling op basis van de gemeten verkeerssituatie en het weer.

Waar geïnstalleerd

In ons land zijn met name met het oog op de luchtkwaliteit zogenaamde 80 km/h zones ingesteld in of nabij de grote steden met elektronische handhaving. Denk aan secties van de A13, A20, A1, A2 en A4.

De hierboven aangehaalde proeven met zogenaamde snelheidsdekens zijn gedurende enkele weken of maanden in 2006 en 2007 gehouden op 13 trajecten van 6 tot 18 km lengte (A2, A12, A13, A20, A28, A50).

De genoemde dynamische snelheidsmaatregelen in Duitsland zijn genomen op de A2, A3, A4, A5, A8 en A9 en voorts in Londen op de grote ringweg M25.

Hoe werkt het

In ons land zijn tot op heden zijn de maximumsnelheden vast ingesteld. Bij elektronische handhaving worden de kentekens van alle passerende voertuigen op een aantal punten op het traject met camera's waargenomen. De trajectsnelheden worden berekend en bij overtreding van de maximumsnelheden wordt een bekeuring thuisgestuurd.

De aanwezige verkeerssignalering kan de maximumsnelheid naar beneden overrulen.

In de toekomst wordt de maximumsnelheid dynamisch ingesteld zoals hierboven beschreven.

De zogenaamde snelheidsdekens in ons land werden ofwel gebaseerd op kloktijden of op verkeerskarakteristieken zoals snelheid en intensiteit die gemeten worden door lusdetectoren die deel uitmaken van de verkeerssignalering

Evaluaties

Van de klassieke snelheidsmaatregelen in ons land zijn evaluaties uitgevoerd op een aantal trajecten zowel met als zonder elektronische handhaving. Het betreft hier voor- en nametingen.

De proeven met de zogenaamde snelheidsdekens omvatten ook metingen van de verkeerskarakteristieken die bepaald zijn met behulp van de Monica metingen. Deze zijn later intensief geanalyseerd. (Hoogendoorn & Daamen, 2008)

Impacts

Wat om te beginnen sterk opvalt, is dat het effect van de snelheidsmaatregelen in ons land zeer sterk varieert van situatie tot situatie. Bepalend zijn: de vormgeving van weg en de verkeersstromen ter plaatse. In het bijzonder bij de 80 km/h zones trad dit aan het licht. Dit verschijnsel werd ook geconstateerd binnen de toepassingen met elektronische handhaving.

- a. De snelheid nam af met 2% tot 16% ten opzichte van de situatie voor de meting. Omdat het gaat om korte trajecten is het reistijdverlies erg beperkt.
- b. De capaciteitsverandering loopt uiteen van -6% tot +4%.
- c. Ook de effecten op emissies verschillen behoorlijk ten opzichte van elkaar maar zijn in alle gevallen minimaal.

De uitvoerige analyse van de voor- en nametingen inzake de proeven met de zogenaamde 'snelheidsdekens' in ons land laten geen duidelijk beeld zien. De gemeten verschillen zijn veelal niet significant. Dit kan volgens de evaluatie te maken hebben met de sterk wisselende uitvoering van de proeven op de diverse trajecten en het soms gebrekkige regelscenario.

De (beperkte) evaluaties in het buitenland laten zien dat de resultaten gemengd doch steeds positief zijn. In het bijzonder de acceptatie van de snelheidslimieten is bij deze dynamische maatregelen erg groot omdat de weggebruikers de achtergrond beter inzien. De doorstroming stijgt licht en met name het aantal ongevallen daalt, soms met 20%.

4.4 Toeritdosering

Wat is het

Toeritdosering bestaat uit een verkeerslicht op een oprit van een autosnelweg dat de toevoer van verkeer naar de snelweg regelt (doseert); steeds wordt per groenfase 1, soms 2 voertuigen toegelaten. De intervallen tussen de groenfasen hangen af van de intensiteit op de hoofdrijbaan: hoe hoger deze intensiteit hoe groter deze intervallen. Dit druppelsysteem bewerkstelligt dat de stroom op de autosnelweg langer op gang blijft door het faciliteren van het invoegproces en door het verkeer te bufferen op de oprit.

Waar geïnstalleerd

Tot nu toe zijn ongeveer 50 van deze toeritdoseerinstallaties op het autosnelwegennet geplaatst. Vanzelfsprekend zijn deze vooral op de drukke trajecten neergezet.

Hoe werkt het

Door middel van lussen in de hoofdrijbaan bovenstrooms en benedenstrooms van de betreffende toerit wordt de hoeveelheid en de snelheid van het verkeer gemeten. Ook op de toerit zijn lussen aangebracht die het verkeer dat wil invoegen detecteert. Lokaal wordt afhankelijk van de waargenomen verkeerskarakteristieken de intervallen van het groenlicht bepaald.

Deze algoritmes dienen plaatsspecifiek nauwkeurig te worden gekalibreerd. Doorgaans is ook een roodlichtcamera op de toerit voor de handhaving geplaatst.

In situaties met op korte afstand van elkaar gelegen toeritten kunnen de toeritdoseerinstallaties gekoppeld worden.

Evaluaties

De effecten zijn bepaald aan de hand van metingen in circa 10 voor- en na- of uit- en aan-situaties. Wat opvalt, is dat met name de situatie op de snelweg wordt onderzocht en nauwelijks die op het aanpalende onderliggende wegennet. Hooguit de hoeveelheid verkeer dat van de toerit gebruik maakt wordt gemeten.

Impacts

Uit de evaluatiestudies blijkt dat de verkeerssituatie op het hoofdwegennet verbetert door deze installaties. Hierbij moet worden bedacht dat deze alleen nuttig zijn in de spits en met name de schouders van de spits.

- a. De capaciteit van de hoofdrijbaan neemt met ongeveer 5% toe.
- b. De snelheid op de hoofdrijbaan neemt met 15% toe.
- c. De verkeersstroom op de hoofdrijbaan is stabiel met minder schokgolven (-50%).
- d. Waar onderzocht neemt de hoeveelheid verkeer op de toerit af, met 5 à 50%.

De laatste constatering werpt de vraag op of de verbeteringen ad a tot en met c veroorzaakt worden door de druppelwerking van de toeritdosering of door de vermindering van de hoeveelheid verkeer. Verder is de vraag waar het verdwenen verkeer blijft: neemt dit andere toeritten of blijft dit op het onderliggende wegennet.

4.5 Inhaalverbod vrachtverkeer

Wat is het

Op bepaalde trajecten van het autosnelwegennet is middels borden een inhaalverbod voor vrachtauto's ingesteld. Dit zijn trajecten met een druk verkeer van personenauto's en of vrachtauto's. Het inhaalverbod is doorgaans slechts op bepaalde dagen en gedurende bepaalde perioden van die dagen (spitsen).

Waar geïnstalleerd

Een inhaalverbod voor vrachtverkeer is op ruim honderd plaatsen op het autosnelwegennet over een lengte van 1645 km (stand ultimo 2003) ingesteld.

Hoe werkt het

In de meeste situaties is het inhaalverbod op een starre (niet-dynamische) wijze middels borden langs de weg aangegeven. Van een handhaving anders dan door politietoezicht is geen sprake. Slechts sporadisch is een inhaalverbod middels displays boven de rijbaan ingesteld; echter ook dan is doorgaans sprake van een starre regeling.

De reden om deze (niet ICT gebonden) dienst toch in deze studie te beschouwen is dat waarschijnlijk op niet al te lange termijn ook in ons land dergelijke inhaalverboden op een dynamische en intelligente wijze zullen worden ingesteld. Dit op de wijze die al vele jaren in Duitsland een goede praktijk is

Evaluaties

Op een beperkt (9) aantal locaties is door meting en enquêtes nagegaan wat de effecten zijn. Helaas variëren de evaluaties vrij sterk wat betreft de onderzochte aspecten.

Impacts

Net als bij de snelheidsmaatregelen zijn ook hier de effecten behoorlijk locatiespecifiek. De veiligheid lijkt licht te verbeteren en de capaciteitsverandering loopt behoorlijk uiteen van -4% tot +4%. Ook de gereden snelheden veranderen uiteenlopend: van -14% tot +8%.

