



Leidraad evaluaties benutting

Versie 2011

Datum 30 mei 2011
Status DEFINITIEF

Leidraad evaluaties benutting

Versie 2011

Datum	30 mei 2011
Status	DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart
Informatie	Henk Taale
Telefoon	088 – 798 24 98
E-mail	henk.taale@rws.nl
Uitgevoerd door	Isabel Wilmink, Kerry Malone, Eline Jonkers, Rino Brouwer, Ronald de Lange, Menno Keuken, Arno Eisses, Nils Rosmuller, Joost Mak



Opmaak	Henk Taale
Datum	30 mei 2011
Status	DEFINITIEF
Versienummer	1.3

Inhoudsopgave

1	Inleiding	9
1.1	Algemeen	9
1.2	Achtergrond	9
1.3	Doelgroep	10
1.4	Toepassing, status, afbakening en wijze van gebruik	10
1.5	Beleidsvaluaties	11
1.6	Leeswijzer leidraad	12
1.7	Referenties	12
2	Introductie aanpak evaluaties	13
2.1	Evaluaties als natuurlijk onderdeel van de beleidscyclus	13
2.2	Soorten evaluaties	14
2.3	Introductie van het V-model en FESTA	17
2.4	Stappen in een evaluatie	18
2.4.1	DIA – Diepgaande effectenanalyse	19
2.4.2	QSIA – Quick Scan	19
2.4.3	MSEA – Ex-ante modelstudie	20
2.4.4	MSEP – Ex-post modelstudie	20
2.4.5	TA/M – Trendanalyse / Monitoring	20
2.4.6	LS – Literatuurstudie	21
2.4.7	EJ – Expert Judgement	21
2.5	Referenties	21
3	Toelichting op de stappen in een evaluatie	22
3.1	Introductie	22
3.2	Organisatie (stap 0)	22
3.3	Vorbereiding: van maatregel naar onderzoeksopzet (stappen 1 – 6)	23
3.3.1	Stap 1: selectie en beschrijving van maatregel	23
3.3.2	Stap 2: Definitie van use cases, situaties en scenario's	24
3.3.3	Stap 3a: identificatie van de onderzoeksvragen	25
3.3.4	Stap 3b: opstellen van hypothesen	26
3.3.5	Stap 4: indicatoren en situationele variabelen	27
3.3.6	Stap 5: onderzoeksopzet	29
3.3.7	Stap 6: juridische en ethische kwesties	33
3.4	Dataverzameling: van metingen naar een database (stappen 7 – 9)	35
3.4.1	Stap 7: maten en sensoren	35
3.4.2	Stap 8: data-acquisitie	36
3.4.3	Stap 9: database en analyse tools	37
3.5	Analyseren effecten: van data-analyse naar sociaal-economische impact assessment (stappen 10 – 13)	38
3.5.1	Stap 10: data-analyse	38
3.5.2	Stap 11: analyse onderzoeksvragen en hypothesen	40
3.5.3	Stap 12: maatregelanalyse	41
3.5.4	Stap 13: sociaal-economische impact assessment	42
3.6	Rapportage	42
3.7	Referenties	43
4	Aspect: Bereikbaarheid / Doorstroming	44
4.1	Definitie en doel	44
4.2	Indicatoren	44

4.3	Uitvoering.....	45
4.3.1	Diepgaande effectanalyse	45
4.3.2	Quick Scan	46
4.3.3	Modelstudies.....	46
4.3.4	Trendanalyse / Monitoring	46
4.3.5	Literatuurstudie.....	47
4.3.6	Expert judgment	47
4.4	Opmerkingen	47
4.5	Referenties	47
5	Aspect: Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement.....	49
5.1	Definitie en doel	49
5.2	Indicatoren	49
5.3	Uitvoering.....	49
5.3.1	Diepgaande effectanalyse	49
5.3.2	Quick scan	52
5.3.3	Modelstudies.....	52
5.3.4	Trendanalyse / Monitoring	52
5.3.5	Literatuurstudie.....	52
5.3.6	Expert judgment	52
5.4	Opmerkingen	53
5.5	Referenties	53
6	Aspect: Gedrag	54
6.1	Definitie en doel	54
6.2	Indicatoren	56
6.3	Uitvoering.....	56
6.3.1	Diepgaande effectanalyse	56
6.3.2	Quick scan	58
6.3.3	Modelstudies.....	58
6.3.4	Trendanalyse / Monitoring	59
6.3.5	Literatuurstudie.....	59
6.3.6	Expert judgment	59
6.4	Opmerkingen	59
6.5	Referenties	60
7	Aspect: Veiligheid.....	61
7.1	Definitie en doel	61
7.2	Indicatoren	61
7.3	Uitvoering.....	62
7.3.1	Diepgaande effectanalyse	62
7.3.2	Quick scan	62
7.3.3	Modelstudies.....	63
7.3.4	Trendanalyse / Monitoring	63
7.3.5	Literatuurstudie.....	63
7.3.6	Expert judgment	63
7.4	Opmerkingen	64
7.5	Referenties	64
8	Aspect: Wegverkeersemisies	66
8.1	Definitie en doel	66
8.2	Indicatoren	67
8.3	Uitvoering.....	67
8.3.1	Diepgaande effectanalyse	67
8.3.2	Quick scan	70

8.3.3 Modelstudies	70
8.3.4 Trendanalyse / Monitoring	70
8.3.5 Literatuurstudie.....	70
8.3.6 Expert judgment	71
8.4 Opmerkingen	71
8.5 Referenties	71
9 Aspect: Luchtkwaliteit	73
9.1 Definitie en doel	73
9.2 Indicatoren	74
9.3 Uitvoering.....	74
9.3.1 Diepgaande effectanalyse	74
9.3.2 Quick scan	75
9.3.3 Modelstudies.....	75
9.3.4 Trendanalyse / Monitoring	75
9.3.5 Literatuurstudie.....	76
9.3.6 Expert judgment	76
9.4 Opmerkingen	76
9.5 Referenties	76
10 Aspect: Geluid.....	77
10.1 Definitie en doel	77
10.2 Indicatoren	78
10.3 Uitvoering.....	79
10.3.1 Diepgaande effectanalyse.....	79
10.3.2 Quick scan.....	80
10.3.3 Modelstudies.....	80
10.3.4 Trendanalyse / Monitoring	81
10.3.5 Literatuurstudie.....	81
10.3.6 Expert judgment	81
10.4 Opmerkingen	81
10.5 Referenties	81
11 Aspect: Externe veiligheid	83
11.1 Definitie en doel	83
11.2 Indicatoren	84
11.3 Uitvoering.....	85
11.3.1 Diepgaande effectanalyse.....	85
11.3.2 Quick scan.....	86
11.3.3 Modelstudies.....	86
11.3.4 Trendanalyse / Monitoring	87
11.3.5 Literatuurstudie.....	87
11.3.6 Expert judgment	87
11.4 Opmerkingen	87
11.5 Referenties	87
12 Aspect: Baten-kostenverhouding	89
12.1 Definitie en doel	89
12.2 Indicatoren	90
12.3 Uitvoering.....	90
12.3.1 Diepgaande effectanalyse.....	90
12.3.2 Quick scan.....	92
12.3.3 Modelstudies.....	92
12.3.4 Trendanalyse / Monitoring	92
12.3.5 Literatuurstudie.....	92

12.3.6	Expert judgment	93
12.4	Opmerkingen	93
12.5	Referenties	93
13	Overige geraadpleegde bronnen	95
Bijlage A	Gebruik leidraad door opdrachtgevers en opdrachtnemers	96
Bijlage B	Checklist	98
Bijlage C	Bedoelde en onbedoelde effecten	99

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Voor u ligt de geactualiseerde Leidraad Evaluaties Benutting. Het is een hulpmiddel voor evaluaties van maatregelen die voorbereid worden ('ex-ante evaluaties') of reeds ingevoerd zijn ('ex-post evaluaties'). Evaluaties die volgens deze leidraad uitgevoerd worden, leveren belangrijke input voor beleidsevaluaties. Beleids-evaluaties hebben twee functies: verantwoording afleggen ten aanzien van te maken en gemaakte beleidskeuzes en het leren van ervaringen om te komen tot een grote doelmatigheid en doeltreffendheid. Voor beleidsevaluaties wordt verwezen naar [1].

De evaluaties betreffen zeer diverse maatregelen, die echter gemeen hebben dat ze op diverse manieren het rijgedrag en de verkeersafwikkeling kunnen beïnvloeden, en daarmee ook aspecten als doorstroming, verkeersveiligheid en leefbaarheid. Met 'maatregelen' worden alle mogelijke benuttingsmaatregelen bedoeld, zoals verkeersregelininstallaties (VRI's) en toeritdoseerinstallaties (TDI's), maar ook in-car systemen, coöperatieve systemen en 'nomadic' systemen gebaseerd op Informatie en Communicatie Technologie (ICT). De evaluatie van dit type maatregelen dient recht te doen aan al deze aspecten.

De in deze leidraad voorgestelde evaluatieaanpak is gebaseerd op bestaande, gangbare methoden. Dit betreft bijvoorbeeld de Plan-Do-check-Act cyclus, ook wel de Cirkel van Deming genoemd [2] en het V-model zoals gebruikt in de FESTA-methodiek [3]. Deze leidraad integreert deze methoden en spitst ze toe op gebruik in de evaluatie van benuttingsmaatregelen. Ook werd de "Leidraad Model- en Evaluatiestudies Benuttingsmaatregelen" [4] gebruikt als input.

Deze geactualiseerde leidraad is bedoeld om het evaluatieteam te ondersteunen bij het kiezen en uitvoeren van een aanpak (er zijn meerdere aanpakken mogelijk). De leidraad is geen blauwdruk voor de evaluatie; voor de uitvoering van de evaluatie is specialistische kennis nodig en elke proef heeft zijn eigen dynamiek en problemen die vragen om een individuele behandeling.

1.2 Achtergrond

Een aantal grote programma's en projecten (o.a. Praktijkproef Verkeersmanagement Amsterdam, ZSM, No regret, Mobiliteitsaanpak) is momenteel bezig of in voorbereiding. Het is van belang dat ook bij dergelijke grote en complexe projecten en proeven inzichtelijk wordt gemaakt wat de effecten van benutting zijn op de doorstroming, veiligheid, leefbaarheid en het gedrag van weggebruikers, en hoe de kosten en baten zich verhouden. Bij het evalueren van benuttingsmaatregelen wordt inzicht in de (kosten)effectiviteit steeds belangrijker, vanuit het beleid en de praktijk. Als de brede effecten van maatregelen goed bepaald worden, kunnen investeringen in benutting beter verantwoord worden en kunnen in de operationele praktijk maatregelen effectiever worden ingezet.

Evaluerende partijen kunnen sinds een aantal jaren gebruik maken van de kennis die is gebundeld in de "Leidraad Model- en Evaluatiestudies Benuttingmaatregelen" [4]. Deze leidraad is echter op een aantal punten verouderd. Daarom is de leidraad aangepast aan de laatste ontwikkelingen op het gebied van evaluatiemethoden en de wens op meer aspecten te evalueren.

1.3 Doelgroep

De doelgroep voor deze leidraad wordt gevormd door partijen die zich als opdrachtgever of opdrachtnemer bezig houden met evaluaties:

- medewerkers van de regionale en andere diensten van Rijkswaterstaat, die direct of indirect met de uitvoering van studies naar de effecten van benutting belast zijn;
- medewerkers van de Dienst Verkeer en Scheepvaart;
- medewerkers bij ministeries;
- provincies en gemeenten;
- onderzoeks- en adviesbureaus.

Zie bijlage 1 voor verder opmerkingen over hoe opdrachtgevers en opdrachtnemers deze leidraad kunnen gebruiken, alsmede enkele opmerkingen over de interactie die plaatsvindt tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers.

1.4 Toepassing, status, afbakening en wijze van gebruik

De aanpakken die deze leidraad biedt kunnen gebruikt worden bij het vooraf en achteraf kwantitatief bepalen van de effecten van benuttingsmaatregelen.

De status van het voorliggende rapport is:

- een beschrijving waaraan suggesties ontleend kunnen worden;
- een referentieaanpak, waarmee naar uniformiteit in de evaluaties gestreefd wordt.

Deze leidraad is dus geen richtlijn voor het uitvoeren van dergelijke onderzoeken, maar geeft wel richting aan de uitvoering van deze studies. Het wordt sterk aanbevolen de beschreven methode te gebruiken, om daarmee de vergelijkbaarheid van effectstudies te vergroten.

De voorliggende, geactualiseerde leidraad geeft beschrijving van de te nemen stappen in een evaluatie. Verder geeft de leidraad handreikingen voor een (integrale) evaluatie van een aantal relevante aspecten:

Enkele opmerkingen bij het gebruik van de leidraad:

- Naast aandacht voor bereikbaarheidseffecten is er, meer dan in de vorige versie van de leidraad, aandacht voor aspecten die samenhangen met andere beleidsdoelstellingen dan bereikbaarheid (zoals veiligheid en milieu). Ook is informatie toegevoegd over kosten-batenanalyses. Daarmee wordt de relatie met beleidsevaluaties duidelijker.
- Er wordt vooral ingestoken op het niveau van benuttingsmaatregelen en hun directe verkeerskundige effecten. Andersoortige maatregelen (bijvoorbeeld mobiliteitsmanagement) en meer afgeleide of 2^e orde effecten (bijvoorbeeld een

verandering van de hoeveelheid verkeer als gevolg van latente vraag) worden niet behandeld.

- Op de volgende aspecten wordt dieper ingegaan:
 - bereikbaarheid / doorstroming;
 - rijgedrag;
 - verkeersveiligheid;
 - wegverkeersemissies;
 - luchtkwaliteit;
 - geluid;
 - externe veiligheid, en
 - de baten-kostenratio.
- Daarnaast wordt aandacht geschonken aan de evaluatie van netwerkbreed gecoördineerde maatregelen.
- Enkele aspecten die *niet* in deze leidraad behandeld worden zijn de evaluatie van technische, organisatorische en juridische aspecten.
- Deze leidraad is vooral bedoeld voor de evaluaties van concrete maatregelen. Evaluaties van programma's komen niet aan de orde. Dit wordt behandeld in [5]. De relatie met beleidsevaluaties wordt beschreven in de paragraaf 1.5.
- Hoofdstuk 4 in de leidraad uit 2002, dat de opzet van modelstudies behandelt, is niet geactualiseerd. Dit hoofdstuk is nog steeds goed bruikbaar en voor informatie over modelstudies wordt dus verwezen naar de vorige versie van de leidraad [4].

1.5 Beleidsevaluaties

Beleidsevaluaties omvatten meer dan verkeerskundige evaluaties en ook meer dan evaluaties zoals ze volgens deze leidraad worden uitgevoerd. Beleidsevaluaties gaan veelal over de keuze tussen pakketten van maatregelen (bijvoorbeeld het 'No Regret' pakket) of maatregelprogramma's (het programma 'Beter Benut'). Ook kunnen bredere afwegingen een rol spelen, bijvoorbeeld die tussen bouwen en benutten of die tussen investeringen in het OV en investeringen in verkeersmanagement.

Het type evaluaties zoals beschreven in deze leidraad levert dus input voor beleidsevaluaties. Dit betekent dan ook dat, willen ze daarvoor bruikbaar zijn, deze evaluaties moeten voldoen aan de eisen die vanuit beleidsevaluaties gesteld kunnen worden. Recent hebben het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Rijkswaterstaat een project afgerond waaruit een set richtlijnen naar voren is gekomen waaraan evaluaties moeten voldoen om te komen tot vergelijkbaarheid in de uitkomsten en beantwoording van vragen over beleidseffecten. Deze kwaliteitseisen hebben te maken met de uitvoering en organisatie van evaluaties.

Voor wat betreft de uitvoering kan gedacht worden aan zaken als de probleemstelling van het onderzoek, de onderzoeksopzet, de dataverzameling, de analyse van de data en de rapportage. Voor wat betreft organisatie gaat het daarbij om o.a. onafhankelijkheid, objectiviteit en transparantie. Voor details wordt verwezen naar [1].

1.6 Leeswijzer leidraad

Na deze introductie volgt in hoofdstuk 2 een introductie van de voorgestelde manier van evalueren. Hoofdstuk 3 licht de verschillende stappen in evaluaties toe. Deze stappen betreffen evaluaties in het algemeen, onafhankelijk van de aspecten die geëvalueerd worden (bijvoorbeeld doorstroming, veiligheid, leefbaarheid). In de hoofdstukken 4-12 worden de diverse aspecten die onderdeel kunnen vormen van de evaluatie nader beschreven: waarom wordt naar dit aspect gekeken, welk beleid of welke wetgeving is er op dat gebied, welke indicatoren kunnen gebruikt worden om de effecten te beschrijven, hoe kun je die meten of berekenen, en waar is verdere informatie (bijvoorbeeld over te gebruiken meet- en rekenvoorschriften) te vinden. Hoofdstuk 13 geeft referenties naar overige bronnen die bij het opstellen van deze leidraad geraadpleegd zijn. Bijlage 1 bevat opmerkingen over het gebruik van deze bijlage door opdrachtgevers en opdrachtnemers. In bijlage 2 is een checklist te vinden die gehanteerd kan worden voor de diverse voorgestelde aanpakken. Bijlage 3 beschrijft en geeft voorbeelden van bedoelde en onbedoelde effecten van maatregelen.

1.7 Referenties

- [1] MuConsult (2010), Evaluatiemethodiek benutten – Richtlijnen ex-post beleidsevaluaties, in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2010.
- [2] referentie cirkel van Deming, beschikbaar @ http://nl.wikipedia.org/wiki/Kwaliteitscirkel_van_Deming
- [3] FESTA Consortium (2008), FESTA Handbook, Deliverable D6.4 of the FESTA project, Grant agreement no. 214853, 19 augustus 2008, beschikbaar @ <http://www.its.leeds.ac.uk/Festa/>
- [4] Adviesdienst Verkeer en Vervoer (2002), Leidraad model- en evaluatiestudies benuttingsmaatregelen, Rotterdam, september 2002.
- [5] MuConsult (2011), Beleidsafweging systematiek Benutten (BAS), in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, januari 2011.

2 Introductie aanpak evaluaties

De in deze leidraad voorgestelde aanpak voor evaluaties van benutting is gebaseerd op de Plan-Do-check-Act cyclus [1] en het V-model [2]. De combinatie hiervan levert een gestructureerde, complete aanpak op voor de evaluatie van maatregelen. Dit hoofdstuk bespreekt:

- de plaats van evaluaties in het proces om benuttingsmaatregelen toe te passen (aan de hand van de Plan-Do-Check-Act cyclus);
- de verschillende soorten evaluaties die mogelijk zijn (en op basis waarvan de keuze voor een bepaalde soort evaluatie gemaakt kan worden);
- de structurering volgens het V-model.

2.1 Evaluaties als natuurlijk onderdeel van de beleidscyclus

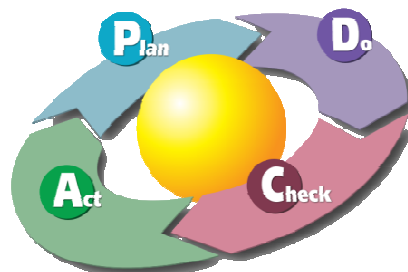
Zoals veel andere processen kan ook benutting beschreven worden in termen van de Plan – Do – Check – Act (PDCA) cyclus. De PDCA cyclus wordt ook wel de cirkel van Deming genoemd. Het is een creatief hulpmiddel voor kwaliteitsmanagement en het oplossen van problemen. De cirkel beschrijft vier activiteiten die op alle verbeteringen in organisaties van toepassing zijn. De vier activiteiten zorgen voor een betere kwaliteit en het cyclische karakter garandeert dat de kwaliteitsverbetering continu onder de aandacht is.

De vier activiteiten zijn:

- Plan: kijk naar de huidige werkzaamheden en stel een plan voor de verbetering van deze werkzaamheden op (SMART gedefinieerd¹). Stel voor deze verbetering doelstellingen vast en maak duidelijk wat de resultaten van het proces moeten zijn.
- Do: voer de geplande verbetering uit en meet de resultaten.
- Check: meet het resultaat van de verbetering, vergelijk deze met de oorspronkelijke situatie en toets deze aan de vastgestelde doelstellingen.
- Act: evalueer deze analyse en neem een besluit. Voer de verbetering door (zet acties uit) of besluit de verbetering niet door te voeren.

De cyclus herhaalt zich continu, zie Figuur 1 (Bron: [1]).

Figuur 1: PDCA Cyclus



¹ SMART staat voor 'specifiek, meetbaar, acceptabel, realistisch en tijdgebonden'.

Op diverse punten in de PDCA cyclus van benutting worden in praktijk evaluaties uitgevoerd:

- in de plan-fase: bijvoorbeeld een (ex-ante) evaluatie van (verschillende varianten van) een maatregel, voordat die op de weg ingevoerd wordt;
- in de do-fase: direct na invoeren wordt bekeken of de maatregel goed functioneert of dat kleine bijstellingen nodig zijn. Let wel, dit is géén analyse van de effecten van de maatregel.
- in de check-fase: als de definitieve versie van de maatregel ingevoerd is kunnen de effecten bekeken worden. Doet de maatregel wat ervan verwacht wordt? Zijn de effecten zodanig dat de gestelde doelen bereikt worden (of de onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden)?
- In de act-fase: de resultaten kunnen gebruikt worden om het beleid (strategisch) of het regelscenario (operationeel) aan te passen.

Vooraf die laatste fase is belangrijk bij het streven naar continue verbetering van het benuttingsproces. Om die fase uit te kunnen voeren is een analyse van de effecten nodig; zonder die kan niet bepaald kan worden of een maatregel effectief en efficiënt is, of dat aanpassing nodig is.

De PDCA cyclus kan op verschillende niveaus gebruikt worden, met verschillende doeleinden:

- op strategisch niveau (bij beleidsvorming, -evaluatie en -aanpassing, en de afweging tussen benutten, beprijzen en bouwen);
- op tactisch niveau (waarbij de invulling van benutten centraal staat; bijvoorbeeld in de verschillende stappen van gebiedsgericht benutten);
- op operationeel niveau (bij het opstellen, in de praktijk toepassen en aanpassen van een regelscenario).

2.2 Soorten evaluaties

Evaluaties kunnen zeer divers van aard zijn. Er worden evaluaties uitgevoerd voor en na invoering van een maatregel of systeem (ex-ante en ex-post evaluaties), voor verschillende doelen (inzicht krijgen in de werking tot beantwoorden beleidsvragen), evaluaties kunnen wel of niet een kosten-batenanalyse omvatten, etc. De beschikbare tijd voor de evaluatie kan variëren van één dag tot verscheidene jaren. Verschillende soorten evaluaties betekenen verschillende aanpakken, bijvoorbeeld qua detailniveau, te kiezen rekenmethoden, en te verzamelen data. In Tabel 1 wordt een indeling in soorten evaluaties gegeven die dient als uitgangspunt bij de te kiezen aanpak. De tabel start met de meest uitgebreide soort evaluatie, omdat deze het meest gestructureerd en compleet is. De andere soorten evaluatie volgen deze structuur ook, maar met beperkt uitvoeren (in sommige gevallen overslaan) van een deel van de stappen.

Tabel 1: Soorten evaluaties

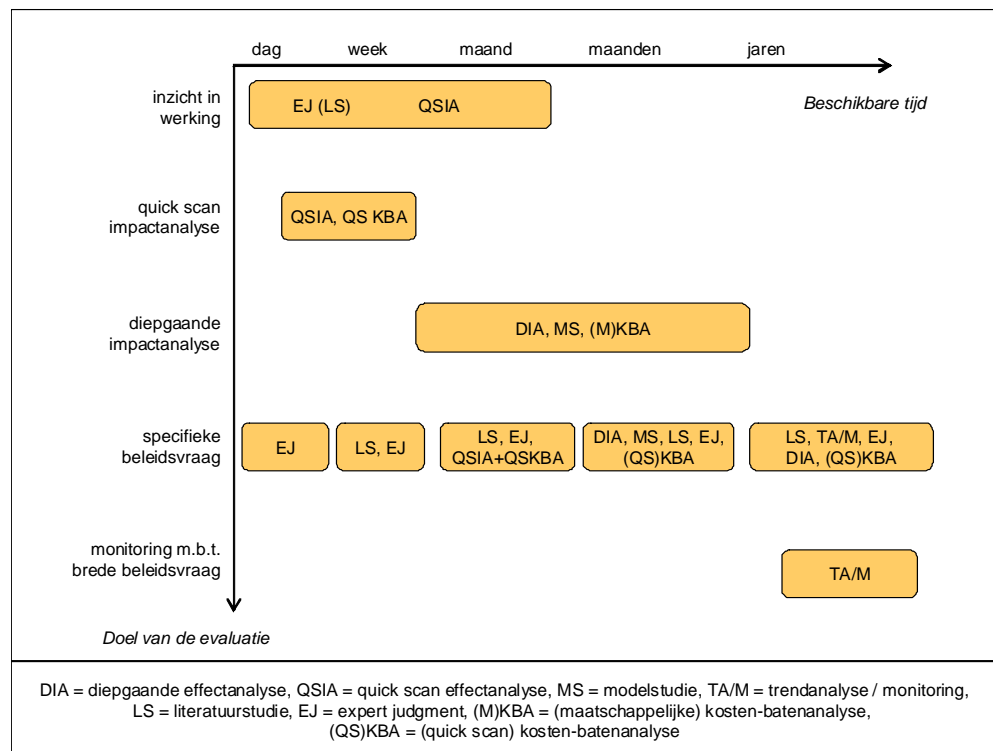
Afk.	Soort evaluatie	Onderverdeling	Omschrijving
DIA	Impactanalyse op basis van gemeten data	Diepgaande effectenanalyse	Analyse van effecten op doorstroming, veiligheid, milieu, gedrag, etc. Kan zowel verkennend (inzicht krijgen in effecten van – innovatieve- maatregelen) als toetsend (aan doelstellingen) zijn. Maakt gebruik van diverse databronnen. Betreft zowel objectieve data (bijvoorbeeld verkeersgegevens) als subjectieve data (bijvoorbeeld uit interviews of enquêtes).
QSIA		Quick Scan	Snelle analyse van effecten (op een beperkt aantal aspecten), op basis van eenvoudig te verkrijgen (meestal algemeen beschikbare) gegevens, bijvoorbeeld m.b.v. MoniGraph.
MSEA	Modelstudie	Ex-ante	Analyse van verwachte effecten van een maatregel m.b.v. een model. Een deel van de invoer van het model moet worden ingeschat (bijvoorbeeld veranderingen in rijgedrag), met behulp van expert judgment, literatuurstudie of eerder gemeten effecten.
MSEP		Ex-post	Analyse van effecten van maatregel, zoveel mogelijk met gemeten data als gemeten na invoering van een maatregel (of pakket van maatregelen). Ingezet als impactanalyse op basis van alleen meetdata lastig of onmogelijk is. Ook in sommige gevallen gebruikt voor opschaling.
TA/M	Trendanalyse / monitoring		Beperkte dataverzameling en analyse, periodiek uitgevoerd. Bijvoorbeeld meting van aantal voertuigverliesuren per maand, over een langere periode. Bedoeld om trends en tijdreeksen mee in beeld te brengen.
LS	Literatuurstudie		In beeld brengen van eerder of elders gevonden effecten van een maatregel. Ingezet bij eerste verkenning van effecten (als geen metingen of modelresultaten beschikbaar zijn). Direct bruikbaar mits condities in de literatuur en

Afk.	Soort evaluatie	Onderverdeling	Omschrijving
			de beschouwde scenario's matchen.
EJ	Expert judgment		Op basis van bestaande kennis snel een inschatting geven van de effecten van een maatregel. Eventueel ondersteund door (soms zeer beperkte) literatuurstudie en/of metingen (bijvoorbeeld observatie verkeer in verkeerscentrale). Uit te voeren door één of meerdere experts (bijvoorbeeld in workshopvorm).

Indien gewenst, kan ook een kosten-batenanalyse (KBA) uitgevoerd worden. Om een KBA uit te kunnen voeren is zowel een impactanalyse nodig als inzicht in de kosten van de maatregel.

Bij iedere evaluatie dient eerst vastgesteld te worden wat het doel van de evaluatie is en dus welke soort evaluatie geschikt is. Echter, in de praktijk bepaalt ook de beschikbare tijd welke aanpak logisch en haalbaar is. Figuur 2 geeft een indicatie van welke aanpakken passend zijn bij bepaalde doelen en een bepaalde hoeveelheid beschikbare tijd.

Figuur 2: Aanpakken voor evaluaties, naar doel van de evaluatie en beschikbare tijd



2.3 Introductie van het V-model en FESTA

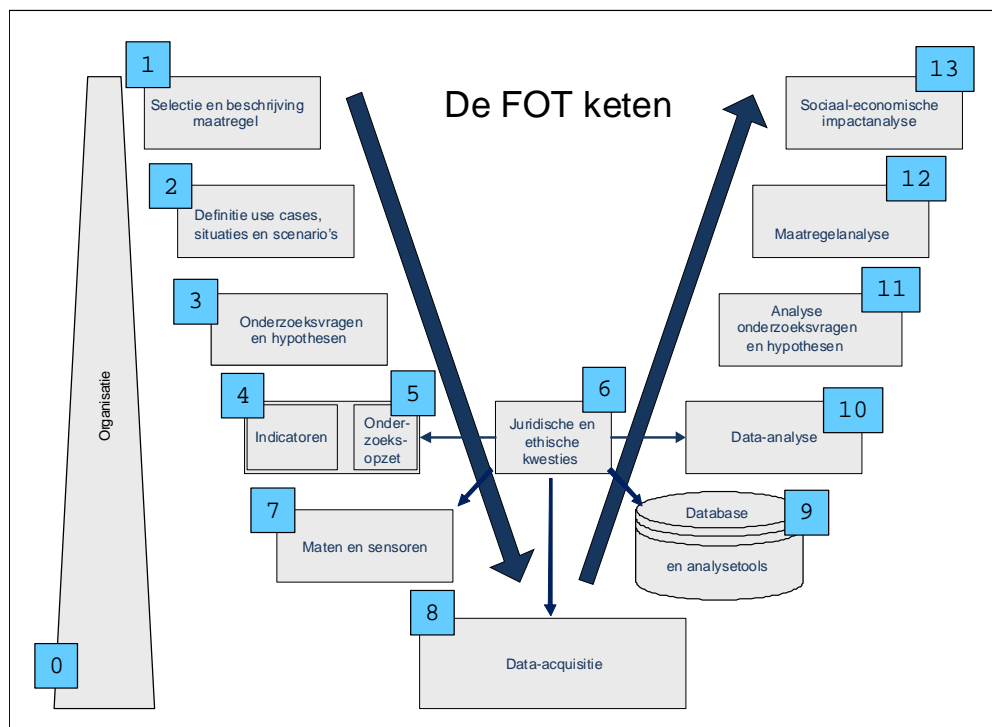
Bij iedere evaluatie worden in principe dezelfde stappen doorlopen. Het is afhankelijk van het soort evaluatie dat uitgevoerd wordt hoeveel inspanning daarmee gemoeid is. Bijvoorbeeld: worden er in de literatuur beschreven kengetallen gebruikt, of een gedetailleerd, lokaal gemeten effect?

Deze leidraad neemt het V-model zoals beschreven in [2] als uitgangspunt voor de beschrijving van de stappen die in een evaluatie doorlopen dienen te worden. Het V-model komt oorspronkelijk uit de softwareontwikkeling. De twee poten van de V zijn aan elkaar gerelateerd; een goede opzet aan de hand van de stappen in de linkerpoot maakt het mogelijk de stappen van de rechterpoot goed uit te voeren.

Het V-model vormde het uitgangspunt voor de in het FESTA-project uitgewerkte aanpak voor de evaluatie van een Field Operational Test (FOT). Het FESTA consortium² heeft in 2008 een handboek geschreven met richtlijnen voor het uitvoeren van een Field Operational Test (FOT) [2]. Dit handboek beschrijft op een systematische manier het totale proces van plannen, voorbereiden, uitvoeren, analyseren en rapporteren van een FOT. Ook geeft het handboek informatie over administratieve, logistieke, juridische en ethische aspecten.

