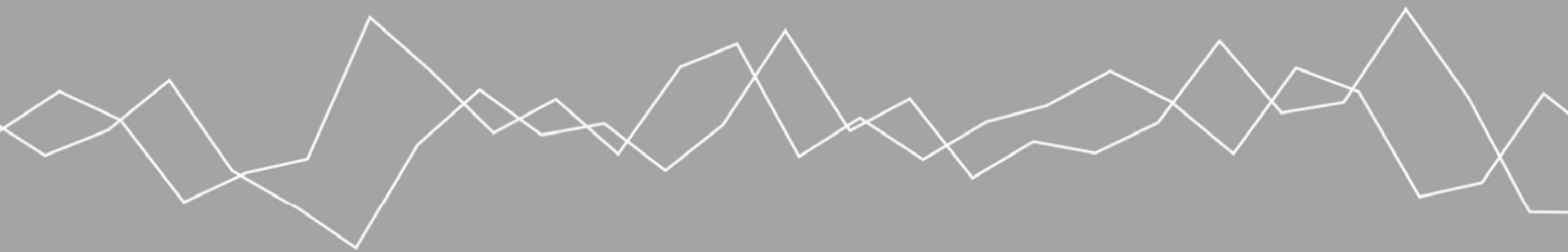


MKBA netinvesteringen netuitlopers



Amsterdam, mei 2009
In opdracht van TenneT

MKBA netinvesteringen netuitlopers

Michiel de Nooij
Joost Poort
Simon Bremer
Barbara Baarsma



seo economisch onderzoek

“De wetenschap dat het goed is”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport nr. 2009-28

ISBN 978-90-6733-497-6

Copyright © 2009 SEO Amsterdam. Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen en dergelijke, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld.

Inhoudsopgave

Samenvatting en aanbevelingen	i
1 Inleiding.....	1
1.1 Achtergrond en onderzoeksvraag.....	1
1.2 Leeswijzer.....	2
2 Maatschappelijke kosten-batenanalyse: uitgangspunten.....	3
2.1 Maatschappelijke kosten-batenanalyse.....	3
2.2 Belangrijkste effecten.....	8
2.3 Kleine kansen en <i>loss aversion</i> : prospecttheorie.....	12
3 Waardering van stroomonderbrekingen	17
3.1 Inleiding.....	17
3.2 Waarderingsmethoden	17
3.3 Meta-analyse van Nederlandse stroomonderbrekingsstudies	22
3.3.2 SEO Economisch Onderzoek (2003)	26
3.4 Schade in de tijd en de non-acceptatiecurve	32
3.5 Regionale berekening van de kosten van stroomonderbrekingen op postcodeniveau.....	35
3.6 Bijschattingen	39
3.7 Ontwikkeling van de baten in de tijd	41
4 Twee MKBA's.....	45
4.1 Bommelerwaard.....	45
4.2 Haaksbergen.....	52
4.3 Alle uitlopers gezamenlijk	60
Bijlage A Referenties	63
Bijlage B Postcodes onderzochte gebieden	67

Samenvatting en aanbevelingen

Achtergrond en doelstelling

Stroomstoringen leiden tot aanzienlijke maatschappelijke schade: de productie bij bedrijven valt stil, computerbestanden gaan verloren, apparatuur raakt ontregeld en ook huishoudens ondervinden niet alleen directe schade, maar worden bovendien belemmerd in de mogelijkheden hun vrije tijd te besteden. Voorts kunnen langdurige storingen tot maatschappelijke onrust leiden, met het risico van relletjes en plundering.

In de afgelopen jaren zijn diverse studies verricht naar de maatschappelijke kosten van stroomonderbrekingen. Met zeer uiteenlopende onderzoeksmethoden maar met veelal redelijk overeenkomstige uitkomsten zijn de kosten van stroomonderbrekingen of de kosten van ‘niet geleverde’ elektriciteit bepaald. Deze kosten zijn aanzienlijk, maar daar tegenover staat dat leveringszekerheid ook een prijs heeft. Concreter zal verhoging van de leveringszekerheid aanzienlijke kosten met zich mee brengen, en is de vraag aan de orde of deze kosten opwegen tegen de baten van minder (verwachte) stroomonderbrekingen.

Deze studie, die SEO Economisch Onderzoek in opdracht van TenneT uitvoerde, richt zich op de kosten en baten van investeringen in leveringszekerheid in uitlopergebieden. Dit zijn gebieden die voor hun stroomvoorziening afhankelijk zijn van één hoogspanningsverbinding. Dit maakt de leveringszekerheid in deze gebieden kwetsbaar in vergelijking met het grootste deel van het net dat bestaat uit ringstructuren, waardoor de uitval van één (dubbelcircuit-)verbinding geen stroomonderbreking tot gevolg heeft. Bij een uitloper heeft gelijktijdige uitval van twee circuits door eenzelfde oorzaak (*common cause failure*) een stroomonderbreking tot gevolg. Bij grootschalige en langdurige stroomonderbrekingen die zich in de afgelopen jaren voordeden in Haaksbergen en de Bommelerwaard ging het om *common cause failures* in dergelijke uitlopergebieden.

De doelstelling van deze studie is tweeledig. In de eerste plaats beoogt dit onderzoek een methodiek te ontwikkelen om mogelijke investeringen in de leveringszekerheid in uitlopergebieden te beoordelen. In de tweede plaats wordt deze methodiek concreet toegepast op een tweetal cases, Haaksbergen en de Bommelerwaard.

Methodiek

Investeringsalternatieven in leveringszekerheid kunnen beoordeeld worden met de methodiek van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). In een dergelijke analyse worden alle effecten van een investeringsalternatief ten opzichte van een nulalternatief in beeld gebracht, gekwantificeerd en in geld uitgedrukt. Deze methodiek leent zich in beginsel goed om investeringen in uitlopergebieden te beoordelen. De kernvraag in dergelijke gevallen is, of de kosten van investeringen in meer leveringszekerheid (en de voorziene onderhoudskosten) opwegen tegen de verwachte baten, in de vorm van een afname van de verwachte onderbrekingsduur maal de schade van onderbrekingen.

Om de schade van stroomonderbrekingen in het verzorgingsgebied van een specifieke uitloper te bepalen, zijn lokale gegevens nodig over de huishoudens en bedrijvigheid. Teneinde de schade voor bedrijven te bepalen, is voor deze studie gebruikgemaakt van gedetailleerde sectorale werkgelegenheidsgegevens, in combinatie met landelijke en regionale statistieken over de toegevoegde waarde per werknemer in verschillende sectoren. Om de schade voor huishoudens te bepalen, zijn gegevens gebruikt over het aantal inwoners, het aantal werkenden en het gemiddelde inkomen in de uitlopergebieden. Op die wijze kon, op basis van bestaand bronnenmateriaal en dus zonder primaire dataverzameling, een nauwkeurige schatting worden gemaakt van de kosten van stroomonderbrekingen in een specifiek postcodegebied.

De effecten van investeringen op de leveringszekerheid, in termen van een afname van het aantal onderbrekingsminuten en een afname van lange onderbrekingen daarbinnen zijn door KEMA in samenspraak met TenneT bepaald. Met name de beeldbepalende incidenten in Haaksbergen en de Bommelerwaard blijken daarbij dermate zeldzaam en onvoorspelbaar te zijn, dat het effect van investeringen op de leveringszekerheid met aanzienlijke onzekerheden is omgeven. Niettemin blijken de verwachte effecten in de onderzochte gevallen voldoende bruikbaar voor een robuuste maatschappelijke kosten-batenanalyse.

Maatschappelijke kosten-batenanalyses

In de Bommelerwaard en de regio Haaksbergen zijn verschillende investeringsopties onderzocht met de beschreven MKBA-methodiek. Naast de basisvariant om deze regio's op te nemen in een vermaasd net, zijn ook alternatieve tracés en andere technische oplossingen om de leveringszekerheid te verbeteren onderzocht.

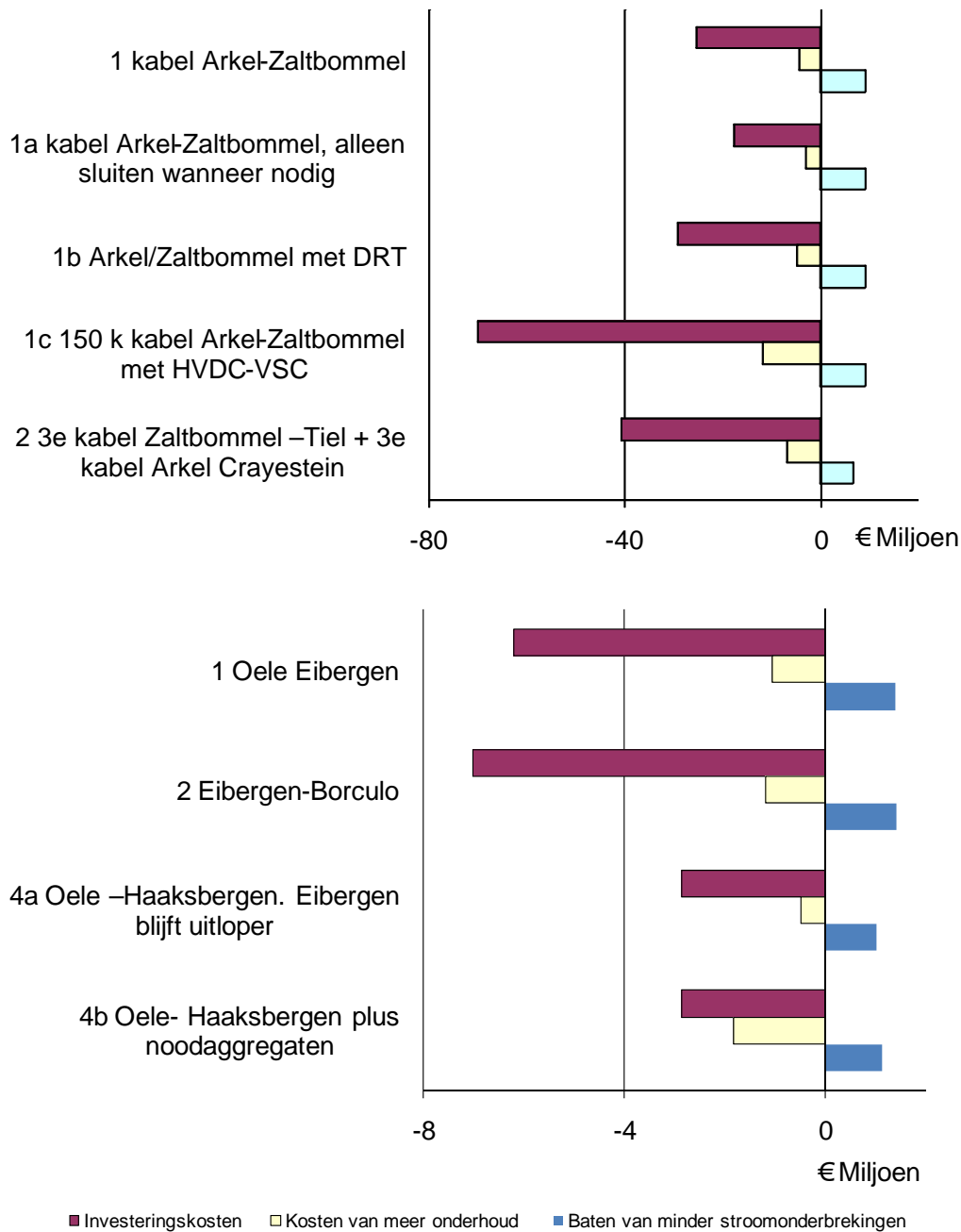
Het verwachte effect van deze projectalternatieven op de leveringszekerheid liep uiteen, maar was in alle gevallen aanzienlijk ten opzichte van het momenteel verwachte gemiddeld aantal storingsminuten, dat tussen de 10 en 26 minuten per jaar ligt. In de meeste projectalternatieven werd dit teruggebracht tot minder dan één minuut per jaar. Het gaat in deze getallen en de in dit rapport gemaakte berekeningen steeds om onderbrekingen vanuit het regionale hoogspanningsnet. Er kunnen dus nog onderbrekingen optreden veroorzaakt door de rest van het hoogspanningsnet en door het laagspanningsnet. Deze zitten niet in deze cijfers omdat ze niet beïnvloed worden door de hier onderzochte investeringen.

Ondanks de sterke afname in het verwachte aantal onderbrekingsminuten, bleken *alle* investeringsopties, *zowel voor Haaksbergen als de Bommelerwaard* een negatief welvaartseffect te hebben. De onderstaande figuren (identiek aan figuur 4-2 en 4-4 uit het rapport), vatten van de onderzochte projectalternatieven voor het basisscenario de contant gemaakte investeringskosten, onderhoudskosten en baten samen. In de enkele gevallen blijken de onderhoudskosten al groter te zijn dan de verwachte baten.

Naast dit basisscenario is ook onderzocht hoe gevoelig deze uitkomsten zijn voor de kosten van langdurige onderbrekingen. Er blijkt in de literatuur immers weinig bekend over het verloop van de maatschappelijke kosten in de tijd, dan wel de specifieke kosten van langdurige onderbrekingen. Juist die langdurige onderbrekingen hebben een grotere kans in uitlopergebieden en juist die kunnen maatschappelijk ontwrichtend werken. In de gevoeligheidsanalyse is daarom onderzocht hoe de uitkomsten veranderen als de kosten van langdurige onderbrekingen tot

tweemaal hoger zijn. Dit bleek echter geen essentiële verandering van de uitkomsten op te leveren. Weliswaar kwamen de maatschappelijke saldi dichterbij nul, maar in alle gevallen bleven ze negatief.

Netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven



Bron: SEO Economisch Onderzoek

Ook is een ruwe berekening uitgevoerd voor alle uitlopers van het Nederlandse net. De investeringskosten om alle uitlopers te ‘verhelpen’ worden door TenneT geschat op € 770 miljoen, de daarbij horende onderhoudskosten zijn € 7,7 miljoen per jaar. Wanneer alle storingen in het hoogspanningsnet daarmee verholpen zouden kunnen worden, komen de maatschappelijke

baten van dit investeringsprogramma uit op circa € 11,8 miljoen per jaar. De netto contante waarde van de investerings- en onderhoudskosten zijn € 770 miljoen en € 130 miljoen respectievelijk. De baten zijn € 232 miljoen waardoor duidelijk is dat de kosten € 668 miljoen groter zijn dan de baten. Dit impliceert dat een dergelijk integraal investeringsprogramma de maatschappelijke welvaart niet verhoogt. Daarmee is niet uitgesloten dat er individuele uitlopers zijn die zich aan dit verband onttrekken. De spreiding in uitkomsten zal daarvoor evenwel aanzienlijk moeten zijn.

Aanbevelingen

- De uitkomsten die in dit onderzoek werden gevonden zitten ver van de kritische grens van maatschappelijke rentabiliteit. Dit betekent dat het voor de onderzochte gebieden weinig zinvol lijkt te investeren in verdere verfijning van de berekeningen.
- Op basis van de ontwikkelde methodiek kan met kengetallen een ruwe inschatting worden gemaakt van de baten in de overige uitlopergebieden. Dit biedt naar verwachting voldoende nauwkeurigheid om een globale rangschikking te maken tussen uitlopergebieden die beter en minder goed uit een MKBA komen. Vervolgens kan het zinvol zijn ten minste de meest gunstige regio's nader te onderzoeken.
- Gedegen empirische kennis van de maatschappelijke kosten van langdurige onderbrekingen is onvoldoende aanwezig. Het verdient aanbeveling dit hiaat op te vullen. Een mogelijke route daarvoor is een analyse van schadeclaims die na de langdurige onderbrekingen in de Bommelerwaard in 2007 zijn ingediend, al dan niet in combinatie met een veldonderzoek in die regio. Dergelijk onderzoek kan meer licht werpen op de vraag hoe de kosten van stroomonderbrekingen zich ontwikkelen in de tijd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en onderzoeksvraag

Stroomstoringen leiden tot aanzienlijke maatschappelijke schade (Bijvoet *et al.*, 2003). Dat bleek bijvoorbeeld eind 2005 toen de gemeente Haaksbergen drie dagen zonder stroom zat. De kans op storingen kan worden verkleind door te investeren in verbetering van elektriciteitsnetwerken. Zo kan van uitlopers, gebieden waar maar één elektriciteitsverbinding naartoe gaat, de robuustheid vergroot worden door de stroom ook van een andere kant aan te voeren en het gebied in een ringstructuur op te nemen. Twee situaties waarin recent de stroom langdurig uitviel betroffen uitlopers. Haaksbergen werd driemaal getroffen in betrekkelijk korte tijd: in november 2005 viel de stroom uit door de hevige sneeuw en ijzel, in maart 2007 zat men in het donker doordat een duwboot tegen een ponton voer met daarop een hijskraan die duwde tegen hoogspanningskabels, en in mei 2007 was de oorzaak een luchtballon die de hoogspanningskabels in was gevaren. De Bommelerwaard zat in december 2007 twee dagen zonder stroom nadat een helikopter door een hoogspanningskabel was gevlogen.

Investeringen in de robuustheid van het transportnet brengen echter ook – vaak aanzienlijke – kosten met zich mee. Het is mogelijk dat een dergelijke investering voor het netbedrijf niet aantrekkelijk is, wat wil zeggen dat de kosten voor de netbeheerder groter zijn dan de bedrijfsmatige baten. Echter een dergelijke bedrijfseconomische afweging kan leiden tot te weinig investeringen als er actoren buiten het bedrijf zijn die van de investering profiteren, waarmee geen rekening wordt gehouden. In dat geval is een maatschappelijke investeringsbeslissing gewenst. Maatschappelijk optimale investeringen in netwerken zijn investeringen waarbij naast leveringszekerheid niet alleen rekening wordt gehouden met de eigen kosten en baten, maar ook met de maatschappelijke effecten. TenneT streeft dergelijke maatschappelijk optimale investeringen na, waarbij vanzelfsprekend toestemming van de Energiekamer nodig is.

Vanuit deze achtergrond heeft TenneT behoefte aan meer inzicht in de maatschappelijke kosten en baten van investeringen die de leveringszekerheid in uitlopergebieden kunnen verbeteren. Dit rapport beoogt dit inzicht te verschaffen aan de hand van een aantal algemene deelvragen:

- Wat is de juiste methodiek om een dergelijk investeringsvraagstuk te beoordelen?
- Wat zijn de relevante maatschappelijke effecten die bij een dergelijk vraagstuk moeten worden meegewogen?
- Hoe hoog zijn de kosten van stroomonderbrekingen?

Vervolgens wordt ingezoomd op de twee regio's die de laatste jaren door langdurige stroomonderbrekingen zijn getroffen, Haaksbergen en de Bommelerwaard, en wordt voor deze concrete gevallen een kosten-batenanalyse uitgevoerd van investeringen ter verbetering van de leveringszekerheid. Als deze methode op alle uitlopers zou worden toegepast, kan gekozen worden welke uitlopers vanuit welvaartstheoretisch perspectief opgelost moeten worden. Tevens kunnen vanuit de verschillende verhoudingen tussen kosten en baten prioriteiten gesteld worden.

1.2 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 bespreekt allereerst de methodiek van maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA), die het analytisch kader vormt voor dergelijke investeringsbeslissingen. Vervolgens gaat dit hoofdstuk in op de maatschappelijke effecten die daarbij een rol spelen. Tevens gaat dit hoofdstuk in op inzichten uit de *behavioral economics* met betrekking tot de overschatting van kleine kansen en verliesaversie.

Hoofdstuk 3 bespreekt de verschillende methoden die bestaan om de kosten van stroomonderbrekingen te waarderen, en de uitkomsten van dergelijk onderzoek. Daarna worden de mogelijkheden geanalyseerd om de schade per uur van onderbrekingen in een specifieke regio te bepalen en wordt deze schade berekend voor de Bommelerwaard en de omgeving Haaksbergen.

Daarna gaat hoofdstuk 4 in op die twee concrete cases. Voor de Bommelerwaard en Haaksbergen worden de maatschappelijke kosten van stroomonderbrekingen berekend en afgezet tegen de kosten van maatregelen om de kans op dergelijke onderbrekingen te verkleinen, teneinde te komen tot een maatschappelijke kosten-batenanalyse voor investeringen in deze uitlopers.

2 Maatschappelijke kosten-batenanalyse: uitgangspunten

Dit hoofdstuk beschrijft de methodiek van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) en gaat in op de belangrijkste stappen die in een MKBA worden gezet (2.1). Vervolgens worden in algemene termen de maatschappelijke effecten benoemd die van belang zijn bij een MKBA van investeringen gericht op de leveringszekerheid van elektriciteit (2.2). Ook wordt ingegaan op twee specifieke methodologische aspecten die bij stroomonderbrekingen een rol kunnen spelen, namelijk *loss aversion* en de overschatting van kleine kansen (2.3). De twee hoofdstukken hierna gaan dieper in op de kosten van stroomonderbrekingen en de specifieke cases Haaksbergen en de Bommelerwaard.

2.1 Maatschappelijke kosten-batenanalyse

Binnen een MKBA worden alle effecten die de welvaart van Nederland beïnvloeden in kaart gebracht. Welvaart wordt daarbij breed gedefinieerd: het gaat niet alleen om financieel-economische consequenties maar bijvoorbeeld ook om de gevolgen voor milieu en veiligheid. De definitie van de relevante effecten in een MKBA is veel breder dan in een bedrijfsmatige kosten-batenanalyse. In een MKBA worden effecten die buiten de beslissende partij liggen meegenomen, terwijl een bedrijfskosten-batenanalyse dit niet zou doen. TenneT wil hier de kosten van stroomonderbrekingen meenemen in haar maatschappelijke kosten-batenanalyse, deze kosten liggen buiten TenneT en zouden in een puur bedrijfsmatige afweging niet meegenomen worden.

De effecten worden binnen de MKBA zoveel mogelijk in geld uitgedrukt zodat deze onderling vergelijkbaar zijn. Bij het in geld waarderen van effecten moeten eerst de verschillen in kaart worden gebracht (vergelijking van nul- en projectalternatieven), deze effecten moeten dan zo goed mogelijk worden vastgesteld, daarna kan vaak de waardering in geld pas plaatsvinden. Onzekerheden worden aan de hand van gevoeligheidsanalyses in kaart gebracht.