4.6 Dynamische Route Informatiepanelen**Wat is het**

Dynamische RouteInformatiePanelen (DRIP's) zijn displays boven of naast de weg met daarop informatie voor de weggebruiker. Zij worden geplaatst daar waar weggebruikers een keuze kunnen maken tussen verschillende routes op weg naar hun bestemming. De informatie op de DRIP bestaat uit actuele kenmerken van de route-alternatieven te weten de filelengte of de reistijd van elk alternatief.

Waar geïnstalleerd

De meeste DRIP's (circa 105) zijn geplaatst op keuzepunten langs autosnelwegen. Daarnaast zijn er enkele geïnstalleerd in steden zoals Rotterdam en Den Haag.

Hoe werkt het

De grote meerderheid van de DRIP's langs de snelwegen maken gebruik van de informatie die over de verkeersafwikkeling wordt verkregen op basis van de lussen die deel zijn van de verkeerssignalering. In enkele uitzonderingen wordt gebruik gemaakt van de lussen van het zgn. Monica systeem. De stedelijke DRIP's maken ook gebruik van de lussen van de VRI's.

Deze informatie wordt real-time in de verkeerscentrale benut door algoritmes (in softwarepakketten zoals VISUM, Metropolis) die de filelengte of de reistijden berekenen. Deze uitkomsten worden real-time op de panelen wedergegeven.

In bijzondere omstandigheden kunnen de verkeersleiders in de centrale handmatig boodschappen op de panelen projecteren.

Evaluaties

In een achttal situaties met meerdere DRIP's zijn de effecten bepaald door middel van metingen en enquêtes onder weggebruikers. De situaties betreffen in meerderheid samenhangende delen van autosnelwegen rond of nabij grote steden met meerdere keuzesituaties voor de automobilist en meerdere DRIP's.

Bestudeerd zijn filezwaarte en voertuigverliesuren en het gebruik dat bestuurders(zeggen) te maken van deze dienst.

Impacts

Het blijkt dat:

- a. 4% à 12 % van de automobilisten op snelwegen zeggen op grond van de aangeboden informatie van route te veranderen.
- b. In zwaar belaste situaties de congestie erdoor behoorlijk wordt verminderd; in termen van filezwaarte en voertuigverliesuren met 7 a 30%. Het hoogste cijfer heeft betrekking op de eerst geplaatste installaties.

4.7 Netwerkmanagement: ongecoördineerde inzet van verkeersmanagementmaatregelen

Netwerkmanagement:

Als gevolg van de toenemende congestie en de scherpere randvoorwaarden aan het verkeerssysteem voor doorstroming, veiligheid en luchtkwaliteit, zal het aantal verkeersmanagementmaatregelen almaar toenemen. Maar hoe dichter het netwerk van maatregelen wordt, hoe groter de kans dat maatregelen elkaar in hun werking beïnvloeden. De overgrote meerderheid van de in Nederland ingezette maatregelen, waaronder dynamische route-informatiepanelen, verkeersregel- en toeritdoseerinstallaties, functioneren volledig autonoom. Lokale verstoringen in de afwikkeling van het verkeer worden afgehandeld zonder een beroep te doen op andere verkeersmanagementinstrumenten of de hulp in te roepen van een hoger verkeersmanagementniveau. Dit autonoom functioneren is op zich een goede eigenschap: de maatregel kan daardoor snel op verstoringen reageren. Maar de keerzijde is dat de effectieve werking van het netwerk als geheel niet kan worden gegarandeerd.

Wat is het

Om de effectieve werking van het netwerk als geheel te kunnen garanderen is vereist dat de inzet van de maatregelen op elkaar wordt afgestemd. Vooral in stedelijke gebieden liggen de met verkeerslichten geregelde kruispunten vaak zo dicht bij elkaar, dat de verkeersvraag op een kruispunt beïnvloedt wordt door de verkeerslichtenregeling op één of zelfs meerdere naburige kruispunten.

Begin jaren tachtig van de vorige eeuw werd online netwerkmanagement van verkeersregelingen realiteit als gevolg van de ontwikkeling van SCOOT en SCATS. Waar in de beginjaren de verkeersregelingen slechts met een beperkte frequentie en voor een beperkt aantal regelparameters konden worden bijgesteld zijn deze netwerkregelingen in een aantal generaties steeds verder geëvolueerd. Inmiddels wordt al gesproken over de vierde generatie systemen.

Een netwerk houdt echter niet op aan de randen van de stad en wordt ook niet alleen door verkeerslichten geregeld. Er is dan ook een groeiende behoefte aan integraal netwerkmanagement. Vooralsnog vindt netwerkmanagement in Nederland plaats op basis van regelscenario's: vooraf gedefinieerde draaiboeken waarin precies is vastgelegd wanneer en hoe een bepaalde set van maatregelen wordt ingezet. Deze vorm van integraal netwerkmanagement kent sterke parallellen met de eerste generatie stedelijk netwerkmanagement en laat het nog niet toe om maatregelen fijnmazig op elkaar af te stemmen. In diverse onderzoeksprojecten wordt invulling gegeven aan de volgende generatie integraal netwerkmanagement.

Waar geïnstalleerd

Verkeersafhankelijke netwerksystemen die op dit moment beschikbaar zijn bij de vaste leveranciers van verkeersregelapparatuur in Nederland, zijn:

- Siemens: MIGRA/Motion;
- Vialis: Marathon/Optiflex, werkend onder Inca/PROMIT (bewakings- en beheersysteem);
- TPA: Toptrac;
- meerdere leveranciers: SCOOT;
- Peek Traffic: UTOPIA/SPOT.

In Nederland is UTOPIA-SPOT operationeel in:

- Eindhoven: 28 kruispunten verdeeld over 4 strengen;
- Nieuwegein: 4 kruispunten aansluitingen op A2;
- Veenendaal: 4 kruispunten aansluitingen op A12;
- Schiphol: 7 kruispunten;
- Den Bosch: 9 kruispunten; streng langs het centrum;
- Helmond: 5 kruispunten; streng invalsweg.

In Nederland is TOPTRAC thans operationeel in:

- Roermond, Oosttangent-Singelring.
- Stationsweg, Groningen
- Rotterdam

Hoe werkt het

Alle systemen gebruiken een variant op modelgebaseerd voorspellend regelen om zodoende de optimale instellingen voor de betreffende verkeersregelingen te bepalen. Modellen verschillen onderling o.b.v. hun architectuur, optimalisatiemethode, het aantal parameters dat geoptimaliseerd kan worden en hoe vaak deze kunnen worden aangepast. De gemaakte keuzen beïnvloeden de schaalbaarheid en de kwaliteit van de oplossing. Kort samengevat komt het er op neer dat geen enkele oplossing het in alle situaties even goed zal doen als gevolg van het tijdens het ontwerp gemaakte keuzen. Een systeem dat de aansturing van de verkeersregelingen vanuit een centrale aanstuurt kan in principe een optimale instelling van de regelingen gegarandeerd worden. Echter als gevolg van vertragingen in de communicatie en de rekentijd welke benodigd is om grote netwerken door te rekenen zijn deze nieuwe instellingen feitelijk al verouderd. Indien de nieuwe instellingen dichterbij het vuur, dus dichtbij de regeling, worden bepaald, zijn de instellingen actueler, maar omdat lokaal niet het hele netwerk overzien kan worden, minder nauwkeurig.

Evaluaties

Met de toenemende bestuurlijke en politieke interesse in netwerkmanagement wordt de vraag luider wat de effecten zijn en hoe groot deze effecten precies zijn. Voor de systemen welke voor stedelijk netwerkmanagement worden ingezet zijn veel vergelijkingsstudies beschikbaar. Dit is niet het geval voor systemen welke bedoeld zijn om integraal netwerkmanagement te kunnen verrichten omdat ontwikkelingen op dit gebied nog in de kinderschoenen staan. Vergelijkende studies voor dergelijke systemen worden veelal verricht in een synthetische omgeving.

Impacts

Met SCOOT, een systeem van de eerste generatie zijn vertragingstijden gereduceerd met zo'n 20% met uitschieters naar boven en naar beneden. Ook in Nederland zijn systemen voor stedelijk netwerkmanagement getest. In de loop van 1997 zijn in Eindhoven vijf kruispunten voorzien van de benodigde hard- en software ten behoeve van UTOPIA-SPOT. Uit de evaluatie bleek dat de rijtijden voor het gewone verkeer in vergelijking met de oude situatie behoorlijk afnamen (met 21%). De situatie voor het openbaar vervoer bleef min of meer gelijk. Voor TOPTRAC zijn voor de toepassing in Roermond winsten gerapporteerd in de ochtendspits van 24% en in de avondspits met 9%. Op lokaal niveau blijkt uit een evaluatie van het 'Groene Golf Team' dat betere afstelling van verkeerslichten tot gemiddeld 20-25% reductie in de verliestijden leidt.