In FESTA is een FOT beschreven in een aantal stappen. Deze stappen zijn op een overzichtelijke manier weergegeven in de FESTA-V, zie Figuur 3.

Figuur 3: FOT onderdelen in de FESTA-V
(bron figuur: [2])



De eerste stappen, waaronder het formuleren van een doel en het opzetten van een (onderzoeks)team, en de laatste stappen – analyse van het geteste systeem en

² zie <http://www.its.leeds.ac.uk/Festa/>

socio-economische evaluatie – hebben te maken met meer algemene aspecten van een FOT en het aggregeren van resultaten. Hoe 'dieper' in de FESTA-V, hoe meer de focus ligt op onderdelen met een hoog detailniveau, zoals welke indicatoren te kiezen en hoe de database op te zetten.

De PDCA Cyclus is een continu proces. Het cyclische aspect is minder zichtbaar in de FESTA-V, die uit een aantal stappen is opgebouwd. Het is uiteraard wel mogelijk meerdere iteraties van een aantal stappen te doen, bijvoorbeeld als er nieuwe inzichten zijn.

2.4 Stappen in een evaluatie

Tabel 2 geeft een overzicht van de stappen van het V-model en de belangrijkste onderdelen binnen elke stap. Hoofdstuk 3 behandelt de stappen in detail.

Tabel 2: overzicht onderdelen evaluatie

Stap	Belangrijkste onderdelen
0. Organisatie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planning maken ▪ Partijen bij elkaar brengen en interacties tussen partijen benoemen ▪ Afspraken maken m.b.t. verantwoordelijkheden
1. Selectie en beschrijving maatregel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doel van de maatregel beschrijven ▪ Werking van de maatregel beschrijven ▪ Omstandigheden waaronder maatregel wel/niet werkt beschrijven
2. Definitie use cases, situaties en scenario's	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Use cases (relevante omstandigheden) beschrijven ▪ Situaties (staat van omstandigheden en systeem) beschrijven ▪ Scenario's (combinatie use case en situatie) beschrijven
3. Onderzoeksvragen en hypothesen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onderzoeksvragen identificeren ▪ Hypothesen opstellen (specifiek en toetsbaar) ▪ Hypothesen prioriteren
4. Indicatoren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicatoren definiëren ▪ Situationele variabelen benoemen
5. Onderzoeksoptzet	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onderzoeksgebied bepalen (locatie, type wegen en verkeerscondities) ▪ Bepalen wat met wat vergeleken wordt ▪ Meetperiodes vaststellen ▪ Steekproefgrootte bepalen ▪ Bepalen hoe om te gaan met versturende variabelen ▪ Deelnemers voor de proef of voor de enquêtes/interviews selecteren (indien nodig)
6. Juridische en ethische kwesties	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwesties m.b.t. (bescherming van) data beschrijven ▪ Kwesties m.b.t. veiligheid en privacy deelnemers / weggebruikers beschrijven ▪ Verzekeringen afsluiten
7. Maten en sensoren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaststellen welke metingen met welke kwaliteit nodig zijn ▪ Benodigde sensoren bepalen en aanschaffen of huren

Stap	Belangrijkste onderdelen
8. Data-acquisitie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Data verzamelen ▪ Data controleren ▪ Data opslaan en back-ups maken
9. Database en analyse tools	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Database ontwerpen ▪ Kwaliteitscheck data uitvoeren en dataselectie ▪ Benodigde tools en algoritmes identificeren, ontwikkelen en testen
10. Data-analyse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kwaliteitscheck data uitvoeren en dataselectie ▪ Data verwerken ▪ Indicatoren berekenen
11. Analyse onderzoeksvragen en hypothesen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hypothesen toetsen ▪ Data mining uitvoeren ▪ Onderzoeksvragen beantwoorden
12. Maatregelanalyse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resultaten op verschillende gebieden (doorstroming, veiligheid, milieu, ...) bepalen ▪ Opschaling uitvoeren
13. Sociaal-economisch impact assessment	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resultaten samenvoegen en baten-kostenratio bepalen ▪ Andere sociaal-economische analyses uitvoeren

Deze uitgebreide lijst is in principe op elke aanpak (van diepgaande effectenanalyse tot expert judgment) te gebruiken. In praktijk verschilt per aanpak welke stappen uitgevoerd worden (en hoe gedetailleerd). Hieronder wordt per soort evaluatie toegelicht welke stappen relevant zijn.

2.4.1 DIA – Diepgaande effectenanalyse

In een diepgaande effectenanalyse zijn alle genoemde stappen (met alle genoemde onderdelen daarvan) relevant. Het doel van de maatregel, de verwachte effecten en de onderzoeksvragen bepalen hoe de stappen precies ingevuld worden.

2.4.2 QSIA – Quick Scan

Een quick scan effectenanalyse verschilt in de basis niet veel van een diepgaande effectenanalyse – het is nog even belangrijk een goede beschrijving van de maatregel te hebben, hypothesen te formuleren, te bepalen welke situatie je met welke situatie wilt vergelijken, data te verzamelen en checken, etc. Er zal echter minder uitgebreide dataverzameling plaatsvinden, omdat de tijd en/of het budget beperkt zijn. Dit betekent dat voornamelijk makkelijk toegankelijke data gebruikt worden (bijvoorbeeld data verkregen m.b.v. MoniGraph), aangevuld met kengetallen of eenvoudig uit beschikbare data af te leiden gegevens. Minder data betekent ook een minder grote inspanning qua opzet van databases en analysetools, en uiteraard een beperktere analyse-inspanning.

Een quick scan effectenanalyse kan niet op alle vragen een antwoord leveren. Vaak wordt maar een beperkt aantal aspecten bekeken. Ook zijn niet altijd alle effecten van een maatregel waar te nemen als maar in beperkte mate of minder gedetailleerde data verzameld worden. In de latere stappen van de evaluatie (stap 9-12) dient goed aangegeven te worden welke uitspraken wel of niet op basis van de quick scan analyse gedaan kunnen worden.

2.4.3 *MSEA – Ex-ante modelstudie*

Ook bij de opzet en uitvoering van modelstudies kunnen de in **Tabel 2** gepresenteerde stappen gevolgd worden. Het is ook hier van belang om maatregelen goed te beschrijven (om ze goed te kunnen modelleren) en om na te denken over welke situaties en welke varianten doorgerekend dienen te worden (stap 1-2). Ook over de onderzoeksvragen, hypothesen en indicatoren moet nagedacht worden. Benuttingsmaatregelen kunnen niet altijd op een "standaard" manier geëvalueerd worden. Soms is aanvullende programmering nodig om de maatregel te kunnen modelleren (bijvoorbeeld: coördinatie van maatregelen in een netwerk), of de juiste data eruit te kunnen halen (analoog aan stap 7: "maten en sensoren).

Modelstudies zijn meestal qua organisatie relatief eenvoudig (mits een geschikte set modellen beschikbaar is). Sommige stappen zijn daarom minder relevant:

- er is meestal geen sprake van juridische en ethische kwesties (stap 6);
- de data-acquisitie en -opslag is beperkter en er is meestal al een structuur voor aanwezig (stap 8-9).

Of alle stappen (tot en met stap 13, de sociaal-economische impact assessment) uitgevoerd kunnen worden, hangt af van de kenmerken van de beschikbare modellen. Zie ook de vorige versie van de leidraad [4] voor verdere informatie over de opzet van modelstudies.

2.4.4 *MSEP – Ex-post modelstudie*

Voor ex-post modelstudies geldt veel van datgene dat voor ex-ante modelstudies geldt, maar ex-post modelstudies kunnen ook gevoed worden door gemeten data en worden soms gecombineerd met een diepgaande effectenanalyse, bijvoorbeeld als impactanalyse op basis van alleen meetdata lastig of onmogelijk is.

Een modelstudie kan ook gebruikt worden om netwerkeffecten te berekenen door de lokale effecten in te brengen in een netwerkmodel. Dat maakt het mogelijk een vergelijkbare voor- en nasituatie te creëren en complete pakketten maatregelen te evalueren, bijvoorbeeld in evaluaties waarbij veel invloed van situationele, eventueel versturende variabelen verwacht kan worden, of waar maatregelen gefaseerd ingevoerd worden. Ook wordt het daarmee mogelijk de effecten van maatregelen op andere locaties dan de geplande te beoordelen.

Een ander voorbeeld van het gebruik van modellen is bij het opschalen van verkeerseffecten bij proeven met het geven van in-car informatie. In een proef zal waarschijnlijk slechts een klein percentage van de voertuigen in de verkeersstroom uitgerust zijn. Modellen kunnen dan gebruikt worden om voor hogere penetratiegraden uitspraken te doen.

2.4.5 *TA/M – Trendanalyse / Monitoring*

Bij trendanalyse en monitoring wordt weliswaar over het algemeen maar een beperkt aantal indicatoren bepaald, maar er wordt zorgvuldig bepaald welke dit dienen te zijn en hoe ze gemeten/afgeleid worden. Dit betekent dat ook hier de in **Tabel 2** genoemde stappen gevolgd kunnen worden, zij het dat de laatste stappen

(stap 10-12) heel beperkt of niet uitgevoerd worden. Hier is het heel belangrijk aandacht te besteden aan de data-acquisitie (inclusief doorlopende kwaliteitschecks) en de manier waarop de data opgeslagen (en toegankelijk gemaakt) wordt.

2.4.6 *LS – Literatuurstudie*

Bij een literatuurstudie kan de lijst met stappen fungeren als een geheugensteun bij het interpreteren van resultaten uit diverse bronnen. Daar is namelijk ook sprake van een bepaalde onderzoeksopzet en wijze van analyseren. Het gaat er dan om te kunnen bepalen hoe vergelijkbaar gegevens uit verschillende bronnen zijn (is de maatregel vergelijkbaar? Zijn vergelijkbare scenario's bekeken? Is alleen naar lokale effecten gekeken of zijn ze opgeschaald naar een groter netwerk? Zijn de omstandigheden vergelijkbaar met die in het onderzoeksgebied?) en in hoeverre ze gebruikt kunnen worden om antwoord te geven op de voorliggende onderzoeksvragen.

2.4.7 *EJ – Expert Judgement*

Een expert die gevraagd wordt zijn oordeel te geven over de effecten van een maatregel zal (bewust of onbewust) de stappen afgaan: ook bij het geven van een expert judgment komt aan de orde welke scenario's beschouwd dienen te worden, welke (onderzoeks)vraag beantwoord dient te worden, over welke indicatoren men een inschatting wil, en hoe die bepaald zouden moeten worden. De stappen 4-9 (van de opzet van het onderzoek tot en met de data-analyse) worden echter niet werkelijk uitgevoerd – daar wordt een schatting gegeven. Eventueel zal de expert een beperkte analyse uitvoeren op basis van bij expert bekende gegevens. Specialisten op verschillende aspecten kunnen gezamenlijk een maatregelanalyse uitvoeren, en eventueel zelfs een grove schatting van de kosten en baten maken of input parameters voor berekeningen bepalen.

2.5 Referenties

- [1] referentie cirkel van Deming, beschikbaar @ http://nl.wikipedia.org/wiki/Kwaliteitscirkel_van_Deming
- [2] FESTA Consortium (2008), FESTA Handbook, Deliverable D6.4 of the FESTA project, Grant agreement no. 214853, 19 augustus 2008, beschikbaar @ <http://www.its.leeds.ac.uk/Festa/>
- [3] Wikipedia / V-model, beschikbaar @ <http://nl.wikipedia.org/wiki/V-model>
- [4] Adviesdienst Verkeer en Vervoer (2002), Leidraad model- en evaluatiestudies benuttingsmaatregelen, Rotterdam, september 2002

3 Toelichting op de stappen in een evaluatie

3.1 Introductie

Dit hoofdstuk geeft nadere uitleg over de verschillende stappen in het evaluatieproces van benuttingsmaatregelen. Deze leidraad is een hulpmiddel, geen richtlijn, daarom wordt niet beschreven hoe alle stappen precies uitgevoerd moeten worden. Voor sommige te evalueren aspecten zijn er echter wel reken- en meetvoorschriften. Voorzover daarvan sprake is, wordt dit behandeld in de hoofdstukken 4-12, die informatie geven die specifiek op een aantal aspecten toegesneden is.

Bij een eerdere versie van de Leidraad model- en evaluatiestudies benuttingsmaatregelen zijn voor een aantal maatregelgroepen voorbeeld evaluatieplannen opgesteld. Zie daarvoor het hoofdstuk *Evaluatieplannen voor maatregelgroepen* in [1].

3.2 Organisatie (stap 0)

Paragraaf 1.3 bevat al enkele aanbevelingen die betrekking hebben op de organisatie van evaluaties en de rollen van opdrachtgevers en opdrachtnemers. Deze leidraad gaat er van uit dat de normale zorg wordt besteed aan goed projectmanagement. Desalniettemin zijn er enkele terugkerende risico's bij (complexe) evaluaties van benutting en zeker bij Field Operational Tests. Het is daarom belangrijk om aandacht te besteden aan de volgende zaken:

- Het doel van de evaluatie: focus, gewenste diepgang, wat is een geschikte soort evaluatie.
- Het functioneren van de maatregel: als de evaluatie gestart wordt, dient de maatregel goed te werken (anders is evaluatie zinloos).
- Het is van belang alle (relevante) stappen uit te voeren, en te zorgen voor een goede documentatie van de stappen (proces en uitkomst). Daarmee worden in een later stadium bij de analyses en de rapportage van de resultaten problemen voorkomen.
- Er dient een goede (realistische) planning gemaakt te worden. Zeker bij evaluaties met meerdere meetperioden en/of op meerdere locaties kan een goede planning veel problemen voorkomen. De evaluatie blijft daarbij sterk afhankelijk van de realisatie van de maatregelen (zijn de maatregelen op het juiste moment inzetbaar?).
- Er dienen goede afspraken te zijn over wie in de evaluatie welke rollen vervult. Het is aan te bevelen goede afspraken te maken m.b.t. verantwoordelijkheden (bijvoorbeeld over datalevering). Op diverse momenten vinden interacties plaats. Het is handig van tevoren een overzicht te maken van deze interacties (waar, welke?) en afspraken te maken over wie de besluiten neemt. (De samenstelling van het team wordt in bijlage 1 behandeld.)
- De hypotheseformulering en prioritering, en de opzet van het onderzoek dienen zorgvuldig uitgewerkt te worden. Steeds dient de vraag gesteld te worden of met de gekozen onderzoeksopzet wel de data verkregen worden die het mogelijk maken de onderzoeksvragen te beantwoorden.

- Het is de moeite waard een goed beeld te hebben van de verwachte effecten, maar het is ook belangrijk open te staan (en zelfs actief op zoek te gaan naar eventuele onverwachte (neven)effecten.
- Het is wenselijk de risico's die bij een complexe evaluatie (veel onderlinge afhankelijkheden!) horen uitgebreid te bespreken. Bij complexe projecten komt men altijd voor onverwachte moeilijkheden te staan, zelfs met een ervaren projectteam.

In veel evaluaties is het een kwestie van de balans vinden tussen wat mogelijk is (aan dataverzameling, aan berekeningen, aan modellering) en wat binnen het beschikbare budget en de beschikbare tijd haalbaar is. Belangrijk daarbij is steeds goed in de gaten te houden of het gewenste kwaliteitsniveau bereikt wordt.

3.3 Voorbereiding: van maatregel naar onderzoeksopzet (stappen 1 – 6)

3.3.1 Stap 1: selectie en beschrijving van maatregel

De evaluatie start met een goede beschrijving van de maatregel. Deze beschrijving moet minimaal bevatten:

- Wat is het doel van de maatregel?
- Wat doet de maatregel (hoe wordt de maatregel getriggerd, op welke manier ervaren weggebruikers de maatregel, welk gedrag wordt van ze verwacht, wat is dan het verwachte effect op de verkeersstroom, hoe worden daarmee beleidsdoelen bereikt)?
- Wanneer werkt de maatregel en wanneer niet?
- Waar werkt de maatregel en waar niet?
- Onder welke omstandigheden werkt de maatregel en onder welke niet?
- Welke actoren hebben invloed op de werking van de maatregel?
- Is er interactie met andere maatregelen?
- Wat zijn de beperkingen van de maatregel?

In feite moet alles wat mogelijk invloed heeft op de werking van de maatregel genoemd worden, voor zover dit bekend is.

Een goede, eenduidige beschrijving van de maatregel is essentieel voor een goede evaluatie. Als niet duidelijk is wanneer de maatregel ingezet wordt en wat er dan gebeurt, is het onmogelijk goede onderzoeksvragen en hypothesen te formuleren. Dit lijkt triviaal, maar zeker bij grootschalige inzet van maatregelen of proeven met complexe (en/of meerdere) systemen is dit nodig om in vaak grote hoeveelheden data antwoorden te kunnen vinden.

De eisen die een maatregel stelt (bijvoorbeeld aan de omgeving) en de beperkingen die de maatregel heeft, zijn van grote invloed op de onderzoeksopzet (stap 4b).

Doorgaans is het vanaf het begin duidelijk welke maatregel (of welk type maatregel) geëvalueerd gaat worden. In het geval dit nog niet vastligt, is het aan te bevelen met de belanghebbenden te praten om een dergelijke keuze te maken.

3.3.2 Stap 2: Definitie van use cases, situaties en scenario's

Deze stap is een verdieping van de beschrijving van de maatregel. Ligt in stap 1 de nadruk op de technische beschrijving, hier gaat het om de functionele beschrijving: gegeven de maatregel, welke gevallen of omstandigheden zijn relevant om te analyseren? Door middel van het definiëren van use cases, situaties en scenario's maakt deze stap dat expliciet. De resultaten van deze stap zijn van belang in latere stappen, bijvoorbeeld bij het formuleren en prioriteren van hypothesen, en bij het maken van selecties uit de data in de analysefase.

De gevallen / omstandigheden die bekeken gaan worden, heten ook wel *use cases*. Hoe de maatregel uitpakt hangt af van de *situatie*. In de analyse worden uiteindelijk *scenario's* (combinaties van use case en situatie) bekeken.

Door dit op deze manier te doen, wordt het begrip van de maatregel verdiept en is het mogelijk en makkelijker om onderzoeksvragen en hypothesen op te stellen en indicatoren te identificeren. De gevallen en omstandigheden die relevant zijn komen namelijk terug in de onderzoeksvragen en hypothesen. De effecten van de maatregel kunnen verschillend zijn onder verschillende omstandigheden.

In **Tabel 3** staan de definities van de begrippen use case, situatie en scenario en de samenhang daartussen en worden twee voorbeelden gegeven.

Tabel 3: Use cases, situaties en scenario's

Begrip	Definitie	Voorbeeld: spitsstrook	Voorbeeld: dynamische snelheidslimiet (inzet bij hevige neerslag)
Use case	Een use case is een gebeurtenis (omstandigheid of geval) waarin effecten van de maatregel worden verwacht → <i>De staat van het 'systeem' (infrastructuur, verkeer, bestuurders)</i>	Druk verkeer op een traject	Snelwegverkeer op traject uitgerust met Dynamax, hoge neerslagintensiteit (versus geen tot matige neerslag)
Situatie	Een situatie beschrijft een specifiek aspect van de 'omgeving', dat ook van invloed kan zijn op het effect van de maatregel (maar niets te maken heeft met het doel van de maatregel) → <i>De staat van de omstandigheden van een systeem of maatregel</i>	Spitsstrook aan + regen <i>of</i> Spitsstrook aan + file door ongeval stroomafwaarts	Er is congestie
Scenario	Een use case in een specifieke situatie	Combinatie van use case en situatie	Combinatie van use case en situatie

Het onderscheid tussen de use case(s) en de situatie(s) is soms moeilijk te maken, maar kan op de volgende manier verwoord worden:

- Voor de use case: waar is de maatregel voor bedoeld, bijvoorbeeld voor welke omstandigheden? In het geval van een dynamische snelheidslimiet: de limiet wordt verlaagd bij hoge neerslagintensiteit, met als doel dat men bij hevige regen langzamer en veiliger rijdt.
- Voor de situatie: wat is de staat van de omstandigheden? Het is belangrijk die steeds te weten, zodat het effect van situaties onderscheiden kan worden van het effect van de maatregel. Bijvoorbeeld: voor een maatregel die een lagere snelheidslimiet oplevert bij hevige regenval, is het weinig zinvol situaties met file mee te nemen, omdat dan niet duidelijk wordt waar een gemeten snelheidsverlaging vandaan komt (de maatregel of de file?); situaties met file dienen dus uit de data gefilterd of apart bekeken te worden. *N.B. voor een goede analyse van het effect van deze maatregel zou ook voor de situatie waarin de maatregel niet actief is bepaald moeten worden welke limiet aanbevolen zou zijn. Verkeer kan er immers ook zonder maatregel voor kiezen langzamer te rijden bij hevige regenval.*

Omdat de definitie van use cases, situaties en scenario's sterk samenhangt met het opstellen van onderzoeksvragen en hypothesen wordt geadviseerd stappen 2 en 3 samen of interactief uit te voeren. Daarnaast zijn de use cases, situaties en scenario's van belang voor het opzetten van de analyse. Ze geven richting aan wat met wat vergeleken moet worden om tot een goede indicatie van het effect van de maatregel te komen.

3.3.3 *Stap 3a: identificatie van de onderzoeksvragen*

De onderzoeksvragen zijn gerelateerd aan de problematiek die aanleiding was de betreffende maatregel in te zetten, aan het doel van de maatregel, aan de te verwachten neveneffecten en aan de randvoorwaarden. Dit kan niet expliciet genoeg gedaan worden en is zeer belangrijk voor de volgende stappen.

Er is een grote range aan onderzoeksvragen mogelijk. Wel kan worden gesteld dat de onderzoeksvragen over het algemeen betrekking hebben op één of meer van de volgende thema's:

- Verkeersafwikkeling
- Verkeersveiligheid
- Verplaatsingsgedrag
- Perceptie en draagvlak weggebruikers en betrokkenen
- Naleving
- Milieuaspecten
- Beheer en technisch functioneren
- Bestuurlijke en organisatorische aspecten
- Kosteneffectiviteit

Voorbeelden van algemene onderzoeksvragen gericht op benutting zijn:

- Hoe is de acceptatie van de maatregel voor verschillende groepen bestuurders?
- Wat is de impact van de maatregel op de verkeersveiligheid, doorstroming, milieu en persoonlijke mobiliteit?
- Wat zijn de implicaties van de gemeten impact voor beleid, business modellen, deployment and systeemontwerp?

Om een concreter idee te geven, staan hieronder enkele specifieke voorbeelden van onderzoeksvragen, horend bij een bepaalde maatregel.

Maatregel: inhaalverbod voor vrachtverkeer

- Leidt de maatregel tot betere doorstroming?
- Leidt de maatregel tot anticiperend of compenserend inhaalgedrag voor en na het traject?

Maatregel: toeritdoseerinstallaties en -algoritmen

- Leidt de maatregel tot betere doorstroming?
- Is er een ander effect op het HWN dan op het OWN?
- Leidt de maatregel tot rood licht negatie?

Maatregel: dynamische route-informatiepanelen

- Hoe wordt de informatie gebruikt?
- Vinden de weggebruikers de geboden informatie zinvol, betrouwbaar, leesbaar en duidelijk?
- Hoe beïnvloedt de maatregel de routekeuze van verkeer en hoe beïnvloedt dit de leefbaarheid langs de beschouwde routes?

Maatregel: doelgroepstroken

- Wordt er per saldo winst geboekt door (economisch) gewenst verkeer voorrang te geven boven ander verkeer?

Maatregel: organisatorische maatregelen zoals Incident Management

- Leidt de maatregel tot een snellere afhandeling van incidenten?

Bij het opstellen van de onderzoeksvragen zijn opdrachtgever en opdrachtnemer betrokken. Bij beiden ligt verantwoordelijkheid: de opdrachtgever moet duidelijk zijn over wat het is dat hij wil weten, en de opdrachtnemer moet aan het eind van deze stap goed weten wat de opdrachtgever wil weten en dit terug laten komen in de onderzoeksvragen. Als dit niet goed gebeurt, kan de opdrachtgever aan het eind van het project met lege handen staan, omdat bepaalde vragen niet beantwoord zijn. Het duidelijk formuleren van de onderzoeksvragen kan beschouwd worden als goed verwachtingsmanagement.

3.3.4 *Stap 3b: opstellen van hypothesen*

Als de belangrijkste onderzoeksvragen voor de proef zijn vastgesteld, kunnen de hypothesen afgeleid worden. Hypothesen worden geformuleerd door de (algemenere) onderzoeksvragen te vertalen naar meer specifieke en statistisch toetsbare 'stellingen'. Dit laatste is erg belangrijk, een hypothese is geen hypothese als hij niet getoetst kan worden met een meetbare indicator. En zolang er geen indicator gespecificeerd is voor een hypothese (en daarmee voor de bijbehorende onderzoeksvraag) is niet duidelijk wat gemeten moet worden.

Voorbeelden van hypothesen zijn:

Maatregel: dynamische snelheidslimieten

- De gemiddelde reistijd op het proeftraject is korter bij een snelheidslimiet van 120 km/u dan bij een snelheidslimiet van 100 km/u.

Maatregel: Incident Management

- Ongevallen waarbij IM is ingezet hebben een kortere afhandelduur dan ongevallen waarbij IM niet is ingezet.

Maatregel: doelgroepstroken

- De doelgroep heeft op het proeftraject met doelgroepstrook een kortere reistijd dan op het proeftraject toen de doelgroepstrook er nog niet was.

Maatregel: dynamische route-informatiepanelen

- Weggebruikers vinden informatie op dynamische route-informatiepanelen als het regent niet goed leesbaar.

Indien mogelijk dient de hypothese ook een indicatie te geven van het verwachte effect (bijvoorbeeld: een verlaging van de reistijd met x%, y% van de weggebruikers vindt de informatie op de borden duidelijk).

Het opstellen van hypothesen start met het koppelen van scenario's en onderzoeksvragen, voor zover de combinaties relevant zijn. Hierna wordt gecontroleerd of alle bedoelde en onbedoelde effecten afgedekt zijn. Onbedoelde effecten zijn de effecten die niet tot het primaire doel van de maatregel behoren, maar toch een resultaat van gebruik van de maatregel zijn.

Hierbij kan gebruik gemaakt worden van een lijst met gebieden waarop een benuttingsmaatregel impact kan hebben. Deze lijst wordt hieronder gegeven. Er wordt in de lijst gesproken van bestuurders / gebruikers omdat sommige benuttingsmaatregelen van toepassing zijn op alle bestuurders (zoals TDI's) en andere maatregelen alleen op een specifieke groep gebruikers (zoals in-car systemen). De mogelijke effecten zijn:

1. Directe effecten van de maatregel op bestuurders / gebruikers en hun rijgedrag
2. Indirecte effecten (gedragsaanpassing) van de maatregel op de bestuurders / gebruikers
3. Indirecte effecten (gedragsaanpassing) van de maatregel op anderen dan gebruikers (imitatie effect)
4. Verandering in de interactie tussen bestuurders / gebruikers onderling
5. Verandering in de interactie tussen bestuurders / gebruikers en anderen (bijvoorbeeld kwetsbare weggebruikers)
6. Verandering in consequenties van ongevallen
7. Effecten van de combinatie met andere maatregelen

Zie bijlage 2 voor nadere uitleg.

Aan het eind van deze stap is de kans groot dat er een lange lijst hypothesen ligt. Prioritering is dan meestal nodig, rekening houdend met tijd en budget.

In de loop van de evaluatie, als data beschikbaar komen en de eerste analyses uitgevoerd zijn, kunnen deze analyses aanleiding zijn om de hypothesen aan te scherpen, of concreter te maken aan de hand van de use cases. (Onderzoeksvragen blijven in principe wel gedurende de evaluatie onveranderd.)

3.3.5 *Stap 4: indicatoren en situationele variabelen*

De definitie van een indicator is als volgt: een kwantitatieve of kwalitatieve maat, uitgedrukt als percentage, index of andere waarde, die met regelmatige of onregelmatige intervallen gemeten wordt en vergeleken kan worden met één of meer criteria.

Bij de keuze van indicatoren moet op de volgende zaken gelet worden:

- Kunnen de hypothesen met de indicatoren getoetst worden?
- Is het verkrijgen van de indicatoren (in de gewenste kwaliteit) mogelijk binnen de grenzen van de evaluatie (beschikbaar budget en beschikbare tijd)?

Alle indicatoren zijn gebaseerd op (een combinatie van verschillende) metingen die genormaliseerd zijn om vergelijkingen mogelijk te maken. Meer over de metingen staat in stap 7.

Sommige hypothesen bevatten in de formulering al een indicator die gemeten moet worden, zoals 'door de maatregel neemt de gemiddelde snelheid toe'. De gemiddelde snelheid is hier de indicator die afgeleid moet worden uit data van

metingen tijdens de proef. Vaak worden hypothesen minder specifiek geformuleerd. In dat geval moeten ze aangepast worden zodat ze gekoppeld kunnen worden aan een indicator.

Uitgebreide voorbeelden van indicatoren staan in uitwerkingen van bepaalde aspecten van de evaluatie (zie hoofdstuk 4-12). Dit zijn bijvoorbeeld indicatoren als reistijd (doorstroming), CO₂-emissies (wegverkeersemisies), of het aantal ongevallen (veiligheid).

De beschrijving van indicatoren moet specifiek zijn. Snelheid bijvoorbeeld kun je op vele manieren definiëren: op een punt of traject, frequentie van meting. Dit is voor belangrijk bij complexe projecten. In het FESTA-project is als hulpmiddel een spreadsheet gemaakt met een uitgebreide lijst indicatoren³. Deze is overigens vooral gericht op in-car systemen.

Situationele en versturende variabelen

Situationele variabelen zijn omstandigheden die relevant kunnen zijn voor de werking van de maatregel, inclusief de status van de maatregel. Sommige situationele variabelen kunnen versturend zijn (versturende variabelen). Welke dit zijn, hangt af van de maatregel.

Situationele variabelen worden gebruikt om indicatoren naar te differentiëren voor een uitgebreidere analyse. Het kan bijvoorbeeld interessant zijn om bepaalde indicatoren te vergelijken in verschillende weer- of lichtomstandigheden of voor verschillende wegtypes.

Wanneer men zich in een onderzoek beperkt tot de indicator waarin men uiteindelijk geïnteresseerd is en versturende variabelen over het hoofd ziet, dan bestaat de kans dat een willekeurig effect wordt gemeten. Het registreren en in de onderzoeksopzet onderbrengen van de versturende variabele die verantwoordelijk is voor bepaalde fluctuaties kan dus helpen om de juiste conclusies te trekken. Het op de één of andere manier controleren voor versturende variabelen geeft wel een juist beeld van het effect van de maatregel, maar voor een juiste interpretatie (en generalisatie) van het effect moet ook rekenschap worden gegeven aan de grootte van de versturende variabelen.

Voorbeelden van situationele en versturende variabelen zijn:

- Bereden wegtype (snelweg, rurale weg, stedelijke weg; vooral van belang bij in-car metingen)
- Weersomstandigheden (regen, sneeuw, ijzel)
- Toestand van het wegdek (droog, nat)
- Zichtomstandigheden (licht, donker, mist)
- Wegwerkzaamheden (geen, actief aan het werk of alleen tijdelijke aanpassing wegbeeld)
- Incidenten (brugopeningen, hoogtemeldingen, pechvoertuigen)
- Ongevallen, calamiteiten, blokkades
- Beschikbare ondersteunende systemen en status van het systeem (aan, uit, buiten werking)
- Status van regelinstallaties (cyclustijden VRI's, MTM beeldstanden)

Hoe kleiner de maatreegeffecten die moeten worden aangetoond, des te meer zorg moet worden besteed aan het meten van bovenstaande variabelen.

³ beschikbaar op <http://www.its.leeds.ac.uk/Festa>

3.3.6 *Stap 5: onderzoeksopzet*

De onderzoeksopzet is een belangrijk onderdeel van een evaluatie, en bestaat uit een aantal mogelijke onderdelen, afhankelijk van de maatregel die geëvalueerd wordt:

1. onderzoeksgebied;
2. opzet metingen;
3. deelnemers.