Naar de mate dat het lukt om alle relevante effecten in geld uit te drukken, geeft de MKBA aan of het project per saldo aantrekkelijk is, en hoe groot het relatieve belang van de verschillende effecten is. Als belangrijke effecten niet kunnen worden gekwantificeerd, is er geen sprake van een volledige MKBA, maar kan er vaak wel een systematisch overzicht van de verschillende effecten van beleid worden gegeven, waarbij deze effecten helder zijn gedefinieerd en geen onderlinge overlap vertonen. Nobelprijswinnaar Sen schreef hier in 2000 over: “*The main benefit of Cost-Benefit Analysis lies in the discipline it imposes.*” Het gaat daarbij niet alleen om een inventarisatie van monetaire en kwantificeerbare effecten, maar vooral om de systematische ordening in verschillende, niet-overlappende effecten waaraan kosten en baten zijn verbonden. Met een dergelijk conceptueel MKBA-kader wordt duidelijkheid gecreëerd over de gevolgen van beleid en wordt de afweging tussen kosten en baten van de verschillende alternatieven beter gestroomlijnd. Toch bevat een MKBA geen beleidsconclusies, maar voorziet zij de beleidsmaker die een beslissing moet nemen van zoveel mogelijk heldere en objectieve informatie in termen van positieve en negatieve kosten en baten en in termen van onzekerheden.

Uitvoering van een MKBA is tegenwoordig verplicht voor de overheid voor alle grote infrastructurele projecten en aanbevolen voor kleinere infrastructurele ingrepen. Ten behoeve van de uitvoering van infrastructurele MKBA's is eind jaren negentig een leidraad ontwikkeld met de naam Overzicht Effecten Infrastructuur (OEI¹). Binnen deze leidraad wordt een onderbouwing van de MKBA gegeven en worden aanbevelingen gedaan over de stappen van het onderzoek. Na twee jaar heeft een evaluatie plaatsgehad waaruit bleek dat analyses sterk zijn verbeterd door de leidraad (BCI, Buck Consultants International, 2002). Deze evaluatie heeft ook geleid tot de doorvoering van een aantal verdere verbeteringen (ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004). Deze methodologie wordt hier zoveel mogelijk gevolgd.

Zo zijn afspraken over het verdisconteren (contant maken)² van toekomstige baten en kosten gemaakt. Hierbij is afgesproken dat de risico-opslag voor toekomstige kosten en baten afhangt van de mate van het risico. Kosten en baten die niet met het Bruto Binnenlands Product (BBP) correleren³ kunnen met 2,5 procent worden verdisconteerd. Voor onzekere kosten en baten moet er een risico-opslag van 3 procentpunt op de discontovoet maal een (gedefinieerde) maat voor het risico worden gedaan (op verdiscontering van toekomstige waarden wordt in paragraaf 2.1.2 verder ingegaan). Een tweede verbeterpunt gaat over de manier van presentatie van de resultaten, waarbij afgesproken is dat er naast een totale uitkomst ook inzicht geboden moet worden in de saldi van de voor- en nadelen per betrokken partij. Indien een project een positieve uitkomst heeft, dat wil zeggen als de som van alle baten min de som van alle kosten positief is, dan wil dat niet zeggen dat iedereen erop vooruitgaat. De kosten en baten zullen ongelijk verdeeld zijn: met andere woorden er kunnen winnaars en verliezers zijn. De positieve uitkomst van de MKBA moet theoretisch de mogelijkheid geven om de winnaars de verliezers te laten compenseren zodat iedereen beter af is.⁴

Veel effecten zijn niet precies te kwantificeren en te monetariseren (in geldwaarde uit te drukken). Gedeeltelijk wordt dit gecompenseerd door een risicocomponent in de discontovoet te hanteren. Daarnaast is het gebruikelijk om onzekerheden inzichtelijk te maken door het presenteren van een aantal gevoeligheidsanalyses. In een gevoeligheidsanalyse wordt duidelijk hoeveel de uitkomst verandert als een effect anders is dan ingeschat.

Paragraaf 2.1.1 gaat in op het nulalternatief en mogelijke projectalternatieven in relatie tot verbetering van de leveringszekerheid. De keuze hiervan is vaak erg belangrijk voor de uitkomst van een MKBA. Paragraaf 2.1.2 gaat uitgebreider in op de berekening van de huidige of contante waarde en de daarbij gebruikte discontovoet.

¹ De ontwikkeling van de OEI-leidraad kwam tot stand binnen een door het ministerie van V&W geïnitieerd onderzoeksprogramma met de naam Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur (OEI). Aan deze leidraad hebben veel onderzoeksbureaus op het gebied van kosten-batenanalyses van infrastructuur samengewerkt onder leiding van het CPB. Het doel van deze leidraad was om tot een meer uniforme aanpak te komen en om de grote verscheidenheid aan analyses die was opgetreden bij de grote infrastructurele projecten die in de daaraan voorafgaande jaren waren geanalyseerd, in de toekomst te voorkomen. Zie Eijgenraam et al. (2000).

² De ontvangst van € 100 over 1 jaar is minder waard dan ontvangst van € 100 nu. Via discontering van toekomstige inkomsten en uitgaven worden bedragen met elkaar vergelijkbaar en optelbaar.

³ Door niet met het BBP te correleren zullen deze effecten gemiddeld naar nul tenderen. Indien ze echter met het BBP of met elkaar gecorreleerd zijn, kunnen ze elkaar versterken en is hun uitkomst onzeker. In dat geval dienen ze een extra risicopremie van drie procent te krijgen (zie ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004).

⁴ Eventuele compensatie kan binnen het project worden uitgevoerd, maar kan ook worden uitgevoerd doordat de overheid meerdere projecten heeft waarbij iedere partij soms 'winnaar' is en soms 'verliezer'. De baten van het ene project compenseren dan de negatieve effecten in andere projecten.

In de loop van de tijd zijn er in Nederland veel MKBA's gemaakt van projecten variërend van grote infrastructurele investeringen zoals een hogesnelheidslijn, tot 'de brede school' en instrumenten die de export moeten bevorderen.

2.1.1 Nulalternatief en projectalternatieven

De situatie waarin een project wordt uitgevoerd wordt aangeduid als het *projectalternatief*. Dit wordt in een MKBA vergeleken met het situatie zonder project: het zogenoemde *nulalternatief*. Vanwege deze vergelijking is het voor de hoogte van kosten en baten van belang hoe dit nulalternatief wordt opgesteld. Het nulalternatief dient zo realistisch mogelijk te beschrijven wat er gebeurt als het project niet wordt uitgevoerd. Dat betekent dus dat in het nulalternatief niet noodzakelijkerwijs niets aan het probleem wordt gedaan. Tegelijkertijd zijn vaak meerdere projectalternatieven mogelijk.

De meest voor de hand liggende definitie van het nulalternatief in deze studie lijkt de situatie waarin de netstructuur gelijk blijft en er geen aanvullende maatregelen worden genomen om storingen sneller te verhelpen. De projectalternatieven zijn lastiger. Per regio kan een aantal alternatieven worden beschreven en geanalyseerd. Bijvoorbeeld, er kunnen meerdere manieren zijn om het netwerk te versterken, waarbij de manier waarop dit kan afhangt van de al bestaande netstructuur en de lokale omstandigheden (zoals bebouwing, (water)wegen en ondergrond). Een van de mogelijke netwerkoplossingen kan zijn om het probleem niet nu op te lossen maar over een aantal jaren. Dit kan aantrekkelijk zijn als het verbruik in een gebied stijgt: de baten van meer leveringszekerheid worden dan in de loop van de tijd groter. Andere niet-netoplossingen zijn ook mogelijk, zoals het aanschaffen van meer snel inzetbare noodaggregaten waardoor de schade van een verstoring kleiner wordt. Dergelijke alternatieve oplossingen zijn (mogelijk) ook afhankelijk van het specifieke netwerkprobleem. Zo wordt de noodzakelijke capaciteit van noodaggregaten groot als er veel verbruikers geraakt worden door een onderbreking, en dan neemt de transporteerbaarheid van de noodaggregaten navenant af. Ook wordt de transporteerbaarheid beïnvloed door extreme weersomstandigheden (hevige sneeuw, hagel, storm). Te weinig of te eng gedefinieerde alternatieven meenemen in het onderzoek heeft als risico dat de conclusie niet correct is.

Box 1 bevat een overzicht met in theorie mogelijke projectalternatieven. Omdat de alternatieven per situatie zullen verschillen, werken we dit in Hoofdstuk 4 bij de twee MKBA's uit. Merk op dat omdat het projectalternatief met het nulalternatief wordt vergeleken er in een MKBA geen getallen voor het nulalternatief worden gepresenteerd. De gemonetariseerde effecten in een MKBA geven steeds het verschil ten opzichte van het nulalternatief. Als het nulalternatief opgenomen zou worden, dan is het verschil ten opzichte van het nulalternatief steeds nul.

Box 1 Welke alternatieven zijn er in theorie mogelijk om de risico's bij een uitloper te verkleinen?

1. Ringstructuur
2. Back-up reserve regelen in een lager net (dus middenspanningnet wat verzwaren om klappen in het hoogspanningsnet op te kunnen vangen). Het nadeel hiervan is wel dat dit als een sluiproute kan gaan dienen. Het is dan handig als de aansluitingen op deze route 'geknepen' kunnen worden. Knijpen kan door (zie ook slimme meters):

- het alleen in geval van nood sluiten van de lijn (de lijn is dus verder open en voert geen stroom);
 - een Dwarsregel Transformator (DRT) inbouwen;
 - HVDC-VSC (een nog betere techniek om stroom te regelen en zo het ontstaan van een sluiproute te voorkomen).
3. Enkel circuit of kabel in twee onafhankelijke tracés aanleggen. Dit kan de kans op een common cause storing verkleinen.
 4. Sneller herstel door:
 - meer mensen: meer reparateurs aannemen, het leger inzetten;
 - ander/meer materieel: materieel van het leger inzetten (helikopter om een HS-lijn te trekken?), vaker een hijskraan huren (dit is dan van tevoren al afgesproken met de betreffende kraanverhuurder; de isolatoren zijn bijv. al eens gemonteerd zodat dat snel kan gebeuren).
 - TenneT geeft aan dat er geen tijdwinst meer te behalen is door het leger in te zetten of andere werkmethodes te gebruiken, omdat de eigen crisisdienst geoptimaliseerd is en omdat ingehuurde aannemers of technici die voor een storing nog niet met het net gewerkt hebben de prestatie van TenneT niet kunnen verbeteren.
 5. Meerdere / grotere/ sneller inzetbare noodaggregaten.
 6. Tijdelijke besparing: minder vraag naar stroom tijdens een crisis.
 7. Beter gebruik van opwekking in een gebied waardoor het zelfvoorzienend wordt en stimulering van opwekking in gebied achter een uitloper.
 8. In de toekomst biedt de inzet van slimme meters soelaas. Het is met deze meters mogelijk om te 'knijpen', en zo een aansluitpunt bijv. terug te knijpen naar 0 of 6 Ampère. De voorwaarde om dit te kunnen toepassen bij het voorkomen van storingen is wel dat het net nog draait; het helpt verder ook bij het sneller weer aan de praat krijgen na een storing. In feite komt dit alternatief erop neer dat de totale beschikbare capaciteit anders wordt verdeeld.
De inzet van slimme meters kan zo een positief effect hebben op de acceptatie van langdurige storingen. Als namelijk wordt teruggeknepen tot 6 A dan kunnen nog wel de verwarming en koelkast worden aangehouden, zodat de effecten minder erg zijn.
Het is niet aannemelijk of wenselijk dat er in uitlopergebieden eerder slimme meters worden aangelegd dan in andere gebieden. Het zal daarom nog zeker een aantal jaren duren voordat slimme meters in de context van de uitloperproblematiek kunnen worden gezien als alternatief. Verder zullen slimme meters in staat moeten zijn om te knijpen, of dat zo is is nog niet zeker.
 9. Effecten van storing verkleinen: Blusinstallatie
 10. Mix van bovenstaande alternatieven

2.1.2 Huidige waarde

Bedragen worden onderling vergelijkbaar gemaakt met onderstaande vergelijking:

$$CW = \sum_{t=0}^N \frac{Effect_t}{(1+d)^t}$$

De contante waarde:

Hierin is $Effect_t$ het effect in jaar t , dit kan positief (baat) dan wel negatief (kost) zijn, d is de rentevoet of discontovoet die wordt gebruikt om bedragen in de toekomst naar het heden om te rekenen en N is de verwachte looptijd van het project.

De netto contante waarde (NCW) van een projectalternatief is de optelling van de contante waarden van alle effecten. Een NCW groter dan 0 (nul) geeft aan dat de baten groter zijn dan de kosten en dat het project (beleid) maatschappelijk aantrekkelijk is.

De disconteringsvoet weerspiegelt twee elementen:

- Zuivere tijdvoorkeur⁵ (los van risico's): de meeste mensen hebben liever nu geld dan dezelfde hoeveelheid geld in de toekomst. Deze tijdvoorkeur is weerspiegeld in bijvoorbeeld de rente op staatsobligaties: de overheid moet (bovenop de verwachte inflatie) 2 à 3 procent rente bieden om investeerders te verleiden om hun geld nu kwijt te zijn en het pas later terug te krijgen. In maart 2007 heeft het ministerie van Financiën (2007) besloten om de officiële (risicovrije) discontovoet vast te stellen op 2,5 procent.⁶
- Een opslag op de discontovoet voor risico's. Naarmate de risico's die samenhangen met een investering groter zijn, zal de investeerder als 'vergoeding' voor de risico's een hoger gemiddeld rendement eisen. Zo zijn de koers-/winstverhoudingen van cyclische aandelen (hoge risico's) op de beurs lager dan van niet-cyclische aandelen (lage risico's). Onzekere toekomstige baten worden door een opslag op de discontovoet te hanteren minder waard in het heden. In aanvulling op de OEI-leidraad wordt aanbevolen om deze opslag te bepalen op basis van het risicoprofiel van de investering. Bij het risicoprofiel gaat het dan om de correlatie met het BBP (het zogenaamde niet-diversificeerbare risico). Indien dit profiel niet bekend is, kan worden gewerkt met een opslag van 3 procent. De totale disconteringsvoet is dan $(2,5+3=)$ 5,5 procent (zie ministerie van Verkeer en Waterstaat *et al.*, 2004). Bij volledige maatschappelijke kosten-batenanalyses van grote projecten gaat de voorkeur uit naar het expliciet waarderen van de risico's, terwijl bij kengetallen kosten-batenanalyses het gebruik van een vaste risico-opslag van 3 procent voor de hand ligt.

Hier is een vaste risico-opslag van 3 procent gehanteerd, omdat het effect dat het meest in de toekomst ligt, namelijk de baat van vermeden stroomonderbrekingen sterk lijkt te correleren met het BBP.⁷

Merk op dat dit de reële discontovoet is, dus zonder inflatie. Dit is correct omdat toekomstige bedragen in de berekeningen van de MKBA's niet verhoogd zijn met de inflatie. Het alternatief is om de inflatie op te tellen bij de discontovoet en de bedragen in de MKBA met de inflatie te verhogen. Dit zou geen effect hebben op de uitkomst (de netto contante waarde) maar wel ten koste gaan van de inzichtelijkheid van de analyse.

⁵ In kosten-batenanalyses gemaakt voor bedrijven wordt dit vaak de *cost of capital* genoemd. Voor maatschappelijke kosten-batenanalyses is dit echter een verwarrende term omdat er ook niet-kapitaal wordt verdisconteerd, zoals recreatie en natuur.

⁶ Tot voor kort was een reële discontovoet van 4 procent gebruikelijk. Zo beveelt de OEI-leidraad aan om de reële disconteringsvoet van 4 procent te gebruiken (Eijgenraam *et al.*, 2000, p. 83). Deze waarde stond sinds 1995 vast. Deze is verlaagd naar 2,5 procent omdat de reële rente op de kapitaalmarkt sinds 1995 gedaald is.

⁷ Bij bedrijven stijgt de schade als de productiviteit per arbeidsuur stijgt en voor huishoudens stijgt de schade als de waarde van vrije tijd stijgt, deze hangt weer sterk af van het uurloon, hetgeen correleert met het BBP.

Merk tevens op dat deze aanpak is iets afwijkt van de aanpak die de Energiekamer gebruikt in haar regulering van TenneT. De Energiekamer heeft de reële kapitaalkosten (Weighted Average Cost of Capital, WACC) berekend van 5,4 procent voor de periode 2008 tot 2010. Deze waarde wijkt maar heel weinig af van de discontovoet voor maatschappelijke investeringen zoals de overheid die hanteert. Het verschil tussen de WACC en de overheidsdiscontovoet is dat de WACC alleen opgesteld wordt voor de kapitaalkosten en de overheidsdiscontovoet expliciet gebruikt wordt om ook niet kapitaalmarktgoederen te verdisconteren, zoals de waarde van vermeden stroomonderbrekingen. De WACC wordt vastgesteld om een juiste beloning voor al gedane investeringen te bepalen, terwijl de discontovoet gebruikt wordt om toekomstige investeringen te evalueren. De WACC geldt dan in principe ook voor de komende drie jaar.

2.2 Belangrijkste effecten

Investeringen in leveringszekerheid door een netbeheerder hebben tal van effecten op de netbeheerders, huishoudens, bedrijven, overheden en de maatschappij als geheel. Tabel 2-1 geeft een overzicht van de te onderscheiden effecten van stroomonderbrekingen (en in de laatste rijen de externe kosten van de aanleg van nieuwe verbindingen). Daarbij geldt uiteraard dat investeringen in leveringszekerheid tot doel hebben dergelijke negatieve effecten van stroomonderbrekingen terug te dringen, waardoor de mintekens in de tabel in een MKBA dus veelal juist baten zullen zijn van een investering.

In algemene termen geldt daarbij dat de verwachte maatschappelijke baten van een investering gelijk zijn aan de verwachte afname van (de duur van) stroomonderbrekingen, maal de maatschappelijke kosten van die onderbrekingen.

De tabel is opgesteld in het kader van een onderzoek dat SEO Economisch Onderzoek heeft uitgevoerd⁸ voor de netbeheerders (waaronder TenneT). In deze studie is een MKBA-kader ontwikkeld dat gebruikt kan worden bij het in de praktijk toepassen van de ministeriële regeling waardoor van het zogeheten N-1 criterium kan worden afgeweken mits de maatschappelijke baten van een investering niet opwegen tegen de kosten. In hetzelfde onderzoek is een kengetal bepaald voor de schade per uur voor een stroomonderbreking voor heel Nederland en per kWh niet-geleverde stroom.

De *belangrijkste externe effecten* van stroomonderbrekingen zijn de gemiste productie tijdens een stroomonderbreking bij bedrijven en de misgelopen waarde van elektriciteitsvoorziening voor huishoudens. De eerste kolommen van de tabel geven een overzicht van de effecten en in welke sector (inclusief overheid en huishoudens) deze optreden. De kolom 'Belang' geeft het verwachte belang van dat effect weer. De laatste drie kolommen geven aan in welke onderzoeken het effect op die rij is meegenomen. Het betreft een drietal onderzoeken die de baten van het voorkomen van uitval meten.⁹ Het volgende hoofdstuk gaat uitvoerig in op deze en andere berekeningen.

⁸ Barbara Baarsma, Michiel de Nooij (2007) Methode voor een maatschappelijke kosten-batenanalyse voor investeringen in het (hoogspannings)net, SEO-rapportnr. 962. In opdracht van Continuon, Delta Netwerkbedrijf, Eneco Netbeheer, Essent Netwerk, TenneT

⁹ KEMA (2004). Wensstromen: Gewenste kwaliteit – de waardering van kwaliteit van levering van elektrische energie door aangesloten, Prego-1, oktober, Arnhem.

SEO (2003). "Gansch het raderwerk staat stil." De kosten van stroomstoringen, C. Bijvoet, M. de Nooij en C. Koopmans, SEO-rapport nr. 685, Amsterdam.

SEO (2004). Op prijs gesteld, maar ook op kwaliteit. De prijs van stroomonderbrekingen – op zoek naar φ , Technisch rapport, Barbara Baarsma, Peter Berkhout, J. Peter Hop, SEO rapport no. 726, Amsterdam.