Verwacht mag worden dat integraal netwerkmanagement, dat zowel het stedelijke als het hoofdwegennet bestrijkt, nog een verdere winst kan opleveren. Katwijk & Vonk (2007) laten bijvoorbeeld op een netwerk rond Delft zien dat een verdere winst van zo'n 20% aan reistijd mogelijk is.

5 Verkeers- en reisinformatie

5.1 Definitie en afbakening

Onder *verkeersinformatie* verstaan we informatie over de positie, de route, reistijden en de verkeerssituatie (files, wegwerkzaamheden, incidenten, et cetera). De informatie kan beschrijvend zijn of voorschrijvend (advies). Zij kan voorafgaand aan de reis of tijdens de reis worden aangeboden. Voorts kan de informatie voorspellend van aard zijn, dan wel de actuele, c.q. historische situatie beschrijven.

Reisinformatie omvat naast verkeersinformatie ook andere informatie aangaande de reis, bijvoorbeeld over de bestemming, het weer, parkeren, openbaar vervoer, en dergelijke.

Nauwkeurige, betrouwbare en tijdige verkeers- en reisinformatie kan de reissnelheid en het comfort van de weggebruiker enorm verhogen. Een gebruiker die op de hoogte gesteld wordt van de actuele verkeerssituatie kan alternatieve routes of vervoermiddelen kiezen om files, knelpunten en ongevallen te vermijden. Ook voor de wegbeheerder zijn er voordelen te halen, zoals een efficiënter gebruik van de beschikbare netwerkcapaciteit en verbeterde veiligheid (bijvoorbeeld door omleiding bij ongevallen).

Geselecteerde systemen

Op het gebied van verkeers- en reisinformatie onderscheiden we de volgende diensten:

Dienst	Informeert over
Dynamische navigatiesystemen	positie, route, reistijd, verkeerssituatie, eventueel weer
Dynamische parkeerverwijssystemen	parkeerroute en beschikbaarheid
Werk in uitvoering	reistijd, verkeerssituatie, wegsituatie
Evenementen	route, reistijd, verkeerssituatie
Multimodale informatie	combinatie verschillende vervoerswijzen, reistijden, vertrektijden, overstap, kosten, etc.
Weersinformatie	weersomstandigheden en voorspelling
Toeristische informatie	Bezienswaardigheden, accommodatie, openingstijden, etc.

Ook DRIPs kunnen gezien worden als dienst op het gebied van verkeersinformatie. DRIPs zijn al behandeld in hoofdstuk 4, en worden hier daarom buiten beschouwing gelaten.

Van de genoemde systemen selecteren we de vetgedrukte, omdat we verwachten dat die het meest innovatief en dynamisch zijn en het grootste effect zullen hebben op het verkeer, dan wel omdat er veel belangstelling voor is.

Over de effecten van informatie bij werk in uitvoering hebben we onvoldoende kunnen vinden. Om die reden hebben we deze dienst niet geselecteerd. Het is wel een interessante dienst, die potentieel veel effect kan hebben (ongeveer 6% van de voertuigverliesuren op het Nederlandse hoofdwegenet wordt veroorzaakt door wegwerkzaamheden) en waarbij vele middelen ingezet worden, zoals DRIPs, verkeerssignalering, advertenties, en informatie bij tankstations en via RDS-TMC. Het gaat uiteraard om tijdelijke situaties, en ook voor de informatievoorziening wordt vaak gebruik gemaakt van tijdelijk materieel, zoals berm-DRIPs.

Een ander specifiek en relevant aspect is dat permanente voorzieningen zoals meetlussen vaak niet werken tijdens wegwerkzaamheden.

Effecten en effectraming

Verkeersinformatie biedt weggebruikers de mogelijkheid zich beter op de hoogte te stellen van de actuele verkeerssituatie, en op grond daarvan andere keuzes te maken met betrekking tot hun reis. Het effect van verkeersinformatie op het verkeersbeeld wordt dus bereikt via een aanpassing van het gedrag van de weggebruiker voor wat betreft de keuze van route, tijdstip, bestemming, of modaliteit.

Het effect kan met verscheidene onderzoeksmiddelen bestudeerd worden. In ons literatuuronderzoek zijn we de volgende tegengekomen:

- opinieonderzoek
- (gedrags-)modellen
- verkeerssimulatie
- veldtesten

Elk van deze methoden heeft zijn eigen toepassingsgebied. Met opinieonderzoek kan de mening van (potentiële) gebruikers worden bepaald. Gedragsmodellen kunnen de keuzes en gedragsaanpassingen van gebruikers modelleren, die vervolgens in verkeerssimulaties kunnen worden ingebracht om verkeerseffecten te bestuderen. Hier kan ook relatief eenvoudig gevarieerd worden met aannames en omstandigheden. De daadwerkelijke effecten kunnen uiteindelijk alleen via veldtesten worden vastgesteld.

5.2 Dynamische navigatiesystemen

Wat is het

In-car navigatiesysteem dat routeadvies geeft op basis van actuele verkeersinformatie.

Wat is het doel

Een navigatiesysteem helpt gebruikers die onbekend zijn met het wegennet om de kortste of snelste route te rijden. Met een *dynamisch* navigatiesysteem kan de gebruiker bovendien de wegen met congestie vermijden, wat veelal leidt tot een lagere en betrouwbaardere reistijd.

Status van invoering

Er bestaan navigatiesystemen die gebruik maken van het TMC kanaal om files mee te wegen in hun routeadvies. Een specifiek nadeel van TMC is de beperkte capaciteit. Dit nadeel kan worden opgevangen met een meer geavanceerd systeem zoals GPRS, dat sinds enige tijd op de markt is. Andere nadelen zijn dat slechts een deel van het wegennet bemeten wordt, en dat er een vertraging zit tussen het ontstaan van een file en het doorgeven van die file via TMC, omdat er een menselijke handeling tussen zit. Oplossingen hiervoor kunnen komen via het NDW, dat (indien ingevoerd) actuele verkeersgegevens gaat leveren voor een groot aantal wegen, en via in-car registratie van de verkeerssituatie (floating car data).

Hoe werkt het

Een dynamisch navigatiesysteem is een in-car navigatiesysteem (GPS, digitale kaart) met ontvanger voor verkeersinformatie, bijvoorbeeld via radio. Een routeadvies wordt gegeven aan de hand van criteria zoals af te leggen afstand of tijdsduur. Voor het criterium tijdsduur zijn actuele verkeersgegevens (zoals snelheden, intensiteiten, ongevallen, evenementen, werk in uitvoering) nodig.

Op grond daarvan, en eventueel met gebruik van andere gegevens zoals historische reistijden en de weersverwachting, kan een voorspelling worden gemaakt van de reistijd die de gebruiker zal kunnen realiseren. De voorspelling wordt gegenereerd met reistijdvoorspellers, die gebaseerd kunnen zijn op verkeerskundige kennis en/of statistiek.

Evaluaties

De effecten op de verkeersstroom zijn onderzocht met behulp van microsimulatie en veldtesten. Reacties van gebruikers zijn gemeten met veldtesten en gebruikersonderzoeken.

Effecten

Een onderzoek in San Antonio (Texas), bestaande uit verkeerssimulatie en enquêtes, concludeert dat het gemiddelde jaarlijkse reistijdverlies met 8.1% vermindert door een dynamisch navigatiesysteem. Daarnaast neemt het aantal ongevallen af met 4.6% en het brandstofverbruik met 3%.

Japanse veldtesten en verkeerssimulatie met dynamische navigatie (VICS – Vehicle Information and Communication Systems) toonden een afname van de reistijd met 10%-20%.

IDAS, de planning tool van de FHWA, veronderstelt dat de reistijd van gebruikers van dynamische navigatie met gemiddeld 12.5% afneemt bij een penetratie van 10%, en dat die afname lager wordt bij hogere penetratie. Deze cijfers zijn gebaseerd op literatuuronderzoek door de FHWA.