Onderzoeksgebied

Om het onderzoeksgebied te bepalen moet bekend zijn waar de maatregel wordt toegepast, en moet bepaald worden waar de maatregel effect kan hebben. De effecten van benuttingsmaatregelen blijven niet altijd beperkt tot het gebied waar de maatregel wordt ingesteld. Zo kan capaciteitsverruiming leiden tot vermindering van congestie ter hoogte van de maatregel, maar ook tot verzwaring van congestie stroomafwaarts. Het is daarom verstandig het studiegebied zo te kiezen dat voor de hand liggende uitstralingseffecten worden 'meegenomen'.

Voorts is de grootte van het studiegebied afhankelijk van:

- andere maatregelen die tijdens de evaluatie worden ingesteld;
- de uitstraling naar andere gebieden (m.n. route-effecten);
- de grootte van het effect;
- in de buurt liggende bottlenecks;
- alternatieven van het vervoerssysteem (concurrerende routes, andere vervoerswijzen).

Het onderzoeksgebied wordt gevormd door het gebied (of de locatie, de wegvakken) waar maatregelen gerealiseerd worden en waar de effecten mogelijk optreden. Dit kunnen hoofdwegen, onderliggende wegen en/of stedelijke wegen zijn. Vooral als er routekeuze-effecten te verwachten zijn, moet de begrenzing van het gebied ruim worden genomen. Het studiegebied moet bijvoorbeeld in ieder geval zodanig groot zijn dat de optredende files (een niet te missen indicator) binnen het gebied liggen.

Naast wegen die betrokken worden in de studie moet ook de omgeving beschouwd worden. Hierbij kan gedacht worden aan locaties waar luchtkwaliteits- en geluidsnormen en/of externe veiligheid van belang zijn.

Het type maatregel heeft grote invloed op het onderzoeksgebied. Bij een wegkant-systeem wordt een duidelijke keuze gemaakt voor een geografische locatie, terwijl bij het evalueren van een in-car systemen (waarbij meestal continu in het voertuig gemeten wordt) meer locaties aangedaan zullen worden.

Geografische locatie

De aard van de maatregel brengt bepaalde aandachtspunten met zich mee voor de geografische locatie van de proef, zoals:

- wegtype;
- verkeerssituatie;
- verkeerspatronen, zoals type ritten (zakelijk of recreatief), verkeersdichtheid, autotypes;
- andere transportopties, zoals de beschikbaarheid en kosten van het OV;
- wetten en handhaving;
- techniek (bijvoorbeeld datavoorziening, GPS-mogelijkheden).

De bevolking in een bepaald gebied kan de proef beïnvloeden. Er kunnen bijvoorbeeld culturele verschillen zijn, of verschillen in populatiekarakteristieken (relatief oude of jonge bevolking), autobezit en gebruik van nieuwe technologieën.

Het belangrijkste punt wat betreft de keuze voor de locatie van het gebied is dat deze specifiek gebaseerd moet zijn op de doelen van de betreffende proef en in relatie met de validiteit van de data die verzameld worden.

Een locatie voor de inzet van de maatregel kan worden gekozen omdat het een representatief gebied is waar de maatregel nodig is en zou moeten werken. Het gebied kan ook gekozen worden omdat het de karakteristieken heeft die nodig zijn voor de specifieke dataverzameling die nodig is voor de proef. Vaak is de keuze voor een locatie een combinatie van allerlei factoren.

Wegtype

Het wegtype is een factor die een grote invloed heeft op rijgedrag (individueel en collectief) en dus een grote impact heeft op doorstroming, veiligheid en milieu. Afhankelijk van de maatregel moet de locatie wegen met bepaalde karakteristieken bevatten, zoals bepaalde snelheidslimieten, aantal stroken, bochten, aanwezigheid van snelheidscamera's, enzovoorts.

Gewoonlijk worden minstens drie wegtypes onderscheiden: stadswegen, rurale wegen en snelwegen. Een elektronische kaart met alle wegtypes, snelheidslimieten en locaties van camera's is erg nuttig om bij de hand te hebben voor de proef.

Verkeerscondities en interacties tussen weggebruikers

Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- verkeerscondities in de algemene zin, die een aantal begrenzings aangeven en die de omgeving voor bestuurders definiëren;
- weggebruikers en hun gedrag, hieronder valt ook de interactie tussen de weggebruikers.

De verkeerscondities kunnen in verschillende dimensies beschreven worden, zoals dichtheid, intensiteit, gemiddelde snelheid en de samenstelling van het verkeer.

De interacties tussen voertuigen kunnen ook in verschillende dimensies beschreven worden. Als er alleen geaggregeerde lusdata beschikbaar zijn, kunnen deze interacties niet gemeten worden. Maar met bijvoorbeeld data uit het voertuig, videobeelden en individuele voertuigdata van lussen kan dit wel. Gedrag en interacties kunnen beschreven worden aan de hand van snelheid, acceleratie en manoeuvres (rijstrookwisseling, invoegen, remmen).

Andere karakteristieken zijn routekeuze; tijdelijke weg- of verkeersvariabelen, impact van maatregelen op de weg op gedrag en statische en dynamische variabelen op de weg.

Voor het beslissen welke wegen van belang zijn voor de evaluatie kan een aantal vragen gesteld worden:

- Zijn bepaalde wegtypes nodig voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen?
- Is een bepaalde maatregel juist werkzaam op een bepaald wegtype of op meerdere wegtypes?
- Wordt een ander rijgedrag voor verschillende wegtypes verwacht?
- Moeten de resultaten vergeleken worden voor verschillende wegtypes?

- Moeten bepaalde wegtypes in de proef voorkomen om de resultaten op te schalen (te generaliseren) naar een grotere groep?
- Moeten interacties tussen weggebruikers in de analyse worden meegenomen? Zo ja, dan moet de benodigde apparatuur geïnstalleerd kunnen worden.

Met behulp van bovenstaande vragen kan vastgesteld worden of een range aan wegtypes nodig is, of dat de evaluatie zich kan concentreren op het verzamelen van data voor een specifiek wegtype.

Opzet metingen

Onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet legt vast wat met wat vergeleken wordt. Meestal wordt een vergelijking gemaakt tussen de situatie met maatregel en de situatie zonder. Als alle andere relevante omstandigheden verder gelijk blijven, dan kan een verandering in de indicator worden toegeschreven aan de maatregel, waarmee het effect van de maatregel is vastgesteld. De meest gebruikte onderzoeksopzet is die waarin drie fasen worden onderscheiden: voormeting – invoeren maatregel – nameting. Dit wordt ook wel 'within-subject' genoemd: dezelfde bestuurders krijgen te maken met de situatie zonder de maatregel en daarna de situatie met de maatregel. Een alternatief voor het design met voor- en nameting is het alternerende design. Sommige maatregelen zijn niet continu in werking, maar kunnen aan en uit worden gezet. Om het effect te bepalen, kan de maatregel op sommige dagen aan- en op andere dagen uitgezet worden.

Een andere opzet is 'between-subject'. Deze opzet kan alleen bij bepaalde soorten maatregelen (zoals in-car systemen⁴) gebruikt worden. In deze opzet zijn er twee groepen bestuurders: één groep heeft niets met de maatregel te maken, de andere groep wel.

Bij within-subject wordt de voormeting de 'baseline' genoemd, bij between-subject wordt de groep die niet met de maatregel te maken heeft de baseline genoemd: de baseline is hoe de bestuurders zich gedragen als er geen maatregel is.

Tot slot kan het correlatieve design worden genoemd. Hierin worden alle relevante variabelen continu gemeten. Zo kan bijvoorbeeld worden nagegaan of de mate van politie-inzet bij verkeerscontroles samenhangt (correleert) met de rijsnelheid op een weg.

Meetperiodes

Het verloop van de effecten in de tijd is te bestuderen met meerdere nametingen of met een monitoring-aanpak. Dit kan bijvoorbeeld zijn eerst een grondige evaluatie en daarna bijvoorbeeld een jaarlijkse update van één of meerdere indicatoren (verkeerskundig beheer). Bij de keuze van de meetperiodes dient rekening gehouden te worden met eventuele leereffecten, bij maatregelen waar weggebruikers enige tijd aan moeten wennen. Verder dient er mee rekening gehouden te worden dat veel maatregelen afhankelijk van de omstandigheden actief

⁴ In principe kunnen ook gelijksoortige wegvakken vergeleken worden (wegvak met maatregel vs. wegvak zonder maatregel), maar in praktijk blijkt het moeilijk echt gelijksoortige wegvakken te vinden (qua aantallen stroken, wegbeeld, hoeveelheid verkeer).

zijn, en dat dus soms in de voormeting vastgesteld dient te worden of een maatregel actief zou zijn geweest en in welke mate.

Voor sommige indicatoren kan het voldoende zijn om alleen in de naperiode te meten. Het gaat dan bijvoorbeeld om indicatoren die met behulp van een retrospectieve vragenlijst worden vastgesteld. Soms wordt het effect op afhankelijke indicatoren met behulp van een controlesituatie vastgesteld, bijvoorbeeld als geen voormeting kon worden uitgevoerd.

De lengte van de meetperiode is onder andere afhankelijk van de frequenties waarin de scenario's die je wilt meten voorkomen (zie ook onderwerp steekproefgrootte), bijvoorbeeld de status van de maatregel, het aantal voertuigen dat langs het meetpunt komt en het aantal keren dat het regent. Ook de betrouwbaarheid van de meetapparatuur is van invloed op de lengte van de meetperiode. Houd bij de keuze van de meetperiodes ook rekening met vakanties, seizoenseffecten, evenementen en werk in uitvoering.

Meetplan

De onderzoeksopzet stelt altijd eisen aan de manier van dataverzameling en aan de periode waarin dit gebeurt. Vaak moet al geruime tijd voordat een maatregel genomen wordt, worden begonnen met het verzamelen van de benodigde gegevens. De tijdsplanning van de gegevensverzameling en die van het implementatietraject van de maatregel moeten dus op elkaar worden afgestemd. Soms is ook een afstemming met het implementatietraject van andere maatregelen nodig, namelijk als men wil voorkomen dat een zogenaamd 'combinatie-effect' van meerdere maatregelen wordt gemeten. Het effect van een afzonderlijke maatregel kan vaak niet meer bepaald worden als deze maatregel deel uitmaakt van een combinatie van maatregelen. Alleen het effect van deze combinatie kan dan bepaald worden.

Het verdient aanbeveling om voorafgaand aan de metingen een meetplan op te stellen. In een meetplan moet onder andere aandacht worden besteed aan de risico's bij het verzamelen van data. Ook moet in dit meetplan komen te staan hoe er om wordt gegaan met de verschillende risico's.

Een risico zou kunnen zijn dat een voormeting te kort is, wat moet er dan worden gedaan? Vanuit evaluatieoogpunt zou het wenselijk kunnen zijn het inzetten van de maatregel uit te stellen. Praktisch en soms ook communicatief is dat niet altijd gewenst.

Grootte van de steekproef

Het doel van een evaluatie van benutting is uiteindelijk het inschatten van de functionaliteit van een bepaalde maatregel en het effect op (bijvoorbeeld) bestuurdersgedrag, veiligheid, doorstroming en milieu. Als de steekproefgrootte van de evaluatie te klein is (bijvoorbeeld een te korte meetperiode), is het moeilijk om de effecten van de maatregel met statistische betrouwbaarheid te 'bewijzen'. Met een grote dataset neemt de kans toe om een statistisch betrouwbaar effect te vinden. Echter, het verkrijgen van een grote dataset kost meer geld (bijvoorbeeld meer meetapparatuur). Houd ook rekening met ruis in de data: kunnen de resultaten wel toegeschreven worden aan de maatregel?

De geschikte steekproefgrootte voor een evaluatie hangt van een aantal keuzes in de onderzoeksopzet af, zoals het aantal maatregelen dat getest wordt, en de keuze tussen een within- of between-subject opzet.

Omgevingsfactoren (verstorende variabelen)

Zoals hierboven al genoemd, als alle andere relevante omstandigheden verder gelijk blijven, kan een verandering in de indicator worden toegeschreven aan de maatregel, waarmee het effect van de maatregel is vastgesteld.

Vaak zijn er echter andere invloeden dan alleen die waarin we geïnteresseerd zijn (situationele en verstorende variabelen). Er zijn verschillende manieren om daarmee om te gaan:

- Plaats en tijd van de implementatie van de maatregel zodanig kiezen dat de invloed van verstorende variabelen in de meetperioden zo klein mogelijk is. Bijvoorbeeld vakanties en perioden met slecht weer buiten beschouwing laten.
- De bekende verstorende variabelen continu meten en meenemen in de analyse.
- De vergelijking tussen voor- en nameting alleen maken voor perioden die wat betreft de verstorende variabelen goed vergelijkbaar zijn ('matching').
- De invloed van verstorende variabelen tegelijkertijd meten in een ander studiegebied, waar de maatregel geen effect heeft ('controleconditie').
- Ontwikkeling van een compensatie/correctie methode, om metingen te corrigeren voor het feit dat de omstandigheden niet helemaal matchen. Dit kan bijvoorbeeld voor de gevolgen van autonome groei, maar ook bijvoorbeeld voor verstoringen die aan de orde van de dag zijn. Als bijvoorbeeld inzicht is in de gevolgen van incidenten op de verkeersafwikkeling, kan een correctie op de data worden uitgevoerd. Veel onderzoek zal echter nog nodig zijn om hiervoor goede correctiemethoden te ontwikkelen.
- Bij gebruik van modellen zijn de situationele variabelen in te stellen. Een (ex-post) modelstudie kan gebruikt worden om de effecten van de maatregel op gecontroleerde wijze te onderzoeken, daarbij zoveel mogelijk gebruik makend van gemeten gegevens.

Deelnemers

Of er deelnemers nodig zijn voor de evaluatie hangt af van de maatregel die geëvalueerd wordt. Bij een proef met een TDI is iedereen die daar langs rijdt automatisch deelnemer, bij het evalueren van een ADA systeem of informatie die in-car gebracht wordt, zijn deelnemers nodig, evenals voor een enquête. Afhankelijk van de onderzoeksvragen is er vaak een bepaalde groep deelnemers nodig die representatief is voor de groep bestuurders die te maken zal krijgen met het systeem.

Bij de selectie van deelnemers kan dan met allerlei zaken rekening worden gehouden, ook in de context van de onderzoeksvragen, zoals

- demografie: leeftijd, geslacht, inkomen;
- rijervaring;
- persoonlijkheid en houding;
- herkomst en bestemming: waar woont en werkt de deelnemer, welke routes neemt hij / zij gebruikelijk.

Voor de betrouwbaarheid van de evaluatie moet de groep deelnemers een bepaalde grootte hebben (zie ook onderwerp steekproefgrootte).

3.3.7 *Stap 6: juridische en ethische kwesties*

Het evalueren van een benuttingsmaatregel kan allerlei juridische en ethische kwesties oproepen – het verkrijgen van de juiste vergunningen, veiligheid van voertuigen, veiligheid van fysieke maatregelen langs of boven de weg, toestemming van overheden en deelnemers, databescherming, privacy, verzekeringen, enzovoorts. Afhankelijk van het type maatregel zullen niet alle onderdelen relevant

zijn. Bij een evaluatie waarbij deelnemers zijn, spelen bijvoorbeeld een aantal kwesties rond rekrutering. Omdat de vragen en oplossingen voor elke evaluatie anders zijn, is het verstandig vroegtijdig juridisch advies in te winnen.

Risicoanalyse

Het is handig om voor de evaluatie een risicoanalyse met betrekking tot juridische en ethische kwesties te doen. Welke risico's zijn er en hoe kunnen ze voorkomen worden of hoe kan de ernst van de consequenties worden verminderd?

Bescherming van data

De EU heeft in een richtlijn van 1995 [2] bescherming van data bedongen. Bij een proef waarin data verzameld worden spelen altijd vraagstukken op het gebied van bescherming van data en privacy. Normaliter kunnen data aan de hand waarvan personen geïdentificeerd kunnen worden niet worden vrijgegeven zonder toestemming. Dit kan problemen geven bij bijvoorbeeld cameraopnames. Deze mogen nooit zomaar aan een derde partij gegeven worden. Ook mogen beelden die herleidbaar zijn tot personen niet onbeperkt bewaard worden. Zie hiervoor ook het Privacyreglement verkeersregistratiesystemen Rijkswaterstaat [3]. Bij metingen in of aan het voertuig kan persoonlijke identiteitsinformatie compleet gescheiden worden van de rest van de data en bijvoorbeeld met encryptie opgeslagen worden: het anonimiseren van de data. Het is aan te raden van tevoren na te denken over wat er met de data gebeurt als het project eindigt. Wie heeft dan de rechten, wie heeft toegang, wie betaalt voor de opslag?

Systeemveiligheid

Alle apparatuur en systemen die geïnstalleerd worden in voertuigen en naast of boven de weg moeten veilig zijn. Risico's kunnen ontstaan door bijvoorbeeld interferentie van signalen, meer afleiding voor bestuurders door apparatuur langs de weg of in-car systemen. Door een risicoanalyse voor de verschillende componenten van de proef (systemen, apparatuur) te doen en vooraf te testen kan de veiligheid verbeterd worden.

Toestemming gebruik

Voor het plaatsen van apparatuur is toestemming van de autoriteiten nodig. Soms mag apparatuur alleen door een gecertificeerde instantie geplaatst worden. In het geval voertuigen uitgerust worden met systemen moet eerst bij de autoriteiten gecontroleerd worden of deze voertuigen op de openbare weg mogen rijden.

Verzekering

In het geval van een proef met deelnemers moeten deze personen verzekerd zijn. Ook de hele proef moet verzekerd worden om grote risico's af te dekken. Afhankelijk van het type maatregel dat getest wordt zijn verschillende verzekeringen mogelijk.

Indien een proef deelnemers heeft en rekruteren van deelnemers met zich meebrengt, spelen ook nog de volgende kwesties:

Ethische goedkeuring

In het geval van een proef met deelnemers moet ethische goedkeuring worden verkregen. Bescherming en rechten van een individu gaan altijd boven de belangen van onderzoek. Wetten op gebied van mensenrechten moeten in het oog worden gehouden: een individu moet altijd van tevoren geïnformeerd worden en goedkeuring geven.

Rekruteren van deelnemers

Bij het rekruteren van deelnemers is het belangrijk na te gaan of de deelnemers bevoegd zijn om het bewuste voertuig te besturen en of ze verzekerd kunnen worden. Het kan verstandig zijn om voor de hele vloot gezamenlijk een verzekering af te sluiten. Als deelnemers hun eigen voertuig besturen, of een leasevoertuig, moet de dekking van de verzekering worden nagegaan. Ook is het verstandig na te gaan of potentiële deelnemers een medische conditie hebben die van invloed is op hun deelname.

Deelnemersovereenkomst

De relatie tussen de (organisatoren van de) proef en de deelnemers moet geformaliseerd worden. Deelnemers moeten van tevoren geïnformeerd worden over het doel van de proef, mogelijke risico's, kosten, contactpersoon in geval van nood, enzovoorts. Dit hoeft niet in de vorm van een juridisch contract, het kan in de vorm van een 'letter of agreement'. Hier kan een advocaat of jurist bij helpen. In de overeenkomst moeten aansprakelijkheden geregeld zijn. Wat gebeurt er bijvoorbeeld als een deelnemer bij een ongeluk betrokken is? Ook wie er onder welke omstandigheden mag rijden in het voertuig moet worden vastgelegd.

Moment van invoering

Voor evaluatiedoeleinden is het kunnen bepalen van de baseline (bijvoorbeeld door uitvoeren van een voormeting) belangrijk, opdat het effect van de maatregel vastgesteld kan worden. Echter, van sommige maatregelen waarvan al bekend is dat ze de doorstroming, de verkeersveiligheid of het milieu gunstig beïnvloeden, kan het ethische bezwaren opleveren om de invoering uit te stellen totdat de baseline bepaald is. Een voorbeeld hiervan is de invoering van verkeerssignalering op een wegvak; evaluaties hebben het positieve effect hiervan al laten zien.

3.4 Dataverzameling: van metingen naar een database (stappen 7 – 9)

3.4.1 Stap 7: maten en sensoren

In stap 4 zijn de indicatoren die gemeten moeten worden bepaald. Hierna kan vastgesteld worden hoe ze gemeten kunnen worden. Alle indicatoren zijn gebaseerd op maten die op een of andere manier gecombineerd en/of geaggregeerd worden. Vervolgens worden ze eventueel genormaliseerd om vergelijking mogelijk te maken.

Er zijn verschillende soorten metingen, namelijk:

- directe maten: komen direct van een sensor, zonder processing;
- indirecte maten: van de sensor met processing, bijvoorbeeld filtering of een combinatie van twee directe metingen;
- events: 'bijzonderheden' in de directe of indirecte maten (of combinatie daarvan), zoals een botsing of een inhaalmanoeuvre. Dit zijn vaak specifieke gebeurtenissen die van belang zijn voor het onderzoek;

- gerapporteerde maten: metingen uit vragenlijsten, interviews, focusgroepen enzovoorts. Meestal een paar keer tijdens een proef;
- situationele variabelen: deze variabelen worden gebruikt om indicatoren naar te differentiëren voor een uitgebreidere analyse. Dit kunnen directe, indirecte en gerapporteerde maten en events zijn.

Sensoren zijn apparaten waarmee de benodigde maten gemeten kunnen worden. Voorbeelden van sensoren zijn camera's, radar, GPS, meetlussen.

Methoden voor dataverzameling zijn:

- data door observatie: bijvoorbeeld tellingen of observaties langs de weg, videobeelden. Deze data worden meestal handmatig verzameld;
- infrastructuur gebonden data, bijvoorbeeld data uit meetlussen in de weg;
- data over de infrastructuur of het wegbeeld, bijvoorbeeld uit databases, van kaartmateriaal of op basis van observaties;
- achtergronddata over de bestuurders, door interviews, enquêtes, etc.;
- data die in voertuigen gemeten wordt;
- data uit een model.

Sommige indicatoren kunnen op verschillende manieren (met verschillende sensoren) gemeten worden. Een afweging moet dan worden gemaakt tussen kwaliteit, tijd en budget. Hiervoor is inzicht nodig in de kwaliteit en betrouwbaarheid (uitval) van meetapparaten en in de kwaliteit van de metingen die het apparaat doet. Als het cruciaal is om bepaalde data te verkrijgen, is het aan te bevelen de meetapparatuur van tevoren goed te testen en na te gaan wat de kwaliteit ervan is.

Houd er bij de keuze van sensoren ook rekening mee dat sommige indicatoren erg variabel zijn en bijvoorbeeld met een hoge frequentie gemeten moeten worden.

Als het om een complexe maatregel gaat, is het aan te bevelen een spreadsheet op te zetten waarin staat hoe gemeten wordt en hoe je uiteindelijk tot de indicatoren komt. Dit is altijd wenselijk maar extra belangrijk als meerdere mensen met de metingen en analyses bezig zijn en er overdracht moet plaatsvinden.

3.4.2 *Stap 8: data-acquisitie*

Data-acquisitie bestaat uit een aantal stappen:

- verzamelen data;
- controleren data;
- synchronisatie data (mits nodig);
- opslaan data;
- back-up maken van data.

Verzamelen data

Deze stap bestaat uit het verzamelen van data afkomstig van meetapparatuur / sensoren in auto's en langs / boven de weg, het verzamelen van subjectieve data (bijvoorbeeld enquêtes) en het verzamelen van overige data, zoals weerdata. De data worden uiteindelijk gebruikt om de hypothesen voor de evaluatie te testen.

Controleren data

Het is wenselijk de data die verzameld zijn meteen en systematisch te controleren, zodat bij eventuele fouten zo snel mogelijk actie kan worden ondernomen:

- Zijn de data compleet?

- Zijn de data in het goede formaat?
- Zijn de data begrijpelijk?
- 'Kwaliteitscheck': zitten er rare waardes of foutcodes in de data?

Synchronisatie data

Tussen verschillende databronnen moet soms gesynchroniseerd worden (naar tijd en plaats), bijvoorbeeld tussen lusdata en camerabeelden. Synchroniseren naar plaats kan met behulp van map matching. Bij synchroniseren naar tijd zijn aandachtspunten de timestamp (die moet overal gelijk staan) en zomer- en wintertijd.

Data opslaan

Vooraf bij uitgebreide evaluaties is het cruciaal dat er van tevoren een schatting wordt gemaakt van de benodigde ruimte voor de data. De ruimte die nodig is hangt af van de steekproefgroottes, meetperiodes, grootte van de data, manier van data verzamelen, en eventuele filtering of compressie methodes.

De evaluatie is gebaat bij een goede organisatie van de dataopslag en het is te overwegen een draaiboek te maken voor als er meerdere mensen met de data werken en voor eventuele overdracht.

Back-up maken

Het is aan te raden van alle data een back-up te maken die op een veilige (andere) plek wordt bewaard om verlies van data te voorkomen / minimaliseren.

Overige aandachtspunten

Een belangrijk punt is het maken van afspraken met leveranciers van data over tijdstip en wijze van levering, formaat, etc. Daarbij is het ook nodig vast te stellen wie aanspreekpunt zijn bij vragen over de data.

3.4.3 *Stap 9: database en analyse tools*

De hoeveelheid data die in een proef verzameld wordt, is al snel zeer groot, zeker als er ook camera's gebruikt worden. Deze data moeten op een handige manier opgeslagen worden, bij voorkeur in een database. Deze database moet zorgvuldig ontworpen worden, zodat de kans op fouten en vergissingen klein is en gebruik van de database door meerdere personen mogelijk is.

Ook in deze stap (net als de vorige) vindt weer een kwaliteitscheck plaats. Data worden gemarkeerd (onderscheid naar situationele variabelen) en eventueel verwijderd. Dit is ook afhankelijk van de opslagruimte. Er zijn een aantal redenen waarom data gemarkeerd of verwijderd moeten worden, zoals:

- ontbrekende en onbruikbare data:
 - onvolledige bestanden door uitval meetapparatuur of uitval; communicatie (als het goed is, is dit in de vorige stap al opgemerkt)
 - geen classificatie naar bijvoorbeeld voertuigcategorieën of rijstroken;
- onbruikbare meetdagen:
 - slecht weer;
 - feestdag;
 - lokale afwijkingen (bijvoorbeeld bij mooi weer recreatieverkeer naar het strand);
 - evenementen;
 - incidenten;
- niet (goed) functionerende maatregel:

- o technisch functioneren: storing, stroomuitval;
- o verkeerde parameterinstelling.

Het is afhankelijk van de maatregel (en de geformuleerde onderzoeksvragen en hypothesen) welke data onbruikbaar zijn. Het is bijvoorbeeld vrij gebruikelijk om dagen met slecht weer uit een dataset te verwijderen, of dagen met incidenten, maar zeker als een situatie vaker voorkomt kan het juist wenselijk zijn de effecten van de maatregel te bekijken bij alle voorkomende situaties: goed en slecht weer, bij normale verkeersafwikkeling en bij incidenten. Data dienen alleen verwijderd te worden als duidelijk is dat door deze data te in de analyse mee te nemen het effect van de maatregel niet goed bepaald kan worden.

Ook wordt in deze stap nogmaals gecontroleerd op foutcodes en/of rare waarden in de data. Denk bijvoorbeeld aan extreem lage snelheden op de linkerstrook terwijl er op de rechterstrook normale snelheden gemeten zijn.

Voor de analyse (stap 10) zijn verschillende analysetools in te zetten, bijvoorbeeld MoniGraph, image processing software voor videobeelden, statistische pakketten, Matlab scripts en toolboxes en spreadsheets. Zodra de eerste data binnen en gecontroleerd zijn, is het aan te bevelen de algoritmes en analysetools te testen. Bij een grote proef is het aan te bevelen om nog voor de eigenlijke metingen beginnen een test te doen van de data-inwinning, verwerking, en van de analysetools. De test kan uitgevoerd worden op een beperkt set data en voor een beperkte analyse (stappen 7 – 10).

In FESTA worden data-analysetools en mogelijkheden voor de opzet van de database uitgebreid behandeld [4].

3.5 Analyseren effecten: van data-analyse naar sociaal-economische impact assessment (stappen 10 – 13)

3.5.1 Stap 10: data-analyse

Na uitvoeringen van de vorige stappen is er nu een database met data die (meerdere malen) een kwaliteitscontrole hebben ondergaan. Uit deze database moeten nu de indicatoren bepaald worden en dat gebeurt in de data-analyse, met behulp van allerlei bewerkingen (zoals uitsplitsingen) en analysetools, zoals statistische pakketten.

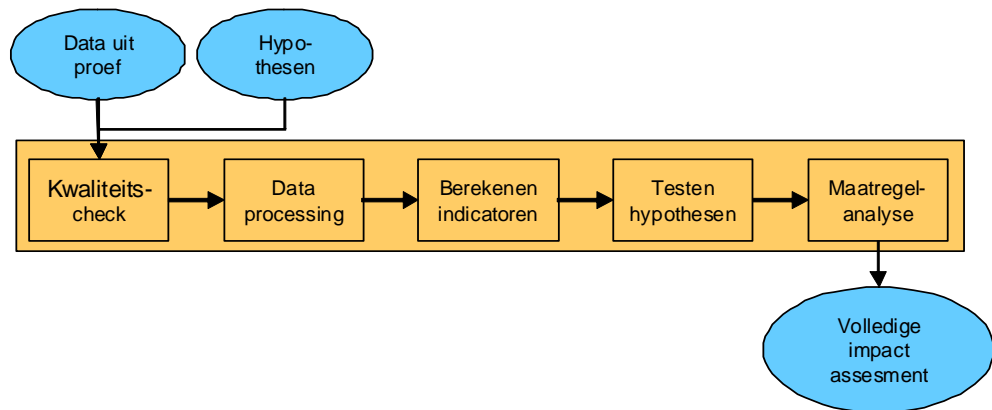
De strategie en stappen van de data-analyse moeten van tevoren gepland worden om uiteindelijk een volledig evaluatie van de impact van een maatregel te kunnen doen met behulp van data die in de proef verzameld zijn. Data-analyse is geen automatische taak gelimiteerd tot een aantal berekeningen en algoritmes. Het is de plek waar hypothesen, data en modellen samenkomen. Er zijn hierbij een aantal complexe aspecten:

- De grote en complexe hoeveelheid data die van de verschillende sensoren (inclusief interviews en enquêtes) afkomstig zijn, en die verwerkt moeten worden.
- Het maken van goede selecties (filteringen) en uitsplitsingen van de data (bijvoorbeeld een uitsplitsing naar goed en slecht weer, of naar dagen met en zonder incidenten).

- Representativiteit: hoe kan gezorgd worden voor algemene conclusies die statistisch robuust zijn?

Het totale overzicht van kwaliteitscheck en data processing naar de volledige impact assessment, is te zien in **Figuur 4**.

Figuur 4: Blokdiagram voor data-analyse



Kwaliteitscheck

Deze check is in feite een variant op de vorige kwaliteitscontroles die al zijn uitgevoerd. De punten die daar al zijn genoemd worden hier niet allemaal herhaald. We gaan er vanuit dat ontbrekende en foutieve data / foutcodes niet meer terugkomen hier.

In deze check vindt wel controle op uitschieters plaats. Als zeker is dat bepaalde waarden in de data uitschieters zijn (tijdens een file waarin iedereen rond de 20 km/u rijdt één waarde van 150 km/u), kunnen ze er uit worden gehaald of gemarkeerd worden. Dit geldt ook voor 'onwaarschijnlijke' waarden, bijvoorbeeld onverklaarbare lage snelheden in de nacht. De gemaakte keuzes ten aanzien van welke data verwijderd worden dienen helder gemaakt te worden (en gerapporteerd te worden).

Subjectieve data (uit enquêtes bijvoorbeeld) zijn lastiger te controleren op uitschieters en vreemde waarden, behalve als er een fout in de verwerking is gemaakt.

Na de kwaliteitscheck moeten de data klaar zijn om geanalyseerd te worden en de indicatoren te berekenen zodat de hypothesen beantwoord kunnen worden.

Data processing

Data processing zet de data klaar om bepaalde indicatoren uit te rekenen om de hypothesen mee te beantwoorden. De goede selecties worden klaargezet en gemarkeerde data (bijvoorbeeld events) worden gegroepeerd.