Tabel 2.1 Effecten en waardering van stroomonderbrekingen

	Landbouw	Industrie	Diensten	Overheid	Energiebedrijven	Overige bedrijfstakken	Huishoudens	Extern effect	Totaal effect	Belang	SEO (2003)	KEMA (2004)	SEO (2004)
1. Bedrijven en overheid													
1.1. Gemiste productie/omzet voor afnemers van elektriciteit													
a. Bedrijven die direct getroffen zijn door de stroomonderbreking	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	√	√	√/0
b. Bedrijven die zelf niet direct getroffen zijn door de stroomonderbreking	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	0/+			
1.2. Kosten van het gebruik van noodstroomvoorzieningen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/+		√	√/0
1.3. Schade aan machines en materiaal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+		√	√/0
1.4. Overwerk	-	-	-	-	-	-	+	-	0	0/+			√/0
1.5. Diefstal	-	-	-/0	-	-	-	-	-	-/0	0/+		√	√/0
1.6. Tijd nodig om de productie weer op te starten	-	-	-/0	-/0	-/0	-/0	-	-	-	+		√	√/0
1.7. Vestigingsplaatsaantrekkelijkheid	-	-	-	-	-	-	-	-/0	-/0	0/+			
1.8. Ergernis, gevoelsmatige schade en stress	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/+			
2. Elektriciteitsbedrijven													
2.1. Imago					-				-	0/+			
2.2. Gemiste inkomsten voor niet geleverde energie					-/0				-/0	0/+			
2.3. Kosten opheffen stroomonderbreking					-				-	0/+		√	
2.4. Compensatie voor storingen langer dan vier uur en effect op de q factor in de regulering					-		+		0	0			
3. Huishoudens													
3.1. Verloren (vrije) tijd bij huishoudens						-			-	++	√	√	√
3.2. Gezondheids- en veiligheidseffecten						-			-	0/+		√	√
3.3. Schade aan goederen bij huishoudens						-			-	0/+		√	√
3.4. Stress en ergernis						-			-	0/+		√	√
3.5. Ongerief						-			-	0/+		√	√

Vervolg tabel 2.1

	Landbouw	Industrie	Diensten	Overheid	Energiebedrijven	Overige bedrijfsstakken	Huishoudens	Extern effect	Totaal effect	Belang	SEO (2003)	KEMA (2004)	SEO (2004)
4. Openbare leven – Infrastructuur													
4.1. Ontregeling van het verkeer	-/0	-/0	-	-/0	-	-			-	0/+			
4.2. Bruggen kunnen niet meer omhoog					-				-	0/+			
4.3. Elektrisch aangedreven openbaar vervoer wordt onderbroken						-			-	0/+			
4.4. Telefoon- en communicatieapparatuur staakt	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0			-/0	0/+			
4.5. Mogelijke andere verstoring van infrastructuur:										0/+			
a. Gaslevering	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0	-/0		-/0	0/+			
b. Watervoorziening							-/0		-/0	0/+			
c. Rioolwaterzuivering en afwateringspompen							-/0	-/0	-/0	0/+			
d. Luchtverkeer									-/0	0/+			
5. Openbare leven – sociaal													
5.1 Sociale ontwrichting (relletjes en plundering)			-/0	-/0		-/0			-/0	0/+			
6. Externe kosten van aanleg													
6.1 Horizonvervuiling							-		-				
6.2 Spanningshinder voor omwonenden							?		?				
6.3 Beperking ruimtelijke ordening	-	-	-	-	-	-	-		-				
6.4 Graafschade	-	-	-	-	-	-		?	-				

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Noot bij tabel 1:

- Het belang van een effect is een ruwe inschatting en weergegeven als: 0 (geen effect), 0/+ (klein effect), + (effect), ++ (groot effect).
- -/0 geeft aan dat een negatief effect (vermoedelijk) wel voorkomt echter dat dit qua omvang beperkt is.
- √ geeft aan dat dit effect in de betreffende studie is meegenomen.
- √/0 geeft aan dat dit effect voor de MKB bedrijven in deze studie is meegenomen, maar niet voor de grote bedrijven en de overheid.

Naast de effecten genoemd in Tabel 2-1 is zijn nog verschillende andere effecten te benoemen die met name voor de beheerder van het hoogspanningsnet samenhangen met de beslissing een uitloper op te nemen in een ringstructuur:¹⁰

1. Meer *veiligheid* voor TenneT werknemers: effect wordt verwaarloosbaar geacht.
2. Effect op de *onderhoudskosten*: mogelijk is het onderhoud, met name de planning ervan goedkoper (er hoeven minder noodmaatregelen getroffen te worden om snel terug te schakelen als dat (plots) nodig mocht zijn): dit effect kan optreden, maar kan alleen per case worden bepaald.
3. Ringstructuur verhoogt de *transportcapaciteit*, zodat elders op hetzelfde spanningsniveau (HS) niets of in ieder geval minder hoeft te worden geïnvesteerd. Dit kan weer leiden tot:
 - a. vermeden investeringen in MS (LS)
 - b. vermeden investeringen later in de tijd wanneer deze door groei van de vraag later toch nodig waren geweest (in dat geval dienen alleen de kosten van het naar voren in de tijd halen van de investering te worden meegenomen en niet de gehele investering); dit betekent dat er sneller nieuwe aansluitingen kunnen worden gerealiseerd en dus dat de wachttijd voor nieuwe klanten veel korter is (dit speelt bijv. bij nieuwe industrieterreinen)
 - c. andere verdeling trafobelasting.
4. Minder *netverliezen* (met bijbehorende milieukosten): dergelijke effecten zijn niet in het algemeen in te schatten. Dat is een afweging van de netverliezen in de uitloper tegen de verliezen in de nieuwe lijn, en dat kan alleen per case worden bepaald. Gemiddeld is het netverlies in het HS 4% en totale netverlies gemiddeld 7%.
5. Reductie van de kans op stroomonderbrekingen zal leiden tot minder uitgekeerde boetes (het effect via de q-factor in de regulering werd al genoemd in de tabel). Boetes zijn een overdracht, van TenneT aan de burgers van Nederland waardoor de maatschappelijke welvaart niet verandert.

Merk op dat investeringen in leveringszekerheid, met name wanneer dit gebeurt door uitlopers in een ringstructuur op te nemen, de kans op *langdurige* storingen sterk vermindert. Dit kan van bijzonder belang zijn, aangezien effecten zoals sociale ontwrichting (plundering en relletjes) juist op zullen treden bij langdurige stroomonderbrekingen. Ook ernstig ongerief als gevolg van het niet meer kunnen verwarmen van huizen en kantoren treedt pas na verloop van tijd op. Dit alles kan tot gevolg hebben dat de maatschappelijke schade van langdurige stroomonderbrekingen disproportioneel groot is.

Meer concreet leiden investeringen in uitlopergebieden naar verwachting tot minder overschrijdingen van het 24-uurs criterium ten gevolge van *common cause* fouten (zoals Haaksbergen en Zaltbommel). Deze 24 uur is een voor dit onderzoek geformuleerde grens, ingegeven door de gedachte dat boven de 24 uur (of zelfs 12 uur) de gevolgen van uitval niet meer maatschappelijk acceptabel zijn. Paragraaf 3.4 gaat nader in op de mogelijke achtergronden en empirische onderbouwing van zulke 'non-acceptatie'. In de MKBA in hoofdstuk 4 worden de effecten ervan gemodelleerd.

¹⁰ Deze mogelijke effecten en indien relevant een inschatting van het belang zijn in een workshop met de begeleidingscommissie geïdentificeerd.

2.3 Kleine kansen en *loss aversion*: prospecttheorie

In de vorige paragraaf werd gesteld dat de verwachte maatschappelijke baten van een investering in leveringszekerheid gelijk zijn aan de verwachte afname van (de duur van) stroomonderbrekingen, maal de maatschappelijke kosten van die onderbrekingen. In zowel de inschatting van de *kans* op stroomonderbrekingen als de waardering van de *kosten* ervan zit echter een subjectief aspect, dat in de economische wetenschap breed onderkend maar ook even breed genegeerd wordt. Kort gezegd komt het erop neer dat consumenten mogelijk verliezen (schade) in hun welvaartsbeleving een groter gewicht geven, en geneigd zijn kleine kansen te overschatten. De zogenoemde prospecttheorie beschrijft deze aspecten, die tot de *behavioral economics* gerekend worden.

Deze paragraaf zet de basiselementen van prospect theorie uiteen en sluit af met een discussie over de vraag welke rol deze theorie zou moeten hebben ten aanzien van de besluitvorming over investeringen in leveringszekerheid.

2.3.1 Verwachte waarde

Er bestaat een kleine kans dat de elektriciteit uitvalt doordat het hoogspanningsnet faalt. Wanneer dat gebeurt, zullen aangesloten afnemers schade en hinder ondervinden.

De verwachte waarde van de schade is de meest eenvoudige manier om het gedrag in het geval van onzekerheid te beschrijven. Deze theorie bepaalt de waarde van iedere mogelijke keuze door de bij de keuze horende uitkomsten te vermenigvuldigen met de kans die daarbij hoort. De uitkomsten zijn in geld, en de waarde is dus ook in geld te meten. Stel dat iemand de keuze heeft om deel te nemen aan een loterij, of deze loterij aan zich voorbij te laten gaan. In het geval er niet wordt deelgenomen aan de loterij gebeurt er niets (de waarde is nul). In het geval er wel wordt meegedaan aan de loterij, dient er een lot gekocht te worden (kosten € 1). Er is één prijs te winnen van € 750, terwijl de kans 1 op 1000 is dat de prijs op het door de persoon gekochte lot valt. De verwachte waarde voor de persoon, in het geval hij meespeelt in de loterij is dus: $750/1000 - 1 = € -0,25$. Gebruikmakend van de theorie van de verwachte waarde is dus niet aannemelijk dat de persoon deelneemt aan de loterij.

Meer formeel kan deze theorie worden omschreven als:

$$U = \sum_s p(s)w(s)$$

Waar U de uiteindelijke waarde is voor de persoon, s de verschillende uitkomsten, $w(s)$ en $p(s)$ de waarde en de kansen die bij deze uitkomsten horen.

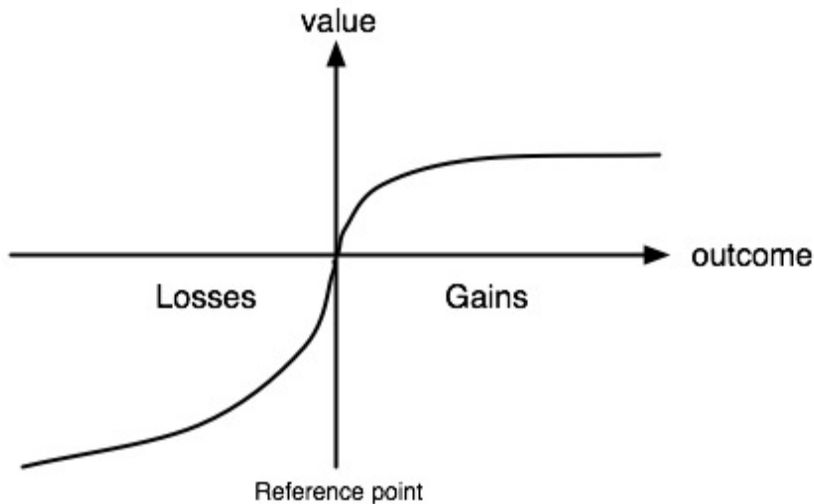
2.3.2 Verwacht nut

Al in 1738 heeft Daniel Bernoulli (Bernoulli, 1738) een nieuwe theorie gelanceerd die niet kijkt naar de uitkomst in geld, maar naar de voor de persoon geldende waarde van dat geld. Dit geeft de ruimte voor een nutsfunctie die aan iedere uitkomst een bepaalde waarde (nut) plakt. Meer nut is hierbij beter. Deze nutsfunctie heeft ook de eigenschappen om *loss aversion* en tevens een concave vorm van de nutsfunctie in de theorie op te nemen.

Loss aversion betekent dat mensen verliezen relatief sterker wegen dan winsten. Een kans van 50% op een verlies van € 1 samen met een kans van 50% op een winst van € 4 is volgens de empirie

ongeveer equivalent aan een zekere winst van € 1, terwijl de verwachte waarde in dit geval € 1,50 is ($50\% \times € 4 - 50\% \times € 1$). De concave vorm van de nutsfunctie houdt in dat het verschil in nut tussen € 5 en € 10 groter is dan tussen € 1005 en € 1010. Figuur 2.1 geeft een gestileerde weergave van een dergelijk nutsfunctie: het negatieve linkerdeel van de curve loopt steiler (*loss aversion*) en zowel het positieve als het negatieve deel buigen af.

Figuur 2.1 Gestileerde weergave van concave nutsfunctie met *loss aversion*



Bron: Wikipedia

Meer formeel kan deze theorie worden omschreven als:

$$U = \sum_s p(s)u(w(s))$$

Waar U de uiteindelijke waarde is voor de persoon, s de verschillende uitkomsten, $w(s)$ en $p(s)$ de waarde en de kansen die bij deze uitkomsten horen en $u(w(s))$ het nut dat bij waarde w hoort.

Laten we de theorie van het verwachte nut echter los op de eerder verwachte waarde bij de genoemde loterij, dan kan deze theorie niet verklaren waarom iemand aan een loterij mee zou spelen. Uit de empirie blijkt immers dat verliezen sterker meetellen, en dat grote bedragen relatief zwakker meetellen in de nutsfunctie. Beide resultaten wijzen erop dat iemand niet zou meespelen aan een loterij, terwijl loterijen meer dan 250 jaar na de publicatie van Bernoulli nog steeds bestaan.

2.3.3 prospecttheorie

In een baanbrekend artikel beschreef Allais in 1953 de uitkomsten van een aantal experimenten die hij had uitgevoerd. Kortweg kwam het erop neer, dat mensen kleine kansen overschatten. Anders dan voorheen gedacht werd, gebruiken mensen bij hun beslissingen niet de objectieve kansen (zelfs als deze direct waar te nemen zijn), maar gebruiken zij een subjectief beeld van kansen. Het objectieve verschil tussen 10% en 11% mag dan even groot zijn als het objectieve verschil tussen 0% en 1%, het subjectieve verschil is dat zeker niet.

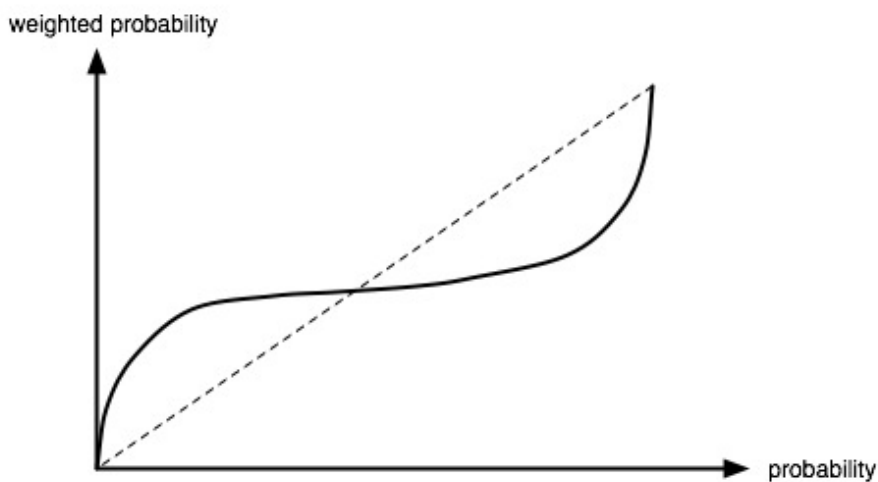
Tsverky en Kahneman (1992) hebben deze subjectieve kansen gebruikt in hun Prospect theorie. Hun nutsfunctie is in grote lijnen gelijk aan die van Bernoulli, maar heeft ook de vrijheid om eventuele subjectieve kansen op te nemen:

$$U = \sum_s \pi(s)u(w(s))$$

Waar U de uiteindelijke waarde is voor de persoon, s de verschillende uitkomsten, $w(s)$ en $\pi(s)$ de waarde en de subjectieve kansen die bij deze uitkomsten horen en $u(w(s))$ het nut dat bij waarde w hoort.

De implicatie van de prospecttheorie is dat de ‘subjectieve kans’ (weighted) bij kleine kansen hoger is dan de objectieve kans, en bij kansen in de buurt van 100% juist lager (de kans dat een gebeurtenis niet optreedt wordt dan juist overschat). Figuur 2.2 geeft een gestileerde weergave van die subjectieve kansinschatting, als functie van de objectieve kans.

Figuur 2.2 Subjectieve (weighted) versus objectieve kans in prospecttheorie



Bron: Wikipedia. Dit is een vereenvoudigde vorm van de in Tversky en Kahneman (1992) gepubliceerde figuur. Daar zijn de subjectieve kansen voor positieve en negatieve vooruitzichten (prospects) weergegeven. Deze verschillen echter niet in belangrijke mate en hebben beide een S-curve.

2.3.4 Discussie: beschrijvend of voorschrijvend

Vanaf de verwachte waarde naar de prospecttheorie worden steeds meer aannames losgelaten. Hierdoor kan ook steeds beter het gedrag van de beslissingnemers verklaard worden, maar de vervolgvraag is welke rol dit kan of moet spelen in een MKBA. In de literatuur over dit onderwerp is er verschil van opvatting over de vraag of prospecttheorie alleen een beschrijvende (descriptieve) theorie behoort te zijn, die het keuzegedrag van individuen beschrijft of verklaart, of dat het tevens een normatieve theorie is, die keuzes kan voorschrijven.¹¹

Op grond van de theorie kunnen ten aanzien van stroomonderbrekingen twee gevolgtrekkingen worden geformuleerd:

De schade als gevolg van een stroomonderbreking heeft voor afnemers een hoger gewicht dan een winst als gevolg van lagere gemiddelde transporttarieven (*loss aversion*). De verwachte werkelijke schade in euro's geeft dan een onderschatting van het (subjectieve) welvaartsverlies

¹¹ Bleichrodt, Pinto en Wakker, 2001.

door de schade (*disutility*). Dit betekent tevens dat afnemers bereid zullen zijn meer te betalen voor het reduceren van de schadekans, dan de verwachte afname van de schade.

Afnemers overschatten gemiddeld de kans op een stroomonderbreking. Hierdoor zijn de afnemers geneigd meer leveringszekerheid te verlangen dan optimaal is, ook wanneer rekening gehouden wordt met *loss aversion*.

Er is echter een wezenlijk verschil tussen deze twee gevolgtrekkingen. De eerste geeft aan dat de subjectieve welvaartsbeleving meer leveringszekerheid dicteert dan een risiconeutrale vergelijking van objectieve kosten en baten. Aangezien veel kosten van stroomonderbrekingen een welvaarts-effect zijn maar geen pecuniair effect – zoals het verlies van vrije tijd – geeft dit sterke argumenten om bij de invulling van dit welvaartsbegrip dan ook rekening te houden met *loss aversion* dat eveneens onderdeel uitmaakt van de welvaartsbeleving. Met andere woorden: het grotere gewicht dat door individuen aan schade en verlies wordt gekoppeld, zou moeten worden meegenomen in de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). In het volgende hoofdstuk zal blijken dat verschillende methoden die kunnen worden ingezet om de kosten van stroomonderbrekingen voor huishoudens en bedrijven te bepalen, impliciet al rekening houden met *loss aversion*.

Voor de overschatting van kleine kansen ligt dit gecompliceerder. Het feit dat burgers de kans op onderbrekingen neigen te overschatten, heeft geen invloed op die kans en dus ook niet op de verwachte schade voor consumenten. Wanneer een MKBA de ambitie heeft om zo goed mogelijk het verwachte welvaartseffect te bepalen van een maatregel of project, zou dit logischerwijs betekenen dat ook de kans op een stroomonderbreking zo goed mogelijk moet worden bepaald, dus zonder kleine kansen opzettelijk te overschatten.

Salanié en Treich (2009) laten evenwel zien dat een dergelijk ‘rationalistisch’ uitgangspunt niet onder alle omstandigheden tot een optimaal beleid leidt. De crux zit daarbij in de eerste plaats in de vraag of het gedrag van burgers afhangt van hun risico-inschatting. In het geval van de overschatte kans op stroomonderbrekingen laat dat zich vertalen in de vraag of burgers meer of minder elektriciteit afnemen of noodvoorzieningen treffen, als gevolg van hun verkeerde kansinschatting. Wanneer dat het geval is, kan het beleidsmatig optimaal zijn om *toch* meer in leveringszekerheid te investeren dan een objectieve kansinschatting dicteert. Daarmee wordt dan namelijk voorkomen dat burgers teveel investeren in alternatieve maatregelen.

Het belang van dergelijke reacties door afnemers zal voor stroomonderbrekingen echter gering zijn (zeker voor huishoudens en het MKB). Wanneer de vraag/consumptie gegeven is, concluderen ook Salanié en Treich dat het beleid dat niet meegaat in de verkeerde kansinschatting optimaal is.

Dit creëert wel een spanning tussen de uitkomst van een MKBA en de welvaartseffecten die individuen zelf verwachten. Door de overschatting van kleine kansen zijn individuen geneigd aan te sturen op meer leveringszekerheid dan optimaal is, zelfs gegeven *loss aversion*. Het is in dergelijke gevallen behulpzaam te investeren in communicatie en voorlichting over de werkelijke kansen.¹²

¹² Dit ligt nog iets genuanceerder wanneer burgers weliswaar hun gedrag niet aanpassen aan hun verkeerde kansinschatting, maar wel ‘disutility’ ervaren als gevolg ervan: ze maken zich bijvoorbeeld ten onrechte zorgen. Dit zou eveneens aanleiding kunnen zijn voor (enige) overinvesteringen om burgers gerust te stellen.

3 Waardering van stroomonderbrekingen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staat het waarderen van stroomonderbrekingen centraal. Paragraaf 3.2 gaat in op de theorie van het waarderen van stroomonderbrekingen. Hierbij gaat het om de uitleg van de problemen van waarderen, de mogelijke methoden om waarderingen mee te berekenen en een uitwerking van de hier gebruikte methode. Paragraaf 3.3. beschrijft een meta-analyse van in Nederland uitgevoerde waarderingen van stroomonderbrekingen. Paragraaf 3.4 gaat in op hoe de waardering van een stroomonderbreking verandert met de tijd dat de onderbreking duurt. Paragraaf 3.5 gaat in op de mogelijkheden die er zijn om vanuit de gehanteerde waarderingmethoden de kosten van stroomonderbrekingen in specifieke regio's te bepalen. Vervolgens wordt de methodiek verder uitgewerkt en geïllustreerd aan de hand van twee specifieke regio's te weten de Bommelerwaard en Haaksbergen. Paragraaf 3.6 beschrijft de ontwikkeling van de kosten van stroomonderbrekingen in de tijd.