Het effect van dynamische navigatie is voorts gemeten met microsimulatie op een stedelijk netwerk in de VS, in de ochtendspits. Met een dynamisch navigatiesysteem wordt de reistijd van gebruikers die niet bekend zijn met het netwerk 8%-26% korter, afhankelijk van de verkeersvraag.

Ook voor weggebruikers die wel bekend zijn met het netwerk heeft een dergelijk systeem voordelen in het geval van niet-reguliere congestie. Onderzocht zijn voorbeelden van niet-reguliere congestie als gevolg van een incident, en als gevolg van een onverwacht hoge verkeersvraag. In Nederland is zo'n 20% van de congestie op het hoofdwegennet niet-regulier, waarvan minimaal zo'n 13% ten gevolge van een incident. In het geval van een incident zijn de reistijdverliezen van gebruikers van het systeem 72%-88% lager dan die van niet-gebruikers, afhankelijk van de verkeersvraag. In het geval van een onverwacht hoge verkeersvraag zijn ze 27%-52% lager, afhankelijk van de verkeersvraag. De grootte van het gerapporteerde effect voor deze scenario's kan mogelijk verklaard worden uit het feit dat het hier gaat om een stedelijk netwerk, waar alternatieve routes relatief weinig extra reistijd kosten. In een dergelijke situatie is het voorstelbaar dat het grootste deel van het reistijdverlies dat veroorzaakt wordt door een incident voorkomen kan worden. Daarnaast was bij deze microsimulatie-studie sprake van verschillende vormen van geavanceerde, voorspellende verkeersinformatie waarin de snelheid, positie, herkomst en bestemming van uitgeruste voertuigen werd gebruikt. Deze cijfers gelden bovendien alleen voor congestie. In 2001 was volgens gegevens van Rijkswaterstaat 9%-23% van de congestie in Nederland (op het hoofdwegennet) niet-regulier of onverwacht; daarnaast werd nog eens 6.5% veroorzaakt door wegwerkzaamheden. In de VS is naar schatting 50% van de congestie niet-regulier.

Uit analyse van een ongevallendatabase van een Nederlandse leasemaatschappij blijkt dat een navigatiesysteem een positief effect heeft op verkeersveiligheid: bezitters van een navigatiesysteem claimen 12% minder schades en 5% lagere schadekosten dan niet-bezitters. Proefritten in het kader van hetzelfde onderzoek toonden een afname van de kilometrage met 16%, en afname van de reistijd met 18% onder invloed van een navigatiesysteem, bij gelijkblijvend brandstofverbruik per km.

In Berlijn is een veldtest gedaan met 700 voertuigen die actuele verkeersinformatie ontvangen van infraroodbakens op in totaal 750 km aan wegen. Van de gebruikers die niet bekend zijn met het wegennet volgt 94% de aanwijzingen van het systeem op, en 62% vond dat het systeem de reistijd reduceert. Van de gebruikers die wel bekend zijn met het wegennet zijn deze percentages 74%, respectievelijk 36%.

Uit een gebruikersonderzoek in Nederland (RIC - Realisatie In-Car) blijkt dat gepersonaliseerde in-car informatie in 14% van de verplaatsingen tot gedragsaanpassing leidt (ten opzichte van 6% voor niet-gepersonaliseerde informatie). Dit effect wordt voor een deel bereikt door een hogere relevantie van gepersonaliseerde informatie, en voor een deel door een hoger opvolgingspercentage.

5.3 Dynamische parkeerverwijssystemen

Wat is het

Een dynamisch parkeerverwijssysteem is een systeem in stedelijk gebied dat dynamisch de beschikbaarheid van en routes naar parkeervoorzieningen aangeeft. Officieel heet dit een parkeerrouteinformatiesysteem, of PRIS. PRIS is vaak onderdeel van verkeersmanagement op stadsniveau, waar bijvoorbeeld ook aansturing van verkeerslichten onder valt.

Wat is het doel

Het doel is om weggebruikers (doorgaans beperkt tot het snelverkeer) die de stad inrijden en op zoek zijn naar een parkeerplaats te informeren over de bezettingsgraad van parkeervoorzieningen, eventueel ook tarieven en reistijden, en ze naar die voorzieningen te leiden. Hiermee wordt bereikt dat weggebruikers zich eenvoudiger kunnen oriënteren, dat het "parkeerzoekverkeer" wordt verminderd, de binnenstad ontlast en het milieu gespaard.

Status van invoering

Het systeem bestaat in veel grote steden.

Hoe werkt het

Het systeem registreert de bezettingsgraad van parkeergarages. Informatieborden geven het aantal vrije plaatsen per garage weer, of een VOL/VRIJ mededeling, en de routes naar die garage. Bij meerdere parkeervoorzieningen wordt vaak een parkeerroute of –ring aangegeven. Tevens is het van belang de retourweg naar de stadsring of uitvalswegen aan te geven. Soms wordt een stad in verschillende zones verdeeld, en worden de parkeergarages gecodeerd aan de hand van die zones (bijvoorbeeld met kleuren). De communicatie tussen de verkeerscentrale, de parkeergarages, de dynamische borden en eventuele webpagina's geschiedt door middel van internet, GSM/GPRS en/of een eigen netwerk.

Evaluaties

Met verkeerssimulatie of een veldtest met (automatische) voertuigherkenning kan het effect van het systeem op het verkeer onderzocht worden. De acceptatie van het systeem en gebruikerswensen kunnen worden bepaald met een enquête onder weggebruikers.

Effecten

Het primaire effect is een verbetering van de bereikbaarheid, de veiligheid en vooral de leefbaarheid van de (binnen-)stad. Als gevolg van een PRIS zullen bestaande parkeergarages efficiënter gebruikt kunnen worden en zal er dus minder parkeer capaciteit nodig zijn. Naar schatting is 10-20% van het stadsverkeer op zoek naar een parkeerplaats, zo blijkt uit onderzoek van Rijkswaterstaat.

Uit een Nederlandse simulatiestudie met twee verschillende stedelijke scenario's blijkt dat bij hoge verkeersvraag de reistijdverliezen door zoekverkeer met 30-50% afnemen onder invloed van een PRIS.

Uit een enquête onder bezoekers van Rotterdam Alexandrium blijkt dat 14.5% van de weggebruikers die onbekend zijn met de lokale situatie zich door PRIS laat leiden. Een enquête in St. Paul (Minnesota, VS) concludeert dat 40% van de bezoekers van een evenement zich laat leiden door het parkeerverwijssystem. Van deze groep vindt 87% het systeem behulpzaam.

In München is in 2006 een parkeerverwijssystem ingevoerd, met 58 dynamische en 47 statische verwijsborden. Dit systeem is recent geëvalueerd. Uit de evaluatie bleek onder andere dat tot 35% van het verkeer zoekverkeer is, afhankelijk van het tijdstip van de dag.

Een overzichtsrapport van de Federal Highway Administration (VS) stelt dat het zoekverkeer in Europese binnensteden afneemt met percentages tot 25% onder invloed van parkeerverwijssystemen.

Een Engels overzichtsrapport claimt een reductie van de uitstoot met 1% van voor koolmonoxide en 2% voor PM₁₀ en NO_x door parkeerverwijssystemen.

5.4 Multimodale reisinformatie**Wat is het**

Verstrekking van actuele reisinformatie over verschillende modaliteiten aan de reiziger, voor of tijdens de reis.

Wat is het doel

De reiziger kan op grond van de verstrekte informatie een (optimale) keuze maken tussen verschillende modaliteiten. Op netwerkniveau wordt hierdoor een betere benutting bereikt van de bestaande infrastructuur, en daarmee een betere bereikbaarheid.

Status van invoering

De website <http://www.9292ov.nl> geeft reisinformatie voor OV, voor auto, en voor een combinatie van OV en auto met overstap op een P+R locatie.

Hoe werkt het

Zoals iedere reisplanner: de gebruiker geeft vertreklocatie, aankomstlocatie, vertrek- of aankomsttijd op. Het resultaat is een reisadvies voor OV, voor auto, en voor een combinatie van OV en auto met overstap op een P+R locatie.

Evaluaties

Middels enquêtes en interviews kunnen de behoeften en wensen van reizigers in beeld worden gebracht. In een stated preference studie zijn die wensen getest in een “reissimulator” waarin proefpersonen keuzes moeten maken over het al dan niet kopen en gebruiken van reisinformatie.