Berekening indicatoren

Er zijn vijf soorten maten waaruit data om de indicatoren uit te rekenen voortkomen: directe maten, indirecte maten, events (gebeurtenissen, bijvoorbeeld inhalen of hard remmen), gerapporteerde maten en situationele variabelen (zie ook stap 7, maten en sensoren).

De omvang van de dataset en de variatie in de data kunnen een limiterende factor worden als er geen efficiënte rekenmethodes worden ingezet. Deze rekenmethodes moeten anticiperen op het feit dat indicatoren worden berekend met gebruik van 'imperfecte' data.

Daarnaast moeten deze rekenmethodes context bieden, omdat de metingen meestal niet onder gecontroleerde (beheersbare) omstandigheden plaatsvinden. Dat gebeurt met behulp van situationele variabelen. Hiermee kunnen indicatoren vergelijkbaar gemaakt worden: indicatoren uit de voor- en de nameting, of van verschillende wegvakken, of van verschillende bestuurders. De relevante situationele variabelen (weerscondities, drukte, bereiden wegtype etc.) dienen bepaald te worden, en dan kunnen de gewenste uitsplitsingen van de data gemaakt worden en kunnen indicatoren bepaald worden.

Situationele variabelen zijn verder belangrijk bij de opschaling van de gevonden effecten (was de hoeveelheid tijd dat het regende in de meetperiode normaal? Was het aandeel snelwegkilometers van bestuurder X hoger of lager dan gemiddeld?).

Eerder is al gezegd dat het prioriteren van hypothesen handig kan zijn. Dit hangt natuurlijk samen met het prioriteren van indicatoren. Een aantal indicatoren worden berekend om dingen inzichtelijk te maken (meer globaal), andere zijn zogeheten 'sleutelindicatoren'. Deze sleutelindicatoren zijn erg belangrijk, deze wil je op een statistisch betrouwbare manier uitrekenen.

De statistische verantwoording van een indicator hangt af van het type meting en van de hypothese die getest gaat worden. Zeker als je bijvoorbeeld werkt met individuele voertuigdata (voertuigpassages op een bepaald punt) heb je te maken met bepaalde verdeling (met een bepaalde vorm, standaarddeviatie en gemiddelde) en is het belangrijk een statistische toets te doen.

Data die uit enquêtes komen worden op een andere manier geanalyseerd. Data met betrekking tot de acceptatie van een systeem kunnen gekoppeld worden aan gedragsindicatoren om zo nieuwe indicatoren te creëren.

3.5.2 *Stap 11: analyse onderzoeksvragen en hypothesen*

Na de berekening van de indicatoren in de vorige stap, worden bij elke hypothese de goede indicatoren geselecteerd (met de juiste subsets van situationele variabelen) en kunnen de hypothesen beantwoord en getoetst worden.

Het toetsen van hypothesen gebeurt meestal in de vorm van een nulhypothese: geen effect van de maatregel op een indicator zoals de V85 (de snelheid waaronder 85% van de bestuurders rijdt) tegen een alternatief, zoals een afname van x % van de indicator.

Om de hypothese te testen, worden twee datasets gebruikt (met en zonder de maatregel) waarvan de indicator en zijn variatie worden berekend. Vergelijking van de indicator voor de datasets met en zonder de maatregel kan gedaan worden met standaard statistische technieken zoals een t-test op normaal verdeelde data (het dient opgemerkt te worden dat verkeersdata lang niet altijd normaal verdeeld zijn). De aanname is dan dat er een constant verschil is tussen het wel en niet in gebruik zijn van de maatregel, dat wil zeggen geen leereffect en geen afkalkend effect. Dit is niet altijd het geval, maar dat kan worden ondervangen door meerdere nametingen te doen of aanvullend gedragsonderzoek te doen (bijvoorbeeld door middel van enquêtes).

Bij de beantwoording van de onderzoeksvragen is het belangrijk niet alleen de cijfers te presenteren, maar ook de relatie te leggen met de (verwachte) werking van de maatregel.

Data mining

Data mining technieken kunnen gebruikt worden om naar patronen in de data te speuren, patronen die met de meer traditionele benadering van hypothese testen niet gevonden kunnen worden. Zulke technieken zijn bijzonder nuttig bij een eerste verkenning van de data en voor het ontdekken van relaties in de data waar niemand vantevoren aan gedacht had. De data die worden verzameld in een evaluatie zijn ook een grote bron voor vervolganalyses, die (lang) nadat de evaluatie officieel is geëindigd nog kunnen doorgaan. Zoals eerder geconstateerd, moeten toegang, eigendom en beheer van de data al geregeld zijn.

Een relatief eenvoudige techniek voor patroonherkenning is het categoriseren van de complete dataset in groepen. Clusteranalyse probeert homogene groepen observaties te identificeren volgens een bepaalde verzameling variabelen (zoals indicatoren of demografische variabelen). Een andere manier van patroonherkenning is door observatie van camerabeelden (door mensen of door systemen als video based monitoring, die erop gericht zijn afwijkende situaties te identificeren en classificeren).

3.5.3 *Stap 12: maatregelanalyse*

In de vorige stap zijn de 'lokale' hypothesen (hypothesen m.b.t. de evaluatie in een bepaald gebied, in een bepaalde periode) beantwoord. In deze stap vinden de maatregelanalyse plaats: de analyse van globale effecten van de maatregel en de interpretatie daarvan. Deze analyse zegt iets over hoe de maatregel gefunctioneerd heeft. De hypothesen die beantwoord zijn in de vorige stap moeten samen alle relevante aspecten afdekken zodat deze globale evaluatie kan plaatsvinden. De globale evaluatie kan gedaan worden op aspecten als doorstroming, veiligheid, milieu, acceptatie, etc. Verschillende aspecten staan beschreven in de hoofdstukken hierna.

In een globale evaluatie worden de resultaten (uitkomsten hypothesen) opgeschaald naar een grotere regio of andere omstandigheden. Hierbij moet met veel zaken rekening worden gehouden. De wegsamenstelling rond de maatregel kan bijvoorbeeld anders zijn dan de rest van Nederland. Ook kan er een bepaald effect gevonden worden op een zwaarbelast wegvak. Dan moet bepaald worden hoeveel zwaarbelaste wegvakken er in Nederland zijn. Ook andere omstandigheden kunnen van invloed zijn, bijvoorbeeld waar de maatregel invloed heeft (wegtype), hoe vaak / frequentie en de statistische representativiteit van deze omstandigheden. Uiteindelijk moet meestal een advies worden gegeven over de 'uitrol' van de maatregel. Naast de opschaling is het dan soms ook gewenst (maar erg lastig) de indicatoren te vertalen naar effecten, bijvoorbeeld de vertaling van veranderingen in veiligheidsindicatoren (bijvoorbeeld snelheden, volgtijden, times-to-collision) naar aantallen ongevallen.

Er is een aantal modellen en methodologieën voor opschaling. Deze vallen in twee categorieën: simulatiemodellen en directe opschaling (de 'directe route').

Onder de directe route vallen schattingen direct uit de data (bijvoorbeeld kengetallen over wegen en verkeer) en schattingen door (geaggregeerde) modellen. Voordeel van de directe route is dat het een goedkope en snelle manier is.

Het alternatief is gebruik van een microsimulatiemodel, waarin de maatregel gesimuleerd kan worden met bijvoorbeeld gebruik van een groter netwerk of meer uitgeruste wegen/voertuigen dan in praktijk getest kon worden. De resultaten van de evaluatie (bijvoorbeeld gemeten bestuurdersgedrag) dienen dan als input voor de simulatie. Het voordeel van microsimulatie is dat het, onder bepaalde voorwaarden, betrouwbaarder en preciezer kan zijn dan de directe route, en dat indirecte effecten (zoals congestie in het netwerk) kunnen worden meegenomen. Microsimulatiemodellen werken met individuele voertuigen, dus is er de mogelijkheid (soms subtiele) veranderingen als gevolg van de maatregel in de bestuurders- en voertuigmodellen te verwerken. Hiermee kan de impact op het verkeersysteem geschat worden.

Alleen microsimulatie is niet altijd afdoende. Voor het voorbeeld wat hierboven gegeven is (vertaling van een volgtijdverdeling of gemiddelde snelheid naar aantal ongevallen) zijn andere modellen nodig. Zie hiervoor ook de hoofdstukken 4-11. Ook zijn er beperkingen m.b.t. de grootte van het simulatienetwerk vanwege het hoge detailniveau.

3.5.4 *Stap 13: sociaal-economische impact assessment*

Met de resultaten van de globale analyse en andere input (in feite alles wat bekend is over de maatregel) kan een complete sociaal-economische impact assessment uitgevoerd worden. Deze bestaat in zijn simpelste vorm uit de resultaten op gebied van doorstroming, veiligheid, gedrag, emissies, luchtkwaliteit, geluid, externe veiligheid, enzovoorts. Dit kan aangevuld worden met een kosten-batenanalyse (zie hoofdstuk 12), en/of andere analyses zoals bijvoorbeeld multicriteria-analyse, stakeholderanalyse, of financiële analyse.

3.6 **Rapportage**

Een goede eis om aan de rapportage te stellen is: beschrijf de wijze van evalueren zodanig dat het onderzoek door iemand anders kan worden gerepliceerd. Dit houdt in dat in ieder geval het volgende wordt beschreven:

- onderzoeksvragen;
- onderzoeksopzet;
- randvoorwaarden en uitgangspunten;
- wijze van dataverzameling (inclusief locaties, tijdstippen etc.);
- soort data;
- dataverwerking, inclusief eventuele selecties en bewerkingen;
- beschrijving van de uitgevoerde analyses;
- complete weergave van de resultaten en betrouwbaarheden;
- weergave van de grootte van situationele en versturende variabelen;
- conclusies;
- literatuurverwijzingen.

Omdat een evaluatie van benutting vaak complex en veelomvattend is, zijn er nog meer zaken om rekening mee te houden. Enkele aandachtspunten zijn:

- Houd rekening met de leestijd van het rapport, maar doe wel recht aan de rekentijd en complexiteit van de analyse;

- Zet in de hoofdtekst alleen de essentie neer en (indien het er veel zijn) plaats grafieken en tabellen in een bijlage. Neem in de hoofdtekst slechts representatieve grafieken die de conclusies ondersteunen en illustreren op;
- Bied context aan de lezer zodat deze de getallen en resultaten kan plaatsen.;
- Maak niet te grote tabellen en grafieken met veel lijnen. Zorg voor duidelijk kleurgebruik en duidelijke bijschriften.

In Europees verband is er ook veel belangstelling voor evaluatiestudies. Zorg er dan ook altijd voor dat er een Engelse samenvatting van een aantal pagina's in het rapport komt. Voor aangewezen projecten moet een aparte rapportage opgesteld worden, volgens de richtlijnen van de Evaluation Expert Group van het Europese EasyWay programma, verwoord in het rapport 'EasyWay Guidelines for Reporting Results' [5].

3.7 Referenties

- [1] Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Leidraad evaluaties verkeersbeheersingsmaatregelen, mei 1999
- [2] Richtlijn databescherming Richtlijn 95/46/EG van het Europees Parlement en de Raad van 24 oktober 1995 betreffende de bescherming van natuurlijke personen in verband met de verwerking van persoonsgegevens en betreffende het vrije verkeer van die gegevens, beschikbaar @ <http://www.europa-nu.nl/9353000/1/j9vvh6nf08temv0/vi8rm2x5obzz>
- [3] Privacyreglement verkeersregistratiesystemen Rijkswaterstaat, gepubliceerd in de Staatscourant op 9 juli 2003, nr. 129, pag. 10
- [4] FESTA Consortium (2008), FESTA Handbook, Deliverable D6.4 of the FESTA project, Grant agreement no. 214853, 19 augustus 2008, beschikbaar @ <http://www.its.leeds.ac.uk/Festa/>
- [5] EasyWay Evaluation Expert Group, EasyWay Guidelines for Reporting Results, Issue 7, May 5th, 2009, beschikbaar @ http://www.easyway-its.eu/1/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=99&Itemid=167.

4 Aspect: Bereikbaarheid / Doorstroming

4.1 Definitie en doel

Eén van de doelen in de Nota Mobiliteit [1] is het verbeteren van de bereikbaarheid. In het kader van benuttingsmaatregelen gaat het dan vooral om het verbeteren van de doorstroming. Voor het begrip doorstroming bestaat geen algemene definitie die iedereen gebruikt, gevoelsmatig is echter wel duidelijk wat met deze term bedoeld wordt. Een bruikbare definitie is [2]:

De mate waarin het verkeer of een specifieke vervoermodus zich vlot kan verplaatsen over een infrastructuur. De doorstroming wordt onder meer bepaald door de verkeersintensiteit, de inrichting van de weg en het aantal conflicten met andere verkeersstromen.

De Nota Mobiliteit geeft aan dat het Ministerie van Verkeer en Waterstaat een betrouwbare en vlotte reistijd in 2020 over de gehele reis wil realiseren. Hierbij staat een integrale netwerkbenadering centraal. Het doel is de betrouwbaarheid te verhogen, en de filezwaarte en de reistijd te verminderen. De overheid heeft voor de betrouwbaarheid van reistijd de ambitie dat in 2020 in de spits 95% van de verplaatsingen op tijd is, dat wil zeggen dat voor de kortere afstanden (tot 50 minuten reistijd) de werkelijke reistijd niet meer dan 10 minuten afwijkt van de verwachte reistijd. Bij verplaatsingen van 50 minuten en meer is de afwijking tussen realisatie en verwachting maximaal 20% meer of minder dan de verwachte reistijd op dat tijdstip. Naast deze ambitie heeft de overheid streefwaarden geformuleerd voor een acceptabele reistijd op het hoofdwegennet, waarbij onderscheid is gemaakt tussen verschillende soorten wegen. Voor het overige wegennet dienen decentrale overheden zelf hun ambitie aan te geven.

4.2 Indicatoren

Doorstroming is in een groot aantal indicatoren uit te drukken [3], zoals:

- Reistijden
- Betrouwbaarheid van de reistijd / variatie in reistijden
- Gemiddelde snelheden (op een doorsnede, of op een traject, of in een netwerk)
- Intensiteiten en capaciteiten (en de intensiteit/capaciteitsverhouding)
- Verkeersprestatie / aantal afgelegde voertuigkilometers
- Aantal voertuigverliesuren (VVU; het aantal extra voertuiguren ten opzichte van een situatie met vrije doorstroming)
- Filelengte, fileduur en filezwaarte
- Het aantal optredende schokgolven
- Het aantal locaties waar congestie optreedt
- Optreden van blokkades (verstoring van de verkeersafwikkeling op een kruispunt of knooppunt omdat de wachtrijen of files van een stroomafwaarts gelegen punt tot op het onderhavige punt komen)
- Verzadigingsgraden van verkeersregelinstallaties
- Lengte wachtrijen bij verkeersregelinstallaties
- Totale wachttijd op een kruispunt
- Samenstelling verkeer (bijvoorbeeld het aandeel vrachtverkeer)

Andere indicatoren die genoemd worden zijn splitfracties (op divergentiepunten in het netwerk) en rijstrookverdeling. Deze indicatoren worden in hoofdstuk 6 (Gedrag) behandeld.

Per maatregel die geëvalueerd wordt, kunnen één of meerdere van bovenstaande indicatoren het meest geschikt zijn om te gebruiken. Dit hangt sterk samen met aard van de maatregel en de hypothesen die zijn opgesteld. Van een aantal indicatoren zijn definities te vinden in de 2002 versie van de leidraad [3].

4.3 Uitvoering

4.3.1 Diepgaande effectanalyse

Een diepgaande effectanalyse op het aspect doorstroming houdt meestal in dat meerdere van de doorstromingsindicatoren bepaald worden (op meerdere meetpunten), zodanig dat de geformuleerde hypothesen getoetst kunnen worden en een compleet beeld van de veranderingen in de doorstroming gegeven kan worden. Naast verkeersgegevens is het meestal nodig ook een aantal situationele variabelen te verzamelen. Verkeersgegevens kunnen uit verschillende bronnen komen. De belangrijkste bronnen voor gegevens waarmee de doorstromingsindicatoren bepaald kunnen worden zijn:

- Detectordata bestaan meestal uit de minuutgegevens die uit MoniCa komen, maar kan ook bestaan uit gegevens van individuele voertuigen. Detectordata betreffen puntdata van alle verkeer dat een bepaalde doorsnede passeert. Data zijn ook beschikbaar per strook. Op een deel van de locaties wordt een uitsplitsing naar verschillende voertuigtypen (gebaseerd op voertuiglengte) gemaakt.
- Floating car data (FCD). FCD betreffen gegevens uit voertuigen, dus bijvoorbeeld de door het voertuig gereden snelheden (met een bepaalde frequentie vastgelegd, bijvoorbeeld iedere seconde). Vaak is ook de locatie van het voertuig voortdurend (via GPS) vastgelegd.
- Videobeelden (eventueel met kentekenherkenning). De videobeelden laten de verkeersafwikkeling over een bepaald (kort) traject zien. Dit biedt de mogelijkheid naast longitudinaal gedrag ook lateraal gedrag (positie in de strook, rijstrookwisselingen) te analyseren. Ook kunnen andere omstandigheden geobserveerd worden (bijvoorbeeld weer). Video Based Monitoring (VBM) biedt mogelijkheden om voertuigen over langere afstanden te volgen (door beelden van meerdere trajecten aan elkaar te koppelen – multi camera VBM) en om met behulp van zoekalgoritmen automatisch uitzonderlijke situaties in de data te zoeken.

De Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) zal (in de toekomst) veel gegevens kunnen leveren, maar voor gedetailleerde lokale gegevens kunnen aanvullende metingen nodig zijn.

Diverse tools zijn beschikbaar om ruwe verkeersgegevens mee te verwerken, bijvoorbeeld:

- MoniGraph [4];
- image processing software voor videobeelden;
- Video Based Monitoring;
- statistische pakketten;
- Matlab scripts en toolboxes;
- spreadsheets.

Daar waar standaarddefinities van indicatoren voorhanden zijn, verdient het aanbeveling deze te hanteren, tenzij het op die manier niet mogelijk is de geformuleerde hypothesen te toetsen. Zie bijvoorbeeld [3] voor een aantal definities en hoe indicatoren te berekenen zijn. In sommige gevallen is het nodig de verkeersgegevens op een bepaalde manier te verwerken om analyses op andere aspecten mogelijk te maken. Zo stellen emissie-, luchtkwaliteits- en geluidsmodellen bepaalde eisen aan de invoer qua verkeersgegevens.

Bij het analyseren van doorstromingseffecten is een goede visualisatie van de indicatoren zeer belangrijk. Dit betreft bijvoorbeeld het tonen van de ontwikkeling van indicatoren in de tijd en/of in de ruimte (bijvoorbeeld: een snelheidscontourplot uit MoniGraph), of het tonen van indicatoren op een kaart van (de wegen in) het studiegebied.

Voor de betrouwbaarheid van de reistijd is nog geen algemeen gehanteerde definitie. Voor reistijdwaardering wordt de Value of Time gebruikt: de waarde van 1 uur gemiddelde reistijd. Voor betrouwbaarheidswaardering is voorgesteld de Value of Reliability te gebruiken: de waarde van 1 minuut standaarddeviatie. Meer hierover is te vinden in [5][6].

4.3.2 *Quick Scan*

Een quick scan analyse van de doorstromingseffecten van een maatregel is een kortdurende analyse gebaseerd op direct beschikbare gegevens, zoals MoniCa-data. Meestal worden maar een paar indicatoren bekeken (bijvoorbeeld verkeersprestaties, gemiddelde reistijden en aantallen VVU's). Hierbij te gebruiken tools zijn o.a. MoniGraph, spreadsheets, en statistische pakketten.

Gezien de meestal korte periode die beschouwd wordt, is het belangrijk waar mogelijk rekening te houden met situationele (versturende) variabelen. Situaties met uitzonderlijke omstandigheden die niet door de maatregel ontstaan kunnen zijn dienen uitgesloten te worden (bijvoorbeeld: een situatie met ernstige filevorming op het beschouwde traject als gevolg van een incident stroomafwaarts).

4.3.3 *Modelstudies*

Om doorstromingseffecten van een maatregel te bepalen worden regelmatig modelstudies uitgevoerd. Meestal betreft dit ex-ante modelstudies; na invoering van de maatregel wordt de voorkeur gegeven aan gemeten data. De opzet van modelstudies wordt uitgebreid behandeld in [3].

4.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Bij een trendanalyse van doorstromingsindicatoren wordt periodiek een klein aantal variabelen verzameld, bijvoorbeeld op basis van MoniCa-data, waarop een standaardbewerking uitgevoerd wordt. Het betreft bijvoorbeeld de meting van het aantal voertuigverliesuren per maand, over een langere periode. Om trends te kunnen verklaren zijn ook de ontwikkelingen in sommige situationele variabelen van belang.

4.3.5 *Literatuurstudie*

In de literatuur zijn voor veel maatregelen analyses van de doorstromingseffecten van maatregelen beschikbaar. Zie bijvoorbeeld [7]. Deze analyses kunnen gebruikt worden om in te schatten wat de effecten van de invoering van een bepaalde maatregel op een bepaalde locatie zullen zijn. Effecten van maatregelen kunnen echter zeer locatiespecifiek zijn, dus hieraan dient expliciet aandacht gegeven te worden.

4.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment kan worden ingezet als de tijd het niet toelaat een uitgebreidere studie (op basis van meetdata, modelruns of literatuur) te doen. De inschatting van effecten kan worden gedaan door één of meerdere experts. Bij nieuwe of complexe maatregelen kunnen meerdere experts samenkomen om antwoorden op vragen te formuleren. Als de maatregel al ingevoerd is, kan de analyse ondersteund worden door observatie van de verkeersafwikkeling (bijvoorbeeld vanuit de verkeerscentrale).

4.4 **Opmerkingen**

Opmerking bij bovenstaande teksten:

- Gezien het grote aantal mogelijke indicatoren en de grote hoeveelheden data die verzameld kunnen worden (zeker als individuele voertuigdata gebruikt worden), zal vaak een afweging gemaakt moeten worden tussen gewenste indicatoren om bepaalde hypothesen te toetsen, en de kosten van het doen van bepaalde metingen. Dit laatste is ook van invloed op de duur van de meetperioden en het aantal meetperioden.
- Om op netwerk niveau de doorstroming te evalueren zijn voor een groot deel dezelfde indicatoren te gebruiken, maar ze zullen anders gepresenteerd worden. Zie hoofdstuk 5.
- Bij proeven met in-car systemen geldt vaak dat de effecten op het niveau van een hele verkeersstroom moeilijk te evalueren zijn (omdat het aantal uitgeruste voertuigen qua aandeel in de verkeersstroom vrijwel altijd alsnog zeer laag ligt). Effecten bij hogere penetratiegraden kunnen met behulp van een (microscopisch) verkeersmodel geëvalueerd worden, waarbij gebruik gemaakt kan worden van data over het rijgedrag met en zonder het systeem die in het kader van de proef verzameld zijn. Rekening moet dan echter wel worden gehouden met (in de praktijk zelden meetbare) interactie-effecten tussen uitgeruste voertuigen onderling en tussen uitgeruste en niet-uitgeruste voertuigen.

4.5 **Referenties**

- [1] Ministerie van Verkeer en Waterstaat en VROM, Nota Mobiliteit, 30 september 2004.
- [2] Online encyclopedie, beschikbaar @ <http://www.Encyclo.nl>
- [3] Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Leidraad model- en evaluatiestudies benuttingsmaatregelen, september 2002.
- [4] MoniGraph, beschikbaar @ www.rijkswaterstaat.nl/kenniscentrum/verkeersmanagement/index.aspx

- [5] Value of Time personenvervoer, Rijkswaterstaat, beschikbaar @ http://www.rws.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen_en_documenten/index.aspx
- [6] Value of Reliability personenvervoer, Rijkswaterstaat, beschikbaar @ http://www.rws.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen_en_documenten/index.aspx
- [7] Website Maatregelcatalogus (tab Literatuur) van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer, beschikbaar @ <http://www.maatregelencatalogus.nl/literatuur.php>

5 Aspect: Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement

5.1 Definitie en doel

Benuttingsmaatregelen worden op steeds meer plaatsen ingezet. Waar het vroeger volstond een individuele maatregel lokaal te evalueren, is het nu steeds vaker nodig om pakketten van maatregelen, al dan niet gecoördineerd ingezet, te evalueren. Daarbij spelen vragen als hoe werken lokale effecten door in een netwerk, en hoe kan omgegaan worden met effecten van verschillende tegelijk ingezette maatregelen? De grootste uitdaging is om de meerwaarde van coördinatie van maatregelen in beeld te brengen.

5.2 Indicatoren

Dezelfde indicatoren als besproken in de teksten over gedrag, doorstroming, veiligheid en duurzaamheid kunnen gebruikt worden. Deze indicatoren kunnen, afhankelijk van de onderzoeksvragen, toegespitst worden op het niveau waarop gekeken wordt. Dit betreft enerzijds het gebied waarnaar gekeken wordt (lokaal-streng-deelgebied-gehele regio?), en anderzijds de periode waarin interesse is (bijvoorbeeld de spitsen, hele etmalen, week- versus weekenddagen, etc.).

Bij netwerkbrede analyses zijn visualisaties van de indicatoren zeer belangrijk. Het gaat dan om het tonen van absolute waarden van indicatoren (bijvoorbeeld: gemiddelde snelheden in de nasituatie) of om verschilplots (verschil tussen gemiddelde snelheden in voor- en nasituatie).

5.3 Uitvoering

5.3.1 *Diepgaande effectanalyse*

Het effect van gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement is lastig vast te stellen, en vergt veel inzicht in de werking van maatregelen en de doorwerking van de maatregel op netwerkniveau. Het is daarbij aan te bevelen de evaluatie als een iteratief proces te beschouwen, waarin regelmatig een stap achteruit wordt gedaan om de gevonden effecten te relateren aan de maatregel en de geformuleerde hypothesen.

Het beschouwen van de effecten in een netwerk kan top-down of bottom-up gebeuren:

- bottom-up: begonnen wordt met het bekijken van de lokale effecten van maatregelen. Als er lokaal geen effect waarneembaar is, is de kans dat er op het niveau van een streng of een deelgebied een effect te zien is gering. Zo wordt toegewerkt naar een analyse op netwerkniveau.
- top-down: een benadering waarbij begonnen wordt met een (brede, vrij algemene) analyse op (deel)netwerkniveau en vervolgens ingezoomd wordt op die delen van het netwerk waar een substantiële verandering plaatsvindt is ook denkbaar.

Er zijn bij het evalueren van gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement twee specifieke uitdagingen:

- Maatregelen hebben in zwaarbelaste netwerken niet alleen op de locatie waar ze ingezet worden effect. Ze kunnen ook nog elders in het netwerk effecten hebben. Op een bepaalde locatie kan er dus ook een effect van meerdere maatregelen tegelijk te vinden zijn. De vraag is of de effecten van verschillende maatregelen te onderscheiden zijn.
- De effecten kunnen vrij klein zijn (hoewel nog steeds belangrijk) en dus moeilijk te meten; verkeer vertoont een vrij grote variatie van dag tot dag (en van uur tot uur).

Een panklare oplossing om hiermee om te gaan is er niet. Zeker in meer complexe situaties waarin veel maatregelen tegelijk ingezet worden, is het niet mogelijk om de effecten van individuele maatregelen goed in beeld te brengen – er zijn simpelweg te veel combinaties mogelijk. Toch zal een netwerkbrede evaluatie vaak gewenst zijn. Hieronder worden drie mogelijke aanpakken uitgewerkt om effecten te bepalen:

- Meten: Vergelijking voor- en nasituatie en/of vergelijking nasituatie met gewenste situatie.
- Modelleren: simuleren maatregelen (één voor één aanzetten, dan wel in verschillende combinaties) en coördinatie tussen maatregelen in een verkeersmodel
- Meten & regressieanalyse, gebaseerd op data van groot aantal wegvakken

Vergelijken voor/na/gewenste situatie

Net zoals dit voor analyse op wegvakniveau mogelijk is, kan de voor- met de nasituatie vergeleken worden. Het voordeel hiervan is dat de evaluatie gebaseerd is op gemeten data (dus alle bedoelde en onbedoelde effecten kunnen worden waargenomen). Het nadeel is dat zelfs met een goede opzet van de metingen er geen controle is over de omstandigheden. Er is dus veel aandacht nodig voor versturende variabelen.

Het is zeer moeilijk om op netwerkniveau de effecten van individuele maatregelen vast te stellen. In principe kan dit door alle mogelijke combinaties van maatregelen te testen. Echter, al bij een relatief klein netwerk met een beperkt aantal (al dan niet gecoördineerde) maatregelen is het lastig om maatregelen één voor één uit te testen; het aantal mogelijke combinaties wordt snel te groot. Met een goed ontworpen onderzoeksopzet kunnen eventueel wel bepaalde clusters van maatregelen apart geëvalueerd worden.

De effecten van coördinatie zijn te bepalen door alternerend wel/niet coördinatie toe te passen in het netwerk. Omdat de effecten subtiel kunnen zijn moet ook in dit geval veel aandacht geschonken worden aan mogelijke versturende variabelen. Ook is een goed inzicht in hoe verkeer zich afwikkelt in het netwerk nodig om de effecten te kunnen duiden.

Indien het lastig blijkt om gevonden effecten aan de maatregel(en) toe te schrijven, kan een andere benadering overwogen worden, waarbij niet zozeer het verschil tussen voor en na bekeken wordt, maar waarbij bekeken wordt of de gerealiseerde situatie acceptabel is. Dat betekent dat de nameting vergeleken wordt met een hypothetische, gewenste situatie. Dan moet wel bekend zijn wat de gewenste situatie is (uitgedrukt in indicatoren!). Een kosten-batenanalyse is in dit geval niet

mogelijk, omdat er geen nameting met een voormeting vergeleken kan worden, en er dus geen effecten bepaald kunnen worden.

Modelleren maatregelen en coördinatie

Enkele van de hierboven genoemde lastige aspecten kunnen ondervangen worden door met een model de effecten van (al dan niet gecoördineerde) maatregelen door te rekenen. Het voordeel hiervan is dat er controle is over de omstandigheden en diverse scenario's doorgerekend kunnen worden. Ook kunnen maatregelen aan en uit gezet worden naar behoefte. Echter, ook hier geldt dat als er de behoefte bestaat de effecten van individuele maatregelen of een aantal sets van maatregelen te evalueren, het aantal te bestuderen varianten al snel zeer groot wordt en handmatig lastig uit te voeren.

Om de effecten van benutting door te rekenen is een goed verkeersmodel nodig, dat recht doet aan de typische omstandigheden waaronder benutting toegepast wordt (bijvoorbeeld: een filegevoelig netwerk) en waarin benuttingsmaatregelen op accurate wijze gesimuleerd kunnen worden. Een goede calibratie (en validatie) van het model is nodig. Uiteraard is ook een goede (dynamische) herkomst-bestemmingsmatrix nodig, en goede gegevens over het netwerk. Het is goed mogelijk om de effecten van coördinatie van maatregelen met een model te evalueren. Manieren om coördinatie van maatregelen te simuleren zijn niet standaard in verkeersmodellen aanwezig. De coördinatie moet dan aanvullend geprogrammeerd kunnen worden (in de vorm van een "regelmodule").

Voor verdere informatie over de opzet van modelstudies: zie [1].

Regressieanalyse

Een regressieanalyse kan gebruikt worden om het effect van één of meer maatregelen op een te onderzoeken indicator te schatten. Daarbij kan rekening gehouden worden met situationele (mogelijk versturende) variabelen. Zo zou bijvoorbeeld geanalyseerd kunnen worden welk effect een TDI (of een aantal TDI's) heeft op de snelheden in het netwerk, rekening houdend met invloeden van weer, evenementen, ongevallen, wegwerkzaamheden etc.

Het voordeel van een regressieanalyse is dat die op gemeten data gebaseerd is. Verkeerskundige indicatoren en situationele variabelen (die versturende variabelen zouden kunnen zijn) worden gemeten en met elkaar gerelateerd. Dit is wel data-intensief, maar het betreft in de meeste gevallen wel data die in het kader van de evaluatie toch al verzameld worden.