3.2 Waarderingsmethoden¹³

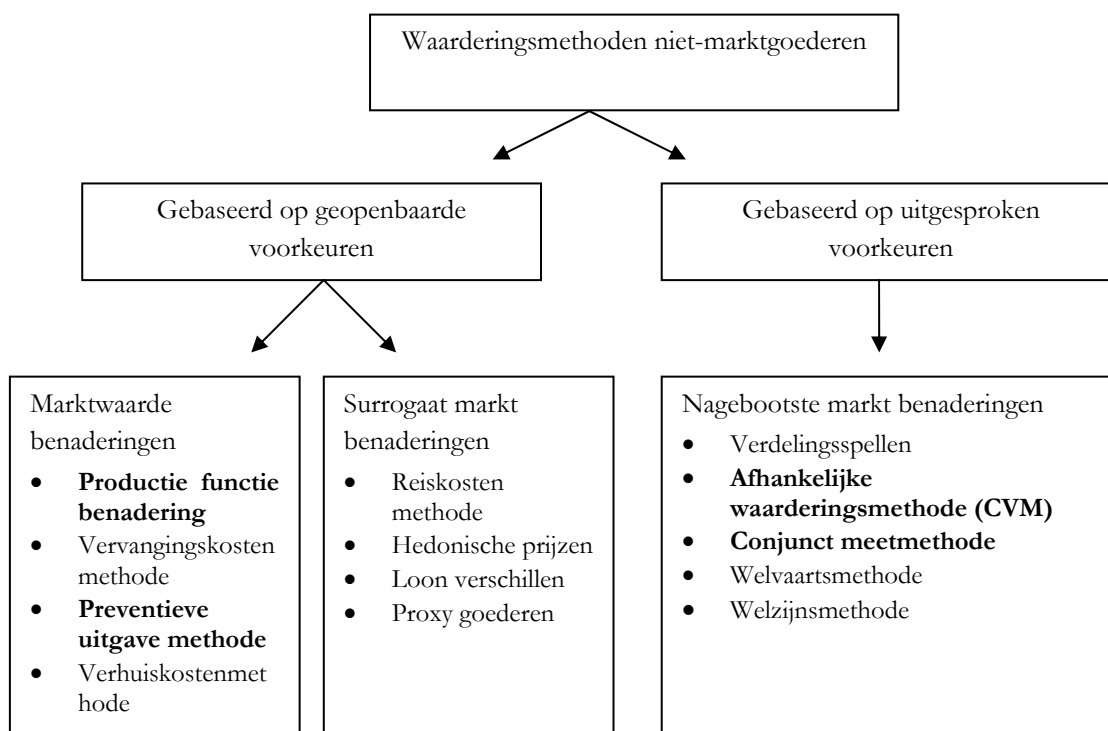
3.2.1 Waardering van niet-marktgoederen, zoals stroomonderbrekingen

Bij het waarderen van goederen en diensten is de standaardaanpak van economen om te kijken naar de prijs, of preciezer naar de vraagcurve. Bij stroomonderbrekingen is dit niet mogelijk omdat er geen markt is voor stroomonderbrekingen.¹⁴ Er bestaan diverse waarderingsmethoden die op een alternatieve manier de waarde van leveringszekerheid schatten. De verschillende methoden zijn uiteindelijk variaties van twee wezenlijk verschillende aanpakken. Enerzijds kan de waardering van een goed worden berekend door de effecten van stroomonderbrekingen te schatten of door alternatieven in de berekening mee te nemen. Hierbij wordt gebruikgemaakt van marktgegevens. Anderzijds kan de waardering van het goed worden geschat door de consument direct of indirect naar zijn waardering te vragen. Economen spreken van geopenbaarde voorkeuren (*revealed preferences*) en uitgesproken voorkeuren (*stated preferences*). Deze indeling staat in Figuur 3-1 weergegeven.

¹³ Deze paragraaf is in belangrijke mate geïnspireerd op Baarsma (2000) en Baarsma (2002). Zie tevens: Ajodhia et al. (2002, pp. 4-5), Billington et al. (1993, p. 96), Day en Reese (1992, pp. 2.4.2-2.4.3), Sanghvi (1982).

¹⁴ Dit is niet helemaal waar. Er worden op sommige deelmarkten *interruptible* contracten verhandeld. Het nadeel van deze methode is dat alleen grote bedrijven kunnen deelnemen, omdat het afschakelen snel moet kunnen gaan en dit alleen te realiseren is als het om enkele grote aansluitingen gaat. Een ander nadeel is dat alleen de bedrijven met lage kosten van een stroomonderbreking deel zullen nemen, deze methode geeft dus een onderschatting. In praktijk nemen alleen industriële bedrijven *interruptible contracts* af.

Figuur 3.1 Waarderingsmethoden voor niet-marktgoederen



De in vet gemarkeerde methoden zijn het meest bruikbaar om stroomonderbrekingen te waarderen. Sommige andere methoden zijn niet bruikbaar om stroomonderbrekingen te waarderen. Andere methoden lijken wel bruikbaar te zijn, maar minder handig dan een van deze vier vetgedrukte methoden. In de praktijk zijn alle bekende waarderingsstudies gebaseerd op een van de vier vetgedrukte methoden. Daarom bespreken we hieronder alleen deze vier methoden:

- Methoden gebaseerd op geopenbaarde preferenties (in de literatuur bekend als de *revealed preference*-methoden): gebaseerd op marktgegevens voor kosten en prijzen.
 - Marktwaaarde benaderingen (*market value approach*). Deze methoden leiden de waarde af uit de prijs of kosten van een goed.
 - Productiefunctie-benadering (*change in productivity*). Hierin wordt de waarde van het goed afgeleid uit de verandering van productie als de waarde van dit goed verandert. Zo kan de gemiste productie gebruikt worden als maat voor de schade van een stroomonderbreking.
 - Preventieve uitgave methode (*preventive expenditures*). Hierin wordt de waarde van het goed afgeleid uit de kosten om te voorkomen dat er schade ontstaat of dat het verloren gaat. Zo geven de kosten van noodaggregaten om een stroomonderbreking te voorkomen een (ondergrens) voor de waarde van leveringszekerheid.
- Uitgesproken voorkeuren methoden (*stated preferences approaches*). Deze methodes leiden de waarde van het goed af uit uitspraken van geïnterviewde of geënkquêteerde respondenten.
- Nagebootste markt benaderingen (*simulated market approach*): de waarde wordt afgeleid uit de antwoorden gegeven in een enquête waarmee een markt wordt nagebootst.
 - Afhankelijke waarderingsmethode (*contingent valuation*). Hierin wordt de waarde van een goed afgeleid uit antwoorden op vragen naar de betalingsbereidheid door respondenten om van een bepaald goed het aanbod te vergroten. Een

andere vraagstelling is dat gevraagd wordt naar de acceptatiebereidheid om een bepaalde schade te lijden. Een voorbeeld is de waardering van leveringszekerheid. Hierbij kan respondenten gevraagd worden hoeveel ze bereid zijn om te betalen om het aantal stroomonderbreking terug te brengen (met bijvoorbeeld een kwartier).

- o Conjoint meetmethode (*conjoint measurement*)¹⁵. Hierin wordt de waarde van een goed afgeleid door respondenten te vragen om verschillende situatiebeschrijvingen te rangschikken en/of van een rapportcijfer te voorzien. Deze situatiebeschrijvingen omvatten meerdere kenmerken. Als een van deze kenmerken een waarde of prijs is dan kunnen de andere kenmerken gewaardeerd worden. Deze methode kan gebruikt worden om de kosten van stroomonderbrekingen te waarderen.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen per methode.

Tabel 3.1 samenvatting van de belangrijkste waarderingmethoden voor stroomonderbrekingen

Methode	Nadeel	Voordeel
Productiefunctie-benadering	De methode is sterk gebaseerd op aannames. Aannames over de relatie tussen de hoogte van de schade en de duur van een stroomonderbreking zijn noodzakelijk. Niet alle effecten (bijv. stress, discomfort en ergernis) kunnen worden gewaardeerd. Ook <i>loss aversion</i> wordt in beginsel niet meegenomen	Relatief eenvoudige methode Maatschappijbrede storingswaarderingen kunnen worden uitgerekend. Eenvoudig om onderscheid naar sectoren te maken. Differentiatie van de waarderingen naar regio's is mogelijk
Preventieve uitgaven methode	Het aantal stroomonderbrekingen is zo laag dat het voor veel mensen niet loont om noodstroomvoorziening te kopen. Omdat alleen enkele afnemers voor wie een ononderbroken elektriciteitsvoorziening van 'levensbelang' is (denk aan ziekenhuizen of chipsfabrikanten) noodstroomvoorzieningen hebben getroffen is de methode niet goed toepasbaar: de steekproef is simpelweg te klein en niet representatief voor de gehele populatie.	Elegante methode die uitgaat van geopenbaard keuzegedrag (en dus hardere data geeft dan stated preference methoden). In principe houdt dit gedrag automatisch rekening met <i>loss aversion</i> (maar mogelijk ook met de overschatting van kleine kansen). Merk verder op dat deze methode ook gedragseffecten van subjectieve kansinschatting meeneemt, zoals aangegeven in het vorige hoofdstuk zullen de meeste afnemers echter geen gedragseffecten vertonen.
Afhankelijke waarderingsmethode	De kwaliteit van de antwoorden lijdt onder een aantal onzuiverheden (<i>biases</i>), waarvan strategische <i>bias</i> en <i>hypothetical bias</i> de belangrijkste zijn. De betrouwbaarheid van de antwoorden wordt verder aangetast doordat de meeste respondenten de waarderingvragen maar heel moeilijk kunnen beantwoorden en het erg veel moeite en ook stress kan opleveren.	De methode geeft een waardering voor de gehele geleden schade als gevolg van een onderbreking (dus incl. stress, discomfort en ergernis). Ook <i>loss aversion</i> wordt meegewogen.
Conjoint meetmethode	De opzet van de waarderingssituaties (de vignetten) kost relatief veel tijd en vereist specifieke expertise. Hetzelfde geldt voor de (econometrische) analyse Ondanks het feit dat strategisch antwoordgedrag zoveel mogelijk is uitgebannen door de indirecte vraagwijze, lijdt de methode net als elke op enquêtes gebaseerde methoden onder hypothetische bias.	De methode geeft een waardering voor de gehele geleden schade als gevolg van een onderbreking (dus incl. stress, discomfort en ergernis), en met inbegrip van <i>loss aversion</i> . Betrouwbaarder resultaten dan met de afhankelijke waarderingmethode

¹⁵ Een eenvoudiger, maar iets beperktere variant hiervan staat in de literatuur bekend onder de naam Contingent ranking (Contingent ranking).

3.2.2 Hier gebruikte methode: de productiefunctie-benadering

De productiefunctie-benadering wordt soms ook aangeduid als de Change-in-productivity techniek of de dosisrespons techniek.¹⁶ Deze methode is op stroomonderbrekingen toegepast door onder andere Munasinghe en Gellerson (1979), Tishler (1993) en De Nooij et al. (2007).

De productiefunctie-benadering waardeert veranderingen in de productiviteit van natuurlijke of door de mens gemaakte systemen als gevolg van een verandering. Een voorbeeld is de verminderde visvangst als gevolg van een verslechtering van de waterkwaliteit doordat een fabriek zijn afvalwater onvoldoende reinigt alvorens het in de rivier te lozen. Indien de relatie tussen de waterkwaliteit (dosis) en de visvangst (respons) bekend is, kan de waarde van een verslechtering van de waterkwaliteit berekend worden. De veranderingen in de geldelijke opbrengst van de productie (de visvangst) zijn dan via de dosisresponsrelatie te vertalen in een geldelijke tegenwaarde van het milieueffect (de waterkwaliteit).

Bij stroomonderbrekingen kan deze methode worden toegepast door het maken van aannames (en deze zo goed mogelijk te onderbouwen) van de verandering van de productie voor bedrijven en het nut ontleend aan vrije tijd van huishoudens door een stroomonderbreking. Bij het toepassen van deze methode moet er een eenduidige en/of meetbare relatie bestaan tussen een in geld uit te drukken output en de te prijzen input (hier de productie respectievelijk de stroomonderbreking). Ook moet het effect waarin men geïnteresseerd is, reeds met behulp van marktprijzen te waarderen zijn, omdat de methode immers in principe op observeerbare marktprijzen bouwt. Bij de effecten van stroomonderbrekingen is dit vaak het geval (bijvoorbeeld voor de productie van bedrijven en voor de vrije tijd van huishoudens (deze wordt op de arbeidsmarkt verhandeld)).

Om een waardering uit te kunnen rekenen is een model met de relatie tussen een dosis (stroomonderbreking) en respons (productie) nodig. Hier kan de waarde van de stroomonderbreking uit worden afgeleid.

Het bepalen van de relatie tussen de dosis en de respons is vaak ingewikkeld en vereist meetgegevens die niet voorhanden zijn. Zo is het nodig om bij stroomonderbrekingen aannames te maken over de herstarttijd in bedrijven. Als deze dosisresponsrelatie bekend is, is de methode relatief eenvoudig en transparant. Door de responsvariabele in monetaire termen te gieten, volgt uit de relatie vanzelf een prijskaartje voor de dosisvariabele.

Voor het bepalen van de dosisresponsrelatie is gevoelig voor kritiek. Voorbeelden hiervan zijn: hoe wordt omgegaan met drempelwaarden waarboven de schade pas optreedt, hoe wordt omgegaan met discontinuïteiten (sprongen) in de relatie? Concreet gaat het om de vraag hoe de schade verandert met de duur van de onderbreking.¹⁷ In sommige gevallen zal de schade pas na verloop van tijd ontstaan (bijvoorbeeld het opwarmen van de koelkast in huishoudens en het stollen van gesmolten metaal in machines in de industrie). In andere gevallen is de schade direct merkbaar (in de zakelijke dienstverlening zijn computerbestanden weg bij de eerste seconde stroomonderbreking). Andere vormen van schade zijn lineair met de tijd (omzet die niet gerealiseerd wordt, neemt rechtevenredig toe met de tijd van de stroomonderbreking). De Nooij

¹⁶ Voor een inleiding in de theoretische literatuur, zie bijvoorbeeld: Dixon et al. (1994), en James (1994).

¹⁷ Hier speelt onder andere de herstarttijd die nodig is om onderbroken bedrijfsprocessen weer te starten.

et al. (2007) hebben voor alle sectoren en de huishoudens verondersteld dat de schade evenredig toeneemt met de duur van de onderbreking.¹⁸

Toepassing bij het waarderen van stroomonderbrekingen

Een recent voorbeeld van deze methode is De Nooij et al. (2007). Hierin is zowel de schade bij bedrijven meegenomen als de schade bij huishoudens. De schade bij bedrijven die meegenomen wordt is de gemiste toegevoegde waarde. Hierbij wordt aangenomen dat de mogelijkheden tot substitutie beperkt zijn (mensen kunnen weinig andere, productieve activiteiten ondernemen tijdens de stroomonderbreking) en dat de materiële schade min of meer lineair verloopt met de duur (of klein is ten opzichte van de gemiste toegevoegde waarde). Bij huishoudens is aangenomen dat tijd die thuis en niet slapend wordt doorgebracht tijdens de stroomonderbreking verloren gaat oftewel ‘waardeloos’ wordt. Dit impliceert een zekere overschatting maar steeds meer activiteiten die mensen thuis ontplooiën maken gebruik van elektriciteit. Het aantal mensen dat recreëert op een bepaald moment is geschat op basis van tijdsbestedingsonderzoek. De waarde van een uur vrije tijd is berekend aan de hand van het netto uurloon. Deze aanpak gaat terug op een artikel van Nobelprijswinnaar Gary Becker (1965) waarin hij uitlegt dat mensen hun tijd verhandelen, namelijk op de arbeidsmarkt en net zo lang tijd aanbieden (meer werken) tot de prijs (hun netto uurloon) gelijk is aan de waarde van de vrije tijd. Dit wordt bevestigd door Munasinghe (1980) die vermeldt dat er empirisch inderdaad een zeer hoge correlatie bestaat tussen inkomen en kosten van stroomonderbrekingen.

Doordat deze methode gebruikmaakt van bestaande gegevens, zijn de kosten per stroomonderbreking per sector en per regio zo relatief efficiënt te bepalen. De inspanning om statische gegevens te achterhalen en te bewerken neemt toe met het gewenste sectorale en regionale detailniveau. Zo is het elektriciteitsgebruik in de industrie op een fijner sectoraal aggregatieniveau geregistreerd dan in de dienstensector. Op regionaal niveau geldt dat veel van de gegevens die op nationaal niveau bekend zijn, niet bekend of beschikbaar zijn. Gegevens bij statische bureaus zijn oorspronkelijk verkregen met enquêtes, wat ontbreekt (bijvoorbeeld door non-response) kan vaak op basis van andere gegevens worden bij geschat. Op regionaal of lokaal niveau is dit vaak niet mogelijk, ook moeten statistische bureaus de vertrouwelijkheid van gegevens respecteren en kunnen daardoor niet gedetailleerd per gemeente rapporteren (dat is vaak te herleiden tot een of enkele bedrijven) – al valt dit vaak wel weer bij te schatten door de onderzoekers op basis van gecorrigeerde (maar niet perfect gecorrigeerde) gegevens.

Conclusie

De productiefunctie-benadering is een relatief eenvoudige methode omdat gebruikgemaakt wordt van al beschikbare statistische gegevens. Daardoor is deze methode in de toepassing tevens relatief snel en voordelig. Afhankelijk van de mate van gewenst sectoraal en regionaal detail lopen de kosten op.

Een nadeel is dat sommige effecten niet of maar beperkt meegenomen worden in de analyse. Dit geldt bijvoorbeeld voor de stress bij huishoudens. Ook het effect van *loss aversion* op de schade bij huishoudens wordt zo in principe niet meegenomen. Van de materiële schade en de mogelijkheid tot substitutie van onderbroken activiteiten wordt aangenomen dat deze tegen elkaar wegvallen

¹⁸ KEMA (2004) een afhankelijke waarderingsstudie (zie paragraaf 3.3) heeft voor de grootverbruikers geprobeerd de relatie tussen schade en duur van de onderbreking te schatten. Hier volgt geen heldere conclusie uit, al lijkt de schade gemiddeld een lineair verband te vertonen.

en dat de schade voor bedrijven daardoor proportioneel is met de duur van de onderbreking (paragraaf 3.4 gaat hier dieper op in). Een voordeel is dat de kosten van een stroomonderbreking relatief eenvoudig voor alle sectoren berekend kunnen worden en dat de kosten per regio uitgerekend kunnen worden.

3.3 Meta-analyse van Nederlandse stroomonderbrekingsstudies

In Nederland is in 2003 en 2004 een drietal studies naar de kosten van stroomonderbrekingen uitgevoerd. In elk van deze studies is een andere methode toegepast, we lichten dit toe:

- **Stated preference methoden.** Bij een stated preference methode wordt aan respondenten gevraagd naar hun waardering. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, met name het onderscheid tussen direct en indirect vragen is van belang. KEMA en SEO hebben elk een andere methode toegepast:
 - KEMA (2004) heeft aan respondenten gevraagd naar hun betalingsbereidheid voor meer leveringszekerheid (*willingness to pay*) en hun acceptatiebereidheid voor een verslechtering (*willingness to accept*).
 - SEO (2004) heeft een andere vorm van *stated preference*-methode toegepast. Namelijk de conjoint analyse. Hierbij wordt de respondent gevraagd om een aantal vignetten (situatiebeschrijvingen die op een aantal punten van elkaar verschillen) van een rapportcijfer te voorzien. Omdat één van de kenmerken van de situatie in geld is uitgedrukt, kan hier vervolgens de waarde van stroomonderbrekingen uit worden afgeleid. Een van de voordelen van deze methode is dat minder direct naar de waarde die mensen ergens aan hechten wordt gevraagd (dan bij *willingness to pay* en *willingness to accept*), waardoor antwoorden betrouwbaarder worden (i.e. minder strategisch).
- **Revealed preference methoden.** Revealed preference methoden gaan niet uit van wat mensen zeggen, maar van wat ze doen.
 - **Preventive cost method:** Hierbij worden de kosten van stroomonderbrekingen afgeleid uit de kosten van noodstroomvoorzieningen die bedrijven en huishoudens gebruiken om de gevolgen van stroomonderbrekingen te verminderen of te beperken.¹⁹ Voor Nederland is deze methode om de kosten van stroomonderbrekingen te bepalen niet toegepast. In de praktijk hebben huishoudens geen of slechts zeer sporadisch noodstroomvoorzieningen. De kosten van noodstroom wegen voor huishoudens niet op tegen de baten van geen onderbreking. Veel bedrijven hebben geen noodstroomvoorziening, en als er wel noodstroomvoorzieningen zijn dan wordt met deze voorzieningen veelal slechts een deel van de stroomverbruikende bedrijfsprocessen afgedekt. Met een gedeeltelijke noodstroomvoorziening kunnen kritische processen doorgaan of gecontroleerd afgeschakeld worden. Daardoor kan een essentieel geacht deel van de bedrijfsvoering (bij een lager elektriciteitsverbruik) toch doorgaan. Vooral ziekenhuizen, chemische industrie en financiële dienstverleners maken gebruik van noodstroomvoorzie-

¹⁹ Technisch gezien zijn er twee soorten noodstroomvoorzieningen: een noodstroomunit wordt ingeschakeld als de stroom uitgevallen is en vermindert dus de gevolgen van de onderbreking. Een no-break unit schakelt in op het moment dat de stroom vanuit het net uitvalt en voorkomt dat de gebruiker merkt dat er een onderbreking van het net is.

ningen. De omvang van het noodzakelijke vermogen bepaalt de kosten van noodstroomvoorzieningen. Hierdoor zijn geen kengetallen te geven voor type bedrijven. Kleine noodaggregaten kosten (maximaal vermogen 5,5 kVa) € 6000 of meer. Dit is exclusief installatiekosten en onderhouds- en gebruikskosten. Hierdoor zal noodstroomvoorziening voor veel (MKB) bedrijven niet opwegen tegen de kosten.

- **Productiefunctiebenadering.** SEO (2003) heeft de productiefunctiebenadering gecombineerd met de **loonkostenbenadering van vrije tijd**. De kosten van stroomonderbrekingen worden in dit onderzoek benaderd door de niet geproduceerde toegevoegde waarde tijdens de stroomonderbreking (bedrijven en overheid) en de waarde van vrije tijd die verloren gaat tijdens de stroomonderbreking (huishoudens).

Hieronder worden deze drie studies besproken, waarna kengetallen worden afgeleid.

3.3.1 KEMA (2004)

In deze paragraaf bespreken we de waarderingsstudie die KEMA in 2004 in het kader van PREGO publiceerde onder de titel ‘Wensstromen: Gewenste kwaliteit – de waardering van kwaliteit van levering van elektrische energie door aangeslotenen’.

KEMA heeft aan aangeslotenen gevraagd hoeveel ze bereid zijn te betalen voor meer leveringszekerheid, dan wel te accepteren voor minder leveringszekerheid. Hierbij zijn de aangeslotenen in vier groepen verdeeld:

- Huishoudens;
- Midden- en Kleinbedrijf (MKB), bedrijven tot en met 100 medewerkers;
- Industrie en grootverbruikers;
- Productie (centraal).

De waarde van stroomonderbreking voor deze groepen bespreken we hieronder.

Huishoudens

Onder 2.200 huishoudens is een enquête gehouden met een response van 73 procent. Twee procent van de huishoudens heeft financiële schade geleden. Bij 75 procent van de huishoudens is de schade kleiner dan € 150. Een half procent heeft meer dan € 150 schade. Een half procent van de huishoudens heeft daadwerkelijk schade geclaimd.