Effecten

Multimodale reisinformatie draagt beperkt bij aan een aanpassing van het reisgedrag. Een klein gedeelte van de reizigers past de route of het vertrektijdstip aan. Een nog kleiner gedeelte past de vervoerswijze hierop aan. Er wordt geen sterke afname van het gereden aantal autokilometers verwacht. Uit modelberekeningen blijkt dat de waarde van multimodale reisinformatie beperkt is, zelfs voor automobilisten die het OV als bruikbaar alternatief zien. De beperking zit vooral in drie factoren: de informatie wordt gezien als onbetrouwbaar, als niet-relevant (behalve reistijden en kosten zijn ook andere factoren zoals flexibiliteit en imago van belang), en de automobilist heeft een inherente voorkeur voor de auto. Deze zelfde factoren spelen ook een rol bij de modaliteitskeuze. Uit een enquête in het Verenigd Koninkrijk blijkt dat 69% van de reizigers behoefte heeft aan multimodale reisinformatie bij het plannen van een reis in onbekend terrein, vooral ter vergelijking van verschillende modaliteiten. Automobilisten noemen gebrek aan informatie niet als reden om het OV te mijden.

Het geven van *pre-trip informatie* over de verwachte reistijd bij verschillende vertrektijdstippen kan leiden tot een verandering van vertrektijdstip keuze. Wanneer in het geval van reguliere congestie de helft van de weggebruikers de flexibiliteit heeft om zo'n 30 minuten eerder te vertrekken, dan kan een afname van 30% van de voertuigverliesuren worden bereikt.

6 Rijtaakondersteunende systemen

6.1 Definitie en afbakening

Rijtaakondersteunende (Advanced Driver Assistance, ADA) systemen zijn systemen in het voertuig die de bestuurder ondersteunen bij de rijtaak, bijvoorbeeld door het geven van adviezen of waarschuwingen, door het versterken of juist corrigeren van handelingen van de bestuurder, of door rijtaken geheel of gedeeltelijk over te nemen, waarbij de bestuurder al dan niet de uiteindelijke controle heeft.

Aan deze rubriek voegen we ook eCall, het systeem voor automatische noodoproep, toe. Strikt genomen is dit geen ADA systeem, en in de KAREN architectuur (zie hoofdstuk 2) wordt het daar ook niet bij ingedeeld. Wij nemen het toch in de analyse op vanwege de actuele discussie over dit systeem, en de mogelijke invoering op korte termijn.

Geselecteerde ADA systemen

We kunnen ADA systemen onderverdelen naar rijtaak, en komen daarmee tot de volgende indeling.

Rijtaak	Systeem
Snelheid	Informatie over de actuele snelheidslimiet Bewaken van een veilige snelheid en afstand Elektronische trekhaak (voor vrachtwagens)
Sturen	Koers houden
Botsing	Waarschuwing voor een botsing Verzachting van de gevolgen van een botsing
Kruisingen Zicht	Voorkomen van ongevallen op kruispunten Nachtzicht Blinde hoek-monitor
Niet-recurrente gevaren	Lokale waarschuwing voor gevaarlijke situaties
Ongevalsafhandeling	(Automatische) noodoproep

Wij zullen ons in onze analyse beperken tot systemen die nu verkrijgbaar zijn of binnen vijf jaar op de markt komen. We beperken ons verder tot interactieve systemen die de bestuurder informeren of assisteren bij de rijtaak, met als enige uitzondering eCall, dat ook een automatische component heeft.

We beschouwen de volgende systemen (in de tabel zijn ze vetgedrukt):

- **Informatie over de actuele snelheidslimiet:** dit gaat om systemen die de bestuurder informeren over de actuele snelheidslimiet en waarschuwen bij overschrijding daarvan. Een bekend voorbeeld uit deze categorie is *SpeedAlert*. Er zijn ook systemen die ingrijpen in de rijtaak; die worden hier niet behandeld.
- **Bewaken van een veilige snelheid en afstand:** ook hier zijn er adviserende systemen en ingrijpende systemen. We analyseren een ingrijpend systeem, namelijk *ACC* en varianten daarop.
- **Koers houden:** dit is een systeem dat de bestuurder assisteert bij het in de rijstrook houden van zijn voertuig. Het staat ook bekend als *Lane Departure Warning* of *Lane Keeping Assistant*. **Lokale waarschuwing voor gevaarlijke situaties:** dit is een systeem dat waarschuwt voor locale en incidentele gevaren. Wij analyseren *WILLWARN*.

- (Automatische) noodoproep: dit is een systeem dat automatisch of na activering door de bestuurder een noodoproep naar een alarmcentrale plaatst. Het staat bekend als *eCall*.

Een systeem dat de gebruiker helpt om veel voorkomende fouten op kruisingen te voorkomen (zoals: geen voorrang verlenen aan verkeer van rechts, of aan tegemoetkomend verkeer bij afslaan, of door rood rijden) is een ontwikkeling die we niet onvermeld willen laten, omdat dit een systeem is dat potentieel veel ongevallen kan voorkomen. Per kruising vinden er gemiddeld 0.43 letselongevallen per jaar plaats, met gemiddeld 1.19 slachtoffers per letselongeval.

Dit systeem is bovendien interessant omdat het een combinatie is van een wegkant- en een in-car systeem. We behandelen dit systeem niet, omdat de introductie niet verwacht wordt voor 2015 en er nog weinig bekend is over de (verwachte) effecten.

Effecten en effectraming

Het merendeel van de geselecteerde ADA systemen heeft als doel de verkeersveiligheid te bevorderen. Hun effecten zijn dan ook daarop geconcentreerd. Sommige van de systemen hebben daarnaast effect op doorstroming en milieu. In dit hoofdstuk worden de effecten altijd gegeven voor de situatie waarin 100% van de (relevante) voertuigen het systeem heeft, ten opzichte van de situatie waarin geen van de voertuigen het systeem heeft, tenzij anders vermeld. In het algemeen wordt verondersteld dat het effect van niet-coöperatieve systemen evenredig is met het percentage uitgeruste voertuigen.

In veel gevallen is er een grote variatie mogelijk in de uitvoering van een ADA systeem, bijvoorbeeld in de mate waarin het systeem ingrijpt en de omstandigheden waaronder het werkt. De effecten van het systeem zijn sterk afhankelijk van de gekozen variant; toch worden deze varianten veelal met dezelfde naam aangeduid. Het is daarom noodzakelijk het onderzochte systeem nauwkeurig te beschrijven en de resultaten van afwijkende varianten met de nodige voorzichtigheid te gebruiken (of niet te gebruiken).

De effecten van ADA systemen kunnen op de volgende manieren worden bepaald:

1. Rijproeven met voor- en nameting.
2. Rijsimulatorstudies.
3. Simulatiestudies en modelberekeningen.
4. Enquêtes.
5. Expert judgement.

Simulaties en modelberekeningen worden veel gebruikt en zijn een kosteneffectieve manier om effecten op netwerkniveau te bepalen. Aangezien we naar interactieve systemen kijken zijn de effecten op het gedrag van de bestuurder van groot belang. Voor gedragseffecten op korte termijn zijn rijsimulatorstudies geschikt.

Gedragseffecten op de lange termijn zijn lastig te bepalen, en vaak neemt men de toevlucht tot enquêtes en expertmeningen. Omdat veel systemen inmiddels beschikbaar zijn worden in toenemende mate veldproeven gestart, maar resultaten hiervan zijn nog schaars.

De effecten op veiligheid worden doorgaans indirect bepaald, via effecten op snelheid en snelheidsvariatie.

6.2 Informatie over de actuele snelheidslimiet (speed alert)

Wat is het

Een systeem dat de gebruiker informeert over de snelheidslimiet en veilige snelheid, en waarschuwt voor snelheidsovertredingen.

Wat is het doel

Vermindering van het aantal ongevallen door te hard rijden.

Status van invoering

Het systeem bestaat sinds 2006, vooral in Zweden. Vanaf 2010 wordt het verwacht in heel Europa, voor statische en tijdgebonden snelheidslimieten. Op een later moment, tussen 2010 en 2020, wordt het uitgebreid met twee extra functies, namelijk

- dynamische snelheidslimieten;
- advies over veilige snelheden afhankelijk van verkeer en weer, en op bijzondere locaties zoals bochten, wegwerkzaamheden, scholen, bruggen en hellingen.

De gebruiker kan op verschillende manieren voor snelheidsovertredingen gewaarschuwd worden, bijvoorbeeld visueel, auditief, of tactiel.