De eerste stap in de regressieanalyse is het opstellen van een conceptueel model. Er moeten een goed inzicht zijn in de mechanismen via welke benutting de verkeersafwikkeling beïnvloedt, anders is het onmogelijk een realistisch model te formuleren en gevonden verbanden uit te leggen. In complexe netwerken met veel maatregelen en veel mogelijke versturende variabelen zijn waarschijnlijk zeer uitgebreide modellen nodig.

Als meerdere indicatoren bekeken dienen te worden (bijvoorbeeld: reistijden, vervoersprestatie en aantal voertuigverliesuren) moet in principe voor iedere indicator (als te verklaren, afhankelijke variabele) een conceptueel model opgesteld worden en een model geschat worden.

Het is mogelijk de effecten van netwerkbrede coördinatie te schatten, door deze coördinatie alternerend aan en uit te zetten. Hierbij is het van belang vantevoren te bepalen of voldoende meetdata (datapunten voor de regressieanalyse) verkregen kunnen worden in de geplande meetperiode.

Omdat de regressieanalyse gebaseerd is op gemeten data, is het niet mogelijk vooraf scenario's door te rekenen (zoals dat in een model wel kan).

Er zijn meerdere softwarepakketten beschikbaar waarmee regressieanalyses uitgevoerd kunnen worden.

5.3.2 *Quick scan*

Een quick scan effectanalyse van gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement is mogelijk, maar gezien de complexiteit van de analyse niet voor de hand liggend. Uiteraard kan met direct beschikbare gegevens, zoals MoniCa-data, een beeld geschetst worden van de verkeersafwikkeling in het netwerk. Het zal echter op basis van een klein aantal indicatoren en een korte meetperiode lastig zijn conclusies over de effecten van pakketten maatregelen en coördinatie te formuleren, zeker als de maatregelen tot gevolg hebben dat bijvoorbeeld weggebruikers hun routekeuze aanpassen. Versturende variabelen kunnen ook een grote (en niet altijd voorspelbare) rol spelen.

5.3.3 *Modelstudies*

Voordat pakketten van maatregelen en coördinatie van maatregelen ingevoerd worden, wordt vaak een (ex-ante) modelstudie uitgevoerd om de maatregelen uit te testen en aan te scherpen. Een modelstudie kan ook onderdeel zijn van een diepgaande (ex-post) effectanalyse. Zie paragraaf 5.3.1; de opzet van modelstudies in het algemeen wordt beschreven in [1].

5.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Als er vaker maatregelen gecoördineerd ingevoerd worden en meer naar netwerkeffecten gekeken wordt, ligt het ook voor de hand in monitoring en trendanalyses meer aandacht aan netwerkindicatoren te geven. Vooral visualisatie van een aantal sleutelindicatoren in het netwerk kan hierbij een belangrijke rol spelen. Om trends te kunnen verklaren zijn ook de ontwikkelingen in sommige situationele variabelen van belang.

5.3.5 *Literatuurstudie*

Het doen van uitspraken over de effecten van gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement op basis van bestaande literatuur is niet aan te raden. Er is op dit onderwerp nog nauwelijks literatuur beschikbaar. In [2] is een beschrijving van de voor de Praktijkproef Amsterdam voorgestelde evaluatieaanpak te vinden.

5.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment kan worden ingezet als de tijd het niet toelaat een uitgebreidere studie te doen. Gezien de complexiteit van het inschatten van netwerkeffecten kan

dit het beste door een team van experts gedaan worden. Er moet ruim te tijd voor genomen worden om lokale effecten naar netwerkniveau te vertalen. Als de maatregelen al ingevoerd zijn, kan de analyse ondersteund worden door observatie van de verkeersafwikkeling (bijvoorbeeld vanuit de verkeerscentrale).

5.4 Opmerkingen

- Netwerkbrede effecten en effecten van coördinatie van maatregelen evalueren is zeer ingewikkeld en in de praktijk is met geen van de hierboven voorgestelde aanpakken veel ervaring opgebouwd.
- Coördinatie van maatregelen vergt een effectieve samenwerking tussen verschillende wegbeheerders. Als de samenwerking niet optimaal is, werkt dit door in de effecten. De evaluatie dient dan ook expliciet aandacht te schenken aan hoe de samenwerking verlopen is, en of het mogelijk is geweest doeltreffende afspraken te maken en na te komen.
- Bij evaluatie van gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement is het zeer belangrijk de vaak grote hoeveelheden data die nodig zijn voor de evaluatie goed te managen. Het is verstandig de data op orde te hebben voordat aan de analyses begonnen wordt. De kans dat data ontbreken is groot; het is aan te raden goed na te denken over wat de gevolgen zijn van het ontbreken van bepaalde data voor de evaluatie van verschillende aspecten. Een plan voor het omgaan met ontbrekende data voorkomt dat gedurende de evaluatie de aanpak bijgesteld moet worden of dat analyses opnieuw uitgevoerd moeten worden.
- Bij grootschalige en complexe evaluaties zoals die van gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement is de verleiding groot veel onderzoeksvragen te formuleren. Er zijn vaak ook zeer veel gegevens beschikbaar. Het is aan te raden het aantal onderzoeksvragen af te stemmen op het beschikbare budget en de beschikbare tijd, en alleen de echt interessante onderzoeksvragen te selecteren.
- Maatregelen worden niet allemaal op hetzelfde moment inzetbaar, en vaak ook niet volgens de planning die gold bij het opstellen van het evaluatieplan. Het is belangrijk op de hoogte te zijn van het werkelijke schema van de realisatie van maatregelen. Indien mogelijk dient de onderzoeksopzet en een zekere mate van flexibiliteit te hebben om om te kunnen gaan met vertragingen bij de realisatie van maatregelen.
- Voor de Praktijkproef Verkeersmanagement Amsterdam is een uitgebreid evaluatieplan gemaakt, waarin ook Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement behandeld wordt.

5.5 Referenties

- [1] Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Leidraad model- en evaluatiestudies benuttingsmaatregelen, september 2002.
- [2] Dienst Verkeer en Scheepvaart (2009), Praktijkproef Amsterdam – Proof of Concept, Rapportage WP4: Evaluatie – finale versie, 13 oktober 2009

6 Aspect: Gedrag

6.1 Definitie en doel

Evaluatie van gedrag is belangrijk om te leren waarom een bepaalde maatregel wel of niet werkt. Bij het invoeren van maatregelen wordt een bepaalde verandering van het gedrag van weggebruikers verondersteld, waardoor de maatregel effect heeft. Als de maatregel het gewenste effect heeft, is het gewenste gedrag kennelijk vertoond. Maar als het gewenste effect niet bereikt wordt, is zonder een juiste evaluatie onduidelijk waarom (begreep de weggebruiker de maatregel niet, of wilde of kon hij het gewenste gedrag niet vertonen?). Zelfs indien lokaal wel het gewenste effect bereikt wordt, kan het zo zijn dat als gevolg hiervan een probleem op een andere locatie ontstaat. Evaluatie van gedrag is niet alleen belangrijk bij het evalueren van doorstromingseffecten, maar ook bij het evalueren van effecten op veiligheid en leefbaarheid. Vaak is het bijvoorbeeld een randvoorwaarde dat een betere doorstroming als gevolg van de maatregel niet mag leiden tot een onveilig gedrag.

Het gedrag van weggebruikers kan opgedeeld worden in objectief en subjectief gedrag. Subjectief gedrag is meestal een weergave van hoe de weggebruiker de maatregel ervaart. Onder subjectieve gedragsmaten worden voornamelijk acceptatie en werklust verstaan.

Objectieve gedragsmaten geven aan wat bestuurders daadwerkelijk doen (in plaats van wat ze denken te doen). Bij deze gedragsmaten kan gedacht worden aan snelheid, slingeren en volgtijd. Het voordeel van objectieve maten is dat ze veelal duidelijk gedefinieerd zijn. In dit hoofdstuk worden objectief en subjectief gedrag apart behandeld.

Subjectief Gedrag: Acceptatie en werklust

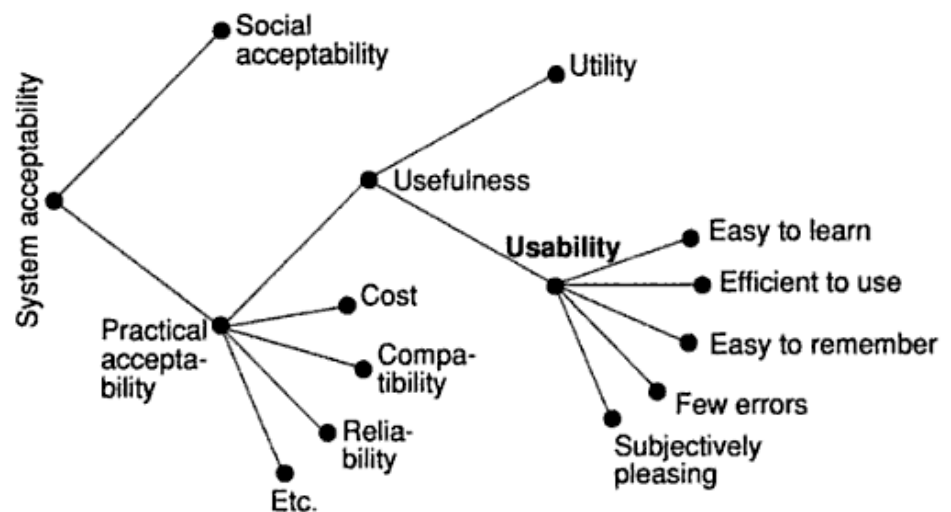
Acceptatie

Benuttingsmaatregelen die door bestuurders als onduidelijk worden ervaren of niet worden geaccepteerd zullen niet effectief zijn. Maatregelen die tot een hogere werklust leiden, zullen evenmin effectief zijn. Een evaluatie naar dergelijke subjectieve gedragsmaten is vooral van belang bij nieuwe maatregelen die nog nergens eerder zijn toegepast en bij complexe maatregelen.

Mensen moeten nieuwe technische middelen willen gebruiken en dus accepteren, bestuurders moeten nieuwe maatregelen willen opvolgen. Nielsen [1] stelt dat acceptatie afhankelijk is van "whether the system is good enough to satisfy all the needs and requirements of the users and other potential stakeholders, such as users' clients and managers". Acceptatie is volgens Nielsen afhankelijk van meerdere constructen (zoals betrouwbaarheid, functionaliteit 'utility', zie **Figuur 5**). Het is ook belangrijk te realiseren dat een maatregel gecommuniceerd moet worden en de manier van communicatie belangrijk is. Het schema van Nielsen laat zien dat acceptatie een multidimensioneel begrip is (zie bijvoorbeeld ook [2]). Daarom is het ook belangrijk om de onderliggende dimensies te onderzoeken. Dit om eventueel te weten te komen waarom een maatregel niet geaccepteerd wordt.

Een construct dat in onderzoek naar het gebruik van systemen ook veelvuldig onderzocht wordt is 'vertrouwen' ('trust'). Vertrouwen en acceptatie zijn wel aan elkaar gerelateerd maar niet aan elkaar gelijk. Een maatregel zou men bijvoorbeeld direct kunnen accepteren maar vertrouwen in de maatregel moet dan nog groeien. Vertrouwen is gedefinieerd als "the attitude that an agent will help achieve an individual's goals in a situation characterized by uncertainty and vulnerability." ([3]). Vertrouwen moet dus over tijd gemeten worden, en onderzocht dient te worden waarom het afneemt of juist toeneemt.

Figuur 5 – De onderliggende constructen van acceptatie volgens Nielsen [1].



Werklast

Werklast is een belangrijk maar moeilijk definieerbaar begrip. Algemeen kan men zeggen dat werklast de hoeveelheid moeite (inspanning) is die een persoon moet opbrengen om een bepaalde taak of taken uit te voeren. Een dergelijke omschrijving suggereert dat ook werklast meerdere dimensies kent en subjectief is (bijvoorbeeld: een schaker zal een andere werklast ervaren dan een stratenmaker; cognitieve werklast is wat anders dan fysieke werklast; wat de een gemakkelijk af gaat is voor de ander moeilijk).

Als een maatregel bij bestuurders tot een hogere werklast leidt kan dit leiden tot onveilige situaties of het niet opvolgen van de maatregel. Voor een gedetailleerde uiteenzetting van werklast, zie [4].

Objectief gedrag: Rijgedrag

Als weggebruikers een maatregel begrijpen en accepteren, zal hun rijgedrag veranderen als gevolg van de maatregel, en daarmee kunnen er effecten zijn op doorstroming, veiligheid en leefbaarheid. De evaluatie van rijgedrag draagt dus bij aan de evaluatie van al deze aspecten. De relatie is het duidelijkst bij de evaluatie van verkeersveiligheid (waar gedragsindicatoren als reactie op de maatregel gebruikt worden om een schatting te doen van de effecten op veiligheid).

De gedragseffecten van bestuurders op een maatregel kunnen op de drie niveaus van Michon (zie [5]) gemeten worden: strategisch, tactisch en operationeel. Op het strategische niveau kan de bestuurder er bijvoorbeeld voor kiezen om een andere

route te gaan volgen (bijvoorbeeld om een maatregel te vermijden), of om een maatregel te negeren (bijvoorbeeld omdat een route geadviseerd wordt die de bestuurder niet wil volgen). Daarnaast kan een maatregel leiden tot kortere volgtijden of meer rijstrookwisselingen (tactisch niveau) en kan de bestuurder harder gaan rijden (operationeel niveau). Een maatregel zou dus over al deze niveaus geëvalueerd moeten worden, tenzij er zeer sterke redenen zijn aan te nemen dat een maatregel op een van de niveaus geen effect zal hebben. Bij mogelijke effecten op strategisch niveau (bijvoorbeeld routekeuze) is het belangrijk een maatregel niet alleen op lokaal niveau te evalueren, maar ook breder, zodat mogelijke effecten elders in het netwerk opgemerkt worden. Dit is echter lastiger dan het meten van effecten op het tactische niveau (o.a. wel of niet inhalen, wel of niet van rijstrook wisselen) en manoeuvreerniveau (o.a. snelheidskeuze).

6.2 Indicatoren

Subjectief gedrag

Indicatoren voor subjectief gedrag liggen op het vlak van acceptatie en werklast. Voorbeelden zijn de mate waarin weggebruikers de maatregel begrijpen en (in de voorliggende uitvoeringswijze) accepteren, en of ze positief of negatief tegenover de maatregel in het algemeen staan.

Objectief gedrag

Welke indicatoren voor objectief gedrag in aanmerking komen is afhankelijk van de hypothesen. Veelgebruikte indicatoren zijn de volgende:

- snelheid (bijvoorbeeld gemiddelde, variatie, afwijking van maximum);
- rijstrookverdeling;
- volgtijd (bijvoorbeeld % volgtijden < 1s);
- aantal (laterale en longitudinale) conflicten;
- aantal rijstrookwisselingen (en plaats indien relevant);;
- aantal rechts inhalende voertuigen;
- splitfractie op divergentiepunten;
- aantal voertuigen dat 'weifelend gedrag' vertoont.

6.3 Uitvoering

6.3.1 *Diepgaande effectanalyse*

Subjectief gedrag

Er zijn meerdere manieren om subjectief gedrag te onderzoeken. Bij de evaluatie van benutting wordt meestal gebruik gemaakt van focusgroepen en draagvlakonderzoek met behulp van vragenlijsten. Daarmee kan onderzocht worden of en in hoeverre gebruikers een maatregel begrijpen, willen toepassen en kunnen toepassen.

Draagvlakanalyse middels vragenlijsten

Een veelgebruikte manier om subjectief gedrag diepgaand te analyseren is middels vragenlijsten. Deze kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor analyses met betrekking tot:

- de mate waarin weggebruikers de maatregel begrijpen en accepteren;

- de mate waarin weggebruikers de maatregel waarderen (in het algemeen en in de gekozen uitvoering);
- de mate waarin zij aangeven hun rijgedrag te hebben veranderd en welk effect zij ervaren hebben.

Een aantal inspanningen is nodig om middels het afnemen van vragenlijsten een maatregel te evalueren. De vragenlijsten moeten opgesteld worden, respondenten moeten gerekruteerd worden en de antwoorden moeten verwerkt worden. De laatste stap is het koppelen van de resultaten aan de maatregel en de gemeten (objectieve) effecten.

Er zijn diverse manieren om een representatieve groep respondenten te rekruteren, bijvoorbeeld:

- selecteren van weggebruikers via kentekens;
- selecteren van personen die geregeld een bepaald traject rijden (uit bestaande databases met respondenten);
- aanspreken van weggebruikers die net een bepaald traject waar een maatregel actief was afgelegd hebben. Dan moet in de buurt een geschikte locatie aanwezig zijn om bestuurders de vragenlijst af te nemen;
- een deur-tot-deur onderzoek.

Enquêteren via internet of e-mail biedt mogelijkheden om grote groepen te bereiken tegen relatief geringe kosten, maar er moet wel een inspanning geleverd worden om een representatieve groep mensen (die te maken hebben met de maatregel) te bereiken.

Focusgroep

Een focusgroep bestaat een (kleine) groep mensen die, begeleid door een discussieleider, over een bepaald onderwerp discussiëren. Deelnemers zijn bijvoorbeeld weggebruikers op een bepaald traject (maar het kunnen ook andere stakeholders zijn). Omdat de deelnemers op elkaar kunnen reageren en elkaar kunnen stimuleren, levert een discussie met een focusgroep vaak meer op dan afzonderlijke interviews.

De discussie dient grondig voorbereid te worden en de resultaten worden achteraf gerapporteerd.

Indirecte analyse subjectief gedrag

Een indirecte manier van analyseren is om te kijken of bestuurders het gewenste gedrag vertonen. Doen ze dat, dan is het redelijk om aan te nemen dat ze de maatregel begrijpen en accepteren. Echter, het omgekeerde hoeft niet te gelden. Als de maatregel niet opgevolgd wordt, betekent dat niet dat de maatregel niet begrepen is of niet geaccepteerd wordt. Er kunnen dan andere redenen zijn waarom het gewenste gedrag niet wordt getoond. Het enige dat dan blijkt is dat de maatregel niet wordt opgevolgd.

Objectief gedrag

Afhankelijk van wat er onderzocht gaat worden zijn er twee manieren om de effecten van een maatregel te onderzoeken:

- op de weg;
- in het laboratorium.

Beide onderzoeksmethoden hebben voor- en nadelen. Het voordeel van 'laboratorium'onderzoek is de controle die de onderzoeker heeft op het onderzoek.. Het is gemakkelijker verschillende aspecten van het onderzoek onder controle te houden, waardoor het gemakkelijker is om resultaten toe te schrijven aan de onderzochte maatregel. Nadeel kan de 'kunstmatige' omgeving zijn. Voordeel van een evaluatie op de weg zijn de realistische omstandigheden waaronder de maatregel onderzocht wordt. Dit is echter tegelijkertijd ook het nadeel. Door die realistische omstandigheden zijn er ook zeer veel factoren die het onderzoek beïnvloeden (versturende variabelen), waardoor het moeilijk om eventueel gevonden effecten toe te schrijven aan de maatregel.

Het rijgedrag van bestuurders kan op verschillende manieren gemeten worden:

1. gegevens uit weggebonden meetapparatuur zoals lusgegevens;
2. video-observaties;
3. geïnstumenteerde voertuig(en).

Met geïnstumenteerde voertuigen is het mogelijk rijgedrag doorlopend te monitoren, maar meestal slechts van een zeer beperkt aantal voertuigen (die die uitgerust zijn en eventueel, indien het voertuig sensoren heeft waarmee voertuigen in de nabije omgeving waargenomen worden, een beperkt aantal andere voertuigen). Video-observaties met camera's die langs/boven de weg geplaatst zijn geven een goed beeld van het rijgedrag van alle voertuigen op een bepaalde locatie. Beide aanpakken zijn over het algemeen kostbaarder dan het gebruik van eenvoudig toegankelijke gegevens zoals Monica-data, maar leveren wel (veel) meer informatie op. Zie ook paragraaf 4.3.1.

6.3.2 *Quick scan*

Subjectief gedrag

Gezien de inspanningen die gepaard gaan met het inzicht krijgen in subjectief gedrag (organiseren focusgroepen, enquêteren), zal bij een quick scan effectanalyse niet gauw een analyse van gedrag uitgevoerd worden. Gezien het belang van inzicht hebben in de gedragsverandering als gevolg van een maatregel zou dit echter wel gewenst zijn, echter alleen als daadwerkelijk een representatieve groep gebruikers geraadpleegd kan worden.

Objectief gedrag

Net als voor subjectief gedrag geldt voor objectief gedrag dat een quick scan analyse niet voor de hand ligt. In dit geval is dit omdat voor de analyse van rijgedrag meestal vrij gedetailleerde, niet standaard beschikbare data nodig zijn. Een zeer beperkte analyse is mogelijk, bijvoorbeeld op basis van gemeten snelheden en intensiteiten.

6.3.3 *Modelstudies*

Modelstudies ter evaluatie van gedrag zijn niet gebruikelijk. Er zouden (kwantitatieve) modellen voor nodig zijn die voorspellen hoe een maatregel het rijgedrag verandert.

6.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Hoewel gedrag wel onderdeel van monitoring en trendanalyse zou kunnen zijn (en wellicht zou moeten zijn, om trends te kunnen verklaren), is het nu niet gebruikelijk om benuttingsmaatregelen op deze manier te evalueren. Net zoals bij quick scan analyses ligt het probleem in de beschikbaarheid (en toegankelijkheid) van benodigde gegevens.

6.3.5 *Literatuurstudie*

Subjectief en objectief gedrag

Er wordt steeds vaker aandacht besteed aan gedrag (subjectief en, in mindere mate, objectief) bij de evaluatie van benutting, dus bestaande literatuur kan gebruikt worden. Ook over de gedragseffecten van in-car systemen is veel geschreven. Bij gebruik van bestaande literatuur dient er wel rekening mee te worden gehouden dat een klein verschil in aard en uitvoering van een maatregel een groot verschil in effect kan hebben (denk bijvoorbeeld aan een getoonde snelheid met of zonder rode rand). Voor in-car systemen geldt hetzelfde: een andere gebruikersinterface kan een groot verschil maken (denk bijvoorbeeld aan verschillende manieren van intelligente snelheidsadaptatie). Het is dus heel belangrijk een goede beschrijving van de maatregel te hebben, ook over hoe de maatregel uitgevoerd is. Daarnaast geldt ook hier dat effecten heel locatiespecifiek kunnen zijn.

Een ander nadeel is dat niet altijd de relatie tussen gedrag en effecten op het gebied van doorstroming, veiligheid en leefbaarheid wordt gelegd.

6.3.6 *Expert judgment*

Subjectief en objectief gedrag

Expert judgment kan worden ingezet als de tijd het niet toelaat een uitgebreidere studie te doen. Gezien de complexiteit van het inschatten van gedragseffecten kan dit het beste door een team van experts gedaan worden. Daarbij is het van belang in de groep specialisten op het gebied van human factors te hebben, en personen die de maatregel door en door kennen.

Als de maatregel al ingevoerd is, kan de analyse ondersteund worden door observatie (van de verkeersafwikkeling, vanuit de verkeerscentrale, of van een bepaalde bestuurder, in een uitgerust voertuig of in een simulator).

6.4 **Opmerkingen**

Subjectief gedrag

- De afname van vragenlijsten is logistiek niet eenvoudig. Daarbij kan het moeilijk zijn om een representatieve steekproef te vinden (zie [6]). De steekproef kan beïnvloed worden doordat bestuurders die geen vragenlijst invullen verschillen van bestuurders die wel een vragenlijst invullen. Deze bestuurders kunnen bijvoorbeeld verschillen in hun houding tot nieuwe technologie of in het opvolgen van een maatregel. Op deze manier kunnen de antwoorden op vragenlijsten beïnvloed worden. Zie ook paragraaf 3.3.6.

Objectief gedrag

- (geen)

6.5 Referenties

- [1] Nielsen, J. (1993) Usability Engineering, AP Professional, New York.
- [2] Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G.B., and Davis, F. D. (2003). "User acceptance of information technology: toward a unified view," MIS Quarterly, 27 (3), 425-478.
- [3] J. D. Lee and K. A. See, "Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance," Human Factors, vol. 46, pp. 50--80, 2004
- [4] De Waard, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. PhD thesis, University of Groningen. Haren, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Centre.
- [5] Janssen, W.H. (1979). Routeplanning en geleiding (In Dutch). Report IZF 1979 C-13. Soesterberg , The Netherlands, Institute for Perception TNO.
- [6] euroFOT consortium (2009), Experimental procedures, Deliverable D4.2 of the Eurofot project.

7 Aspect: Veiligheid

7.1 Definitie en doel

Verkeersveiligheid is het risico dat een verkeersdeelnemer loopt op betrokken te zijn bij een ongeval. Iedere keer dat we deelnemen aan het verkeer bestaat de kans dat we betrokken zijn bij een ongeval. Deze kans is op individueel niveau heel klein, maar omdat er veel kilometers gemaakt worden, zijn er altijd wel ongevallen. Deze kans is niet een constante, maar wisselt continu door het gedrag van de bestuurder en de wisselende omstandigheden.

In een groot deel van de evaluaties van benuttingsmaatregelen wordt geanalyseerd of de verkeersveiligheid toe- of afneemt naar aanleiding van een maatregel. Het is echter lang niet altijd mogelijk om harde, kwantitatieve uitspraken te doen over veiligheid. Voor dergelijke uitspraken is het begrip veiligheid te complex en het onderzoek meestal te kortlopend.

Er zijn meer mogelijkheden om in kwalitatieve zin iets te zeggen over veiligheid. Analyse van het gedrag van de bestuurders kan inzichtelijk maken of het veiliger of onveiliger wordt, of dat er geen verschil is. Als bestuurders bijvoorbeeld na de maatregel zachter gaan rijden, meer afstand houden en minder van rijstrook wisselen kan best gesteld worden dat het veiliger is geworden (maar niet hoeveel veiliger). Het wordt al moeilijker als bestuurders langzamer gaan rijden (veiliger) maar korter zijn gaan volgen (onveiliger). Om dus iets over veiligheid te kunnen zeggen worden gedragsvariabelen gemeten die een relatie hebben met veiligheid. Bekende variabelen die een relatie met verkeersveiligheid hebben zijn (zie o.a. [1]):

- snelheid;
- duur tot lijnoverschrijding (time-to-line-crossing (TLC));
- volgtijd;
- duur tot aanrijding (time-to-collision (TTC));
- afleiding;
- werklast.

De grote vraag in welke mate deze verschillende variabelen individueel en gecombineerd bijdragen aan de veiligheid is nog niet beantwoord. De stap om van veranderingen in gedrag te komen tot schattingen in toename of afname van de verkeersveiligheid in termen van slachtoffers of aanrijdingen is echter zeer belangrijk. Zonder deze stap zijn vervolganalyses (bijvoorbeeld kosten-batenanalyses) niet uitvoerbaar. Er zijn wel diverse onderzoeken geweest die bepaalde relaties tussen veranderingen in gedrag (en de verkeersafwikkeling) en veranderingen in het aantal ongevallen dan wel slachtoffers leggen (zie bijvoorbeeld [1],[2],[3]) maar een complete methodiek die alle mogelijke effecten afdekt is nog niet voorhanden.

7.2 Indicatoren

Veiligheid wordt veelal uitgedrukt in aantal ongevallen per gereden voertuigkilometer. Verder kan men ook kijken naar aantal slachtoffers, gewonden of alleen materiële schade. Voor de evaluatie van een maatregel zijn deze indicatoren meestal niet bruikbaar, omdat de periode waarin de maatregel geëvalueerd wordt meestal te kort is om voldoende ongevallen te hebben voor betrouwbare uitspraken.

Om deze reden wordt dan ook eerder gekeken naar gedragsvariabelen en hoe deze veranderen onder de invloed van de maatregel. Er is een aantal veel gebruikte indicatoren. Deze staan ook wel bekend als "surrogate safety measures". Dit zijn bijvoorbeeld time-to-collision, en time-to-line-crossing. Daarnaast worden snelheden en volgtijden of -afstanden geanalyseerd (zie ook de paragraaf Objectief gedrag).

7.3 Uitvoering

7.3.1 Diepgaande effectanalyse

Bij een diepgaande effectanalyse zal er naar gestreefd worden gegevens over het aantal ongevallen en het aantal slachtoffers te verzamelen over een langere periode (zodanig dat verwacht kan worden dat er een groot genoeg aantal ongevallen zal hebben plaatsgevonden om goed onderbouwde uitspraken te doen).

Ongevalsegegevens kunnen verkregen worden uit het Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland. De Dienst Verkeer en Scheepvaart maakt dit bestand op basis van de door de politie aangeleverde registratieformulieren. De database is te raadplegen op internet (zie [4] en [5]). Naast de BRON-gegevens worden gegevens van het CBS en de Landelijke Medische Registratie (LMR) gebruikt om informatie over het aantal slachtoffers te verkrijgen [6]. Bij gebruik van deze gegevens dient er rekening mee gehouden te worden dat er sprake is van onderregistratie (hoe ernstiger het ongeval, hoe beter de registratie).

Het is niet altijd mogelijk aantallen ongevallen te verzamelen binnen de periode waarin de evaluatie uitgevoerd moet worden. Overwogen kan worden de ongevalcijfers later te verzamelen en te analyseren. Vaak wordt echter een analyse op basis van surrogate safety measures (en inzicht in de werking van de maatregel en gedragseffecten) uitgevoerd. Zie paragraaf 4.3.1 en 6.3.1 voor hoe data hiervoor verzameld kunnen worden, en [1],[2] en [3] voor analysemethoden. Harde uitspraken zijn op basis hiervan niet te doen, maar meestal kan wel een uitspraak gedaan worden over de verwachte richting van het effect. Dit is echter als invoer voor een kosten-batenanalyse onvoldoende. Soms zal dan alsnog een aanname gedaan moeten worden omtrent de verkeersveiligheidseffecten (bijvoorbeeld x% minder doden). Deze aanname kan gebaseerd worden op een quick scan analyse, literatuurstudie of schattingen van experts. Omdat verkeersveiligheidseffecten in een kosten-batenanalyse vaak een bepalende rol spelen, dient hier echter zorgvuldig mee omgegaan te worden.

7.3.2 Quick scan

Een quick scan effectanalyse van de verkeersveiligheid is meestal gebaseerd op beschikbare risicocijfers. Risicocijfers zijn beschikbaar voor verschillende wegtypen (zie o.a. [7] en [8]). De risicocijfers kunnen ook voor specifieke wegvakken afgeleid worden uit historische gegevens uit BRON.

De risicocijfers kunnen op verschillende manieren gebruikt worden:

- Van veranderingen in intensiteit (al dan niet het gevolg van routekeuzeveranderingen) kan met deze risicocijfers een (groeve) schatting van de effecten op verkeersveiligheid gemaakt worden.

- Als de maatregel (ook) andere effecten heeft dan een verandering in de intensiteit, kan eventueel een risicocijfer van een vergelijkbaar wegvak (waar de maatregel al eerder ingevoerd is, bijvoorbeeld) gebruikt worden.
- Indien geen risicocijfer bekend is voor de situatie met maatregel, wordt ook wel gebruik gemaakt van op basis van expert judgment aangepast risicocijfers.

Het blijft echter lastig om in een quick scan analyse typische effecten van benuttingsmaatregelen (bijvoorbeeld homogenisering van het verkeer, of veranderingen van het rijstrookwisselgedrag) te kwantificeren.

7.3.3 *Modelstudies*

De risicocijfers zoals besproken in de vorige paragraaf kunnen ook in modelstudies ingezet worden. Zo is er bijvoorbeeld een veiligheidsmodule voor de Regionale BenuttingsVerkenner.

De risicocijfers zijn met name bruikbaar in studies met macroscopische verkeersmodellen. Net als bij de quick scananalyse geldt dat vooral effecten op de intensiteit eenvoudig te analyseren zijn in een dergelijke veiligheidsanalyse. Het is verder nodig dat van alle in het netwerk opgenomen wegvakken bekend is in welke duurzaam veilig categorie ze vallen.