Huishoudens ervaren hinder van stroomonderbrekingen. De meest hinderlijke zaken in afnemende volgorde zijn: het uitvallen van ruimteverwarming, het bederven van voedsel in koelkast of diepvries, het niet kunnen beschikken over warm water, het opnieuw moeten instellen van klokken, verslapen door stilgevallen wekkers en uitval van computers. Deze hinder is niet afzonderlijk gewaardeerd, maar speelt wel een rol bij de betalingsbereidheid voor meer leveringszekerheid (zie hieronder).

Korte onderbrekingen die frequenter voorkomen worden verkozen boven stroomonderbrekingen die lang duren, maar niet frequent voorkomen. Dit suggereert dat de schade van een stroomonderbreking meer dan evenredig oploopt met de duur (KEMA, 2003, p. 10).

De betalingsbereidheid (*willingness to pay*) voor meer leveringszekerheid is € 0, terwijl de acceptatiebereidheid (*willingness to accept*) van een verslechtering (gebaseerd op de mediaan) € 10 per uur

bedraagt. Een verbetering van de kwaliteit wordt niet noodzakelijk gevonden. Een verslechtering wordt echter niet geaccepteerd. De duur van onderbrekingen wordt wel belangrijk gevonden, de frequentie van en de compensatie bij een onderbreking vindt men minder belangrijk.

MKB-bedrijven

Om de waardering van het MKB te achterhalen heeft KEMA 11.600 bedrijven geënquêteerd, waarvan 5 procent gereageerd heeft. Gezien de omvang van de netto steekproef is een uitsplitsing naar sectoren niet mogelijk.

Ruim 40 procent van de bedrijven heeft een directe schade tussen de € 0 en € 100. Ruim 20 procent heeft een directe schade tussen € 100 en € 1.000, ruim 10 procent heeft tussen de € 1.000 en € 10.000 schade. 2 procent heeft tussen de € 10.000 en € 100.000 schade. Ruim 20 procent heeft deze vraag niet ingevuld. De percentages voor de indirecte schade lagen steeds iets lager, behalve bij de categorie niet ingevuld.

Verder is gevraagd hoeveel bedrijven bereid zijn te accepteren voor een verslechtering van de leveringszekerheid (*willingness to accept*). Voor een verdubbeling van de frequentie of de onderbrekingsduur vindt 73 procent van de MKB-bedrijven een verlaging van 10 tot 50 procent van de jaarrekening redelijk. Een verbetering van de leveringszekerheid is 73 van de respondenten niets waard, 15 procent vindt een verhoging van de rekening met 5 procent redelijk, 7 procent vindt 10 procent verhoging redelijk, vier procent gaat daar nog boven.

Bij combinaties van aantallen onderbrekingen en onderbrekingsduur, heeft het MKB dezelfde voorkeuren als de huishoudens. Liever kortere onderbrekingen en dan desnoods wat vaker, al moet de frequentie van de onderbrekingen ook weer niet te hoog worden. De voorkeuren van MKB bedrijven zijn iets minder uitgesproken dan de voorkeuren van huishoudens.

Grootverbruikers

In totaal zijn 43 grootverbruikers ondervraagd, waarvan er 37 hebben gereageerd op de enquête. 22 bedrijven hebben tussen de 100 en 1.000 medewerkers, 4 bedrijven zijn kleiner, en 11 bedrijven zijn groter. 24 bedrijven hebben een omzet boven € 100 miljoen, 10 bedrijven tussen € 10 en 100 miljoen.

Het jaarlijkse energiegebruik varieert tussen 0,9 en 2800 GWh, gemiddeld was het 280 GWh. Voor 20 bedrijven maakt de elektrische energie 1 tot 10 procent uit van hun totale productiekosten, voor vijf bedrijven is dit aandeel 21 tot 50 procent, één bedrijf zit daar nog boven. Gezamenlijk gebruiken de 37 bedrijven 9980 GWh per jaar. Dit is circa 29 procent van het totale industriële elektriciteitsverbruik in Nederland. Voor de meeste bedrijven (17) is de onderbrekingsfrequentie belangrijker dan de onderbrekingsduur (13 bedrijven). Voor vijf bedrijven zijn ze beide even belangrijk.

Voor de grootverbruikers ligt de schade hoger. 10 procent van de bedrijven heeft een directe schade geleden door een onderbreking van tussen de € 0 en € 1.000. Ruim 25 procent lijdt een directe schade tussen € 1000 en € 10.000, en 25 procent lijdt tussen de € 10.000 en € 100.000 schade. 10 procent lijdt tussen de € 100.000 en € 1.000.000 schade. Ruim 25 procent heeft deze vraag niet ingevuld. De percentages voor de indirecte schade zijn voor de eerste twee categorieën lager, maar hoger voor schade tussen € 10.000 en € 100.000, en schade groter dan € 1.000.000.

Voor de verslechtering van de leveringszekerheid vindt meer dan tweederde van de bedrijven (72 procent) een vergoeding van 10 tot 50 procent lagere transportdienstvergoeding redelijk (*willingness to accept*). Voor zeven bedrijven telt de toename in frequentie zwaarder dan verlenging van de onderbrekingsduur, voor twee bedrijven is het andersom. De betalingsbereidheid voor een vermindering van de onderbrekingsfrequentie is voor 78 procent van de respondenten € 0. Van de respondenten wil 68 procent niet betalen voor een halvering van de onderbrekingsfrequentie. Zes bedrijven vinden een verhoging van 5 procent op de transportdienstvergoeding nog redelijk. Drie bedrijven gaan tot 10 procent.

De relatie tussen de schade en de duur van de onderbreking verschilt sterk tussen de bedrijven (21 van de 37 bedrijven heeft een relatie aangegeven tussen onderbrekingsduur en te verwachten schade). Voor een deel van de bedrijven neemt de schade ruwweg lineair toe met de duur van de onderbreking, terwijl de schade voor andere bedrijven eerst sterk stijgt en daarna licht toeneemt of constant is.

De schade per eenheid gecontracteerd vermogen ligt voor het merendeel van de bedrijven tussen de € 0,60 en € 80 per kW, voor twee bedrijven is deze € 365 en € 400 per kW. Omrekenen naar schade per kWh verbruik is lastig, omdat het verbruik kan afwijken van het gecontracteerde vermogen en omdat de storingsduur in het KEMA onderzoek varieert tussen 0 en 16 uur.

Productie (centraal)

Voor centrale producenten zijn de schades die ontstaan door stroomonderbrekingen op het hoogspanningsnet groot. KEMA heeft drie producenten aangesloten op het hoogspanningsnet gevraagd naar de kosten. Deze hangen in sterke mate af van de duur van de stroomonderbreking, of er hierbij schade ontstaat en of en hoe lang er vervangend vermogen ingezet moet worden. Uitvalgegevens voor productie zijn niet bekend, waardoor geen schadebedrag te berekenen was. Producenten zijn niet bereid om te betalen voor een betere leveringszekerheid, terwijl anderzijds een verslechtering van de kwaliteit niet gewenst is. Producenten geven de voorkeur aan de huidige kwaliteit.

Kanttekeningen bij de KEMA studie

De schade van stroomonderbrekingen bij de overheid blijft buiten beschouwing. De KEMA studie maakt gebruik van de *contingent valuation* methode. Een belangrijk methodologisch nadeel is dat de kans op strategisch antwoordgedrag groot is. De scherpe asymmetrie tussen de *willingness to pay* en de *willingness to accept* die zowel huishoudens als bedrijven noemen onderstreept dit: de ondervraagden willen niet betalen voor extra leveringszekerheid, maar willen royaal gecompenseerd worden voor verminderde leveringszekerheid. Dit terwijl het moeilijk te geloven is dat de huidige leveringszekerheid voor alle partijen precies optimaal is.²⁰

Samenvatting

Huishoudens:

- Op basis van een *willingness to pay* vraag blijkt dat huishoudens niet willen betalen voor een verbetering van de leveringszekerheid. Op basis van een *willingness to accept* vraag blijkt dat 50

²⁰ Een alternatieve verklaring hiervoor is een sterke *status quo bias*, letterlijk een voorkeur voor het bestaande, oftewel een overwaardering van de huidige situatie, die als aanvaardbaar (want aanvaard) wordt ervaren. Je zou echter verwachten dat met name grote afnemers rationele keuzes maken en minder vatbaar zijn voor *status quo bias*.

procent van de huishoudens een vergoeding van € 10 per uur wenst. Er is geen prijskaartje voor het aantal onderbrekingen.

Bedrijven:

- Bij een verdubbeling van de onderbrekingsduur is 73 procent van het MKB bereid om een compensatie van 10 tot 50 procent van de elektriciteitsrekening te accepteren. Hetzelfde geldt voor een verdubbeling van de onderbrekingsfrequentie.
- Bij een halvering van de onderbrekingsduur wil 73 procent niet extra betalen. Van degenen die wel willen betalen geldt dat de meeste MKB-ers (15 procent) 5 procent van hun elektriciteitsrekening over hebben voor de verbetering. 7 procent van de MKB-ers heeft voor de verbetering 10 procent van de elektriciteitsrekening over; de overige 4 procent heeft 20 procent of 50 procent van de elektriciteitsrekening over voor de verbetering.
- Hetzelfde geldt voor een verdubbeling van de onderbrekingsfrequentie.

3.3.2 SEO Economisch Onderzoek (2003)

In deze paragraaf gaan we in op de resultaten van een studie die SEO Economisch Onderzoek in 2003 in opdracht van TenneT publiceerde onder de titel ‘Gansch het raderwerk staat stil: De kosten van stroomstoringen’.²¹

Deze studie is opgesteld vanuit macro-economisch perspectief. De maatschappelijke kosten van stroomonderbrekingen zijn afgeleid, gedifferentieerd naar huishoudens en bedrijven (en binnen bedrijven naar sectoren), naar dagen van de week, naar dagdeel en naar regio’s.

De maatschappelijke kosten zijn gemeten aan de hand van de gemiste productie (toegevoegde waarde) van bedrijven en de verloren vrije tijd bij huishoudens. Om de maatschappelijke kosten te bepalen is bij bedrijven gewerkt met de productiefunctiebenadering, als benadering van de kosten is steeds aangenomen dat de schade van een stroomonderbreking gelijk is aan de toegevoegde waarde die in die periode anders gemaakt zou zijn. Deels geeft dit een overschatting omdat bedrijven tijdens een stroomonderbreking niet helemaal niets kunnen doen, en deels is het een onderschatting omdat er ook schade aan materiaal en machines kan ontstaan. Bij huishoudens is met de loonkostenmethode (*wage differential method*) gewerkt, waarbij verloren vrije tijd tegen het netto uurloon wordt gewaardeerd. De kern van de loonkostenmethode is dat mensen zoveel werken dat de waarde van een uur vrije tijd dat ze moeten opofferen om meer te werken niet meer opweegt tegen het extra loon dat ze kunnen ontvangen. De waarde van een uur vrije tijd is dan dus gelijk aan het netto uurloon.

Omdat niet op ieder moment alle sectoren en huishoudens actief zijn, verschilt de schade per onderbrekingsuur en per kWh niet-geleverde stroom. De schade per uur is per sector uitgerekend en niet per bedrijf of per MKB-bedrijf.

De belangrijkste resultaten zijn als volgt:

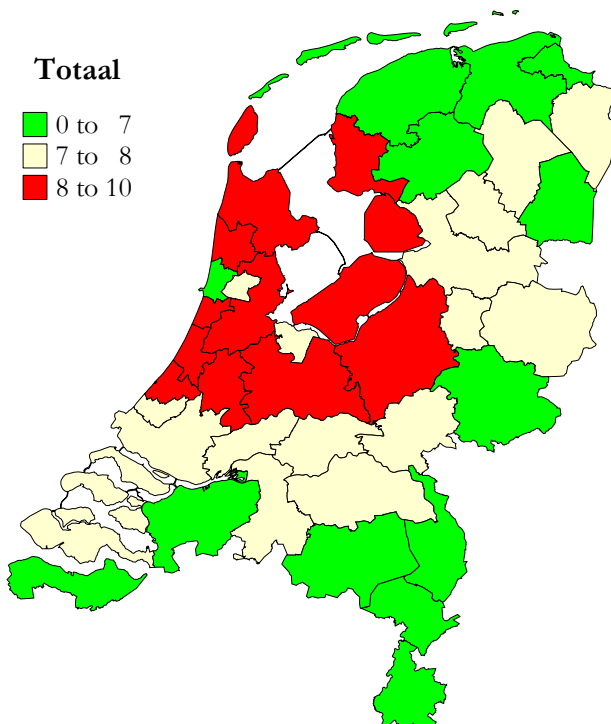
- De schade per uur dat de stroom is uitgevallen, is volgens deze benadering overdag het grootst in de dienstensector gevolgd door de huishoudens en daarna de industrie. ’s Avonds is

²¹ De Nooij (2007) is grotendeels een Engelstalige versie hiervan, maar bevat op een aantal punten ook een uitbreiding.

de schade het grootst bij de huishoudens gevolgd door de overheid. 's Nachts is de schade het grootst voor de industrie omdat deze sector meer dan de andere volcontinu actief is.

- De schade per eenheid niet geleverde stroom (*value of lost load*, voll) is het grootst in de bouwnijverheid en bij de overheid (33 €/kWh). De voll in de dienstensector is 8 €/kWh, in de landbouw 4 €/kWh en in de industrie is deze 2 €/kWh. De voll in de industrie is zo laag omdat hier veel elektriciteit wordt gebruikt ten opzichte van de toegevoegde waarde die wordt gegenereerd. Voor het bedrijfsleven is de voll 6 €/kWh, voor de huishoudens bedraagt de schade per niet geleverde eenheid stroom 16,4 €/kWh. Voor Nederland als geheel is deze 8,6 €/kWh.
- De schade per uur stroomuitval varieert in de loop van de week. De schade per huishouden (2,3 gezinsleden) is € 5,40 op werkdagen overdag, 's avonds € 12,35 en 's nachts € 0,80. In het weekend gaat het om € 9,26 overdag, € 12,35 's avonds en € 0,77 's nachts.²² Gemiddeld is de schade per huishouden (dus gemiddeld over de week) € 2,67.
- Omdat niet alle sectoren gelijk over het land verdeeld zijn, verschilt de schade per eenheid niet geleverde stroom per regio. Figuur 3.2 geeft de value of lost load per COROP-regio weer. In de regio's rond het IJsselmeer is de voll het hoogst, terwijl deze in de zuidelijke regio's en Noord Groningen en Friesland het laagst is. De waarden achter de figuur zijn in de Bijlage in een tabel opgenomen.
- De schade van een stroomonderbreking van een uur is voor heel Nederland € 89 miljoen, waarbij uitgegaan is van de gemiddelde schade.²³ Als deze stroomonderbreking overdag zou zijn dan is de schade groter, en 's nachts is de schade juist kleiner.

Figuur 3.2 voll naar regio (€/kWh)



²² De Nooij et al. (2007).

²³ Bij de berekening van de gemiddelde schade is rekening gehouden met het feit dat er minder avond- en nachturen zijn dan uren overdag.

Samenvatting

Uit deze studie blijkt dat er een verschil in schade tussen sectoren bestaat. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar bedrijfsgrootte. Er is geen verandering verondersteld in schade per uur naar gelang de storing langer duurt (lineair verband). Er zijn geen regionale verschillen tussen sectoren en huishoudens. De verschillen tussen regio's worden veroorzaakt door verschillen in sectorale compositie tussen regio's.

Een kanttekening bij deze studie in het licht van de prospecttheorie die in het vorige hoofdstuk besproken werd, is dat geen correctie gemaakt is voor *loss aversion* bij het bepalen van de schade voor huishoudens. In paragraaf 3.5 wordt op dit punt teruggekomen. Tabel 3-2 vat de resultaten van de voll weer.

Tabel 3.2 Waarde per kWh: bedrijven, overheid en huishoudens

	waarde per energiegebruik (€/kWh) (value of lost load voll)
Landbouw	3,9
Totaal energiebedrijven	0,3
Industrie	1,9
Bouwnijverheid	33,1
Transport	12,4
Diensten	7,9
Overheid	33,5
Bedrijven (excl. energiebedrijven)	6,0
Huishoudens	16,4
Bedrijven (excl. energiebedrijven) en huishoudens	8,6

Bron: SEO (2003)

3.3.3 SEO Economisch Onderzoek (2004)

SEO Economisch Onderzoek heeft in 2004 voor het kwaliteitsreguleringsmodel van DTe onderzocht hoe groot de schade van stroomonderbrekingen is. Het onderzoek is gepubliceerd onder de titel 'Op prijs gesteld, maar ook op kwaliteit. De prijs van stroomonderbrekingen – op zoek naar φ , Technisch rapport'.

De waarde van stroomonderbrekingen kan hierbij worden onderscheiden naar bijvoorbeeld het tijdstip (dagdeel, dag van de week, seizoen), de duur van de onderbreking, het wel of niet ontvangen van een waarschuwing vooraf en het aantal onderbrekingen. De toegepaste methode is de vignettenmethode (*conjoint analysis*). Hierbij krijgt een bedrijf of huishouden een aantal hypothetische stroomonderbrekingssituaties – ook wel vignetten genaamd – voorgelegd die een onderbreking in termen van de verschillende kenmerken – ook wel attributen genaamd – beschrijven. De respondent wordt gevraagd deze vignetten te voorzien van een rapportcijfer. Omdat één van de attributen een geldwaarde is, is het mogelijk om voor elk van de overige attributen – bijvoorbeeld voor de duur of het tijdstip van een onderbreking – een prijskaartje te bepalen. In totaal zijn 2.481 bedrijven en 12.409 huishoudens ondervraagd.

Uit achtergrondvragen blijkt dat de afnemers tevreden zijn met het huidige kwaliteitsniveau. De helft van de huishoudens noemt de stroomleverantie bij circa 2½ onderbrekingen per jaar onder de maat, terwijl de helft van de bedrijven de leverantie bij 1⅓ onderbrekingen per jaar als onder de maat kwalificeert. Naast de vignetten zijn – ter controle van de validiteit – ook andersoortige

waarderingvragen gesteld (*contingent valuation*). Deze zogenoemde *contingent valuation*-vragen laten zien dat het overgrote deel van de huishoudens en bedrijven niet bereid is om meer te betalen voor een kwalitatief beter elektriciteitsnet of voor het voorkomen van een bepaalde onderbreking. Dat wil niet zeggen dat zij daar geen waarde aan hechten, maar het betekent dat de directe vraagstijl van *contingent valuation* vragen geen geschikte methode is om stroomonderbrekingen te waarderen.

Door SEO (2004) is uitgerekend wat de prijs per minuut uitvalduur (de SAIDI, het aantal verbruikerminuten zonder stroom gedeeld door het aantal getroffen afnemers) is. Om de waarde van duur en van de frequentie te bepalen is gewerkt met twee sets vignetten: een voor de duur en een voor de frequentie. De waarde van de uitvalduur is gevonden door de duuranalyse en de frequentieanalyse te koppelen op basis van een logaritmisch model. De waarde van de uitvalduur is een functie van de duur van de onderbrekingen en de frequentie. De overige attributen van de vignetten zijn buiten beschouwing gelaten. Voor onder andere de gemiddelde onderbrekingsduur en frequentie zijn de kosten van stroomonderbrekingen uitgerekend. Volgens Nestor-cijfers hebben huishoudens en bedrijven gemiddeld eens in de vier jaar een onderbreking van twee uur. De kosten van stroomonderbrekingen zijn voor huishoudens circa € 3,00 en voor bedrijven € 34,40. Voor de 7 miljoen huishoudens en 800.000 bedrijven op het laagspanningsnet is de schade van het gemeten kwaliteitsniveau meer dan €48 miljoen.²⁴ Tabel 3-3 geeft een overzicht van de relatie tussen duur en frequentie enerzijds en de schade van stroomonderbrekingen anderzijds. Hieruit blijkt dat als een stroomonderbreking langer duurt dan de schade per uur lager wordt. Iets vergelijkbaars geldt voor de frequentie: hoe vaker onderbrekingen voorkomen, hoe lager de schade per onderbreking is.

²⁴ De eigen inschatting van respondenten ten aanzien van het huidige kwaliteitsniveau wijkt af van de Nestor-gegevens. Volgens eigen zeggen ervaren de respondenten circa 1 onderbreking per jaar. De hierbij horende waarden van stroomonderbrekingen zijn € 8,50 per huishouden en bijna € 79 per bedrijf. De totale maatschappelijke kosten zijn dan meer dan € 122 miljoen.

Tabel 3.3 Het prijskaartje voor verschillende duren en frequenties

Duur van de onderbreking:	Huishoudens		Bedrijven	
	Totaal	Gemiddeld / uur	Totaal	Gemiddeld / uur
Een onderbreking (per jaar) van een half uur	1,7	3,4	27,0	54,0
Een onderbreking (per jaar) van een uur	5,0	5,0	52,3	52,3
Een onderbreking (per jaar) van vier uur	11,6	3,9	102,9	25,7
Een onderbreking (per jaar) van acht uur	14,9	1,9	128,2	16,0
Een onderbreking (per jaar) van een etmaal	20,1	0,8	168,3	7,0
Aantal onderbrekingen:	Huishoudens		Bedrijven	
	Totaal	Gemiddeld / onderbreking	Totaal	Gemiddeld / onderbreking
Geen onderbreking (Fo)	-10,3		-73,8	
Een onderbreking per jaar (van 2 uur)	8,5	8,5	78,83	78,83
Twee onderbrekingen per jaar (van 2 uur)	11,2	5,6	100,2	50,1
Vier onderbrekingen per jaar (van 2 uur)	13,9	3,5	122,9	30,7
Zes onderbrekingen per jaar (van 2 uur)	15,5	2,6	136,1	22,7
Twaalf onderbrekingen per jaar (van 2 uur)	18,3	1,5	158,9	13,2
Totale prijskaartjes:	Huishoudens		Bedrijven	
	Totaal	Gemiddeld / onderbreking	Totaal	Gemiddeld / onderbreking
Een onderbreking per jaar van 3 uur	10,4	10,4	93,9	93,9
Twee onderbrekingen per jaar, van 3 en 6 uur	20,8	10,4	173,1	86,5
Huidig gemiddelde volgens Nestor: eens per vier jaar twee uur uitval	3,0		34,4	

Bron: SEO (2004)

Dit is een benadering van de waarde voor een gemiddeld huishouden en een gemiddeld MKB-bedrijf. Eigenlijk zou ook rekening gehouden moeten worden met het aantal onderbrekingen voor elke aansluiting dat heeft plaatsgevonden in een jaar en de duur van deze onderbrekingen. Hierbij kan dan onderscheid gemaakt worden tussen huishoudens en bedrijven. Omdat deze data niet beschikbaar waren, was deze precisering binnen dit rapport niet mogelijk.