Verwacht wordt dat 2%-3% van alle voertuigen in de EU-25 SpeedAlert heeft in 2010, en 25%-39% in 2020.

Hoe werkt het

Met GPS/GNSS en een digitale kaart wordt het voertuig gelokaliseerd en wordt de weg waarop men rijdt geïdentificeerd. De bijbehorende snelheidslimiet komt uit een database. De kaart en database worden verversd via CD-ROM/DVD-ROM. Naar verwachting zal dat in de toekomst (in elk geval vanaf 2020) via in-car communicatie gaan.

Evaluaties

Er zijn zeer veel studies gedaan met SpeedAlert en varianten daarop. Er zijn rijproeven gedaan in verschillende Europese landen (Frankrijk, Zweden). Daarnaast zijn er ook rij simulatorproeven en simulatiestudies gedaan.

Effecten

De geconstateerde effecten variëren per studie, vermoedelijk door variaties in de uitvoering van het systeem. Over het geheel genomen vinden we dat SpeedAlert tot een afname van het aantal verkeersdoden met 8-24% leidt, afhankelijk van de uitvoering. In een uitgebreide simulatiestudie vindt men een lichte toename van de totale reistijd met 1%-7%.

Voor een ingrijpende variant van SpeedAlert, die de snelheid begrenst of het aantal overschrijdingen van een ingestelde limiet beperkt, is in enkele veldstudies met bestelauto's een brandstofbesparing van 5-6% geconstateerd.

6.3 Bewaken van een veilige snelheid en afstand

Wat is het

Een systeem, ACC genaamd (ACC = Adaptive Cruise Control), dat een door de gebruiker ingestelde snelheid vasthoudt (zoals een standaard cruise control), tenzij een ander voertuig er te dicht voor rijdt.

In dat geval wordt de snelheid verlaagd om een door de gebruiker ingestelde afstand aan te houden. Op dit systeem zijn een aantal uitbreidingen mogelijk:

- C-ACC: dit is een coöperatieve versie die gebruik maakt van voertuig-voertuig communicatie om de reactietijd van het systeem te verlagen en het systeem verder vooruit te laten kijken. Dat zorgt voor een betere veiligheid, bijvoorbeeld doordat schokgolven beter kunnen worden voorkomen.
- FSR-ACC: dit is een full speed range ACC. De standaard ACC schakelt uit bij lage snelheden (doorgaans onder de 30 km/h); FSR-ACC werkt ook voor zulke lage snelheden.
- Een coöperatieve fileassistent, bestaande uit een actief gaspedaal dat tegendruk geeft als de gebruiker met te hoge snelheid een file nadert, en een Stop&Go systeem dat de snelheid controleert in Stop&Go situaties.

Wat is het doel

Cruise control systemen verhogen het comfort en de veiligheid van het autorijden. Het voordeel van een ACC boven een standaard cruise control is dat een ACC ook werkt in druk verkeer. De drie genoemde uitbreidingen vergroten het bereik waarbinnen ACC werkt nog verder.

Status van invoering

ACC is al enige jaren op de markt, vooral voor duurdere auto's. De uitbreidingen FSR-ACC en varianten op de fileassistent zijn ook verkrijgbaar; C-ACC is nog in een experimenteel stadium.

Hoe werkt het

Detectie van voorligger met radar of lidar, eventueel in combinatie met een camera. Het systeem moet gekoppeld worden aan het gaspedaal en de rem; C-ACC heeft korte-afstandscommunicatie nodig.

Evaluaties

Er zijn studies gedaan met rijproeven, rijsimulators en verkeerssimulatie.

Effecten

We onderscheiden effecten op doorstroming, veiligheid en milieu. Alle effecten gelden als alle voertuigen met het systeem zijn uitgerust.

Doorstroming

- In literatuuronderzoek vond men enkele procenten toename in capaciteit, mits de volgafstand niet te hoog wordt ingesteld (niet hoger dan 1.2 sec). In een praktijkproef bleek dat de volgafstanden met ACC iets hoger zijn dan zonder; dat kan komen doordat de minimale volgtijd van de ACC hoger is dan de normale volgtijd voor sommige gebruikers.
- Een simulatiestudie concludeerde dat er met ACC 30% minder tijdverlies is in een typische file. Met een communicatieve variant loopt dit op tot 35% minder tijdverlies.
- In een typische file (gesimuleerd is de avondspits op de A12 Utrecht – Den Haag bij Woerden waar het aantal rijstroken van vier naar drie gaat) daalt het aantal voertuigverliesuren met 60% als de helft van de voertuigen een fileassistent heeft. Dat komt doordat de file met fileassistent korter wordt en doordat de snelheid in de file hoger blijft. Het effect wordt vooral veroorzaakt door de Stop&Go component.

- De Stop&Go functie van de fileassistent zorgt voor 7% hogere uitstroom uit een file als 50% van de voertuigen een fileassistent heeft, zo blijkt uit verkeerssimulatie.
- *Coöperatieve Adaptive Cruise Control* is een uitbreiding van ACC met voertuig-voertuig communicatie. Hiermee kunnen voertuigen op korte afstanden pelotons vormen. In gemengd verkeer leidt dit tot 5% extra reductie aan voertuigverliesuren ten opzichte van gewone ACC. Op speciale rijstroken kan de capaciteit van de weg tot zo'n 50% toenemen.

Veiligheid

- De rijassistent is een veldtest waarin men een afname van het aantal ongevallen met 8% door het gebruik van ACC constateerde. Hierdoor neemt de congestie ook af, vooral in druk verkeer. In Nederland wordt ongeveer 15% van de congestie veroorzaakt door ongevallen.
- Een simulatiestudie concludeerde dat er met ACC of C-ACC 25% minder snelheidsvariatie is in een typische file.
- Uit verkeerssimulaties blijkt dat de snelheidsvariatie met ongeveer een derde afneemt als 50% van de voertuigen een fileassistent met stop&go heeft.

Milieu

- De afname van brandstofgebruik en emissies door ACC hangt af van de ingestelde volgtijd. In onrustig verkeer met lange volgtijd is het effect het grootst. Schattingen lopen uiteen van 3% tot 8% energiebesparing, overeenkomend met minstens 5% reductie aan uitstoot van CO₂ en 10% afname in emissies. Deze effecten zijn bepaald in een veldtest en een verkeerssimulatie.

6.4 Koers houden

Wat is het

Een systeem dat de gebruiker waarschuwt bij het onbedoeld overschrijden van de belijning. Afhankelijk van de uitvoering staat dit systeem ook bekend als *Lane Departure Warning* of *Lane Keeping Assistance*.

Wat is het doel

Voorkomen van het onbedoeld verlaten van de rijstrook. De achterliggende gedachte is dat dit zijdelingse botsingen tussen voertuigen op parallelle rijstroken kan voorkomen.

Status van invoering

Het systeem is op de markt.

Hoe werkt het

De detectie van de belijning geschiedt met camera's, eventueel aangevuld met digitale kaarten en locatiebepaling of met een actieve sensor (radar, lidar, laser) voor het detecteren van de locatie van voorliggers. Eventueel zijn er ook camera's aan de zijkant van het voertuig ter detectie van andere voertuigen. Bij overschrijding van de belijning zonder dat het corresponderende knipperlicht aan is wordt de bestuurder auditief of tactiel (stuurwiel) gewaarschuwd.

Evaluaties

Analyse van ongevalstatistieken gecombineerd met gedragsonderzoek, en veldproeven.

Effecten

Schattingen van het effect op ongevallen lopen uiteen en hangen af van de uitvoering van het systeem. Systemen die ook camera's aan de zijkant van het voertuig hebben zijn het meest effectief. Geschat wordt dat 24% van de enkelzijdige ongevallen en 25-37% van de zijdelingse botsingen voorkomen kunnen worden. Deze ongevalstypen samen vormen ongeveer 35% van het totale aantal ongevallen.

Als het systeem alleen op vrachtwagens geïnstalleerd wordt dan leidt dat tot een maximale afname van 9% van het aantal ongevallen waar vrachtwagens bij betrokken zijn op wegen met een snelheidslimiet van 80 – 120 km/u. Als gevolg hiervan zal het aantal files veroorzaakt door ongevallen met 11% afnemen. Deze incidentele files zijn langer dan gemiddeld. Vrachtwagenchauffeurs hebben het systeem 60-75% van de tijd aanstaan, vooral als de rijstroken breed zijn.