Microscopische verkeerssimulatiemodellen kunnen ingezet worden om surrogate safety measures te bepalen. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan bij analyses van de effecten van in-car systemen. Data uit een klein aantal voertuigen worden dan gebruikt om de effecten op netwerkniveau of voor een hogere penetratiegraad van het systeem te bepalen. Het is ook mogelijk dit in een ex-ante studie te doen, mits het verwachte gedrag (met en zonder maatregel of systeem) goed gemodelleerd kan worden.

7.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Het aantal ongevallen wordt gemonitord. Voor analyses van een specifiek wegvak (en andere tijdschalen dan jaarlijks) kunnen BRON-gegevens gebruikt worden.

7.3.5 *Literatuurstudie*

Bij reeds uitgevoerde evaluaties van benuttingsmaatregelen is verkeersveiligheid als aspect vaak meegenomen. Soms betreft dit analyses van ongevalsgegevens, soms kwalitatieve of quick scananalyses. Er dient zorgvuldig met de gerapporteerde effecten omgegaan te worden, omdat het niet eenvoudig is om een representatieve kwantitatieve analyse van de verkeersveiligheidseffecten uit te voeren.

7.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment wordt regelmatig ingezet bij zowel ex-ante als ex-post evaluaties van de verkeersveiligheidseffecten van benuttingsmaatregelen. In ex-ante analyses kan expert judgment bruikbaar zijn om vrij gedetailleerd een effectschatting van de maatregel te geven – voor een specifieke uitvoering (wegbeeld, regelingen) van de maatregel op een specifieke locatie, eventueel voor verschillende omstandigheden qua verkeer en weer. Ook voor ex-post evaluaties kan expert judgment ingezet worden, bijvoorbeeld door experts te laten kijken naar videobeelden van de

verkeersafwikkeling bij situatie met en zonder inzet van de maatregel of door experts een oordeel te laten vormen over de verwachte verandering in verkeersveiligheid op basis van surrogate safety measures.

Het is aan te bevelen experts met verschillende achtergronden bij elkaar te zetten (gedrag / human factors, verkeersafwikkeling, veiligheid).

7.4 Opmerkingen

- Voor verkeersveiligheidsanalyses is het gebruikelijk een vergelijking te maken van de veiligheidssituatie drie jaar voor en drie jaar na de invoering van een maatregel. In de praktijk worden evaluaties van benuttingsmaatregelen echter veel korter na invoering uitgevoerd. Gezien de aard van benuttingsmaatregelen (bijvoorbeeld dat ze veelal ingezet worden om congestie te bestrijden) en de vaak subtiele effecten op de verkeersstroom is een evaluatie vrij kort na invoering van de maatregel gewenst, zodat de omstandigheden niet al te veel veranderd zijn.
- Binnen grootschalige Field Operational Tests in Europa (bijvoorbeeld euroFOT, [9]) en de VS (bijvoorbeeld de VOLVO Intelligent Vehicle Initiative Field Operational Test [3] en de SemiFOT [10]) worden experimentele aanpakken uitgewerkt en toegepast op meetdata uit voertuigen. Deze aanpakken trachten een verband te leggen tussen veranderingen in indicatoren (zoals snelheid, volgtijd, time-to-collision, maar ook indicatoren als de tijd dat de bestuurder zijn ogen niet op de weg had) en de op basis daarvan verwachte verandering in het aantal ongevallen. Deze aanpakken zijn per definitie diepgaand, maar dekken nog niet alle mogelijke effecten af. Wellicht dat met de grote hoeveelheden data die uit Field Operational Tests komen deze aanpakken de komende jaren volwassen worden en bruikbaar voor evaluaties van benuttingsmaatregelen.

7.5 Referenties

- [1] Janssen, W., E. Nodari, R. Brouwer, J. Plaza, J. Östlund, A. Keinath, A. Toffetti, M. Alonso, M. Rimini-Doering, V. Portouli, D. Horst, C. Marberger, H. Vega & C. Cherri (2004), Specification of AIDE methodology, Deliverable 2.1.4 of the AIDE project, Information Society Technologies (IST) Programme, contract nr. IST-1-507674-IP, 2004
- [2] Wilminck, I., W. Janssen, E. Jonkers, K. Malone, M. van Noort, G. Klunder, P. Rämä, N. Sihvola, R. Kulmala, A. Schirokoff, G. Lind, T. Benz, H. Peters & S. Schönebeck (2008), Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety systems, Deliverable 4 of the eIMPACT project, EU 6th Framework Programme, contract no. 027421, augustus 2008
- [3] Batelle, Final report – Evaluation of the VOLVO Intelligent Vehicle Initiative Field Operational Test, version 1.3, January 5, 2007, beschikbaar @ http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/reports/te/14352_files/
- [4] BRON gegevens, te benaderen via <http://www.swov.nl/cognos/cgi-bin/ppdscgi.exe>
- [5] Informatie over BRON, beschikbaar @ http://www.swov.eu/nl/research/kennisbank/inhoud/90_gegevensbronnen/inhoud/verkeersongevallenregistratie.htm

- [6] SWOV Factsheet Verkeersslachtoffers in Nederland, september 2009, beschikbaar @ http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Verkeersslachtoffers.pdf
- [7] Janssen, S.T.M.C. (2005), De verkeersveiligheidsverkenner gebruikt in de regio, De rekenmethode en de aannamen daarin, Leidschendam, SWOV, Rapport R-2005-6, 2005
- [8] Martens, M. H., A.R.A. van der Horst, R.F.T. Brouwer, M.M. Minderhoud, G.A. Klunder & I.R. Wilmink (2009), Praktijkproef Verkeersmanagement Amsterdam: Beoordeling ex-ante verkeersveiligheidseffecten en plan van aanpak ex-post evaluatie verkeersveiligheidseffecten, Soesterberg, TNO, december 2009, TNO-rapport TNO-DV 2009 C373
- [9] euroFOT, @ <http://eurofot-ip.eu>
- [10] semiFOT, @ <https://www.chalmers.se/safer/EN/projects/traffic-safety-analysis/semifot>

8 Aspect: Wegverkeersemisies

8.1 Definitie en doel

Met wegverkeersemisies worden in deze leidraad emissies bedoeld die voertuigen uitstoten ten gevolge van verbranding van (fossiele) brandstoffen of slijtage van banden, remmen en wegdek. Geluidsemisies ten gevolge van het wegverkeer worden in hoofdstuk 10 behandeld. (Luchtkwaliteit, waar wegverkeersemisies invloed op kunnen hebben, wordt in hoofdstuk 9 behandeld.)

De uitstoot van het een bepaald voertuig is afhankelijk van:

- het type voertuig (licht, middelzwaar of zwaar verkeer);
- de brandstofsoort (benzine, diesel, LPG, CNG, elektrisch);
- de emissienorm waar het voertuig aan voldoet;
- de gebruikte technologie (bijvoorbeeld wel / geen roetfilter, directe of indirecte injectie);
- het rijgedrag van de bestuurder.

Daarnaast hebben ook de staat van onderhoud, veroudering en het gebruik van accessoires als airco invloed op de uitstoot. De gemiddelde emissies die lokaal op een bepaald stuk weg worden uitgestoten zijn tevens afhankelijk van:

- de verkeerssituatie (bijvoorbeeld het afwikkelingsniveau – van vrije doorstroming tot stop-en-go verkeer, de geldende snelheidslimiet, wel of geen strikte handhaving – dit heeft ook invloed op het rijgedrag van bestuurders);
- de hoeveelheid voertuigen;
- de wagenparksamenstelling (aantal dieselveertuigen, aantal vrachtwagens, etc.);
- type wegdek (bijvoorbeeld: ZOAB geeft meer emissies van opwervend wegdek, maar minder geluidshinder, ten opzichte van Open Asfalt Beton).

Het evalueren van verkeersgerelateerde emissies betreft het bekijken van de verandering in emissies, uitgedrukt in gram/km of, indien er over totalen wordt gesproken als gevolg van maatregelen, in een massa-eenheid zoals kilogram of kiloton. De verkeersemisies kunnen in dit kader worden opgesplitst in emissies die direct schade aan kunnen richten aan mens of milieu (doel: 'schoon' verkeer) en de emissies die direct bijdragen aan de klimaatverandering (doel: 'zuinig' verkeer).

Het beleid om de verkeersemisies te verminderen is een direct gevolg van:

- de gewenste verbetering van de luchtkwaliteit (zie verder hoofdstuk 9);
- de eis te voldoen aan de emissieplafonds, zoals vastgelegd in de NEC-richtlijnen [1]. Hierbij zijn naast NO_x en PM₁₀ de belangrijkste componenten de vluchtige koolwaterstoffen (VOS of HC) en koolmonoxide (CO).

De NEC richtlijn betreft landelijke toetswaarden en is alleen van belang als het gaat om generieke invoering van maatregelen (invoering op grote schaal).

De behoefte om de broeikasgasemissies te beperken komt voort uit de wens om de opwarming van de aarde tegen te gaan. Hierover is meer informatie te vinden in het werkprogramma 'Schoon en Zuinig' van de Nederlandse overheid [2].

Hoewel er geen verplichting is de effecten van benuttingsmaatregelen op emissies te evalueren, wordt er wel steeds vaker aandacht aan gegeven. Doel van de analyse is dan vooral om inzicht te verschaffen in de effecten van de maatregel op emissies (en welke verkeersparameters in welke mate bijdragen aan het effect). De emissies op zich zeggen niet altijd genoeg. Bij CO₂ is inzicht nodig in hoe een gevonden effect zich verhoudt tot de totale CO₂ emissies (door verkeer, in totaal) in een gebied. Bij fijn stof en NO_x is vaak nog een vertaling naar de effecten op concentraties langs de weg nodig.

8.2 Indicatoren

Voor wegverkeer zijn de belangrijkste emissie-indicatoren de emissies van:

- stikstofoxiden (NO_x dat bestaat uit NO en NO₂);
- fijn stof (PM₁₀ en PM_{2.5});
- broeikasgassen (voor verkeer met name: CO₂; in veel mindere mate ook CH₄).

Voor luchtkwaliteit (fijn stof, NO_x) is het belangrijk de emissies over een bepaald traject te weten (zodat de concentraties langs het wegvak bepaald kunnen worden); voor broeikasgassen (CO₂) volstaat het meestal om alleen te kijken naar het totaal voor het beschouwde netwerk.

Verkeersemissies worden uitgedrukt in een massa-eenheid, bijvoorbeeld kilogram of kiloton. De emissies worden voor een bepaalde tijdsperiode bepaald (bijvoorbeeld een jaar, of een etmaal). Als invoer voor luchtkwaliteitsmodellen worden emissies vaak uitgedrukt in gram/kilometer/voertuig.

8.3 Uitvoering

8.3.1 Diepgaande effectanalyse

Emissieberekeningen kunnen variëren van heel gedetailleerd (meso- en microscopisch) tot vrij globaal (macroscopisch). Macroscopische berekeningen zijn het meest gebruikelijk maar laten het niet altijd toe de specifieke effecten van benuttingsmaatregelen te evalueren. Meso- en microscopische berekeningen kunnen dan gebruikt worden.

Meso- en microscopisch

Zowel de officieel door VROM gepubliceerde emissiefactoren als de emissiefactoren van de Taakgroep Verkeer en Vervoer worden vastgesteld met behulp van het TNO emissiemodel VERSIT+ [3]. Met het VERSIT+ model kan TNO naast de standaard emissiefactoren ook andere emissiefactoren afleiden, voor allerlei specifieke situaties (bijvoorbeeld: een uitgangssituatie met redelijk dynamisch verkeer vergeleken met veel homogener verkeer). Dit kan beschouwd worden als een mesoscopische berekening. Het is een optie bij uitgebreide evaluaties van complexe maatregelen, en is ook geschikt voor evaluaties van netwerkeffecten.

Daarnaast zijn met VERSIT+ microscopische emissieberekeningen mogelijk. Dat zijn berekeningen op het meest gedetailleerde niveau, waarbij van ieder individueel voertuig op het traject de emissies apart worden berekend. De emissies van

individuele voertuigen kunnen dan geaggregeerd worden tot de emissies van een verkeersstroom op een wegvak in een bepaalde periode. Microscopische berekeningen bieden de meeste flexibiliteit en geven, indien goed uitgevoerd, het meeste inzicht in de effecten van maatregelen. Er zijn echter veel data voor nodig, die niet altijd voorhanden zijn. Er is voor ieder voertuig een inschatting nodig van het voertuigtype, rijgedrag (snelheid over tijd, bijvoorbeeld met een frequentie van 1-10 Hz) en gereden kilometers.

Tabel 4 geeft een aantal mogelijk bronnen van de benodigde gegevens.

Tabel 4: Mogelijke bronnen van benodigde gegevens voor microscopische emissieberekeningen

Benodigde gegevens	Mogelijke bron
Voertuigtype	Als het om een bestaand traject gaat kan het voertuigtype worden achterhaald met behulp van kentekenherkenning. Middels videocamera kan het kenteken van passerende voertuigen worden geregistreerd en vervolgens kunnen voertuigparameters als emissiestandaard (euroklasse) en brandstoftype worden opgevraagd bij de RDW. Deze gegevens kunnen vervolgens, samen met een inschatting van het rijgedrag (of verkeerssituatie) gebruikt worden om de voor dat voertuig typische emissies te bepalen.
Rijgedrag: snelheid over tijd (1-10 Hz)	Bepaling of inschatting van het rijgedrag kan aan de hand van metingen en / of een gevalideerd microscopisch verkeersmodel. Metingen kunnen uitgevoerd worden m.b.v. camera's of GPS logs. Idealiter wordt ook gelogd op welk wegtype en onder welke omstandigheden (bijvoorbeeld verkeer, weer) gereden werd. Merk op dat een goede bepaling of inschatting van het rijgedrag essentieel is voor de juiste berekening van de emissies. Dit moet uiteindelijk leiden tot een betrouwbare voertuigsnelheid als functie van de tijd per voertuig.
Aantal gereden kilometers	Het aantal gereden kilometers over een bepaald traject, kan worden afgeleid uit de voertuigsnelheid als functie van de tijd.

Emissies kunnen vervolgens worden berekend met een instantaan emissiemodel. Vanwege consistentie is het hierbij van belang dat het gebruikte emissiemodel zo goed mogelijk aansluit bij de standaard emissiefactoren. VERSIT+ is dus een geschikt basismodel. Het hiervan afgeleide VERSIT+^{micro} emissiemodel [4] is speciaal ontwikkeld voor gebruik met gegevens uit een microscopisch verkeerssimulatiemodel, maar kan ook gebruikt worden met door metingen verkregen ritgegevens van voertuigen. Gekoppeld met het microsimulatiepakket VISSIM is dit model beschikbaar onder de naam EnViVer. Meer informatie over emissiemodellen en hun eigenschappen en geschiktheid voor bepaalde berekeningen is te vinden in [5].

Tenslotte zijn er voor analyses waarbij de samenstelling van het verkeer belangrijk is vrij gedetailleerde emissiefactoren beschikbaar via de Taakgroep Verkeer en

Vervoer van de Emissie Registratie. Voor deze emissiefactoren is een onderscheid gemaakt naar het bouwjaar en brandstofsoort van het voertuig. Indeling naar verschillende verkeerssituaties is echter beperkt tot stad, buitenweg en snelweg.

Macroscopisch

Een macroscopische emissieberekening betreft een globale berekening van de emissies van het wegverkeer op een bepaald traject (of alle trajecten in een netwerk). Hiervoor is een inschatting nodig van de typische verkeerssituatie en de verkeersprestaties (voertuigkilometers) en de samenstelling van het wegverkeer. Voor macroscopische berekeningen kan het beste worden aangesloten bij de standaard beschikbare emissiefactoren, zeker als de luchtkwaliteit getoetst dient te worden.

Er zijn standaard emissiefactoren beschikbaar voor een aantal typische verkeerssituaties (zowel hoofdwegennet als onderliggend wegennet) voor een gemiddeld wagenpark in een bepaald zichtjaar (2005, 2010, 2015 en 2020). Deze worden jaarlijks opnieuw berekend door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en TNO volgens de nieuwe inzichten met betrekking tot technologie en beleid. Vervolgens worden ze door het ministerie van VROM gepubliceerd op de VROM-website [6]. Deze emissiefactoren worden ook gebruikt voor luchtkwaliteitsberekeningen volgens de Standaard Rekenmethoden (SRM1 voor wegen langs bebouwing en SRM2 voor wegen door open terrein zoals snelwegen).

De emissiefactoren maken onderscheid naar:

- verkeerssituatie:
 - stad / buitenweg / snelweg (voor een aantal snelheidslimieten);
 - doorstromend verkeer / stagnerend verkeer;
- wagenpark
 - licht / middelzwaar / zwaar verkeer (eventueel bussen);
- zichtjaar.

Indien het een bestaand traject betreft dat voorzien is van meetlussen, dan kunnen de verkeerssituatie en het wagenpark op basis van lusgegevens worden bepaald (zie paragraaf 4.3.1 voor hoe de verkeersgegevens verkregen kunnen worden. Opgemerkt dient te worden dat de op lusdata gebaseerde indeling in voertuigtypen bruikbaar, maar niet heel nauwkeurig is.). Indien het om een nog niet bestaand traject gaat, of geen meetlussen aanwezig zijn, dan kan een macroscopisch verkeersmodel uitkomst bieden. Validatie van dit verkeersmodel verdient dan wel aandacht.

Het berekenen van de emissies van het wegverkeer over een bepaald traject gebeurt steeds door de emissiefactoren (bijvoorbeeld per voertuigcategorie) te vermenigvuldigen met de bijbehorende voertuigkilometers.

Voor de vergelijkbaarheid is het aan te raden waar mogelijk met de standaard emissiefactoren te rekenen. De vraag is echter of de typische verkeerssituaties die gehanteerd worden geschikt zijn voor de evaluatie van benuttingsmaatregelen. De effecten van een maatregel die verkeer homogeniseert zijn bijvoorbeeld op deze manier niet te bepalen. Per maatregel zal dus bekeken moeten worden of kan worden volstaan met het gebruik van de standaard emissiefactoren.

8.3.2 *Quick scan*

Voor quick scan effectanalyses liggen de micro- en mesoscopische aanpakken minder voor de hand, aangezien hiervoor vaak meer of gedetailleerdere data nodig zijn. Indien de maatregel zich er voor leent (de maatregel beïnvloedt vooral de intensiteiten, samenstelling van het verkeer, of de snelheidslimiet), kan met een macroscopische benadering wel snel een effectinschatting gedaan worden. Zie de vorige paragraaf.

Daarnaast is het mogelijk een kwalitatieve analyse te doen van veranderingen in de voor emissies van belang zijnde verkeersparameters (hoeveelheid verkeer, samenstelling, snelheidslimiet / gereden snelheden, variatie in snelheden, hoeveelheid congestie).

8.3.3 *Modelstudies*

Bij het evalueren van de emissies wordt vrijwel altijd gebruik gemaakt van emissiemodellen. Deze modellen kunnen naast gemeten verkeersdata ook uitvoer uit een verkeersmodel verwerken. De schaalniveaus van de modellen (microscopisch vs. macroscopisch) dienen zoveel mogelijk overeen te komen.

Verkeersmodellen zijn niet ontworpen om data voor emissiemodellen te genereren en ze hebben dan ook enkele zwakke punten waar rekening mee gehouden dient te worden (zie ook [7]). Dit zijn bijvoorbeeld in macroscopische modellen de beschouwde perioden (vaak worden alleen de spitsen gemodelleerd), of en hoe kruispunten gemodelleerd worden, of het vrachtverkeer goed gemodelleerd wordt, en of de uit het model komende snelheden en congestie (stagnatie) nauwkeurig zijn. Bij microscopische verkeersmodellen blijkt het lastig realistische acceleratie- en deceleratiepatronen te modelleren, en ook is het gedrag in vrije doorstroming niet altijd realistisch (in veel gevallen is dit veel te constant) [8]. Voor een goede inschatting van de emissies moet hier aandacht aan worden besteed.

8.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Een trendanalyse of stelselmatige monitoring van de effecten van benutting op verkeersemissies is niet gebruikelijk. Het is mogelijk een inschatting te maken op basis van de vervoerprestatie, uitgesplitst voor licht en zwaar verkeer en eventueel voor stagnerend vs. vrij doorstromend verkeer.

8.3.5 *Literatuurstudie*

Er is nog niet veel literatuur beschikbaar over de effecten van benuttingsmaatregelen op emissies, althans niet in kwantitatieve zin. Wel wordt vaak een kwalitatieve inschatting van de mogelijke effecten gegeven in de vorm van plussen (verbetering) en minnen (verslechtering). In sommige gevallen levert dit lastige afwegingen op. Bijvoorbeeld: wat is het netto effect op emissies van een spitsstrook? Die verbetert de doorstroming (bereikbaarheid: + , emissies: +), en de vervoersprestatie op het wegvak neemt vaak toe (bereikbaarheid: + , emissies: -).

Omdat er de laatste jaren veel aandacht is geweest voor emissies, met name in het kader van de luchtkwaliteit, zullen er wel steeds meer studies beschikbaar komen waarin ook kwantitatieve analyses gerapporteerd worden.

In alle gevallen geldt dat de effecten van benuttingsmaatregelen heel locatiespecifiek kunnen zijn, en hiermee moet zeker als het gaat om stoffen die belangrijk zijn in het kader van luchtkwaliteit rekening gehouden worden.

8.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment kan ingezet worden als de tijd het niet toelaat een uitgebreidere analyse te doen. Inzicht in de effecten van de maatregel op de verkeersafwikkeling en –samenstelling is nodig om een kwalitatieve inschatting van de effecten op emissies te doen. Het is aan te bevelen experts met verschillende achtergronden (verkeerskundig, automotive/emissies) samen te laten werken en de tijd te nemen om de effecten te bekijken vanuit zowel verkeerskundig als emissietechnisch oogpunt. Dit omdat een en dezelfde maatregel verschillende, tegenstrijdige effecten op emissies kunnen hebben (zie het voorbeeld van de spitsstrook).

8.4 **Opmerkingen**

- De uitkomsten van emissieberekeningen bevatten een zekere mate van onzekerheid, zeker wat betreft de absolute resultaten. Daarom kan het soms aan te bevelen zijn om de aandacht vooral te richten op het verschil tussen een situatie met en een situatie zonder maatregelen.
- Indien gebruik wordt gemaakt van kentekenregistratie dient bekeken te worden hoeveel buitenlandse kentekens er geobserveerd zijn. Gemiddeld betreft dit slechts een klein deel van de voertuigen. Op specifieke trajecten, bijvoorbeeld met veel vrachtverkeer of in de buurt van de Nederlandse grens, kan het aandeel buitenlandse kentekens echter significant zijn.

8.5 **Referenties**

- [1] NEC richtlijn, informatie hierover is beschikbaar @ <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/nec-richtlijn>
- [2] VROM (2007), Nieuwe energie voor het klimaat - Werkprogramma Schoon en zuinig, Den Haag, VROM, artikelcode 7421, september 2007.
- [3] Ligterink, N.E., Lange, R. de, Refined vehicle and driving behaviour dependencies in the VERSIT+3 emission model, ETTAP Symposium, juni 2009.
- [4] Ligterink, N.E., J. van Baalen, A. Eijk, W.J. Mak, W. Broeders, P. Vortisch, (2008), Predicting local vehicle emissions using VERSIT+ and VISSIM, Paper gepresenteerd op het 7e European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Genève, 4-6 juni 2008.
- [5] Klunder et al. (2009), Impact of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency in Road Transport- Final Report, TNO-rapport TNO-034-2009-02223A.

- [6] Website van het ministerie van VROM waarop emissiefactoren (voor 2009) worden gepubliceerd, beschikbaar @ <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=35627&term=emissiefactoren>.
- [7] IMAGINE (2006), Guidelines for the use of traffic models for noise mapping and noise action planning, IMAGINE report IMA02DR7-060531-TNO.10, 31 May 2006, beschikbaar @ <http://www.imagine-project.org> (Research topic: Work package 2).
- [8] Wilmink, I., F. Viti, J. van Baalen & M. Li (2009), Emission modelling at signalised intersections using microscopic models, paper presented at the 16th ITS World Congress, Stockholm, September 2009.

9 Aspect: Luchtkwaliteit

9.1 Definitie en doel

Luchtkwaliteit is steeds vaker één van de aspecten die in een evaluatie bekeken wordt. Dit komt doordat de concentraties van verontreinigende stoffen op verschillende plaatsen nog steeds rond de wettelijke normen liggen, en een risico voor de volksgezondheid vormen. Hoe lager de concentraties, hoe beter voor de gezondheid. Verkeersemissies dragen bij aan de luchtkwaliteit: de concentraties langs een weg worden bepaald door de achtergrondconcentraties en de verkeersbijdrage. Relevant voor verkeer is de bijdrage aan de luchtkwaliteit van stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM_{2,5} en PM₁₀).

Benuttingsmaatregelen kunnen effect hebben op de emissies en daarmee op de luchtkwaliteit, en dus is er vaak de wens de effecten op luchtkwaliteit te evalueren. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden naar evalueren in de zin van:

- toetsing van de effecten;
- inzicht verkrijgen over de effecten.

De luchtkwaliteit langs de wegen dient periodiek getoetst te worden. De Europese Unie heeft normen vastgesteld voor de luchtkwaliteit (maximale concentraties, zie [1] voor verdere uitleg). Met het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) laat de Nederlandse overheid zien hoe zij die grenswaarden gaat realiseren. In het NSL zijn projecten (bijvoorbeeld weginfrastructuur) en maatregelen (bijvoorbeeld roetfilters) opgenomen die er voor moeten zorgen dat Nederland medio 2011 en 2015 voldoet aan de Europese normen voor de luchtkwaliteit van respectievelijk fijnstof en NO₂. De voortgang van het NSL wordt door het RIVM en Agentschap NL gemonitord. Vanaf 2011 (fijnstof) en 2015 (NO₂) worden de effecten van een maatregel op de luchtkwaliteit getoetst aan de Europese normen. De toetsing kan plaatsvinden op basis van metingen en berekeningen, zoals voorgeschreven in de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit (RBL) 2007 [2].

Benuttingsmaatregelen kunnen worden ingezet om luchtkwaliteitsknelpunten op te lossen. Bij de invoer van individuele maatregelen hoeft er niet getoetst te worden (er wordt namelijk al periodiek getoetst). Toch is het vaak gewenst inzicht te hebben in hoe de maatregel de luchtkwaliteit beïnvloedt. Dit kan door metingen, maar meestal worden berekeningen uitgevoerd (voor de afweging tussen meten en rekenen zie [3]). Bij voorkeur worden bij de berekeningen de voorgeschreven emissiefactoren en luchtkwaliteitsmodellen gebruikt. In veel gevallen zijn echter de effecten van benuttingsmaatregelen niet goed te verwerken met de beschikbare emissiefactoren en luchtkwaliteitsmodellen. Dit betreft bijvoorbeeld maatregelen die effecten hebben op de gereden snelheden en de dynamiek. Dan is het te overwegen een (aanvullende) analyse uit te voeren die wel recht doet aan de effecten die de maatregel heeft. Afhankelijk van de maatregel en de locatie volstaat het soms om een analyse van de effecten op de emissies uit te voeren; vaak wordt echter ook inzicht in hoe de maatregel de concentraties langs de weg verandert gevraagd.

9.2 Indicatoren

In het kader van luchtkwaliteit dienen de concentraties van fijn stof (PM_{10} en $PM_{2.5}$) en stikstofdioxide (NO_2) bekeken te worden. Bij toetsing gaat het om de uur- en jaargemiddelde concentraties van stikstofdioxide, en de 24-uur en jaargemiddelde concentraties van fijn stof. In de praktijk wordt met name de jaargemiddelde NO_2 en 24-uur gemiddelde PM_{10} langs binnenstedelijke straten en langs snelwegen in stedelijk gebied overschreden.

Welke indicatoren bepaald moeten worden is permanent aan inhoudelijke en beleidsmatige discussie onderhevig. Het kan daarom niet uitgesloten worden dat er in de toekomst meer of andere indicatoren bepaald moeten worden. Bekend is al dat vanaf 2010 voor alle lidstaten van de EU de verplichting bestaat om zwarte rook (als "black carbon") op een stedelijk achtergrondstation te meten.

Bij luchtkwaliteit hoeft niet gekeken te worden naar CO_2 , aangezien dit lokaal geen knelpunten oplevert. CO_2 wordt bij het onderdeel Emissies behandeld.

9.3 Uitvoering

9.3.1 Diepgaande effectanalyse

Bij het evalueren van luchtkwaliteit zijn meerdere verkeersparameters belangrijk. Een verandering van de intensiteit kan een grote invloed hebben, want een stijging van een paar procent in het aantal voertuigen erbij betekent een stijging van een paar procent in de emissies (meer als vooral het aantal zware voertuigen stijgt). Een verandering in de dynamiek (door homogener rijgedrag of verandering in het aandeel en de aard van de congestie) heeft doorgaans een minder grote invloed, tenzij het verkeer in de uitgangssituatie erg onrustig was of een hoog aandeel congestie kende. Bij luchtkwaliteit is het ook belangrijk de netwerkeffecten te bekijken, omdat de oplossing van een knelpunt op de ene locatie niet mag leiden tot een knelpunt op een andere locatie.

Uiteindelijk is het doel van evaluatie van de luchtkwaliteit te bekijken hoe de concentraties langs de weg veranderen als gevolg van de maatregel. Dan is ook informatie over de achtergrondconcentraties (en of die in de buurt van de geldende normen komt) van belang, zodat de verandering in concentraties in perspectief geplaatst kan worden.

Zoals al vermeld in paragraaf 9.1, dient onderscheid gemaakt te worden naar het doel van de evaluatie. Als er getoetst moet worden, dient gebruik gemaakt te worden van de standaard rekenmethoden met voorgeschreven emissiefactoren en luchtkwaliteitsmodellen (of dient volgens de voorschriften gemeten te worden). Als het doel is om inzicht te krijgen in de effecten, zijn andere, meer gedetailleerde modellen vaak beter geschikt om benuttingsmaatregelen mee te evalueren. De standaard rekenmethoden zijn minder tot niet geschikt om maatregelen te evalueren die andere effecten hebben dan een verandering van de intensiteit, de samenstelling van het verkeer of de snelheidslimiet. Ook als een maatregel een groot effect heeft gedurende een korte periode (terwijl gerekend wordt met etmaalgemiddelden) is een aanvullende evaluatie gewenst [4].

Standaard rekenmethode

Zie [5] voor informatie over met welke emissiefactoren en modellen gerekend dient te worden (de Standaard Rekenmethoden SRM1 en SRM2). VROM maakt jaarlijks de gegevens die gebruikt moeten worden bij de berekening van de concentraties luchtverontreinigende stoffen bekend (dit betreft emissiefactoren voor een beperkt aantal verkeerssituaties, de achtergrondconcentraties en meteorologische data). Deze taak van VROM is vastgelegd in de 'Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007'. Daarin staat ook exact omschreven waar getoetst moet worden. Zie paragraaf 4.3.1 voor hoe de verkeersgegevens verkregen kunnen worden. Opgemerkt dient te worden dat de op lusdata gebaseerde indeling in voertuigtypen bruikbaar, maar niet heel nauwkeurig is.

Gedetailleerdere berekeningen

Maatregelen die effect hebben op het rijgedrag en daarmee op de verkeersafwikkeling kunnen geëvalueerd worden met gedetailleerdere emissiefactoren of -modellen en luchtkwaliteitsmodellen die daarbij aansluiten. Dit betreft bijvoorbeeld maatregelen of systemen die de gereden snelheden en de variatie daarin beïnvloeden, of systemen die de hoeveelheid en aard van de congestie beïnvloeden. Een keuze voor dergelijke gedetailleerdere berekeningen dient in overleg met de opdrachtgever gemaakt te worden. Het kan voorkomen dat de uitkomsten niet geaccepteerd worden omdat niet met de voorgeschreven rekenmethode is gewerkt.

Voor gedetailleerdere emissieberekeningen wordt verwezen naar hoofdstuk 8 (meso- en microscopische emissieberekeningen). Voor berekeningen van de concentraties langs de weg kan gebruik worden gemaakt van uur-tot-uur verspreidingsmodellen (in plaats van modellen die een etmaalberekening uitvoeren).