In dit onderzoek zijn de grote bedrijven en de overheid niet meegenomen, waardoor deze waardering van de schade van stroomonderbrekingen vermoedelijk een onderschatting is. Ook is de schadefunctie geschat op stroomonderbrekingen tot 24 uur, terwijl in werkelijkheid bijna 90 procent van de stroomonderbrekingen korter duurt dan 4 uur (KEMA, 2006, p. 10).

3.3.4 Conclusie

Bij een investering in het elektriciteitsnet kunnen netbeheerders de gevolgen voor de aangeslotenen op twee manieren uitdrukken:

1. Een verandering van het aantal minuten dat de stroomlevering aan klanten onderbroken is (uitgedrukt in SAIDI²⁵).
2. Een vermindering van de hoeveelheid niet aan klanten afgeleverde stroom.

²⁵ De hierbij gebruikelijke definities zijn:
 SAIDI = uitvalduur = verbruiksminuten/aangesloten klanten
 SAIDI = CAIDI * SAIFI
 CAIDI = duur onderbrekingen = verbruiksminuten/klantonderbrekingen
 SAIFI = aantal onderbrekingen = klantonderbrekingen/aangesloten klanten

Bij elk van deze manieren past een andere wijze waarop de schade van stroomonderbrekingen kan worden uitgedrukt:

1. De schade per uur tijdsonderbreking voor gebied x .
2. De waarde per extra geleverde stroom voor de afnemer: de *value of lost load* (voll of waarde per geleverde eenheid stroom).

Beide kunnen gedifferentieerd worden naar tijd, regio en/of type afnemer. Sommige onderzoeken geven een van deze twee manieren weer. Omdat beide manieren echter over hetzelfde onderwerp gaan, is het mogelijk om de gevolgen van de stroomonderbrekingen zowel als waarde per uur als de waarde per kWh uit te drukken. SEO (2003) heeft dit ook gedaan. Voor sommige onderzoeken die gebaseerd zijn op enquêtes is dit lastig, omdat in enquêtes wel naar de waardering wordt gevraagd maar niet naar het verbruik van elektriciteit. Als het onderzoek niet representatief is of niet een gehele sector omschrijft dan kan omrekenen lastig zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor KEMA (2003) en in mindere mate voor SEO (2004).

De kengetallen uit de drie hier aangehaalde studies zijn in Tabel 3-4 samengevat. Niet alle cellen zijn te vullen op basis van de studies. Soms zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd, in andere gevallen was dit niet mogelijk.

Opmerkingen bij deze tabel:

- De verschillen in waarde per uur voor MKB-bedrijven tussen SEO (2004) en KEMA (2003) zijn erg groot. Mogelijk komt dit door een verschil in definitie (tot welke grootte worden bedrijven tot het MKB gerekend), en mogelijk speelt het selectie-effect bij KEMA (2003) omdat hierin direct naar de waarde is gevraagd (strategisch antwoordgedrag en het selecteren van interviewpartijen door specifiek naar storingsen te verwijzen).
- De voll is door KEMA niet berekend en erg lastig af te leiden uit de gevraagde waarden (zie voetnoot 28).
- Een niet-lineair verband is alleen bekend voor SEO (2004), daarom lijkt het vooralsnog verstandig uit te gaan van een lineair verband (zie paragraaf 3.4).
- De schade van een uur stroomonderbreking voor heel Nederland ligt voor beide SEO studies rond de € 90 miljoen, en de voll ligt voor deze studies rond de € 9 per kWh.

Tabel 3.4 Kengetallen uit de drie studies

	Waarde per uur (€/h)	Voll (€/ kWh)
KEMA (2003)		
Grootverbruikers	± 140.000 ²⁶	
MKB bedrijven	± 3.500 ²⁷	28
Huishoudens	0-10 (wtp resp. wta)	
SEO (2003)		
Industrie		2
Bouw en overheid		33
Diensten		8
Huishoudens	2,67	16,4
Totaal	89 miljoen	8,6
SEO (2004)		
Huishoudens	3	
MKB bedrijven	34,30	
Totaal	96 miljoen ²⁹	9,5 ³⁰

Bron: SEO Economisch Onderzoek

De netbeheerders hebben aangegeven dat het soms ook bruikbaar kan zijn om de voll of de schade per uur te kennen voor de industrie, voor gemengde zakelijke gebieden en voor gebieden waar huishoudens gemengd met niet-industriële bedrijven voorkomen. Deze kengetallen zijn niet op basis van een meta-analyse van de drie studies bepaald, maar kunnen op basis van SEO (2003) worden bepaald. De kengetallen voor de voll zijn (in €/kWh): 2 (industrie), 8 (gemengde zakelijke gebieden, zonder industrie), 11½ (huishoudens gemengd met niet-industriële bedrijven). Merk dus op dat als effecten voor een gebied zonder industrie worden geanalyseerd (of als de effecten voor de industrie apart worden geanalyseerd) dat dan de voll voor de overige sectoren hoger ligt dan de voll voor heel Nederland.

De kengetallen voor de schade per uur (in 2001) zijn: € 7 miljoen (industrie), € 40 miljoen overige bedrijvigheid en de overheidssector, € 41 miljoen huishoudens.

3.4 Schade in de tijd en de non-acceptatiecurve

De waarderingstudies die in de bovenstaande paragraaf werden besproken zijn alle sterk gericht op het achterhalen van de kosten van stroomonderbrekingen bij de afnemers. De duur van een stroomonderbreking heeft voor die afnemers vaak invloed op de mate waarin schade optreedt: hoe langer de onderbreking, hoe meer productietijd er bijvoorbeeld verloren gaat, hoe meer afspraken moeten worden afgezegd of hoe meer vrije tijd er verloren gaat.

Voor sommige schadeposten is de duur van de onderbreking echter minder bepalend. Zo zullen computerbestanden die niet opgeslagen zijn direct verloren gaan en maakt de duur hiervoor niet

²⁶ Schade berekend op basis van de middenwaarde per categorie: $2 \cdot (0,25 \cdot 5.500 + 0,25 \cdot 55.000 + 0,1 \cdot 550.000)$.

²⁷ Als volgt berekend: $2 \cdot (0,4 \cdot 50 + 0,2 \cdot 550 + 0,1 \cdot 5.500 + 0,02 \cdot 55.000)$.

²⁸ Op basis van een ruw rekenvoorbeeld is gepoogd om de voll voor KEMA uit te rekenen, voor een MKB bedrijf met een verbruik van 10 kW en 2.920 draaiuren (8 uur per dag). Dit bedrijf betaalt dan een transportkostenvergoeding van 0,0275 per kWh (de helft van de vergoeding die een huishouden betaalt). De helft geeft hier een schaalvoordeel weer (ruw afgelezen uit EnergieNed, 2006). Een verdubbeling van de stroomonderbreking, waar 73 van de MKB bedrijven een compensatie voor wil van 10-50 procent van de rekening, kost dan € 160 tot € 803 per uur. Of uitgedrukt als voll: 16 tot 80 €/kWh. Voor resterende bedrijven (27 procent van het totaal) zijn geen waarden bekend. Met een verdubbeling van het aantal draaiuren verdubbelt zowel de waarde per uur als de voll. Met een verdubbeling van het vermogen dat wordt afgenomen, verdubbelt alleen de waarde per uur.

²⁹ Tweemaal het gemeten kwaliteitsniveau.

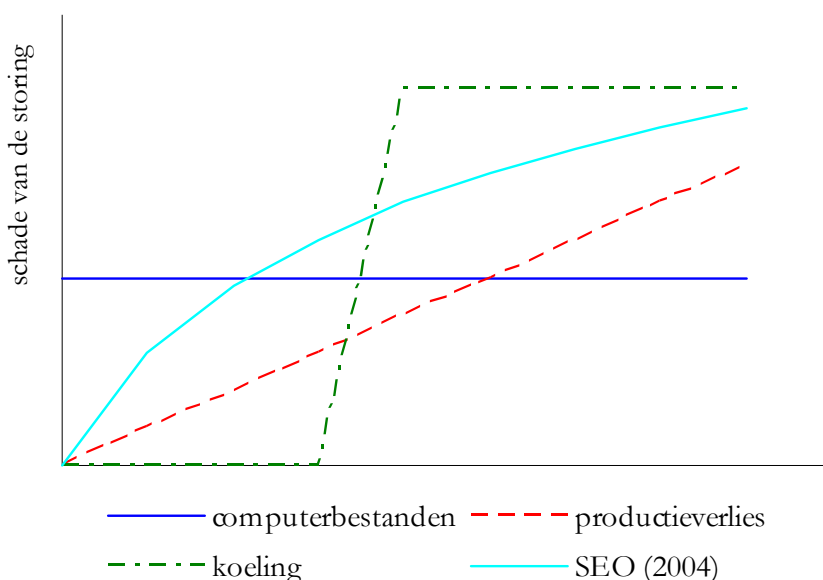
³⁰ Op basis van een verbruikssaldo (dus afname van het net, eigen opwekking zit hier niet in) van 88.658 GWh per jaar (waarde 2001).

veel uit. Ook voor gevoelige apparatuur die ontregeld of zelfs defect raakt door een onderbreking maakt de duur niet uit.

Voor andere schadeposten geldt omgekeerd, dat een korte onderbreking weinig schade oplevert en alleen een langere onderbreking voor problemen zorgt. Een extreem voorbeeld is de afkoeling van vloeibaar metaal in machines. Wanneer dit metaal na enige tijd stolt is de schade groot, maar maakt het vervolgens weinig meer uit hoelang de onderbreking vervolgens nog duurt.

Omdat er veel verschillende schades en bedrijfstakken zijn, zijn er zeer veel verschillende schadepatronen. Figuur 3.3 illustreert een drietal en geeft tevens het logaritmische verband weer dat SEO (2004) heeft geschat voor huishoudens en MKB-bedrijven (waarover later meer).

Figuur 3.3 Ontwikkeling van de kosten van een stroomstoring met de duur voor verschillende bedrijfsprocessen



Bron: SEO Economisch Onderzoek

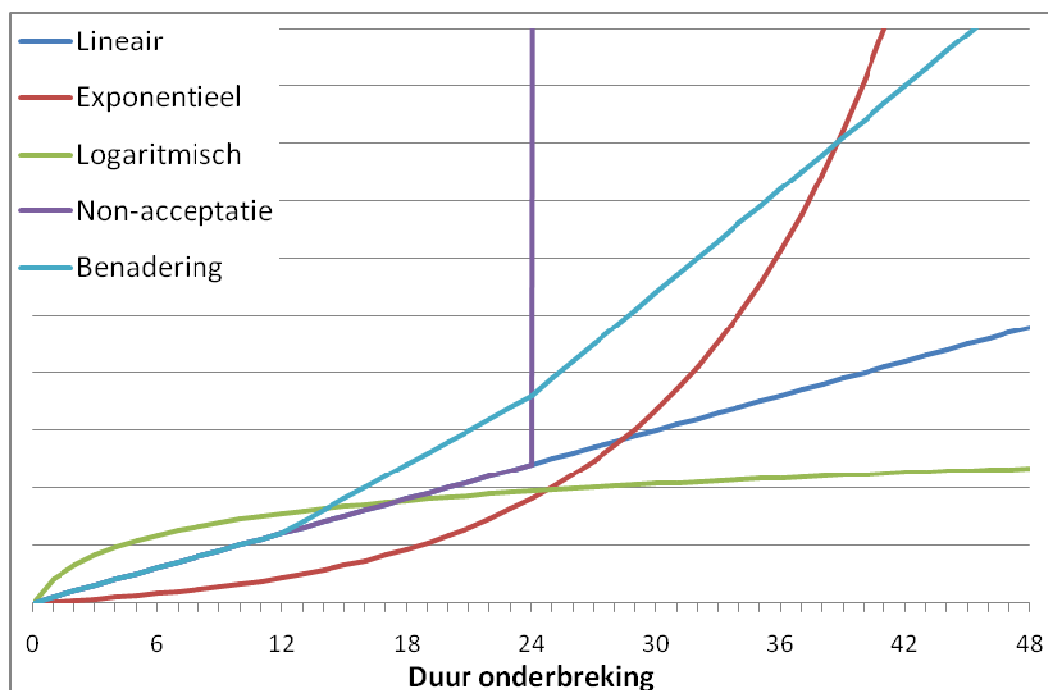
In paragraaf 2.2 en Tabel 2-1 werd er al op gewezen dat stroomonderbrekingen ook sociale kosten kunnen hebben, bijvoorbeeld als gevolg van (de dreiging van) plundering en relletjes. Dergelijke effecten treden naar verwachting vooral of zelfs uitsluitend op bij langdurige stroomonderbrekingen. Dit alles kan tot gevolg hebben dat de maatschappelijke schade van langdurige stroomonderbrekingen disproportioneel groot is, wat op zijn beurt de grondslag is voor maatschappelijke non-acceptatie van langdurige onderbrekingen. TenneT heeft SEO Economisch Onderzoek gevraagd specifiek te kijken naar (de gevolgen van) onderbrekingen langer dan 24 uur (of langer dan 12 uur).

Empirisch is er echter weinig bekend over de relatie tussen de duur van stroomonderbreking en de maatschappelijke kosten en in de literatuur is er geen onderbouwing te vinden voor het bestaan van een kritische grens waarboven de kosten sterker toenemen. Het logaritmisch verband waar SEO (2004) empirisch op uitkwam voor huishoudens en het MKB impliceert juist het tegendeel: de extra waardering (gewenste extra compensatie) neemt af met het toenemen van

onderbrekingsduur.³¹ Dit is in lijn met de gedachte dat huishoudens en bedrijven zich mettertijd aanpassen aan de situatie. Ze zoeken activiteiten waar geen elektriciteit voor nodig is, waardoor de tijd niet meer helemaal ‘verloren’ gaat. Het is echter niet uitgesloten dat de huishoudens en bedrijven die voor dit onderzoek ondervraagd zijn een onvoldoende beeld hebben bij de mogelijke gevolgen van langdurige onderbrekingen.

Figuur 3.4 schetst een aantal hypothetische verbanden tussen de duur van een onderbreking en de maatschappelijke kosten. De groene lijn geeft een logaritmisch verband zoals werd gevonden in SEO (2004). SEO schatte het verband tot 24 uur, de schade bij langere duur is op basis van interpolatie. De donderblauwe lijn veronderstelt een lineair verband, waarbij de kosten van iedere onderbrekingsuur gelijk zijn. Merk op dat een lineair verband bij langdurige onderbrekingen tot een *hogere* schade zal leiden dan het logaritmische verband.

Figuur 3.4 Ontwikkeling van de kosten van een stroomstoring met de duur voor verschillende bedrijfsprocessen



Bron: SEO Economisch Onderzoek

Om de notie van maatschappelijke non-acceptatie van lange onderbrekingen in beeld te brengen zijn er diverse mogelijkheden. De meest radicale optie wordt gegeven door de paarse lijn, die uitdrukt dat onderbrekingen van langer dan 24 uur volstrekt onacceptabel zijn. Ze krijgen derhalve een oneindig gewicht. Hoewel in de Tweede Kamer zelfs is gesteld dat het verplicht zou moeten worden dat een onderbreking binnen 24 uur wordt opgelost, is een groot bezwaar van *totale non-acceptatie* dat de kans op lange onderbrekingen nooit volledig is uit te bannen. Vanuit MKBA-perspectief rechtvaardigt de paarse lijn onbeperkte investeringen in leveringszekerheid.

³¹ Een logaritmisch verband betekent dat de waardering (de gewenste compensatie) afneemt met het toenemen van onderbrekingsduur of onderbrekingsfrequentie. In de economie noemt men een dergelijk afvlakkend verband ook wel het ‘afnemend marginaal disnut’ van een extra eenheid van het betreffende schadelijke effect. In de psychologische literatuur is dit fenomeen bijvoorbeeld verwoord in ‘Weber’s Law’.

De rode lijn in de figuur is minder radicaal en geeft een exponentiële relatie weer tussen de kosten en de duur van een onderbreking. Conceptueel is dit een mogelijkheid, al is het plausibel dat de snel oplopende kosten ook in dit geval ergens afgetopt moeten worden. Daarbij moet echter worden opgemerkt dat een dergelijk verband empirische of op zijn minst sterke theoretische onderbouwing nodig heeft, die vooralsnog ontbreekt.

Omdat een dergelijke onderbouwing vooralsnog ontbreekt en de belangrijkste gekwantificeerde schadeposten (gemiste productie en verloren tijd) lineair toenemen in de tijd, wordt in deze MKBA-studie uitgegaan van een lineair verband. Om het effect van mogelijke non-acceptatie van langdurige onderbrekingen te onderzoeken, wordt echter in de gevoeligheidsanalyse geanalyseerd hoe uitkomsten veranderen wanneer onderbrekingen langer dan 12 resp. 24 uur een groter gewicht krijgen. Figuur 3.4 illustreert dit met de lichtblauwe gebroken lijn, waarin onderbrekingen vanaf uur 12 een tweemaal zo groot gewicht en vanaf uur 24 een driemaal zo groot gewicht krijgen (merk op dat dit verloop gelijkenis vertoont met het exponentiële verband).

Een mogelijkheid om de ontwikkeling van de schade in de loop van de tijd empirisch te onderzoeken, is het uitvoeren van een enquête onder de bevolking van de Bommelerwaard, die recentelijk met een stroomstoring van circa 48 uur is geconfronteerd. Dit incident heeft de inwoners van deze regio doen ondervinden hoe de gevolgen van de onderbreking en daarmee de kosten zich in de tijd ontwikkelen. Alternatief of parallel zou onderzoek gedaan kunnen worden aan de schadeclaims die veel inwoners hebben ingediend (in veel gevallen omdat zij niet zeker waren of zij een schadevergoeding zouden ontvangen volgens de formele regeling).

Naast kennis over het schadeverloop in de tijd, is het ook van belang om te weten wat de netbeheerders en andere betrokkenen kunnen doen om de vorm van de non-acceptatiecurve te beïnvloeden. Een belangrijk punt daarbij is bijvoorbeeld communicatie (zie evaluatie aanpak storing Bommelerwaard): het wekken van reële verwachtingen over het verloop en het communiceren over inspanningen/vorderingen om de storing te verhelpen zijn daarbij van belang.³²

3.5 Regionale berekening van de kosten van stroomonderbrekingen op postcodeniveau

Om te beoordelen of het maatschappelijk efficiënt is maatregelen ter bevordering van de leveringszekerheid te treffen in specifieke regio's, bijvoorbeeld door uitlopers op te nemen in een ringstructuur, dienen de kosten van stroomonderbrekingen in zo'n regio bepaald te worden. Daarbij dient in de eerste plaats zicht te zijn op de bevolkingsomvang en bedrijvigheid in die regio, maar voor een betrouwbare berekening is het tevens van belang nadere informatie te hebben over de specifieke inkomenssituatie van huishoudens in de regio, en de productiviteit en sectorale structuur van de aanwezige bedrijvigheid.

³² De Volkskrant, September 19, 2008 'Duur stroomstoring onderschat': "De prognose dat de storing snel verholpen zou zijn, zette de inwoners op het verkeerde been. Hulpverleners waren al bezig met wat zou gebeuren als de stroomvoorziening weer op gang zou komen, terwijl over de duur van de storing geen duidelijkheid was."

3.5.1 Bedrijven

De kosten waar de in een regio gevestigde bedrijven mee te maken krijgen zijn een essentieel onderdeel van de kosten van een stroomonderbreking, en daarmee ook de baten van een verhoogde leveringszekerheid. Deze kosten zijn enerzijds de directe kosten (het vergaan van de voorraad of het kapot gaan van machines) en anderzijds de opportuniteitskosten van het missen van de mogelijkheid tot produceren. Een vestiging van een bedrijf kan namelijk niet (of niet in dezelfde mate) produceren wanneer de elektriciteitslevering onderbroken is. Daarbij is aangenomen dat de kosten gelijk zijn aan de totale productie (toegevoegde waarde) gedurende de storing. Dit vormt enerzijds een overschatting van de kosten, omdat de tijd van de storing vaak nog tot op zekere hoogte nuttig kan worden besteed of omdat productie later kan worden ingehaald. Anderzijds kan het een onderschatting zijn omdat geen rekening is gehouden met bederf, opstartkosten en indirecte effecten bij bedrijven en materiële schade en stress bij huishoudens. De resultaten kunnen daarom worden opgevat als een benadering van de orde van grootte van de totale kosten.

Idealiter wordt gebruik gemaakt van nauwkeurige en specifieke gegevens over de toegevoegde waarde in een regio. Voor de Bommelerwaard en Haaksbergen zou het dan dus gaan om de lokale toegevoegde waarden. Dergelijke cijfers worden echter niet door het CBS verzameld of afgeleid. Dit heeft onder meer te maken met de plicht van het CBS om vertrouwelijke gegevens niet te publiceren. Deze gegevens worden door middel van een steekproef verzameld, waarbij de dekking van de steekproef (vooral bij kleinere bedrijven) niet volledig is. Het gevolg is dat cijfers over de lokale toegevoegde waarde via een omweg bepaald moeten worden.

Een manier om de toegevoegde waarde van de bedrijven in een regio toch te kunnen schatten is het gebruik van werkgelegenheidscijfers, die wel bekend zijn op dit regionaal niveau. De meest gedetailleerde werkgelegenheidscijfers kunnen worden verkregen via het LISA-bestand.³³ Dit is gebaseerd op gegevens van de Kamers van Koophandel en heeft als voordeel dat het niet gaat om een steekproef maar om een dekkend bestand.³⁴ Hierdoor is zelfs op een zeer gedetailleerd geografisch niveau (bijvoorbeeld viercijferig postcodeniveau oftewel PC4) aan te geven wat de werkgelegenheid is in een specifieke sector, opnieuw volgens een zeer gedetailleerde indeling (bijvoorbeeld SBI-5).