Waarschijnlijk leidt het systeem tot iets minder congestie, door afname van het aantal riskante rijstrookwisselingen. Als dit systeem algemeen wordt ingevoerd, op zijn minst voor vrachtwagens, dan kan de strookbreedte op de snelweg verminderd worden.

6.5 Lokale waarschuwing voor gevaarlijke situaties**Wat is het**

Een systeem dat de gebruiker vroegtijdig waarschuwt voor lokale gevaren, te weten: obstakels, gladheid, slecht zicht, en wegwerkzaamheden.

Wat is het doel

Het verleggen van de waarnemingshorizon van de gebruiker zodat de gebruiker zijn snelheid kan aanpassen of een andere route kan kiezen.

Status van invoering

Een systeem van dit type dat momenteel in ontwikkeling is, is WILLWARN. De introductie wordt verwacht in 2012.

Hoe werkt het

Voertuigen detecteren gevaren via voertuigsensoren, en stellen elkaar via mobiele communicatie op de hoogte van gedetecteerde gevaren.

Evaluaties

WILLWARN is onderzocht met verkeerssimulatie en rijsimulatoren.

Effecten

Het systeem is potentieel effectief in 5% van alle ongevallen. Uit een simulatorstudie blijkt dat gebruikers in overgrote meerderheid de adviezen van het systeem opvolgen, wat betekent dat ongeveer 5% van alle ongevallen voorkomen zou kunnen worden.

6.6 Automatische noodoproep (eCall)**Wat is het**

Een systeem dat contact legt met de alarmcentrale om voertuig- en locatiegegevens door te seinen en een gesproken verbinding tussen voertuig en centrale tot stand te brengen. Het systeem treedt automatisch in werking bij een ongeval, of als de gebruiker op een "noodknop" drukt.

Wat is het doel

Informatie over locatie en aard van een ongeval snel en betrouwbaar door te geven aan de alarmcentrale, waardoor de response tijd van hulpdiensten verkort wordt en de reactie van hulpdiensten beter kan worden afgestemd op de aard van het ongeval.

Status van invoering

De EU werkt samen met de industrie en overheden aan de invoering van eCall op nieuwe voertuigen vanaf 2010. Al 16 lidstaten, waaronder Nederland hebben hun steun via een Memorandum of Understanding officieel toegezegd.

Hoe werkt het

Het systeem maakt gebruik van GSM voor de communicatie tussen het voertuig en de alarmcentrale. De locatie van het voertuig wordt doorgegeven en wordt bepaald via GPS. Het systeem wordt geactiveerd door de gebruiker via een "noodknop", of automatisch als het voertuig verongelukt. Ongevallen worden gedetecteerd door de gegevens te combineren van voertuigsensoren die bijvoorbeeld de volgende problemen constateren: een ontplooiing van de airbag, een sterke deceleratie of het over-de-kop slaan van het voertuig, of een snelle temperatuurstijging.

Evaluaties

De werking van het systeem is onderzocht door ongevalstatistieken te analyseren, en te bepalen wat het effect van eCall geweest zou zijn op de ernst van het letsel opgelopen bij die ongevallen.

Effecten

In deze analyses vindt men dat de aanrijdtijden voor hulpdiensten 40-50% korter worden, wat resulteert in 4-5% minder verkeersdoden.

7 Discussie en conclusies

In de inleiding van dit rapport is gemeld dat er een grote behoefte is aan beter inzicht in de effecten van intelligente transportsystemen. Dit inzicht is nodig, bijvoorbeeld voor de rolbepaling van de overheid. De effecten zijn in beeld gebracht voor verkeersmanagement, verkeers- en reisinformatie, rijtaakondersteunende systemen en betaalsystemen. De resultaten ondersteunen de verwachting door ITS de komende 10 tot 15 jaar grote voordelen te halen zijn: 50% minder files, 25% minder verkeersdoden, 10% minder uitstoot van CO₂ en ruim 15% minder luchtvervuiling.

Bij de interpretatie van de effecten dienen de volgende aspecten in acht te worden genomen:

- In dit rapport wordt een beperkt aantal systemen behandeld. Dit betekent niet dat systemen die in dit rapport niet behandeld zijn geen positief effect kunnen hebben.
- Zowel ingevoerde als nieuwe ITS systemen zijn voortdurend in ontwikkeling, bijvoorbeeld met betrekking tot de technische mogelijkheden en de mate van dwingendheid. De effecten zijn afhankelijk van het stadium van ontwikkeling.
- De effecten van ITS zijn doorgaans zeer locatiespecifiek. Er is nog veel onduidelijk over de condities waarin de effecten uiteindelijk kunnen worden gerealiseerd. Daarom moeten de gerapporteerde effecten vooral als een richting en orde-grootte te worden opgevat. Duidelijk is wel dat de onderliggende infrastructuur sterk medebepalend is voor de mogelijke effecten. Een recente studie heeft uitgewezen het gebruik van buffers en de beschikbaarheid van goede alternatieve routes tot zo'n 12% respectievelijk 30% reductie van voertuigvervalsuren leiden in het geval van incidenten.
- Er is weinig materiaal aangetroffen over de milieu-effecten van ITS. Positieve effecten op de doorstroming wijzen echter ook op een verbetering van de effecten op het milieu. Een uitgebreide empirische studie in Nederland wees uit dat de gemiddelde personenauto in de file 20% meer CO₂ uitstoot, zo'n 25% meer fijnstof, terwijl de uitstoot van NO_x vrijwel gelijk blijft. Bij vrachtwagens neemt de uitstoot van CO₂, fijnstof en NO_x toe met ruim 30%, 100% en 100%.
- In dit rapport is gekeken naar afzonderlijke ITS systemen. Wanneer pakketten van ITS systemen worden toegepast, kan het ene systeem het effect van het andere systeem versterken of juist verminderen. Wanneer meerdere ITS systemen geïntegreerd worden ingezet door middel van communicatie tussen voertuigen en het voertuig en de weg spreken we van coöperatieve systemen. Omdat hiermee veel beter en sneller kan worden ingespeeld op verstoringen in het verkeer kan de effectiviteit van ITS enorm worden vergroot.

De kosten voor ITS systemen zijn in dit rapport niet in beeld gebracht. Ten aanzien de kosten van 'traditionele' weginfrastructuur mag worden verwacht dat de kosten van ITS gering zijn. Daartegenover staat dat de kostendragers verschillend zijn omdat de ITS investeringen worden gedaan in de weginfrastructuur, in de vervoermiddelen en in de infrastructuur van ITS dienstverleners.

Op het gebied van verkeersmanagement dient de stap gemaakt te worden naar integrale netwerkmanagementsystemen. De invoering van systemen voor verkeers- en reisinformatie dient bevorderd te worden, met name richting de eindgebruiker en gebruik makend van voorspellende informatie. De invoering van rijtaakondersteunende systemen, dient met kracht te worden bevorderd.

Communicatie tussen voertuigen onderling en de wegkant opent de deur naar coöperatieve voertuig-weg systemen, waarbinnen verschillende ITS systemen in onderlinge samenhang nog effectiever worden.

Door middel van veldtesten kan de overheid concrete stappen nemen om grootschalige implementatie en versnelde introductie van ITS systemen te bevorderen. Daarbij moet structureel aandacht worden gegeven aan het monitoren van de effecten en het uitvoeren van een (model-) studie naar de kosten en effecten van coöperatieve ITS maatregelen.

De communicatie tussen voertuigen onderling en de wegkant moet mogelijk worden gemaakt door standaarden vast te stellen, frequenties te reserveren en de communicatieinfrastructuur langs de wegen aan te leggen. Ondersteuning van de implementatie door de overheid is nodig, omdat de voordelen voor een deel bij de samenleving als geheel terecht komen en niet bij individuele burgers of bedrijven. Stimulering kan plaatsvinden door fiscale voordelen, tijdelijke subsidies en voorschriften.

Bronnen

Verkeersmanagement

Beek, F.J. op de, “Kwaliteitstoets dynamische maximum snelheden”, Delft, TNO Mobiliteit en Logistiek, 18 april 2007, TNO Memorandum (niet gepubliceerd).

Hegy, A. (2008), Model Predictive Control for Integrating Traffic Control Measures. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, January 2008.

Hoogendoorn, S. P. & Daamen, W.,” Dynamische snelheidsmaatregelen: evaluatie en workshop”, Delft, TU Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Transport & Planning, 13 januari 2008.