9.3.2 *Quick scan*

Een quick scan effectanalyse is mogelijk met de standaard rekenmethoden, voor zover de benodigde gegevens voorhanden zijn. Deze aanpak is niet voor alle soorten maatregelen geschikt (zie vorige paragraaf).

Een andere mogelijkheid is de analyse te beperken tot emissieberekeningen of een analyse te doen van veranderingen in de voor emissies van belang zijnde verkeersparameters (intensiteiten, samenstelling verkeer, gereden snelheden, dynamiek). Dit vereist wel een vrij diepgaande kennis van wat wegverkeersemissies beïnvloedt.

9.3.3 *Modelstudies*

De in de paragraaf over diepgaande effectanalyse behandelde emissie- en verspreidingsmodellen maken gebruik van verkeersgegevens die zowel uit metingen als uit modellen afkomstig kunnen zijn. Zie verder paragraaf 8.3.3.

9.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Periodiek moet de luchtkwaliteit langs hoofdwegen gerapporteerd worden. Dit gebeurt al buiten evaluaties van benuttingmaatregelen om.

9.3.5 Literatuurstudie

Omdat bij evaluatie van benuttingsmaatregelen de luchtkwaliteit pas de laatste jaren in de belangstelling staat is maar in beperkte mate literatuur beschikbaar. Een aantal publicaties is te vinden op de website van het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit [6]. Verder zijn de 80 km zones uitgebreid geëvalueerd [7].

9.3.6 Expert judgment

Expert judgment kan ingezet worden als de tijd het niet toelaat een uitgebreidere analyse te doen. Naast inzicht in hoe de maatregel de emissies beïnvloedt (zie ook paragraaf 8.3.6) is inzicht nodig in hoe een verandering in emissies zich vertaalt in een verandering in de concentraties op een specifieke locatie.

9.4 Opmerkingen

- Net als bij andere aspecten (doorstroming, veiligheid, andere duurzaamheidsaspecten) is het belangrijk een vergelijkbare voor- en nasituatie te kiezen, zodat het effect van de maatregel zichtbaar is en niet bijvoorbeeld het effect van toevallige of seizoensgebonden variatie in intensiteiten. Voor luchtkwaliteit is dit belangrijk omdat een verschil in het aantal voertuigen dat over een wegvak rijdt een substantiële invloed heeft op de emissies en daarmee op de luchtkwaliteit. Overigens kan een benuttingsmaatregel zelf natuurlijk ook de reden zijn van een verandering van de intensiteit; als dit waargenomen of op betrouwbare wijze ingeschat kan worden, is het gewenst hier rekening mee te houden.

9.5 Referenties

- [1] Informatie over luchtkwaliteit (o.a. 'Wet Luchtkwaliteit', rekenen en meten aan luchtkwaliteit, het NSL), beschikbaar @ <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/>
- [2] Informatie over de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007, beschikbaar @ <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/wettelijk-kader-en/regeling-beoordeling/>
- [3] Factsheet meten en rekenen, te vinden @ <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/meten-rekenen/>
- [4] Drewes W., W. Fransen & L. Kok (2009), Stand van zaken toepassingsadvies DVM, Delft, Rijkswaterstaat DVS (IPL), december 2009.
- [5] Informatie over meten en rekenen aan luchtkwaliteit, beschikbaar @ <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/meten-rekenen/>
- [6] Publicaties op de website van het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit, beschikbaar @ <http://www.ipluchtkwaliteit.nl/>
- [7] Keuken, M.P., S. Jonkers & I.R. Wilmink (2010), Reduced NO_x and PM₁₀ emissions on urban motorways in the Netherlands by 80 km/h speed management, in: Journal of the Total Environment 408, 2517-2526.

10 Aspect: Geluid

10.1 Definitie en doel

Geluid is, net als luchtkwaliteit, steeds vaker één van de aspecten die in een evaluatie bekeken wordt. De reden hiervoor is dat op sommige plaatsen de geluidsniveaus dicht tegen de norm liggen of de norm overschrijden. Dit brengt gezondheidsrisico's met zich mee. Hoe lager de geluidsniveaus, vooral 's avonds en 's nachts, hoe beter.

Benuttingsmaatregelen kunnen effect hebben op de geluidsproductie van verkeersstromen, en dus is er vaak de wens deze effecten te evalueren. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden naar evalueren in de zin van:

- toetsing van de effecten;
- inzicht verkrijgen over de effecten.

De geluidsniveaus langs wegen worden periodiek gerapporteerd, volgens de Europese Richtlijn Omgevingslawaai. [1]. In Nederland zijn de eisen waaraan wegbeheerders moeten voldoen bij aanleg of reconstructies van wegen vastgelegd in de Wet Geluidhinder. Op verschillende websites is informatie te vinden over de wetgeving op het gebied van geluid [2]. Overigens zal de huidige regelgeving volgens de Wet Geluidshinder waarschijnlijk binnen enkele jaren worden vervangen door nieuwe regelgeving met periodieke toetsing van geluidsniveaus in referentiepunten langs de weg (de zogenoemde geluidsproductieplafonds).

Juridisch gezien is er nu alleen reden om de verandering in de geluidproductie van de weg te bepalen als er sprake is van een fysieke aanpassing (zoals een spitsstrook of een toeritdoseerlicht) te kwantificeren (zie voor verdere informatie de Wet Geluidhinder [1]). Maar daarnaast kan het ook om andere redenen interessant zijn om inzicht in de effecten van de maatregel te krijgen, bijvoorbeeld om een eventuele "milieuwinst" aan te tonen.

Voor benuttingsmaatregelen dient er rekening mee gehouden te worden dat in de huidige wetgeving sprake is van een 'reconstructie volgens de Wet geluidhinder' als de geluidbelasting bij geluidgevoelige objecten (zoals woningen) tien jaar na reconstructie 2 dB (of meer dan 2 dB) hoger is dan in het jaar voorafgaand aan het begin van de uitvoering van de werkzaamheden. De toename door groei van het verkeer in die periode moet daarbij meegerekend worden. Als er sprake is van een toename van 2 dB is een uitgebreider onderzoek nodig ten behoeve van de besluitvorming over maatregelen om het geluid te beperken. De besluitvorming hangt vaak samen met andere regelingen, zoals de regeling voor de sanering van verkeerslawaai⁵.

⁵ De Wet geluidhinder voorziet in een zogenoemde saneringsregeling voor situaties waar woningen op 1 maart 1986 een hogere geluidbelasting (etmaalwaarde) hadden dan 55 dB(A).

Als de nieuwe wetgeving aangenomen wordt, kan toetsing aan het 2-dB-criterium achterwege blijven, en zullen de 'geluidproductieplafonds' van wegen grenzen stellen aan de geluidbelasting. Het kan in die gevallen wel nodig zijn om akoestisch onderzoek uit te voeren, om aan te tonen dat de weg na aanpassing nog binnen de geluidgrenzen blijft⁶, of, indien overschrijding dreigt, een keuze te kunnen maken uit de passende geluidbeperkende maatregelen. Op dit moment is nog niet duidelijk wanneer de geluidproductieplafonds worden ingevoerd en voor welke typen veranderingen aan een weg het geluidonderzoek beperkt kan blijven tot de toetsing aan de geluidproductieplafonds.

10.2 Indicatoren

De geluidbelasting van wegverkeer wordt uitgedrukt in L_{den} (waarbij 'den' staat voor day, evening, night). In deze maat wordt de geluidbelasting van de dag (7 tot 19 uur), de avond (19 tot 23 uur) en de nacht (23 tot 7 uur) met een bepaalde weging gemiddeld. Effecten op de geluidbelasting moeten daarom voor de drie perioden afzonderlijk worden bepaald.

De geluidbelasting geldt ter plaatse van de (buiten)gevels woningen of andere objecten die als 'geluidgevoelig' zijn aangemerkt (bijvoorbeeld ziekenhuizen).

Als de geluidbelasting beneden de voorkeursgrenswaarde van 48 dB blijft, zijn ook bij een toename van de geluidbelasting geen maatregelen nodig. Als een toename van 2 dB bij één of meer woningen leidt tot een geluidbelasting van meer dan 48 dB moet worden onderzocht welke grenswaarden voor de betreffende woningen van toepassing zijn. Dit is afhankelijk van de heersende geluidbelasting en de eventueel eerder vastgestelde 'hogere waarde' (hoger dan 48 dB). Daarnaast is van belang of een woning eerder als 'saneringssituatie' is aangemerkt.

Voor de geluidproductieplafonds worden grenswaarden voor het geluid vastgelegd in punten langs de weg, meestal op afstanden van 50 meter tot het asfalt en 200 meter onderlinge afstand. Ook hier is L_{den} de geluidmaat. Bij invoering van de geluidproductieplafonds zullen de grenswaarden naar verwachting worden gelijk gesteld aan de heersende geluidbelasting plus 1,5 dB. Voor elk punt geldt dus een andere grenswaarde.

De geluidproductie of emissie van (een deel van) een weg is de hoeveelheid geluid die de voertuigen op die weg produceren. In veel situaties kan de toe- of afname van de geluidproductie als eerste indicatie⁷ worden gebruikt voor de verandering in

⁶ Mogelijk kan de vraag of er al dan niet een overschrijding gaat optreden en wanneer worden beantwoord met behulp van het rekenmodel dat voor de bewaking van de geluidproductieplafonds is of wordt ontwikkeld en bij Rijkswaterstaat in beheer is ('Silence'). Het is dan niet nodig apart akoestisch onderzoek uit te (laten) voeren.

⁷ Geluidproductie (emissie) en overdracht (de verzwakking die het geluid ondergaat in de weg tussen bron en waarneempunt) bepalen samen de geluidbelasting in het waarneempunt. Het is eenvoudiger om de geluidproductie te berekenen dan de geluidbelasting, omdat voor het berekenen van de overdracht een modellering nodig is van het terrein, waarin alle akoestisch relevante obstakels, variaties in bodemeigenschappen en hoogteverschillen zijn opgenomen.

geluidbelasting bij verder van de weg gelegen woningen (zolang er niets verandert in het 'overdrachtspad' tussen de weg en de woning).

Naast het bepalen van L_{den} kan ook overwogen worden om de hinder ervaren door omwonenden te evalueren. Hiervoor is echter geen algemene indicator voorhanden.

10.3 Uitvoering

10.3.1 Diepgaande effectanalyse

Maatregelen ter bevordering van de doorstroming of benutting van wegen leiden tot veranderingen in bijvoorbeeld rijsnelheden, intensiteiten, verkeerssamenstelling⁸, etmaalverdeling⁹ en de 'rijdynamiek' (de mate waarin het verkeersbeeld afwijkt van een zich met constante snelheid verplaatsende stroom voertuigen). Daarmee hebben deze maatregelen ook invloed op het geluid dat de weg produceert.

Een verandering in intensiteiten heeft overigens bij geluid een minder grote invloed dan bij luchtkwaliteit. Veranderingen in snelheden en in de samenstelling van het verkeer (bijvoorbeeld in het aandeel vrachtverkeer) zijn belangrijker. Andere verkeersparameters die mogelijk van belang zijn zijn veranderingen in vertrektijdstip (verkeer dat van de dag- naar de avond- of nachtperiode verschuift) en de verkeersafwikkeling op kruispunten. Tenslotte is het van belang de netwerkeffecten van de maatregel te beschouwen, zodat duidelijk wordt of het oplossen van een knelpunt niet leidt tot het ontstaan van een ander knelpunt elders in het netwerk.

Net als bij luchtkwaliteit, dient ook hier eerst vastgesteld te worden of het doel is om geluidsniveaus te toetsen, of om inzicht te krijgen in de effecten van de maatregel: hoeveel verlaagt (of verhoogt) de maatregel de geluidsproductie of de geluidsniveaus langs de weg?

Als getoetst wordt, dienen de voorgeschreven reken- en meetmethoden gebruikt te worden, tenzij evident is dat die geen goede evaluatie opleveren (zie de meet en rekenvoorschriften zie [3]). Voor de meeste situaties is dit de zogenoemde Standaard rekenmethode 2 van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder. De geluidemissie van een weg wordt volgens deze methode bepaald uit de verkeersintensiteiten voor vier voertuigcategorieën¹, het type wegdek en de gemiddelde snelheden per voertuigcategorie. Om de uitkomst van de rekenmethode zoveel mogelijk onafhankelijk te maken van degene die de berekeningen uitvoert, heeft Rijkswaterstaat in de "Handleiding Akoestisch Onderzoek Wegverkeer" verder gespecificeerd hoe een akoestisch rekenmodel moet worden ingericht [4]. Zo is in die handleiding bijvoorbeeld vastgelegd welke gemiddelde snelheid per voertuigcategorie van toepassing is, afhankelijk van de maximum snelheid die op het wegvak geldt.

⁸ Verdeling van het verkeer over voertuigcategorieën: lichte, middelzware en zware voertuigen en motorrijwielen.

⁹ Verdeling van de etmaalintensiteit per voertuigcategorieën over de dag-, avond en nachtperiode.

Als met de standaard rekenmethode gerekend wordt, kunnen niet alle mogelijke effecten van benuttingsmaatregelen bepaald worden. Effecten op de verkeersintensiteit, de verkeerssamenstelling, de verdeling van het verkeer over het etmaal en de maximum toegestane rijnsnelheid worden meegenomen. Maar de werkelijke verandering in gereden snelheden (die heel anders kan zijn dan het verschil in km/u tussen twee snelheidslimieten) wordt niet meegenomen, en veranderingen in dynamiek (homogener verkeer) worden ook niet meegenomen.

Als de juridisch voorgeschreven rekenmethode niet bruikbaar is, zijn er andere mogelijkheden om een schatting te maken van de invloed die de verandering in doorstroming, congestie of dynamiek heeft op de geluidproductie en de geluidbelasting bij woningen. Hierbij is het raadzaam een specialist in te schakelen.

Er zijn argumenten voor (meer inzicht) en tegen een uitgebreider akoestisch onderzoek. Redenen om de akoestische onderzoeken zoveel mogelijk te beperken tot berekeningen met de juridisch voorgeschreven methode zijn:

- Aanvullend onderzoek naar het effect van verandering van dynamiek op geluid zal veel werk (bijvoorbeeld meten) en dus hoge kosten met zich meebrengen.
- Het is de vraag of uit de beschikbare gegevens over plaatsafhankelijke snelheid en versnelling per voertuig zinvolle invoergegevens voor rekenmodellen kunnen worden afgeleid.
- De te verwachten effecten van benuttingsmaatregelen zijn meestal klein (kleiner dan 1 dB, behoudens uitzonderingen, zoals een vrachtwagenverbod).
- Er is geen 'standaard methode' of breed geaccepteerde methode, waardoor de uitkomst afhankelijk zal zijn van de instantie die het onderzoek uitvoert.

Hinder ervaren door omwonenden kan geëvalueerd worden door middel van enquêtes of interviews met omwonenden.

10.3.2 *Quick scan*

Een quick scan effectanalyse is mogelijk met de standaard rekenmethode, voor zover de benodigde gegevens beschikbaar zijn. Deze aanpak is niet voor alle maatregelen geschikt (zie vorige paragraaf).

Het is mogelijk de geluidsberekening te beperken tot het bepalen van de (verandering in) geluidproductie (zeker als er niets verandert aan de omgeving van de weg). Indien er niet gerekend kan worden kan een kwalitatieve analyse gedaan worden van veranderingen in de voor geluid belangrijke parameters (gereden snelheden, samenstelling verkeer, intensiteiten, dynamiek). Dit vereist vrij diepgaande kennis van hoe veranderingen in deze parameters de geluidproductie beïnvloeden, en het is logischer om een eenvoudige berekening uit te voeren.

10.3.3 *Modelstudies*

Effectanalyses (zowel diepgaand als quick scan) maken gebruik van geluidsemissie- en overdrachtsmodellen. Gegevens daarvoor kunnen uit verkeersmodellen afkomstig zijn. Het is daarbij wenselijk dat het detailniveau van de verkeersgegevens uit het verkeersmodel overeenkomt met het detailniveau dat gevraagd wordt van de invoerparameters van het geluidsmodeel.

Verkeersmodellen zijn niet ontworpen om data voor geluidsmodellen te genereren en ze hebben dan ook enkele zwakke punten waar rekening mee gehouden dient te worden (zie [5]). Dit zijn bijvoorbeeld in macroscopische modellen de uit het model komende rijnsnelheden, de verkeerssamenstelling (vrachtverkeer goed en/of apart gemodelleerd?), de beschouwde perioden (vrijwel nooit onderscheid naar dag-avond-nacht), en of en hoe kruispunten gemodelleerd worden.

10.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Periodiek moet de geluidsbelasting langs hoofdwegen gerapporteerd worden. Dit gebeurt al buiten evaluaties van benuttingsmaatregelen om.

10.3.5 *Literatuurstudie*

Over de geluidseffecten van benuttingsmaatregelen is enige literatuur beschikbaar (zie bijvoorbeeld de deliverables van het HEAVEN-project [6]). In Nederland zijn de geluidseffecten van de 80 km zones relatief uitgebreid onderzocht [7].

10.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment kan ingezet worden als de tijd het niet toelaat een uitgebreidere analyse te doen. Naast inzicht in hoe de maatregel de geluidsproductie beïnvloed is kennis nodig over de bebouwing in de omgeving van weg en over eventuele fysieke maatregelen als stille wegdekken of geluidswallen.

10.4 **Opmerkingen**

- (Geen)

10.5 **Referenties**

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council, relating to the assessment and management of environmental noise (END – European Noise Directive), 25 June 2002
- [2] Informatie over de Wet geluidhinder, beschikbaar op websites van VROM, Infomil en StillerVerkeer.nl @ <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=7652>, <http://www.stillerverkeer.nl/> en <http://www.infomil.nl/onderwerpen/hinder-gezondheid/geluid/wet-geluidhinder/wegverkeer/>
- [3] Meet- en rekenvoorschriften geluid, beschikbaar @ <http://www.infomil.nl/onderwerpen/hinder-gezondheid/geluid/wet-geluidhinder/rekenen-meten/> en <http://www.stillerverkeer.nl/index.php?section=general&subject=downloads>
- [4] Handleiding akoestisch onderzoek, beschikbaar @ <http://www.stillerverkeer.nl/index.php?section=general&subject=downloads>
- [5] IMAGINE consortium, Guidelines for the use of traffic models for noise mapping and noise action planning, IMAGINE deliverable D7, 2006, beschikbaar @ <http://www.imagine-project.org/>
- [6] HEAVEN project website, beschikbaar @ <http://heaven.rec.org/Introduction.html>

- [7] Riemersma, I.J., N.L.J. Gense, I.R. Wilmink, H.H. Versteegt, J.H. Hogema, A.R.A. van der Horst, F. de Roo, I.M. Noordhoek, S.D. Teeuwisse, Y. de Kluizenaar & W. Passchier (2004), "Quickscan optimale snelheidslimiet op Nederlandse snelwegen", Delft, TNO, 12 mei 2004, TNO-rapport 04.OR.VM.016.1/IJR.

11 Aspect: Externe veiligheid

11.1 Definitie en doel

Externe veiligheid gaat in het kader van evaluaties van benuttingsmaatregelen over het beheersen van de risico's voor de omgeving bij vervoer (in bulk) van gevaarlijke stoffen als LPG en benzine over de weg. Risico wordt hierbij gedefinieerd als kans maal gevolg. Een kleine kans op een optreden van een gebeurtenis kan toch tot een groot risico leiden als de gevolgen van de gebeurtenis groot zijn. Het risico wordt weergegeven met de indicatoren plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR) (zie paragraaf Indicatoren).

Het beleid van het transport van gevaarlijke stoffen over de weg valt onder het Ministerie van Verkeer & Waterstaat. De overheid geeft op de website [1] informatie over de Nederlandse wet- en regelgeving omtrent het transport van gevaarlijke stoffen en biedt op de website [2] relevante documenten met betrekking tot de jaarintensiteiten van het vervoer van gevaarlijke stoffen aan.

Voor transportassen is verder de Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS) [3] van belang. Daarin is de regelgeving ten aanzien van externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen uitgewerkt¹⁰.

Bij de evaluatie van benuttingsmaatregelen speelt externe veiligheid vooral een rol als door de maatregel:

- de weg structureel verbreed of versmald wordt, of de middenas van de weg aanzienlijk verlegd wordt; of
- een grote verandering in de verkeersstromen van de gevaarlijke stoffen (verlegging naar andere routes) plaatsvindt.

Hierbij zijn de volgende opmerkingen te plaatsen:

- Vervoerders van gevaarlijke stoffen mogen niet van alle wegen gebruikmaken. Zij moeten wegen door en langs dichtbevolkte gebieden mijden (en zoveel mogelijk het hoofdwegennet gebruiken). Ook mogen zij niet door alle tunnels in Nederland (zie [4]).
- Benuttingsmaatregelen hebben over het algemeen geen invloed op het transport van gevaarlijke stoffen over de weg.
- Als de verkeersintensiteit op een weg verandert, heeft dit meestal géén invloed op het aantal transporten van gevaarlijke stoffen. Het aantal transporten van gevaarlijke stoffen hangt veel meer af van internationale economische factoren en de ligging van de grote chemische clusters. Een standaard verkeersmodel (waarmee bijvoorbeeld een prognose van de toename van vrachtverkeer op een route gemaakt wordt) kan daarom niet gebruikt worden om in te schatten hoe het aantal transporten van gevaarlijke stoffen zal veranderen.

¹⁰ het Basisnet (opgenomen in de circulaire RNVGS) is niet relevant bij het evalueren van benuttingsmaatregelen, daar het Basisnet alleen geldt voor ruimtelijke besluiten (zoals bestemmingsplannen) en niet voor infrastructuurbesluiten.

Externe veiligheidsberekeningen moeten worden uitgevoerd als er sprake kan zijn van een plaatsgebonden risico dat boven de 10^{-6} ligt, een groepsrisico dat boven de oriënterende waarde ligt of een toename van het groepsrisico. Zie de paragraaf over indicatoren voor verdere uitleg.

11.2 Indicatoren

De indicatoren voor externe veiligheid zijn plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR) [3].

Plaatsgebonden risico [3]

Het plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op een plaats langs een transportroute verblijft, komt te overlijden als gevolg van een incident met het vervoer van gevaarlijke stoffen. Daarbij is de omvang van het risico een functie van de afstand waarbij meestal geldt: hoe groter de afstand, des te kleiner het risico. De diverse niveaus van het plaatsgebonden risico worden geografisch weergegeven door zogenaamde iso-risicocontouren (lijnen) om de activiteit (de weg, in dit geval). Daarbij verbindt elke lijn plaatsen in de omgeving van een risicovol object of een transportas met een even hoog plaatsgebonden risico.

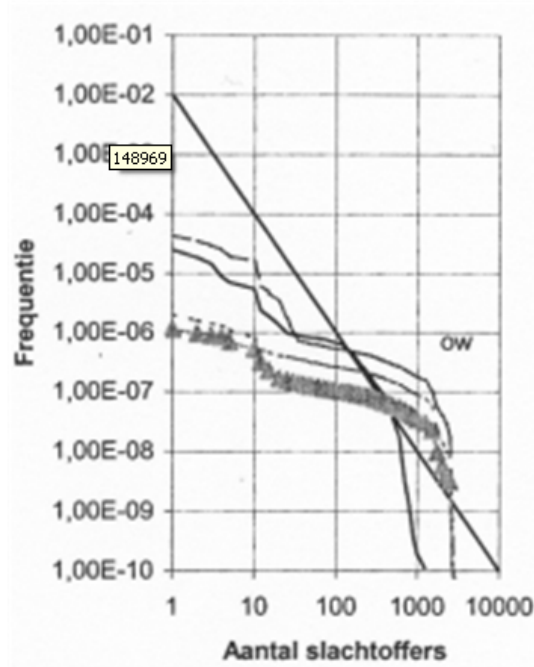
De norm voor het plaatsgebonden risico in Nederland is de kans van 1 op de miljoen per jaar (ofwel 10^{-6} per jaar); deze norm geldt als grenswaarde voor kwetsbare bestemmingen en als richtwaarde voor beperkt kwetsbare bestemmingen. Zie voor verdere informatie over de normen voor het plaatsgebonden risico paragraaf 4.2 van de Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS) [3].

Groepsrisico [3]

Het groepsrisico is de kans per jaar per kilometer transportroute dat een groep van 10 of meer personen in de omgeving van de transportroute in één keer het (dodelijk) slachtoffer wordt van een ongeval op die transportroute. Het groepsrisico geeft de aandachtspunten op een transportroute aan waar zich mogelijk een ramp met veel slachtoffers kan voordoen en houdt daarmee rekening met de aard en dichtheid van de bebouwing in de nabijheid van de transportroute. Met de grootte van het groepsrisico is getracht een maat voor maatschappelijke ontwrichting door een dergelijk incident te creëren.

Het groepsrisico wordt weergegeven met een normwaarde en de fN-curve: een grafiek waarin op de verticale as de cumulatieve overschrijdingsfrequentie per jaar logaritmisches en op de horizontale as het aantal doden logaritmisches is weergegeven. **Figuur 6** illustreert dit. De kromme lijnen geven de verschillende groepsrisico's weer. De rechte lijn geeft de oriëntatiewaarde (OW) van het groepsrisico weer. Aan de rechterkant van deze lijn is sprake van een overschrijding van de oriëntatiewaarde. Het groepsrisico wordt meestal gepresenteerd voor de totale route en voor de kilometer met het hoogste groepsrisico. Zie voor verdere informatie over de beoordeling van het groepsrisico paragraaf 4.3 van de Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS) [3].

Figuur 6: fN-curve voor het groepsrisico (bron: [3])



11.3 Uitvoering

11.3.1 Diepgaande effectanalyse

Benuttingsmaatregelen kunnen invloed hebben op de ongevalfrequentie en op de aantallen transporten met gevaarlijke stoffen op een wegvak (bijvoorbeeld doordat routes wijzigen). De effecten kunnen door middel van een berekening van de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen bepaald worden.

Eerst dient bepaald te worden of een kwantitatieve risicoanalyse nodig is. De 'Guidelines for Quantitative Risk Assessment' [5] geven van een specifiek route deel aan op welke wijzen het risiconiveau inzichtelijk kan worden gemaakt. Dit zijn de volgende drie wijzen, waarbij de mate van nauwkeurigheid toeneemt [3]:

1. Een eerste indruk van de risiconiveaus kan worden verkregen aan de hand van het Risico Register Gevaarlijke Situaties (RRGS) of door het aantal transportbewegingen per jaar te vergelijken met de drempelwaarden, de zogenoemde vuistregels [6]. Indien niet voldaan wordt aan de vuistregels, moet worden doorgedaan naar stap 2. Wanneer de onderzochte weg geen elementaire situatie, ook wel "open weg" op maaiveld genoemd, betreft en op basis van "Inventarisatie toepassingsmogelijkheden RBM II voor berekeningen ten behoeve van het 'Basisnet'" [7] niet geconcludeerd kan worden dat voor die wegsituatie het risico lager of ongeveer gelijk zal dan berekend met RBM II, dan moet ook worden doorgedaan naar stap 2.
2. Als op basis van het voorgaande niet duidelijk is of er sprake is van een extern veiligheidsprobleem, dan kan het risico op betrekkelijk eenvoudige manier worden ingeschat met behulp van het risicoberekeningsprogramma RBM II [8];
3. De RBM II is een gestandaardiseerde kwantitatieve risicoanalyse. Als deze onvoldoende uitsluitsel biedt, dient in overleg met betrokken bestuursorganen

een meer op de situatie toegesneden kwantitatieve risicoanalyse worden toegepast. Hierbij kunnen de kennisinstututen op het gebied van externe veiligheid worden geraadpleegd; met de experts binnen Rijkswaterstaat kan contact opgenomen worden via het DVS loket [9].

RBM II

RBM II is een programma dat op de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen berekent, op basis van een aantal door de gebruiker in te voeren parameters. De standaardscenario's per transportmodaliteit en stofcategorie uit [5] zijn in het programma opgenomen. De benodigde input betreft de bevolkingsgegevens, ongevalfrequenties, aantallen transporten per stofcategorie¹² en meteodata (door één van de meteostations te kiezen in het programma). Het programma berekent het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Het model en informatie over het gebruik en de benodigde inputgegevens ervan zijn te vinden op [8], [2] en [10]. Met de berekeningsresultaten kan worden aangetoond in hoeverre het vervoer van gevaarlijke stoffen over een bepaalde transportroute voldoet aan de in het externe veiligheidsbeleid vastgestelde normering.

Het *plaatsgebonden risico* wordt in belangrijke mate bepaald door de intensiteit van het transport van gevaarlijke stoffen per stofcategorie¹¹.

Er wordt gerekend met een generieke –dus gemiddeld voor Nederland geldende– ongevalskansen voor wegen binnen de bebouwde kom, wegen buiten de bebouwde kom en auto(snel)wegen. Dit betekent dat het effect van een benuttingsmaatregel die de verkeersveiligheid beïnvloedt niet kwantitatief meegenomen kan worden in de berekeningen; een kwalitatieve beschouwing over de verwachte verandering in de ongevalskans en de gevolgen voor externe veiligheid kan natuurlijk wel toegevoegd worden.

De ligging van de 10^{-6} PR-contour wordt voor wegvervoer in het algemeen bepaald door brandbare gassen [6].

Voor het *groepsrisico* zijn naast bovengenoemde intensiteiten ook nog gegevens nodig over de bevolkingsdichtheid langs de transportroute. Voor het groepsrisico moet een verantwoording worden opgesteld wanneer het groepsrisico boven de oriënterende waarde ligt of toeneemt ten gevolge van de benuttingsmaatregelen.

11.3.2 *Quick scan*

Zoals in de vorige paragraaf al beschreven, kan een eerste indruk van de risiconiveaus worden verkregen aan de hand van het Risico Register Gevaarlijke Situaties (RRGS) of door het aantal transportbewegingen per jaar te vergelijken met de drempelwaarden, de eerder genoemde vuistregels. Wanneer uit de vuistregels blijkt dat de risiconormen mogelijk overschreden kunnen worden kunnen berekeningen met RBM II overwogen worden [3].

11.3.3 *Modelstudies*

Gegevens over vrachtverkeer en/of aantal ongevallen afkomstig uit modelstudies met standaard transport/verkeersmodellen kunnen voor de evaluatie van externe veiligheid niet gebruikt worden. De redenen hiervoor zijn dat (1) het transport van

¹¹ Er wordt onderscheid gemaakt naar een aantal stofcategorieën, welke per stofcategorie vergelijkbare stoffeïenschappen hebben en dus op vergelijkbare wijze zich in de omgeving verspreiden en gevaar opleveren voor de aanwezige personen.

gevaarlijke stoffen al zoveel mogelijk over de hoofdwegen rijdt, zodat benuttingsmaatregelen geen tot nauwelijks effect zullen hebben op de intensiteit van deze transporten en (2) dat in het rekenmodel voor externe veiligheid (RBM II) gewerkt wordt met generieke –dus gemiddeld voor Nederland geldende– ongevalskansen voor wegen binnen de bebouwde kom, wegen buiten de bebouwde kom en auto(snel)wegen.

11.3.4 *Trendanalyse / Monitoring*

Berekeningen van risico's (of inschattingen m.b.v. vuistregels) kunnen ook in het kader van monitoring en trendanalyse plaatsvinden.

11.3.5 *Literatuurstudie*

Het aspect externe veiligheid wordt niet vaak meegenomen in evaluaties van benuttingsmaatregelen. In [11] is van enkele benuttingsmaatregelen beschreven of externe veiligheidseffecten te verwachten zijn.

11.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment kan ingezet worden als een uitgebreidere analyse niet haalbaar is. Het is wenselijk een expert in externe veiligheidsaspecten in te schakelen. Een expert moet niet alleen RBM II kunnen toepassen, maar moet ook de uitkomsten kunnen interpreteren, en inzicht hebben in de beleidscontext, bestaande knelpunten en gehanteerde vuistregels en rekenmethoden.