Voor de casestudie in dit rapport zijn cijfers voor de Bommelerwaard en Haaksbergen betrokken bij LISA. De omrekening van werkgelegenheidscijfers naar toegevoegde waarden is gebeurd op basis van de volgende bronnen:

- Toegevoegde waarde en werkgelegenheid voor 37 bedrijfssectoren op regionaal (COROP) niveau voor 2006 (Bron: CBS).
- Toegevoegde waarde en werkgelegenheid voor 16 bedrijfssectoren op regionaal (COROP) niveau voor 2007 (Bron: CBS).
- Toegevoegde waarde en werkgelegenheid voor 49 bedrijfssectoren op nationaal niveau voor 2007 (Bron: CBS).

³³ LISA is een databestand met gegevens over alle vestigingen in Nederland waar betaald werk wordt verricht. De kerngegevens per vestiging hebben een ruimtelijke component (adresgegevens) en een sociaal-economische component (werkgelegenheid en economische activiteit). Het LISA vestigingenregister bevat informatie over ruim 973.500 vestigingen in Nederland. Landsdekkende informatie is beschikbaar vanaf 1996. (Bron: www.lisa.nl)

³⁴ Uiteraard is enige vervuiling in bedrijfsomvang en -codering in een dergelijk bestand onvermijdelijk

- Werkgelegenheidscijfers voor 49 bedrijfssectoren op regionaal niveau (Bommelerwaard/Haaksbergen) voor 2007 (Bron: LISA).

De basis van de berekeningen van de toegevoegde waarde van de bedrijven in de regio's Bommelerwaard en Haaksbergen vormde altijd de toegevoegde waarde voor 16 sectoren op COROP niveau in 2007. Deze zijn op twee manieren bij geschat naar de 37 bedrijfssectoren waarvan over 2006 de toegevoegde waarde bekend is. Ook is er met behulp van de LISA-data een derde schatting gemaakt naar de 49 bedrijfssectoren waarvoor de nationale toegevoegde waarde bekend is.

Bijschatten van de overige sectoren en naar regio (Bommelerwaard/Haaksbergen).

De wijzen waarop de toegevoegde waarde is bij geschat naar 37 bedrijfssectoren op COROP-niveau verschillen alleen in detail. De toegevoegde waarde per sector was bekend, alleen de onderverdeling naar de sectoren was op regionaal niveau onbekend en moest dus worden bij geschat.

Methode 1: De eerste manier was om de onderverdeling constant te veronderstellen bij de stap van 16 naar 37 bedrijfssectoren. Als bijvoorbeeld de bouwsector in 2006 in de COROP-regio een toegevoegde waarde creëerde van 100 en in 2007 van 110 wordt voor ieder van de onderdelen van de bouwsector (grond-, water- en wegenbouw; burgerlijke- en utiliteitsbouw; en overige bouwnijverheid) een groei van 10% verondersteld. Vervolgens worden de waarden voor de regio berekend door te veronderstellen dat de toegevoegde waarde per werknemer binnen de COROP-regio constant is. Hier wordt gebruik gemaakt van de LISA-data om te schalen naar het aantal werknemers in de regio.

Methode 2: De tweede manier verschilt alleen op het vlak van de veronderstellingen van de groei per deelsector. De groei van iedere deelsector is wel bekend op nationaal niveau. Door deze nationale groeicijfers per deelsector ook te veronderstellen voor de *regionale* cijfers is het mogelijk een realistischer schatting te krijgen van de dynamiek in de markt. Met het voorbeeld van hierboven nog eens in gedachten genomen: Stel dat nationaal de grond-, water- en wegenbouw met 10%; de burgerlijke- en utiliteitsbouw met 2% en de overige bouwnijverheid met 30% groeide. Door deze groeicijfers op de regionale toegevoegde waarden van 2006 toe te passen en de resultaten te schalen naar het bekende toegevoegde waarde cijfer van de sector bouwnijverheid zijn de toegevoegde waarden per deelsector te berekenen. Vervolgens worden de waarden voor de regio berekend door te veronderstellen dat de toegevoegde waarde per werknemer binnen de COROP-regio constant is. Hier wordt gebruik gemaakt van de LISA-data om te schalen naar het aantal werknemers in de regio.

Methode 3: De derde methode maakt ook gebruik van de LISA-werkgelegenheidsgegevens, maar dan om de toegevoegde waarde verder uit te splitsen naar 49 bedrijfssectoren. Met behulp van de nationale gegevens over de toegevoegde waarde en de werkgelegenheid is een inschatting te maken van de relatieve productiviteit per subsector. Door deze gegevens te combineren met de verdeling van de werkgelegenheid binnen de sectoren van de regio's Bommelerwaard en Haaksbergen wordt er gecorrigeerd voor eventueel hoogproductief werk binnen deze regio ten opzichte van de COROP-regio (waarvoor de toegevoegde waarde bekend is). Voor de overige gebieden van de COROP-regio is verondersteld dat daar de verdeling van de werkgelegenheid in de stap van 37 naar 49 bedrijfssectoren niet anders is dan gemiddeld in Nederland.

Resultaten

De resultaten van de bovengenoemde berekeningen zijn weergegeven in Tabel 3-5. Deze zijn gebaseerd op grond van de postcodegebieden zoals aangegeven in de figuren A-1 en A-2 in Bijlage A. In de tabel is te zien dat de uitkomsten niet sterk verschillen. Met name methode 1 en 2 leveren uitkomsten op die voor beide regio's minder dan een kwart procent verschillen. In het licht van de andere onzekerheden waarmee een MKBA van investeringen in leveringszekerheid kampt, is dit verschil volstrekt verwaarloosbaar. Ook het verschil tussen methode 3 en de andere twee methoden, dat tussen 2 en 5% ligt, is niet erg groot. Tabel 3-6 geeft de verdeling van de uitkomsten over een aantal hoofdsectoren.

Tabel 3.5 De toegevoegde waarde per uur in het bedrijfsleven (2007)

	Bommelerwaard	Haaksbergen	aantal sectoren
methode 1:	€ 238.969	€ 79.082	37
methode 2:	€ 239.007	€ 78.952	37
methode 3:	€ 250.499	€ 80.965	49

Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/LISA

Tabel 3.6 De toegevoegde waarde per uur uitgesplitst naar hoofdsector

	Bommelerwaard			Haaksbergen		
	methode 1	methode 2	methode 3	methode 1	methode 2	methode 3
Landbouw, bosbouw en visserij	3.544	3.544	3.544	657	657	657
Industrie en energievoorziening	37.050	37.010	36.639	21.293	21.238	21.238
Bouwnijverheid	19.842	19.779	19.779	8.326	8.338	8.338
Handel en reparatie	48.656	48.684	49.778	11.163	11.094	11.555
Horeca	5.936	5.936	5.936	2.947	2.947	2.947
Vervoer, opslag en communicatie	23.669	23.689	23.854	4.028	4.009	4.009
Financiële instellingen	5.282	5.316	5.316	1.991	1.990	1.990
Verhuur en zakelijke dienstverlening	55.898	55.893	64.595	7.977	7.983	9.568
Niet-commerciële dienstverlening	31.120	31.120	33.024	18.347	18.347	18.314
Milieu, cultuur en ov. dienstverlening	7.973	8.035	8.035	2.352	2.349	2.349
Totaal	238.969	239.007	250.499	79.082	78.952	80.965

Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. CBS/LISA

3.5.2 Huishoudens

Voor de kosten van stroomonderbrekingen bij huishoudens in een regio, is gebruikgemaakt van gedetailleerde loon- en inkomensgegevens die Stichting Atlas voor Gemeenten heeft verzameld in een landelijke database. De gehanteerde methodiek om te komen tot een schadebedrag per uur is gelijk aan die welke gehanteerd is in SEO (2003). In het licht van het vorige hoofdstuk is daarbij een belangrijke kanttekening te maken. Met het verschijnsel *loss aversion* wordt in beginsel geen rekening gehouden in een berekening volgens de productiefunctiemethode. Dit impliceert dat een waardering gebaseerd op het netto uurloon van huishoudens een onderschatting zou kunnen zijn van de welvaartsverliezen van huishoudens, rekening houdend met *loss aversion*.

Hier staat echter tegenover, dat de analyse van het tijdsbestedingsonderzoek dat aan SEO (2003) ten grondslag ligt, dat dient om te bepalen welk deel van de tijd werkelijk als verloren vrije tijd moet worden beschouwd, enigszins grofmazig is. Vrijtijdsbestedingen worden volledig verloren beschouwd, terwijl er veel bestedingen van de vrije tijd zijn waarvoor stroom niet essentieel is (bijvoorbeeld in de tijd zitten of werken, hardlopen, een boek lezen als het licht is). Ook ligt het in de rede dat individuen tijdens een stroomonderbreking dergelijke activiteiten gaan ontplooiën om hun tijd zo nuttig mogelijk te besteden. De tijd is dan niet volledig verloren, maar verliest wel waarde.

Al met al wijst dit dus weer op een overschatting van de werkelijke schade. De correspondentie tussen deze methoden om de schade bij huishoudens te bepalen enerzijds, en de conjoint analyse anderzijds, was echter opvallend groot (zie paragraaf 3.3). Eerder werd al opgemerkt dat conjoint analyse het effect van *loss aversion* wel automatisch meeweegt, voor zover het in dit type keuzes een rol speelt. Om die reden, en omwille van de vergelijkbaarheid van eerder onderzoek, is ervoor gekozen de berekeningswijze uit SEO (2003) te continueren. De productiefunctiemethode biedt dan – anders dan bijvoorbeeld conjoint analyse – de mogelijkheid om zonder aanvullende enquêtes op basis van bestaande statistische bronnen, berekeningen te maken voor specifieke en nauwkeurige gedefinieerde regio's.

De uitkomsten van de berekeningen voor de Bommelerwaard en Haaksbergen voor 2006-2008 staan weergegeven in tabel 3.7. Merk op dat de berekende schade per uur stroomonderbreking voor huishoudens en bedrijven in dezelfde orde ligt, zowel in de Bommelwaard (€ 0,24 mln. vs. € 0,27 mln.) als in de omgeving Haaksbergen (€ 0,079 mln. vs. € 0,098 mln.). In paragraaf 3.3 werd al geconstateerd dat dit ook voor heel Nederland het geval is

Tabel 3.7 Schade huishoudens als gevolg van stroomonderbrekingen in Bommelerwaard en Haaksbergen

		'waarde' vrije tijd per jaar (x miljoen €)	Schade per uur (x miljoen €)	Schade bij onderbreking van 48 uur (x miljoen €)
Bommelerwaard	2006	2.277	0,260	12,5
Bommelerwaard	2007	2.337	0,267	12,8
Bommelerwaard	2008	2.430	0,277	13,3
Haaksbergen	2006	836	0,095	4,6
Haaksbergen	2007	857	0,098	4,7
Haaksbergen	2008	874	0,100	4,8

Bron: SEO Economisch Onderzoek o.b.v. Stichting Atlas voor Gemeenten

3.6 Bijschattingen

3.6.1 Haaksbergen

De postcodekaart die aan de berekening voor Haaksbergen in de vorige paragraaf ten grondslag ligt, geeft niet het gehele gebied weer dat wordt gevoed door de desbetreffende uitloper.³⁵ Ten behoeve van de MKBA van maatregelen om de leveringszekerheid te verbeteren, moet daarom

³⁵ Zie Bijlage A. De kaart heeft alleen betrekking op het gebied van netbeheerder Alliander.

een bijschatting gemaakt worden van de rest van het verzorgingsgebied.³⁶ Hierbij is aangenomen dat de schade per uur onderbreking per inwoner gelijk is in het onderzochte gebied en in het niet-onderzochte gebied.

Tabel 3.8 laat het verschil in bevolking zien tussen Eibergen (waarmee gerekend was), het getroffen gebied van Haaksbergen en de totale bevolking. De bevolking in het totale gebied ligt 74,9% hoger dan eerst in de berekening aangenomen.

Tabel 3.8 **Bevolking Haaksbergen**

	Was (getroffen bevolking Eibergen)	Erbij (getroffen bevolking Haaksbergen)	Totale bevolking	Stijging
2007	36.135	27.060	63.195	74,9%

Tabel 3.9 geeft de verandering van de schade weer door uit te gaan van dit grotere gebied.

Tabel 3.9 **Schade van een onderbreking van een uur in Haaksbergen in 2007**

	Was (Eibergen) (miljoen €)	Bijschatting	Schade hele gebied (miljoen €)
Schade bedrijven	0,080	74,9%	0,139
Schade huishoudens	0,098	74,9%	0,171
Totale schade	0,177		0,310

In hoofdstuk 4 wordt daarom met € 0,31 miljoen gerekend als schade per uur in Haaksbergen.

3.6.2 Zaltbommel

Ook in Zaltbommel moest een bijschatting worden gemaakt, omdat enkele investeringsalternatieven ook de uitloper bij Arkel zouden ‘oplossen’. Ook voor deze gevallen is op basis van inwonersaantallen een bijschatting gemaakt. Voor 2007 geeft Tabel 3.10 de bevolking voor zowel Arkel als de Bommelerwaard. De bevolking in Arkel is 1,17 maal zo groot als de bevolking in de Bommelerwaard.

Tabel 3.10 **Bevolking Bommelerwaard en Arkel**

	Bommelerwaard	Arkel	Totaal	Stijging
2007	93.895	110.140	204.035	117,30%

Tabel 3.11 berekent de schade in Arkel als 1.17 maal de schade in de Bommelerwaard. De totale schade van een uur onderbreking in beide gebieden tezamen komt daarmee op € 1,1 miljoen.

³⁶ Een alternatieve mogelijkheid was geweest het gehele gebied opnieuw te berekenen volgens de methode die in de vorige paragraaf uiteen is gezet. Dit zou echter de looptijd (en kosten) van dit onderzoek aanzienlijk vergroten, terwijl het zeer onaannemelijk is dat dit in de MKBA in het volgende hoofdstuk tot een andere materieel uitkomst zou leiden. Tevens doet dit niet af aan het feit dat is aangetoond dat de methode om projecten door te rekenen werkt.

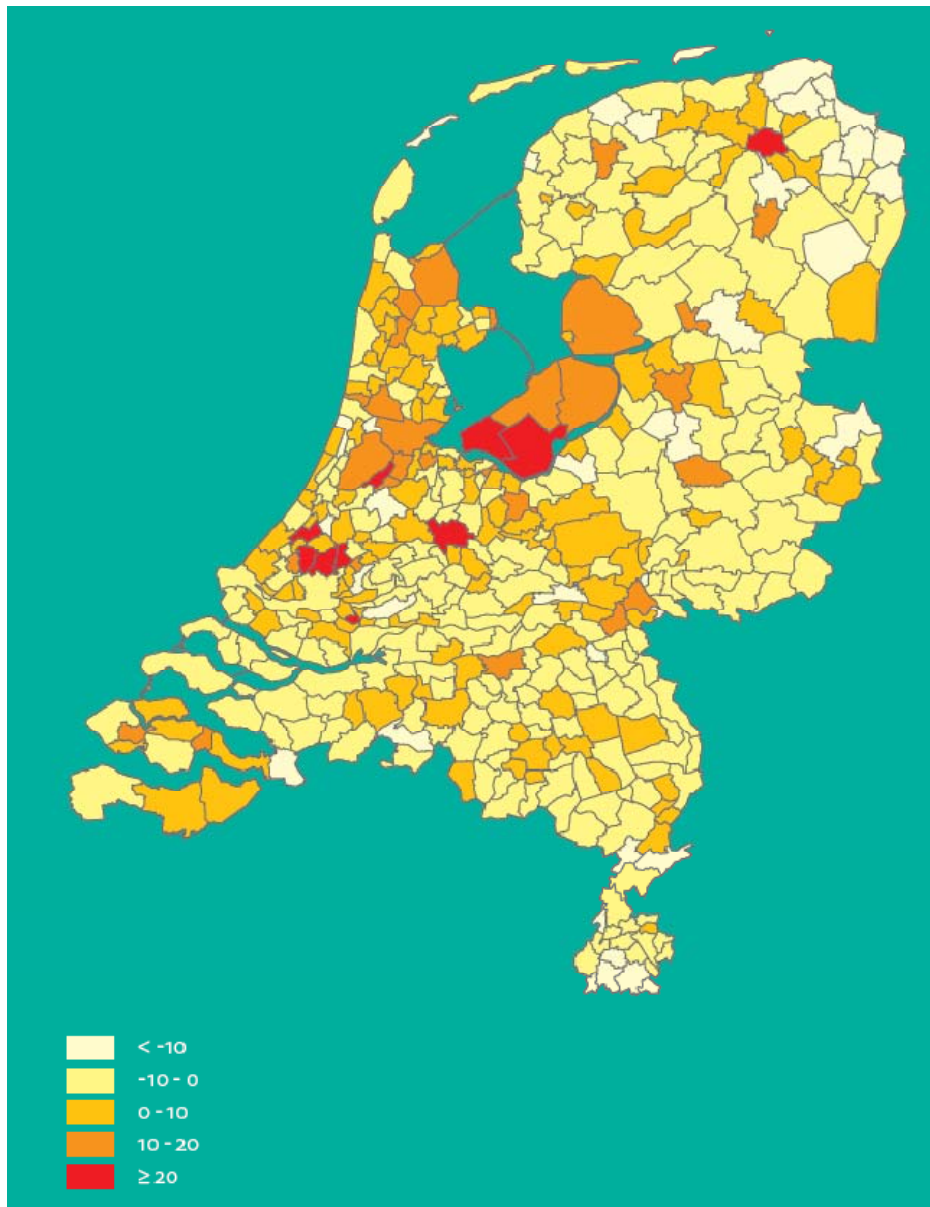
Tabel 3.11 Waarde / schade van een uur tijd in Bommelerwaard en Arkel in 2007 (miljoen euro)

	Bommelerwaard	Arkel	Gezamenlijk
Schade bedrijven	0,243	0,285	0,528
Schade huishoudens	0,267	0,313	0,580
Totale schade	0,510	0,598	1,108

3.7 Ontwikkeling van de baten in de tijd

De ontwikkeling in de tijd van de uitkomsten uit de vorige paragraaf kan worden geprognosticeerd op grond van bestaande voorspellingen van de bevolkingsomvang en productiviteit. Groei van de arbeidsproductiviteit en bevolkingsgroei hebben zowel impact op de toegevoegde waarde als op de waarde van vrije tijd. Daarbij kan gebruikgemaakt worden van twee studies: CPB (2004) voor de macro-economische prognose, en Planbureau voor de Leefomgeving, Centraal Bureau voor de Statistiek (2008). Figuur 3.5 geeft een indruk van de verwachte bevolkingsontwikkeling per gemeente tussen 2007 en 2025. Vervolgens geeft Tabel 3.12 een overzicht van voorspelde ontwikkelingen van arbeidsaanbod, werkgelegenheid, arbeidsproductiviteit en BBP.

Figuur 3.5 Procentuele bevolkingsgroei per gemeente tussen 2007 en 2025



Bron: Planbureau voor de Leefomgeving, Centraal Bureau voor de Statistiek (2008) p. 34

Tabel 3.12 De belangrijkste uitkomsten van de vier scenario's: mutaties per jaar in procenten

		Regional Communities	Strong Europe	Transatlantic Market	Global Economy
	1971–2001	2002–2040	2002–2040	2002–2040	2002–2040
Bevolking	0,7	0,0	0,4	0,2	0,5
Arbeidsaanbod	1,1	- 0,4	0,1	0,0	0,4
Werkgelegenheid	0,9	- 0,5	0,1	0,0	0,4
Arbeidsproductiviteit	1,9	1,2	1,5	1,9	2,1
Volume BBP (marktprijzen)	2,6	0,7	1,6	1,9	2,6
BBP per hoofd	1,9	0,7	1,2	1,7	2,1

Bron: Huizinga en Smid (2004)

In de MKBA's in het volgende hoofdstuk wordt verondersteld dat de schade van een uur stroomonderbreking jaarlijks stijgt met de bevolkingsgroei in die gemeente *plus* de verwachte stijging van de arbeidsproductiviteit. Voor deze laatste nemen we aan dat deze over de gehele levensduur van investeringen in het hoogspanningsnet (meestal 50 jaar) gelijk is aan de CPB-voorspelling tot 2040.³⁷

Concreet wordt deze informatie gebruikt voor twee aanpassingen aan ontwikkelingen in de tijd. De eerste is een ophoging van de voor 2007 uitgerekende waarden naar het prijspeil van 2009 en de economische ontwikkeling van 2009. Met dit doel is de schade per uur voor 2007 verhoogd met de lokale bevolkingsgroei en de landelijke arbeidsproductiviteitsgroei (voor twee jaar) en de inflatie van 2008 en 2009. Tezamen levert dit een ophoging op van 7,1 procent voor Haaksbergen, 7,2 procent voor de Bommelerwaard en 7,9 procent voor Nederland als geheel. De tweede aanpassing is de jaarlijkse verhoging van de schade per uur na 2009. Deze ligt voor Haaksbergen op 1,5 procent, voor de Bommelerwaard op 1,6 procent en voor Nederland als geheel op 2,0 procent. Inflatiecorrectie blijft hier buiten omdat de gewerkt wordt met een reële (inflatiegecorrigeerde) discontovoet, zodat ook de kosten en baten in reële termen moeten worden uitgedrukt en niet voor inflatie worden gecorrigeerd.³⁸

Tabel 3.13 Aanpassing aan de ontwikkeling in de tijd

	Haaksbergen (en Eibergen)	Bommelerwaard (en Arkel)	Nederland
bevolkingsgroei lokaal (%)	-0,133	-0,065	0,275
arbeidsproductiviteit landelijk (%)	1,675	1,675	1,675
groei schade stroomonderbreking per jaar (%)	1,54	1,61	1,95
inflatie 2008 (%)	2,50	2,50	2,50
inflatie 2009 (%)	1,50	1,50	1,50
ophoging 2007-2009 (%)	7,08	7,22	7,90
jaarlijkse groei na 2009 (%)	1,54	1,61	1,95

Bron: SEO Economisch Onderzoek

³⁷ Een eventuele afwijking na 2040 is door de sterke verdiscontering van weinig invloed op het resultaat.