Katwijk, R.T. & T. Vonk, Netwerkmanagement N470 – Verkenning Agentregeling, TNO rapport 2007-D-R1360/A, in opdracht van Provincie Zuid-Holland.

Katwijk, R.T. van (2008), Multi-Agent Look-Ahead Traffic Adaptive Control. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, January 2008.

Kotsialos, A. and M. Papageorgiou, Motorway network traffic control systems, European Journal of Operational Research 152 (2004) 321–333

Martens, E. (2008), Tussentijdse evaluatie groene golf team, RWS-DVS, 18 juni 2008, (niet gepubliceerd).

Peek Traffic (1998), Evaluatiestudie UTOPIA-SPOT “Noord-Brabantlaan”. De resultaten van het voor- en het naonderzoek, rapport in opdracht van de gemeente Eindhoven.

RWS-AVV, ‘Effecten verkeersmanagement – cijfers van meer dan 100 (praktijk)evaluaties uit Nederland’, Rotterdam, RWS-AVV,2006, 10 november, versie 1.7

RWS-AVV, ‘Kosteneffectiviteit benuttingmaatregelen’, Rotterdam, RWS-AVV, 2003, maart, 36 p.

RWS-AVV, ‘Effecten verkeersmanagement – cijfers van meer dan 100 (praktijk)evaluaties uit Nederland’, Rotterdam, RWS-AVV,2006, 10 november, versie 1.7

Rijkswaterstaat, “Verkeersmanagement 2020 – de verkeersmanagement-ambitie van Rijkswaterstaat voor hoofdwegen’, Den Haag, Rijkswaterstaat, 2007, februari.

SCOOT, Website: <http://www.scoot-utc.com/GeneralResults.php?menu=Results>

Smit, R. M. Poelman & J. Schrijver (2008), Improved road traffic emission inventories by adding mean speed distributions, Atmospheric Environment, 42 (2008), 916-926.

Taale, H. S. Hoogendoorn.& M. van den Berg (2006), Anticiperende netwerkregelingen, NM Magazine 1^{ste} jaargang, no.4. 2006,

Wilmink, I., Noort, M. van & Arem, B. van, "Verkenning dynamische snelheidslimieten in Nederland", Delft, TNO, Mobiliteit en Logistiek, 26 september 2006, TNO rapport 2006-D-R0750.

Wilmink, I., R. Gense & J. Veurman (2001), Emission levels for different traffic conditions on motorways, 9th ITS World Congress, Sidney, 2001

Zuurbier, F., H.J. Van Zuylen, and S.P. Hoogendoorn (2006), A generic approach to generating optimal controlled prescriptive route guidance in realistic traffic networks, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC, 2006.

Verkeersinformatie

Caspar G. Chorus, *Traveler Response to Information*, PhD Thesis Technical University of Delft, the Netherlands, 2007.

Florida's Turnpike Enterprise, *ITS Orange Book – Predictive Travel Time*, issue 1, 2005, and *Smart Highways*, issue 2, 2005.

Halbritter, Fleischer, Kupsch, *Nationale Innovationsstrategien für neue Techniken und Dienste zur Erreichung einer „nachhaltigen Entwicklung“ im Verkehr*, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse. Forschungszentrum Karlsruhe FZKA 7157, 2005.

Kattelers, Broeders, *Weggebruikers en on-line verkeersinformatie in de auto - Gebruikersonderzoek RIC, UNEVA-2*, Eindrapportage, 2002.

Glenn Lyons, *Transport Direct Market Research Programme: Findings and Implications from Phase 1*, Transport Direct, Department for Transport, March 2003 – Final Version.

ITS (2007), A collection of effectiveness case studies, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan.

Lee, J. & B. Park (2008), *Evaluation of Vehicle Infrastructure Integration (VII) based Route Guidance Strategies under Incident Conditions*, Proceedings 87th TRB 2008 Annual Meeting.

Rijkswaterstaat – Adviesdienst Verkeer en Vervoer, *Verkeersgegevens jaarrapport 2001*, 2002.

Rijkswaterstaat – Adviesdienst Verkeer en Vervoer, *Effectiviteit van maatregelen op het gebied van Mobiliteitsmanagement - Feiten en cijfers*, 2005.
http://www.kpvv.nl/files_content/kennisbank/Effectiviteit%20van%20MM-maatregelen.pdf

Rijkswaterstaat – Adviesdienst Verkeer en Vervoer, *Maatregelencatalogus benutten*, 1^e druk 2005. <http://www.maatregelencatalogus.nl>

Schrijver, J., B. Immers, M. Snelder & R. de Jong (2006), Effecten van de landelijke invoering van incidentmanagementmaatregelen op de voertuigverliestijd in het netwerk, TNO rapport 06.34.15/N079/034.65116/JS/LK

Schuurman, Taale, Coëmet, Knibbe, *Effecten verkeersmanagement – cijfers van meer dan 100 (praktijk)evaluaties in Nederland*, V&W, AVV, April 2006.

Sparmann, J.M., *Benefits of dynamic route guidance systems as part of a future oriented city traffic management system*, Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 20-23 Oct. 1991, p. 839- 847.

Tamminga, de Jong, Zee, *Helpt een parkeerverwijssysteem? Zoekend parkeerverkeer gesimuleerd!* Grontmij. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2005, Antwerpen.

Westerman, M., I. Hoeve & M. van der Vlist (1996), VERtrektijdstipaanpassing-VERA, TNO rapport INRO VVG 1996-14.

Westerman, M. & M. Bliemer (1996), Modelmatige Analyse “Houdt Hem op Acht-Verkenning effecten van vertrektijdstipaanpassing op de verkeersafwikkeling in het stadsgewest Haaglanden, TNO rapport INRO-VVG 1996-23.

Wunderlich, K., *A simulation-based assessment of route guidance benefits under variable network congestion conditions*, Mathematical and Computer Modelling **27** (9-11), May-June 1998, p. 87-101.

Rijtaakondersteunende systemen

Van Arem and Zwaneveld, *Traffic effects of automated vehicle guidance systems*, TNO INRO/VVG 1997-17, December 1997.

Ammerlaan, Driever and van Campen, *Optiedocument duurzaam veilig voertuig*, final report with factsheets (in annex), AVV, November 2003.

Broekx, Vlassenroot, De Mol, Int Panis, *The European PROSPER-project: Final results of the trial on Intelligent Speed Adaptation (ISA) in Belgium*, proceedings of the 13th ITS World Congress and Exhibition, 8-12 October 2006, London, UK, 2006.

Van Driel, C. *Driver support in congestion – an assessment of user needs and impacts on driver and traffic flow*, PhD Thesis University of Twente, The Netherlands, 2007. Trail Thesis Series 2007/10.

Van Hattem, J. and Kengen, B. *Toepassingen eCall – verkeer en transport*, Rijkswaterstaat – AVV, 14 juni 2005.

Van Honk, Roomans, Vanderschuren, van Arem, Zegwaard, *Energievriendelijke Variabele Snelheidsbeheersing*, TNO rapport 97.OR.VD.049.1/JVH, 7 November 1997.

Janssen, S.T.M.C., *Veiligheid op kruisingen van verkeersaders binnen de bebouwde kom – vergelijking van ongevalrisico's*, SWOV R-2003-36, 2004.

Korse, *Op koers!?* Samenvatting van de resultaten van de proef met het Lane Departure Warning Assistant systeem, AVV, September 2003.

Liu, Hegeman, Woodham, Int Panis, Broekx, Jäppinen, Sandbreck, Wilmink, Versteegt, *Prosper – Network effects of intelligent speed adaptation – final report*, 2005.

Malone K., van Noort M, van Rooijen, Savenije, *Traffic effects of WILLWARN*, PReVENT Subproject Internal Report, January 2007.

Minderhoud, *Supported driving: impacts on motorway traffic flow*, PhD Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 1999.

Schermers, *Advanced Driver Assistance (ADA) systemen*, AVV, 31 Augustus 2000.

Schermers and Malone, *Dutch evaluation of Chauffeur Assistant (DECA)*, AVV, June 2004.

SWOV Kennisbank, <http://www.swov.nl>

Wilmink I., Klunder G., Mak J., *The impact of Integrated full-Range Speed Assistance on traffic flow – Technical report of the SUMMITS-IRSA project*, TNO Report 2007-D-R0286/B, 2007.