11.4 **Opmerkingen**

Enkele conclusies uit het rapport "Inventarisatie toepassingsmogelijkheden RBM II voor berekeningen ten behoeve van het 'Basisnet'" [7]:

- RBM II is als standaard risicoberekeningsmethodiek in verreweg de meeste gevallen toepasbaar. De resultaten van RBM II zijn in de meeste bijzondere situaties als representatief ofwel licht conservatief aan te merken.
- Voor de berekening van de externe veiligheidsrisico's bij tunnels is RBM II minder geschikt. Er kan echter een indicatieve rekenmethode worden toegepast met naar verwachting conservatieve uitkomsten. Voor nauwkeurigere berekeningen wordt nog een model ontwikkeld.

11.5 **Referenties**

- [1] Informatie over de Nederlandse wet- en regelgeving omtrent het transport van gevaarlijke stoffen, beschikbaar @ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/vervoer-gevaarlijke-stoffen>
- [2] Relevante documenten met betrekking tot de jaarintensiteiten van het vervoer van gevaarlijke stoffen, beschikbaar @ http://www.rws.nl/kenniscentrum/veiligheid/vervoer_gevaarlijke_stoffen/methodiek_data_inwinning_weg/documenten/
- [3] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer & Ministerie van Binnenlandse Zaken

- en Koninkrijksrelaties, Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, beschikbaar @ <http://www.relevant.nl/display/DOC/Circulaire+Risiconormering+Vervoer+Gevaarlijke+Stoffen>
- [4] Website over routes voor vrachtwagens met gevaarlijke stoffen, beschikbaar @ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/vervoer-gevaarlijke-stoffen/basisnet-vervoer-gevaarlijke-stoffen/huidige-routes-voor-vrachtwagens-met-gevaarlijke-stoffen>
- [5] Guidelines for Quantitative Risk Assessment, uitgave december 2005 (PGS 3, het zogenaamde Paarse Boek)
- [6] Handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen van VNG, Den Haag, 1998.
- [7] Rijkswaterstaat, Inventarisatie toepassingsmogelijkheden RBM II voor berekeningen ten behoeve van het 'Basisnet', Rijkswaterstaat Bouwdienst, afdeling Veiligheid, 1 november 2007, beschikbaar @ <http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Inventarisatie%20toepassingsmogelijkheden%20RBM%20II%20voor%20het%20'basisnet'%20tcm174-270312.pdf>
- [8] Website over RBM II, beschikbaar @ <http://www.rijkswaterstaat.nl/kenniscentrum/veiligheid/rbmii/>
- [9] DVS-loket, zie <http://www.rijkswaterstaat.nl/dvs/contact/dvsloket/>
- [10] Website met informatie over gevaarsklassen en UN-nummer stoffen, beschikbaar @ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/vervoer-gevaarlijke-stoffen/regels-voor-het-vervoer-gevaarlijke-stoffen/gevaarsklasse-en-un-nummer>
- [11] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Leidraad Milieueffecten van benuttingsmaatregelen, december 2001

12 Aspect: Baten-kostenverhouding

12.1 Definitie en doel

Steeds vaker wordt, als overwogen wordt een benuttingsmaatregel of een set benuttingsmaatregelen in te voeren, gevraagd de baten-kostenverhouding te kwantificeren. Dit gebeurt door middel van een kosten-batenanalyse (KBA). Een KBA is een veelvoudig gehanteerde en objectieve evaluatiemethode. Over het algemeen vergelijkt de KBA de potentiële baten, die de invoering van een maatregel met zich meebrengt, met alle relevante kosten die gemaakt worden.

In een KBA worden de welvaartseffecten van een investering, bijvoorbeeld een benuttingsmaatregel, bepaald. Dit houdt in dat de KBA de vraag beantwoordt of de baten van een investering vanuit maatschappelijk oogpunt opwegen tegen de kosten. Hierin wordt niet alleen gekeken naar de financiële aspecten, maar ook naar de effecten op bijvoorbeeld emissies, congestie en reistijd. Zodoende kan de KBA worden gebruikt om de maatschappelijke efficiëntie van bepaalde maatregelen te bepalen door de baten en de kosten in monetaire eenheden naast elkaar neer te zetten. Dit komt tot stand door de specifieke effecten te vermenigvuldigen met de prijs per eenheid (de zogenaamde kengetallen). Omdat de maatregelen vaak over lange termijn effecten genereren, zullen tot een bepaalde tijdshorizon de effecten bepaald moeten worden. Deze effecten dienen naar het eerste investeringsjaar verdisconteerd te worden met de voor Nederland geldende discontovoet (een rentepercentage). Met de verkregen netto contante waarden (NCW) kan uiteindelijk de ratio tussen de baten en kosten worden gevormd: de baten kosten ratio (zie Indicatoren).

Om de effecten van infrastructuurprojecten gestructureerd en transparant te kunnen presenteren is de Leidraad OEI [1] ontwikkeld. Hierin staan effecten beschreven en de methoden waarmee deze effecten kunnen worden bepaald. Er wordt onderscheid gemaakt naar verschillende soorten KBA [2]:

- kosten-batenanalyse (KBA);
- kengetallen kosten-batenanalyse (kKBA);
- quick scan kosten-batenanalyse (quick scan KBA).

Dit zijn in principe allemaal maatschappelijke kosten-batenanalyses, omdat zoveel mogelijk alle maatschappelijke effecten meegenomen worden. **Tabel 5** geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van deze groepen KBA's.

Tabel 5: Groepen KBA's

Groep	Kenmerken
KBA	<ul style="list-style-type: none"> • diepgaande en integrale analyse, conform de leidraad OEI • doorwerking van maatregel op alle afgeleide markten wordt zo goed mogelijk bezien • doorloopt alle stappen in de leidraad OEI • zoveel mogelijk gebaseerd op projectspecifiek onderzoek
kKBA	<ul style="list-style-type: none"> • volgens het principe van de KBA, maar informatie is meer ontleend aan algemeen toepasbare kengetallen en globale indicatoren • het is belangrijker dat alle relevante aspecten aan de orde

	<p>komen dan dat reeds diepgravend onderzoek heeft plaatsgevonden</p> <ul style="list-style-type: none"> • gebruikt veelal kengetallen die ontleend zijn aan eerder onderzoek • wordt toegepast in voorfase besluitvormingsproces
quick scan KBA	<ul style="list-style-type: none"> • zoveel mogelijk conform de leidraad OEI, met de 'best mogelijke' informatie • aannames en inschattingen zo goed mogelijk beschreven • alleen belangrijkste kosten- en batenstromen worden gekwantificeerd • effecten die niet gekwantificeerd worden, worden wel benoemd • geen kwaliteitseisen vanuit leidraad OEI

De keuze voor een bepaalde soort KBA zal afhangen van de gewenste mate van breedte en diepgang enerzijds, en de beschikbaarheid van gegevens, tijd en budget anderzijds. Voor benuttingsmaatregelen is een diepgaande maatschappelijke kosten-batenanalyse niet vereist. Er kan dan gekozen worden voor een kKBA of een quick scan KBA.

Op de website van het Steunpunt Economische Evaluatie is meer informatie te vinden over de Leidraad OEI en toepassing ervan [3].

12.2 Indicatoren

De meest gehanteerde indicator is de baten-kosten ratio (BKR), die de verhouding weergeeft van de baten ten opzichte van de kosten. Een BKR groter dan 1 geeft aan dat de baten de kosten overtreffen en het project dus maatschappelijk effectief genoemd kan worden. Een cijfer kleiner dan 1 zegt juist dat de kosten groter zijn dan de baten en daardoor het project niet maatschappelijk rendabel is.

Een andere indicator die gebruikt kan worden is de interne rentevoet. Uit de interne rentevoet blijkt bij welke rentevoet de berekende effecten tegen de kosten opwegen. Als de interne rentevoet hoger is dan de toegepaste discontovoet is er sprake van een maatschappelijk economisch rendabel project.

Het is verder belangrijk alle in de KBA opgenomen posten te vermelden. Het streven is om effecten zoveel mogelijk in geld uit te drukken. Als dit niet mogelijk is, kan een kwantitatieve of kwalitatieve beschrijving opgenomen worden.

12.3 Uitvoering

12.3.1 Diepgaande effectanalyse

Zoals al vermeld, is het uitvoeren van een 'volledige' KBA niet vereist voor benuttingsmaatregelen. Het is waarschijnlijker dat voor een kKBA of een quick scan KBA wordt gekozen. Voor benuttingsmaatregelen lijkt een kKBA overigens een wat te grove benadering. Welke benadering ook gekozen wordt: het is belangrijk de gemaakte keuze helder te rapporteren.

Een KBA bestaat uit een aantal stappen:

- Er wordt een algemeen kader geschetst rondom de benuttingsmaatregel en project- en nulalternatieven die in de KBA vergeleken zullen worden.
- De effecten van de maatregel, zowel direct als indirect, worden op een rijtje gezet.
- Aan de effecten wordt een geldeenheid toegekend.
- Tegelijk worden ook de kosten van de maatregel uiteengezet. Belangrijk is hier dat de tijdschhorizon waarover de effectenbepaling wordt bepaald. Gedurende welke periode, nu en in de toekomst, verwacht men effecten van de maatregel. Zijn deze effecten zinvol om te ramen voor de gehele periode?
- De gevonden baten en kosten die optreden gedurende het gekozen tijdsvenster worden verdisconteerd naar het uitgangsjaar. Vervolgens worden de resulterende *netto contante waarden* naast elkaar gezet, om zo de baten kosten ratio van de maatregel te kunnen berekenen.

Effecten

Voor de bepaling van de baten van een benuttingsmaatregel kan gekeken worden naar de volgende categorieën effecten:

- **Bereikbaarheid:** Bij benuttingsmaatregelen wordt meestal gekeken naar de effecten op de doorstroming. De verandering in reistijden is een belangrijke input. Een verandering in reistijden kan gemonetariseerd worden middels de "value of time" [4]. Ook aan de variatie in reistijden (betrouwbaarheid) kan een monetaire waarde gegeven worden. Naast een verandering in (de betrouwbaarheid van) reistijden kan een verbetering van de doorstroming door een maatregel een verandering van het brandstofverbruik met zich meebrengen, die ook in geld uitgedrukt kan worden. Verder kan de doorstroming ook verbeteren doordat er minder ongelukken dan wel betere afhandelingen van ongelukken ontstaan. Ook een dergelijk bereikbaarheidseffect kan gekwantificeerd worden (zie bijvoorbeeld [5]).
- **Verkeersveiligheid:** Hier is de verandering in het aantal slachtoffers (doden, zwaar- en lichtgewonden) en de materiële schade van belang.
- **Leefbaarheid:** Relevante input op dit vlak zijn de veranderingen in de luchtkwaliteit en de emissies van broeikasgassen (voornamelijk CO₂; brandstofverbruik wordt behandeld in de categorie doorstroming). Veranderingen in geluids- of lichthinder kan ook in deze categorie worden meegenomen, evenals externe veiligheid.

Kosten

Kosten die mee moeten worden genomen zijn onder andere:

- **Investeringskosten:** Welke kosten brengt van het opzetten van de benuttingsmaatregel met zich mee.
- **Beheers-, exploitatie- en onderhoudskosten:** Hoeveel kosten brengt de maatregel aan beheer, onderhoud en exploitatie met zich mee over tijd. Dit betreft bijvoorbeeld kosten voor het technisch onderhoud en het functioneel beheer van maatregelen. Daarnaast de kosten van de operationele inzet van maatregelen; de kosten die gemoeid zijn met personeel dat nodig is in de verkeerscentrales vallen hier ook onder.
- **Handhavingskosten:** Hieronder vallen de kosten die gemaakt worden bij handhaving van een benuttingsmaatregel (bijvoorbeeld snelheidscontroles).

Het kan lastig zijn de kosten en de verwachte levensduur van een maatregel vast te stellen. Eerder uitgevoerde studies kunnen eventueel informatie bieden, zie bijvoorbeeld de door DVS in het kader van asset management bepaalde cijfers over levensduur [6].

Er kan sprake zijn van vermeden kosten (omdat door de maatregel bepaalde kosten niet meer gemaakt hoeven te worden). Ook deze dienen waar mogelijk benoemd te worden.

Financiële waardering

Bovenstaande baten en kosten vormen de input voor de bepalende indicator voor de KBA, namelijk de BKR. Waar aan de kostenkant de eenheid vaak al monetair van aard is, zal bij de effecten er nog een financiële waardering moeten plaatsvinden. Voor onder andere emissies, reistijd en congestie heeft Rijkswaterstaat de te hanteren kengetallen op een rijtje gezet [5].

Tijdsaspecten

De project- en nulalternatieven worden in de KBA over een langere periode met elkaar vergeleken, afhankelijk van over welke periode effecten verwacht worden van de maatregel. De kosten en effecten worden 'contant gemaakt' naar het eerste investeringsjaar met behulp van een discontovoet (een rentepercentage). Dit houdt in dat de effecten gewogen worden over de verschillende jaren, waarbij effecten die later in de tijd optreden minder zwaar meewegen dan effecten die eerder optreden. Door op deze manier de zogeheten contante waarde van kosten en baten te berekenen, kunnen maatregelen met een verschillende levensduur toch met elkaar vergeleken worden. In KBA's wordt meestal gewerkt met een discontovoet van 5,5%. Dit percentage bestaat uit een risicovrije discontovoet van 2,5% en uit een standaard risico-opslag van 3%¹².

12.3.2 Quick scan

Zie Diepgaande effectanalyse. Bij een quick scan evaluatie zal het van de beschikbaarheid van gegevens afhangen welke effecten en welke kosten meegenomen worden. Dit zullen er over het algemeen minder zijn dan bij een diepgaande effectanalyse.

12.3.3 Modelstudies

Bij een ex-ante evaluatie kunnen gegevens uit modelstudies gebruikt worden als input voor de kosten-batenanalyse (bijvoorbeeld een kKBA). Ook bij een ex-post evaluatie kunnen gegevens uit modelstudies gebruikt worden als input voor de KBA.

12.3.4 Trendanalyse / Monitoring

n.v.t.

12.3.5 Literatuurstudie

Kosten-batenanalyses worden niet standaard uitgevoerd bij evaluaties van benuttingsmaatregelen, maar er zijn de afgelopen jaren wel diverse publicaties

¹² Het kabinet heeft in september 2009 besloten dat de standaard risico-opslag van 3% voor een specifieke groep projecteffecten in nieuwe KBA's kan worden gehalveerd. Dit betreft projecten die negatieve externe effecten ondervangen of veroorzaken en als die negatieve externe effecten een onomkeerbaar karakter hebben. Te denken valt bijvoorbeeld aan de verlaging van de uitstoot van broeikasgassen om klimaatverandering tegen te gaan [7].

verschenen die de kosten en baten van benuttingsmaatregelen behandelden. Voorbeelden hiervan zijn [7][8][9][10].

12.3.6 *Expert judgment*

Expert judgment kan ingezet worden als een uitgebreidere analyse niet haalbaar is. De vraag is of in dat geval een KBA voor een benuttingsmaatregel zinvol is.

12.4 **Opmerkingen**

- Naast de kosten-baten analyse kunnen ook andere instrumenten worden ingezet bij socio-economische analyses. Afhankelijk van het specifieke doel kan men ook kiezen voor alternatieve varianten als aandeelhoudersanalyse, multi-criteria analyse, financiële analyse en de uitwerking van business cases.
- Mogelijke neveneffecten dienen benoemd te worden. Dit zijn extra effecten die geen effect hebben op de bovenstaande drie baten categorieën (bijvoorbeeld economische effecten [1]).
- Het tijdsaspect van de KBA maakt het soms lastig om voor toekomstjaren de effecten van benuttingsmaatregelen te bepalen. Wanneer niet eenduidig kan worden bepaald wat de effecten van een benuttingsmaatregel is of zal zijn, moet bedacht worden of een KBA nog wel de geschikte tool is.
- Indien de effecten van de benuttingsmaatregel moeilijk kwantitatief te bepalen zijn, is het ook de vraag of het zinvol is een KBA uit te voeren.

12.5 **Referenties**

- [1] Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P. J.G. Tang & A.C.P. Verster (2000), Evaluatie van grote infrastructuurprojecten – Leidraad voor kosten-baten analyse (Leidraad OEI), deel I Hoofdrapport en deel II Capita Selecta, CPB, NEI, februari 2000.
- [2] Evaluatiemethoden OEI.pdf - Begrippen en toepassing in het kader van OEI (augustus 2008), beschikbaar @ http://www.rijkswaterstaat.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen_en_documenten/
- [3] Website Steunpunt Economische Evaluatie, beschikbaar @ http://www.rws.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/steunpunt_economische_evaluatie/
- [4] Informatie over de Value of Time (VoT) van personenvervoer, beschikbaar @ http://www.rijkswaterstaat.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen_en_documenten/
- [5] Wilmink, I., W. Janssen, E. Jonkers, K. Malone, M. van Noort, G. Klunder, P. Rämä, N. Sihvola, R. Kulmala, A. Schirokoff, G. Lind, T. Benz, H. Peters & S. Schönebeck (2008), Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety systems, Deliverable 4 of the eIMPACT project, EU 6th Framework Programme, contract no. 027421, augustus 2008
- [6] Dienst Verkeer en Scheepvaart (2010), Objectbeheerregime Dynamisch Verkeersmanagementsystemen (OBR-DVM), conceptrapport, Versie 0.6, februari 2010, opvraagbaar bij DVS
- [7] SEE nieuwsbrief 15 - november 2009, beschikbaar @ http://www.rijkswaterstaat.nl/images/SEE%20Nieuwsbrief%2015_tcm174-277380.pdf

- [8] Adviesdienst Verkeer en Vervoer (2003), Kosteneffectiviteit benuttingsmaatregelen, maart 2003
- [9] Cluitmans et al. (2002), Effecten en kosten van bereikbaarheidsmaatregelen: eindrapport, ARCADIS & Goudappel Coffeng, 31 oktober 2002
- [10] Ecorys, Ex-post evaluatie van benuttingsmaatregelen (o.a. DRIPS en toeritdosering) – rapport heb ik niet

13 Overige geraadpleegde bronnen

Leidraad MKBA in het milieubeleid: Versie 1.0,

Leidraad Milieueffecten van benuttingsmaatregelen, december 2001

Expertteam gebiedsafbakening luchtkwaliteitonderzoek, Methodiek
Gebiedsafbakening onderzoek luchtkwaliteitvuieregels, februari 2008, 080222
methode gebiedsafbakening onderzoek luchtkwaliteit.pdf

Good Practice Guide WG-AEN, 2006, Good Practice Guide v2 wg_aen.pdf

Tempo, Handbook On Evaluation Best Practice (TEMPO Programme Euro-Regional
Project Evaluation)

Tempo, Euro-regional project evaluation guidelines

CONVERGE guidelines, September 1998,

HEATCO deliverable 5, Available @ <http://heatco.iier.uni-stuttgart.de/deliverables.html>

EC, Impact assessment guidelines, June 2005

Rijkswaterstaat, Gebiedgericht benutten plus duurzaam veilig, april 2007

ITS Canada & Delcan, Development of a Project Evaluation Methodology Framework
for Canadian Intelligent Transportation Systems, maart 2007

van Ek, Nijboer, Plantinga, Effecten en kosten van leefbaarheidsmaatregelen, 29
oktober 2002

FITS, Guidelines for the evaluation of ITS-projects

Polderdijk, S. Ex-post evaluation of network-wide Dynamic Traffic Management
Proposal for a theory-based evaluation methodology, MSc Thesis, maart 2009

Van Velzen - Leidraad model- en evaluatiestudies benuttingsmaatregelen.pdf,
presentatie Platos 2003

RWS-DVS, Veilig over Rijkswegen !? – Verkeersveiligheid landelijk in beeld, 1 juni
2008

Rijkswaterstaat Rotterdam, Gebiedsgericht benutten plus Duurzaam veilig, 2007

VRM, Handreiking luchtkwaliteit: niet in betekenende mate bijdragen (NIBM), mei
2008

Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit, kabinetsbesluit

Bijlage A Gebruik leidraad door opdrachtgevers en opdrachtnemers

Opmerkingen voor opdrachtgevers

De opdrachtgever kan deze leidraad gebruiken bij het maken van een plan van aanpak voor evaluaties, en bij het beoordelen van offertes voor de uitvoering van de evaluatie. Over de evaluatieaanpak dient al vroeg in het proces nagedacht te worden, omdat de keuzes die gemaakt worden met betrekking tot de proef of invoering van de maatregel grote invloed hebben op de evaluatie.

Het doel van de opdrachtgever is om een helder beeld te krijgen van de effecten van een bepaalde benuttingsmaatregel. Dit vormt de basis voor besluiten over de invoering van de maatregel. De opdrachtgever is in meer of mindere mate betrokken bij de evaluatie. Per geval zal afgewogen worden welke rol de opdrachtgever speelt in de evaluatie. Steeds vaker is sprake van samenwerking tussen verschillende partners met verschillende expertises, en ook samenwerking tussen opdrachtgever en opdrachtnemer komt meer voor. Ook als de opdrachtgever in feite de hele evaluatie uitbesteedt, speelt hij nog een rol, bijvoorbeeld door te bepalen op welke aspecten gefocust moet worden en welke onderzoeksvragen beantwoord dienen te worden. De opdrachtgever kan deze leidraad voorts gebruiken om de stappen van een evaluatie te verkennen, vast te stellen welke stappen voor de voorliggende evaluatie van belang zijn en eisen aan de uitvoering vast te stellen (met andere woorden: een heldere en complete opdrachtformulering).

Met de toenemende complexiteit van projecten (meerdere maatregelen tegelijk ingevoerd, meerdere aspecten om te evalueren, meerdere databronnen, meerdere partijen betrokken bij de uitvoering) dient de opdrachtgever ook te overwegen welke partijen in de projectgroep vertegenwoordigd moeten zijn. Dit betreft bijvoorbeeld personen met kennis over:

- de verschillende te evalueren aspecten;
- de beleidsvorming ten aanzien van benutten;
- beschikbare evaluatiemethoden;
- de (technische uitvoering) van de maatregelen;
- het dagelijkse wegbeheer;
- de communicatie met externen.

In sommige gevallen is alle benodigde kennis binnen de eigen organisatie te vinden. In andere gevallen kan het nodig zijn externe organisaties in te schakelen. De volgende partijen kunnen relevant zijn:

- wegbeheerders van de verschillende betrokken wegen;
- openbaarvervoerbedrijven;
- politie en justitie;
- ANWB;
- omwonenden;
- weggebruikers.

Het is gewenst deze partijen zo spoedig mogelijk bij het project te betrekken. Dit is bevorderlijk voor het draagvlak, en zij kunnen meedenken over de definiëring en opzet van de evaluatie, en kunnen informatie en gegevens aanleveren.

Daarnaast is belangrijk aan te geven hoe de aansluiting tussen de verschillende onderwerpen wordt gerealiseerd en eventueel hoe verschillende opdrachtnemers verwacht worden samen te werken. Een voorbeeld is de aansluiting tussen de opdrachtnemer die de metingen doet en de opdrachtnemer die een evaluatie van bijvoorbeeld de luchtkwaliteit uitvoert; de laatste moet kunnen werken met de meetresultaten die beschikbaar komen.

Een laatste belangrijk punt voor opdrachtgevers is het beleidsmatig natraject van evaluatiestudies. Dit vangt aan na oplevering en acceptatie van het evaluatierapport. Het is van belang te weten wat er met de evaluatieresultaten gaat gebeuren. Hieraan kan in het evaluatieplan al aandacht geschonken worden. De opdrachtgever of de opdrachtnemer kan bijvoorbeeld gevraagd worden de resultaten te presenteren in een workshop of een bestuurlijk overleg. Als het gaat om monitoring en trendanalyses, is het "natraject" anders van aard. Maatregelen kunnen n.a.v. monitoring bijgesteld worden. Er is een risico dat dit te snel gebeurt. Het is wenselijk na te gaan of er voldoende inzicht in de werking van de maatregel is, en of er nog een leereffect verwacht wordt of niet.

Opmerkingen voor opdrachtnemers

De opdrachtnemer kan deze leidraad als vertrekpunt hanteren en (al dan niet in overleg met de opdrachtgever) er de voor hem relevante onderwerpen en stappen uit halen.

De opdrachtnemer voert voor de opdrachtgever een bepaald deel van het project uit; dit kan (een deel van) de evaluatie zijn, maar ook bijvoorbeeld dataverzameling of dataopslag. Het resultaat dat hij oplevert moet uiteindelijk de opdrachtgever helpen zijn hoofdvraag (en deelvragen) te beantwoorden. Ook moet zijn werk aansluiten op dat van eventuele andere opdrachtnemers. Het is belangrijk te zorgen voor een goede risicoanalyse en voldoende overlegmomenten, zodat tijdig ingegrepen kan worden bij afwijkingen van het oorspronkelijke plan.

De leidraad kan zowel in de offertefase als tijdens de uitvoering van de evaluatie dienen als hulpmiddel.

Interactie tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers

Hoe het uiteindelijke werk van de opdrachtnemer eruit gaat zien, is in grote mate afhankelijk van hoe de opdrachtgever het werk verdeelt over zichzelf en de opdrachtnemers. Belangrijk is dat duidelijk is voor alle partijen wat de onderzoeksvragen en hypothesen zijn, en dat er goede communicatie hierover is tussen opdrachtnemers onderling en met de opdrachtgever. Hetzelfde geldt voor de dataverzameling. Beide partijen dienen scherp te zijn op de vraag of in de evaluatie datgene gemeten wordt dat nodig is om de hypothesen te toetsen.

Bij complexe projecten is het aan te bevelen regelmatig voortgangsoverleg te plegen en verwachte risico's en voorstellen voor het beperken van deze risico's als terugkerend punt op de agenda te zetten.

Bijlage B Checklist

Stap	Belangrijkste onderdelen
0. Organisatie	<input type="checkbox"/> Planning maken <input type="checkbox"/> Partijen bij elkaar brengen en interacties tussen partijen benoemen <input type="checkbox"/> Afspraken maken m.b.t. verantwoordelijkheden
1. Selectie en beschrijving maatregel	<input type="checkbox"/> Doel van de maatregel beschrijven <input type="checkbox"/> Werking van de maatregel beschrijven <input type="checkbox"/> Omstandigheden waaronder maatregel wel/niet werkt beschrijven
2. Definitie use cases, situaties en scenario's	<input type="checkbox"/> Use cases (relevante omstandigheden) beschrijven <input type="checkbox"/> Situaties (staat van omstandigheden en systeem) beschrijven <input type="checkbox"/> Scenario's (combinatie use case en situatie) beschrijven
3. Onderzoeksvragen en hypothesen	<input type="checkbox"/> Onderzoeksvragen identificeren <input type="checkbox"/> Hypothesen opstellen (specifiek en toetsbaar) <input type="checkbox"/> Hypothesen prioriteren
4. Indicatoren	<input type="checkbox"/> Indicatoren definiëren <input type="checkbox"/> Situationele variabelen benoemen
5. Onderzoeksopzet	<input type="checkbox"/> Onderzoeksgebied bepalen <input type="checkbox"/> Bepalen wat met wat vergeleken wordt <input type="checkbox"/> Meetperiodes vaststellen <input type="checkbox"/> Steekproefgrootte bepalen <input type="checkbox"/> Bepalen hoe om te gaan met verstorende variabelen <input type="checkbox"/> Deelnemers voor proef of enquête/interviews selecteren (indien nodig)
6. Juridische en ethische kwesties	<input type="checkbox"/> Kwesties m.b.t. (bescherming van) data beschrijven <input type="checkbox"/> Kwesties m.b.t. veiligheid en privacy deelnemers / weggebruikers beschrijven <input type="checkbox"/> Verzekeringen afsluiten
7. Maten en sensoren	<input type="checkbox"/> Vaststellen welke metingen met welke kwaliteit nodig zijn <input type="checkbox"/> Benodigde sensoren bepalen en aanschaffen of huren
8. Data-acquisitie	<input type="checkbox"/> Data verzamelen <input type="checkbox"/> Data controleren <input type="checkbox"/> Data opslaan en back-ups maken
9. Database en analysetools	<input type="checkbox"/> Database ontwerpen <input type="checkbox"/> Kwaliteitscheck data uitvoeren en dataselectie <input type="checkbox"/> Benodigde tools en algoritmes identificeren, ontwikkelen en testen
10. Data-analyse	<input type="checkbox"/> Kwaliteitscheck data uitvoeren en dataselectie <input type="checkbox"/> Data verwerken <input type="checkbox"/> Indicatoren berekenen
11. Analyse onderzoeksvragen en hypothesen	<input type="checkbox"/> Hypothesen toetsen <input type="checkbox"/> Data mining uitvoeren <input type="checkbox"/> Onderzoeksvragen beantwoorden
12. Maatregelanalyse	<input type="checkbox"/> Resultaten op verschillende gebieden (doorstroming, veiligheid, milieu, ...) bepalen <input type="checkbox"/> Opschaling uitvoeren
13. Sociaal-economisch impact assessment	<input type="checkbox"/> Resultaten samenvoegen en baten-kostenratio bepalen <input type="checkbox"/> Andere sociaal-economische analyses uitvoeren, zoals financiële analyse en stakeholderanalyse

Bijlage C Bedoelde en onbedoelde effecten

Benuttingsmaatregelen worden ingezet met een bepaald doel, maar kunnen naast bedoelde effecten ook onbedoelde effecten hebben. Deze effecten kunnen positief en negatief zijn. Het is wenselijk een evaluatie niet te beperken tot de bedoelde effecten, maar ook te kijken naar eventuele andere effecten. Deze bijlage geeft een lijst van mechanismen via welke een maatregel effect kan hebben. Deze lijst was oorspronkelijk toegespitst op veiligheidseffecten van in-car systemen, maar kan ook voor benuttingsmaatregelen en voor andere aspecten dan veiligheid gebruikt worden [1][2][3].

Draskóczy et al. [1] onderscheiden negen gedragsmechanismen via welke systemen of maatregelen de verkeersveiligheid beïnvloeden. De eerste vijf mechanismen hebben te maken met het risico op een ongeval:

1. Directe aanpassing van de rijtaak als gevolg van een systeem of maatregel;
2. Directe invloed door wegkantsystemen;
3. Indirecte aanpassing van rijgedrag als gevolg van het gebruik van het systeem (of maatregel);
4. Indirecte aanpassing van gedrag door weggebruikers die niet door het systeem of de maatregel beïnvloed worden;
5. Aanpassing van de interactie tussen weggebruikers die wel en niet door het systeem of de maatregel beïnvloed worden.

De tweede groep mechanismen heeft te maken met blootstelling:

6. Verandering van de blootstelling (aantal gereden kilometers);
7. Verandering van de vervoerwijzekeuze;
8. Verandering van de routekeuze.

Tenslotte is er een mechanisme dat te maken heeft met veranderingen in de gevolgen van ongevallen:

9. Verandering van de ongevalsgevolgen.

Elk mechanisme kan resulteren in een positief of negatief effect. Voor een uitgebreidere beschrijving van de mechanismen wordt verwezen naar [1] en [2]; [3] is een voorbeeld van gebruik van de mechanismen bij onderzoek naar de effecten van ICT-maatregelen in transport op de efficiëntie van energiegebruik en uitstoot van broeikasgassen.

Referenties

- [1] Draskóczy, M., O.M.J. Carsten & R. Kulmala (1998). Road Safety Guidelines. CODE Project, Telematics Application Programme, Deliverable B5.2, 1998.
- [2] Wilmink, I., W. Janssen, E. Jonkers, K. Malone, M. van Noort, G. Klunder, P. Rämä, N. Sihvola, R. Kulmala, A. Schirokoff, G. Lind, T. Benz, H. Peters & S. Schönebeck (2008), Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety systems, Deliverable 4 of the eIMPACT project, EU 6th Framework

- Programme, contract no. 027421, augustus 2008, Beschikbaar @ <http://www.eimpact.eu/results.html>
- [3] Klunder, G.A., K. Malone, J. Mak, I.R. Wilmink, A. Schirokoff, N. Sihvola, C. Holmén, A. Berger, R. de Lange, W. Roeterdink, & E. Kosmatopoulos (2009), Impact of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency in Road Transport, Final Report, Delft, TNO, augustus 2009, TNO report TNO-034-2009-02223A. Beschikbaar @ http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/studies/energy/energy_eff_study_final.pdf