³⁸ Hier inflatie meetellen kan, maar dan moet ook de discontovoet met dit inflatiepercentage worden verhoogd. De uitkomst van de netto contante waarde berekening verandert niet door deze keuze.

4 Twee MKBA's

In de voorgaande hoofdstukken is de methodiek van maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uiteengezet en toegespitst op investeringen in leveringszekerheid. Vervolgens is een methode ontwikkeld om voor specifieke gebieden de kosten van stroomonderbrekingen te bepalen, en is deze methode toegepast op twee uitlopergebieden die in het recente verleden door langdurige stroomonderbrekingen zijn getroffen: Haaksbergen en de Bommelerwaard.

Haaksbergen en Bommelerwaard zijn twee uitlopers in het hoogspanningsnet. Een uitloper is een gebied dat van een kant stroom krijgt, vaak gaat dit via twee hoogspanningscircuits die op een gezamenlijke mast liggen.³⁹ De circuits zijn relatief kwetsbaar en er zijn er daarom twee zodat als er een uitvalt de stroomlevering via het andere circuit gegarandeerd is. Als er echter een storing optreedt in beide circuits, bijvoorbeeld door een gelijke oorzaak (*common cause*) zoals een beschadiging van de mast, dan is de stroomlevering onderbroken en duurt het relatief lang voordat de levering weer hersteld is: een reparatie is noodzakelijk. Uitlopers zijn dus kwetsbaarder dan **leveringspunten in** vermaasde netten, waar de stroomlevering van twee kanten komt (en minstens via drie circuits gaat). Nederland heeft alles bij elkaar 84 van dergelijke uitlopers. Het aanleggen van een extra circuit (niet via een gedeelde mast) naar een uitloper maakt er een vermaasd gebied van en verkleint de kans op een onderbreking sterk. De vraag die in dit onderzoek centraal staat is of de baten van een dergelijke investering opwegen tegen de kosten ervan.

Dit hoofdstuk presenteert MKBA's van een aantal investeringsopties om de leveringszekerheid in de uitlopers Bommelerwaard en Haaksbergen te verbeteren (paragraaf 4.1 en 4.2). Tot slot zijn een paar tentatieve berekeningen gemaakt voor alle uitlopers gezamenlijk (paragraaf 4.3).

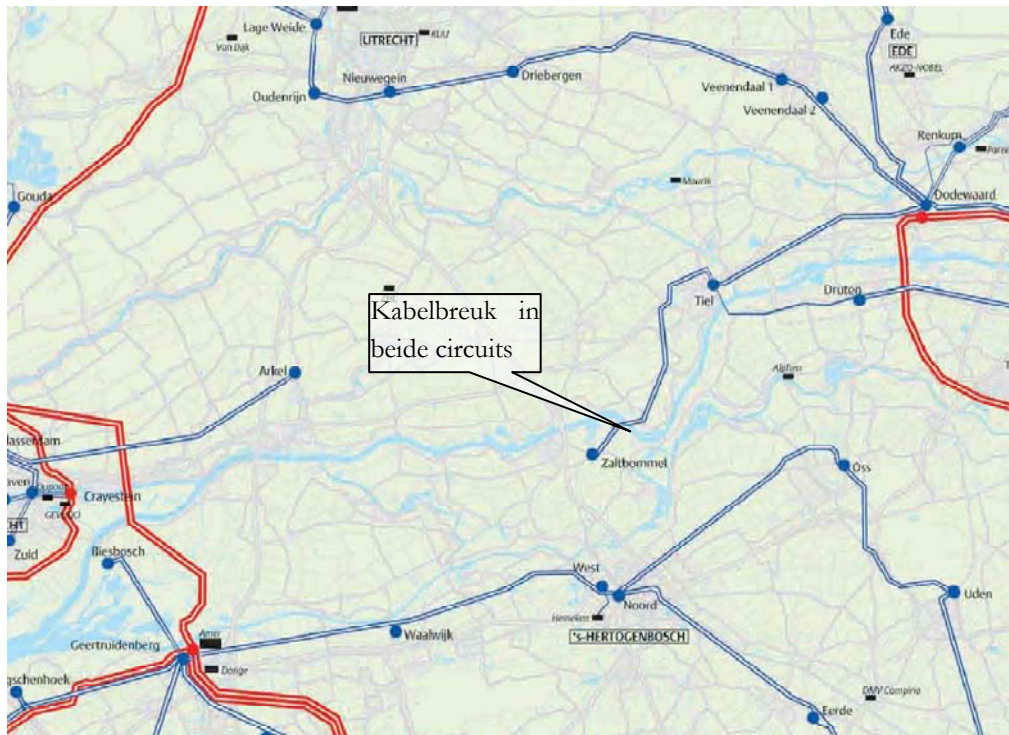
4.1 Bommelerwaard

4.1.1 Beschrijving van het probleem

In december 2007 is de Tieler- en Bommelerwaard getroffen door een stroomonderbreking die tot 50 uur geduurd heeft. De oorzaak was een Apachehelikopter die de hoogspanningskabels boven de Waal doormidden vloog. Hierbij ging het om twee afzonderlijke circuits op een paar masten die gezamenlijk werden getroffen (een oorzaak leverde twee storingen, waardoor stroomuitval ontstond). Er was dus sprake van een *common cause failure*. Door de lengte van de overspanning en hoge waterstand was repareren lastig en tijdrovend.

³⁹ Een preciezere, meer technische definitie is: Een uitloper is een koppelpunt dat niet aan de definitie van een volwaardig koppelpunt voldoet. Een volwaardig 110/150 kV-koppelpunt is een leveringspunt in het net dat tijdens normaal bedrijf is gekoppeld met ten minste drie circuits.

Figuur 4.1 Kaart van de netstructuur



Bron: TenneT

4.1.2 Nul- en projectalternatieven

Alternatieven Bommelerwaard

In deze case moeten twee uitlopers tegelijk worden onderzocht omdat een mogelijke investering beide tegelijk kan oplossen. Het gaat om de uitlopers Bommelerwaard en Arkel. Merk op dat Arkel met een dubbelcircuit bovengrondse verbinding aangesloten is op Alblasserdam, wat nettechnisch een uitloper is. Omdat er op korte termijn echter een investering gepland staat die Alblasserdam als uitloper opheft zijn geen baten toegekend aan het voorkomen van stroomonderbrekingen in Alblasserdam omdat dit effect nul of verwaarloosbaar klein is.

De volgende potentiële maatregelen (projectalternatieven) zijn gedefinieerd:

1. Verbinding Arkel-Zaltbommel.
 - a. De eerste variant die wordt doorgerekend is die waarin er beperkte parallelstromen uit het 380 kV net optreden.

Een nadeel van een permanente verbinding Arkel-Zaltbommel is dat dit als sluiproute kan gaan fungeren voor te grote parallelstromen uit het 380 kV net. Als dit zo is, dan is er een technische oplossing nodig. Mogelijkheden hiervoor zijn:

 - a. Arkel/Zaltbommel alleen sluiten als het echt nodig is;
 - b. Arkel/Zaltbommel met dwarsregeltransformator (DRT);
 - c. Arkel/Zaltbommel met HVDC-VSC.
2. Verbinding Arkel/Crayenstein en Zaltbommel/Den Bosch. Omdat Den Bosch dan te veel wordt belast is het noodzakelijk om tegelijk met de verbinding tussen Zaltbommel/Den Bosch iets extra's te doen
 - a. Zaltbommel/Den Bosch alleen sluiten als het echt nodig is;
 - b. Zaltbommel/Druten of Zaltbommel/Tiel in plaats van Zaltbommel/ Den Bosch.

3. Uitloper in Zaltbommel en/of Arkel laten bestaan maar de effecten verminderen door (noodaggregaten en versterken MS zijn hier niet toereikend omdat het vereiste vermogen te groot is):
- Sneller repareren;
 - Tijdelijk besparen;
 - Combinatie.

Omdat het zonder een gedetailleerder technische studie niet te zeggen is of er in alternatief 1 een technische maatregel nodig is, rekenen we vier alternatieven 1 uit, alternatief 1 zonder technische maatregelen tegen sluipverkeer en de drie verschillende manieren waarop sluipverkeer tegengegaan kan worden.

Voor de berekeningen is alternatief 3 met de daarbij staande subvarianten afgefallen omdat deze maatregelen bij nadere beschouwing niet haalbaar bleken (net als de noodaggregaten). Concreet, sneller repareren lijkt nagenoeg niet mogelijk te zijn; bij TenneT waren geen realistische maatregelen bekend of te bedenken die de voorbereiding en reparatie van onverwachte onderbrekingen noemenswaard (meer dan 10%) zouden veranderen. Ook het knippen of tijdelijk besparen van elektriciteit en het gebied via middenspanning voeden, is onmogelijk omdat het verbruik in het gebied zo groot is dat er onhaalbaar veel verbruik afgeschakeld moet worden.

4.1.3 Kosten en effecten van de alternatieven

Tabel 4.1 geeft de investeringskosten en de jaarlijkse onderhoudskosten van de projectalternatieven weer. Deze zijn door TenneT bepaald, waarbij voor de jaarlijkse onderhoudskosten is uitgegaan van 1% van de investeringskosten. De investeringskosten liggen tussen de € 17,8 miljoen en € 40,8 miljoen. Een kabel die alleen gesloten en dus gebruikt wordt als het nodig is, is het goedkoopst omdat daarmee kosten voor een compleet station in Arkel worden uitgespaard. De kosten van alternatief 2 zijn het hoogst, omdat daarvoor twee nieuwe tracés moeten worden aangelegd, met een grotere totale lengte dan Arkel-Zaltbommel.

Tabel 4.1 Investerings- en jaarlijkse onderhoudskosten

	Investeringskosten (x € miljoen)	Jaarlijkse onderhouds- en beheerskosten (x € 1000)
1 kabel Arkel-Zaltbommel – beperkt paralleltransport	25,4	254
1a kabel Arkel-Zaltbommel, alleen sluiten wanneer nodig	17,8	178
1b Arkel-Zaltbommel met DRT	29,1	291
1c 150 k kabel Arkel-Zaltbommel met HVDC-VSC	70	700
2 3e kabel Zaltbommel -Tiel & 3e kabel Arkel-Crayestein	40,8	408

Bron: TenneT

4.1.4 Waardering van een uur stroomonderbreking in dit gebied

In hoofdstuk 3 is voor de Bommelerwaard en Arkel uitgerekend hoeveel een uur stroomonderbreking aan maatschappelijke schade veroorzaakt. Deze waarde wordt in de MKBA gecombineerd met de *verwachte afname van de stroomonderbrekingsduur* als gevolg van de investeringen in leveringszekerheid.

Tabel 4.2 beschrijft de verwachte onderbrekingsfrequentie, verwachte onderbrekingsduur per onderbreking en verwachte onderbrekingsduur voor alle onderbrekingen en onderbrekingen langer dan 12 en 24 uur. Hierbij maken we onderscheid tussen korter dan 12 uur, tussen 12 en 24 uur en langer dan 24 uur om in de gevoeligheidsanalyse ook toenemende kosten van stroomonderbrekingen met de duur (maatschappelijk non-acceptatie in het meest extreme geval) door te kunnen rekenen.

In het nulalternatief zijn de verwachte frequentie en verwachte duur van een onderbreking het hoogst. Ook de verwachte gemiddelde onderbrekingsduur per jaar is daardoor het hoogst. In de projectalternatieven is de kans op een onderbreking kleiner omdat er een verbinding meer is. Ook de reparatietijd is korter. Hierdoor daalt de gemiddelde verwachte duur per onderbreking sterk, waardoor ook de verwachte onderbrekingsduur per jaar in de projectalternatieven sterk afneemt. Lange onderbrekingen komen in de projectalternatieven niet meer of veel minder voor.

Tabel 4.2 Verwachte frequentie, duur per onderbreking en onderbrekingsduur, per alternatief voor de Bommelerwaard en Arkel

Alternatief		Verwachte frequentie van onderbreking per jaar (A)	Gemiddelde verwachte duur van die onderbreking (B) (minuten)	Verwachte onderbrekingsminuten in dat gebied (C=A*B)	Verwachte duur van een storing tussen de 12 en 24 uur (D) ⁴⁰	Verwachte duur van een storing langer dan 24 uur (E)
Nul alternatief	Bommelerwaard	0,049171300 ⁴¹	315	15,49	2,45	5,30
	Arkel	0,082959400 ⁴²	315	26,13	4,13	8,94
1 Arkel-Zaltbommel	Bommelerwaard	0,004079222 ⁴³	57,56	0,23	0,00	0,00
	Arkel	0,004079222	57,56	0,23	0,00	0,00
1a kabel Arkel-Zaltbommel, sluiten als nodig	Bommelerwaard	0,004079222	67,56 ⁴⁴	0,28	0,00	0,00
	Arkel	0,004079222	67,56	0,28	0,00	0,00
1b Arkel-Zaltbommel met DRT	Bommelerwaard	0,004079222	57,56	0,23	0,00	0,00
	Arkel	0,004079222	57,56	0,23	0,00	0,00
1c 150 k kabel Arkel-Zaltbommel met HVDC-VSC	Bommelerwaard	0,004079222	67,56	0,28	0,09	0,19
	Arkel	0,004079222	67,56	0,28	0,09	0,19
2 3e kabel Zaltbommel – Tiel + 3e kabel Arkel Crayestein	Bommelerwaard	0,002421339 ⁴⁵	57,76	0,14	0,00	0,00
	Arkel	0,005020871 ⁴⁶	57,76	0,29	0,00	0,00

Bron: SEO Economisch Onderzoek op basis van en in samenwerking met TenneT/KEMA

⁴⁰ Merk op dat de verwachte duur van onderbrekingen langer dan 12 en korter dan 24 uur (kolom D) en de verwachte duur van storingen langer dan 24 uur (kolom E) onderdeel zijn van de verwachte onderbrekingsduur (kolom C).

⁴¹ Dit is berekend als de kans per kilometer op een onderbreking (=0,002747 1/km/jr voor een uitloper) vermenigvuldigd met de lengte in kilometers (17,9).

⁴² Berekening identiek als in de cel erboven maar met een lengte van 30,2 kilometer.

⁴³ De verwachte frequentie van een onderbreking als Arkel en Bommelerwaard verbonden zijn is de kans dat beide tegelijk geen stroom krijgen (0,049171300 × 0,082959400)

⁴⁴ Het in gebruik nemen van de verbinding kost tijd, en ook het weer uit gebruik halen van deze kabel kan tot onderbrekingen leiden.

⁴⁵ De verwachte frequentie van een onderbreking is de kans dat de huidige lijn uitvalt tegelijk met de nieuwe kabel: (0,002749 1/km/jr × 17,9 km) × (0,002749 1/km/jr × 17,9 km).

⁴⁶ Idem, maar met een langere lengte (0,002749 1/km/jr × 30,2 km) × (0,002749 1/km/jr × 30,2 km).

Merk op dat de verwachte kans op en duur van een onderbreking en daarmee ook de verwachte onderbrekingsduur per jaar alleen betrekking heeft op onderbrekingen vanuit het hoogspanningsnet. Aangeslotenen (huishoudens en bedrijven) kunnen meer stroomonderbrekingen ervaren omdat er ook stroomonderbrekingen in het midden- en laagspanningsnet worden veroorzaakt. In de praktijk zal voor de meeste Nederlanders gelden dat ze veel meer merken van onderbrekingen in het laag- en middenspanningsnet dan in het hoogspanningsnet, omdat gemiddeld een Nederlander 28 minuten per jaar van stroom verstoken is, waarvan 5,7 minuten veroorzaakt worden door het hoogspanningsnet. Volgens de gehanteerde berekeningen ligt dit in een uitlopergebied wat hoger. Naar verwachting heeft iemand in de Bommelerwaard nu ruim 15 minuten geen stroom door een onderbreking uit het hoogspanningsnet, terwijl dit in Arkel ruim 26 minuten is. Dit ligt dus drie tot vijf maal boven het nationaal gemiddelde.

Voor de MKBA is de verandering van het aantal stroomonderbrekingsminuten uitgerekend als het verwachte aantal onderbrekingsminuten ($A*B$) in het projectalternatief min het aantal in het nulalternatief. Deze verandering van de verwachte onderbrekingsduur is gewaardeerd met de in hoofdstuk 3 uitgerekende waarde van een uur stroomonderbreking in de Bommelerwaard en Arkel (rekening houden met het feit dat in deze tabel minuten staan en in hoofdstuk 3 in uren is gerekend).

Zoals besproken in hoofdstuk 3, wordt in deze MKBA ook de mogelijkheid van non-acceptatie of in de tijd meer dan lineair oplopende kosten van stroomonderbrekingen onderzocht. Om dit te doen is in de laatste twee kolommen van tabel 4.2 voor de projectalternatieven en het nulalternatief uitgerekend hoeveel verwachte onderbrekingsminuten horen bij storingen langer dan 12 en 24 uur. In de MKBA kan de afname daarvan vermenigvuldigd worden met een extra ophoogfactor. In de basisberekening is deze ophoogfactor nul. In de gevoeligheidsanalyse staat deze voor onderbrekingen tussen 12 en 24 uur op 100 procent en voor langere onderbrekingen op maximaal 200 procent (conform de lichtblauwe geknikte lijn in figuur 3.4).

4.1.5 Uitkomst MKBA

Uitgaande van de bovenstaande gegevens is de netto contante waarde van de verwachte kosten en baten in de verschillende projectalternatieven berekend. Deze staan weergegeven in tabel 4.3 en figuur 4.2. Er zijn drie posten: de investeringskosten, de onderhoudskosten en de baten van vermeden stroomonderbrekingen. Iedere kolom geeft de contante (huidige) waarde van dat effect per alternatief weer, euro's van 2009. De kolom NCW (Netto contante waarde) bevat het saldo van deze drie posten. De NCW is in één getal een evaluatie van een alternatief ten opzichte van het nulalternatief: een positief getal betekent een verbetering terwijl een negatief getal duidt op een verslechtering van de welvaart.

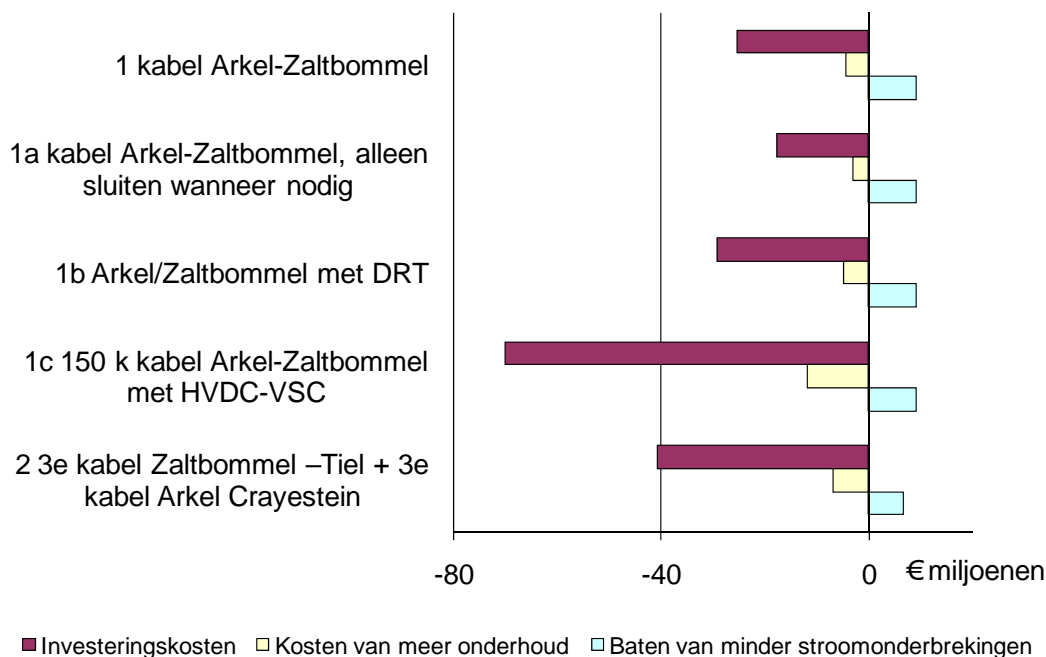
Tabel 4.3 Netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven

	Investerings- Kosten	kosten van meer onderhoud	Baten van minder stroom- onderbrekingen	NCW
Alt. 1 kabel Arkel-Zaltbommel	-25,4	-4,3	9,2	-20,5
Alt. 1a kabel Arkel-Zaltbommel, alleen sluiten wanneer nodig	-17,8	-3,0	9,2	-11,6
Alt. 1b Arkel/Zaltbommel met DRT	-29,1	-4,9	9,2	-24,8
Alt. 1c 150 k kabel Arkel-Zaltbommel met HVDC-VSC	-70,0	-11,9	9,2	-72,7
Alt. 2 3e kabel Zaltbommel –Tiel + 3e kabel Arkel Crayestein	-40,8	-6,9	6,7	-41,0

Bron: SEO Economisch Onderzoek

De investeringskosten variëren tussen de alternatieven, maar zijn altijd groter dan de baten van meer stroomonderbrekingen. Omdat ook de onderhoudskosten er nog bij komen is de uitkomst (kolom NCW) in alle gevallen sterk negatief: dat wil zeggen de kosten zijn groter dan de maatschappelijke baten. Dit geldt voor alle alternatieven, alternatief 1b scoort nog het minst slecht. In alternatief 2 zijn alleen de investeringskosten per jaar al hoger dan de verwachte baten. Figuur 4.2 geeft deze resultaten grafisch weer.

Figuur 4.2 Netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven



Bron: SEO Economisch Onderzoek

4.1.6 Gevoeligheidsanalyse

Om een gevoel te hebben voor de robuustheid van de uitkomst is uitgerekend hoeveel de baten hoger moeten zijn voor *break-even factor*. De baten moeten dus vermenigvuldigd worden met het getal dat in de tekst staat om gelijk te zijn aan de kosten. Als er een 1 staat zijn de baten nu

precies gelijk aan de kosten, en als het getal kleiner is dan 1 dan zijn de baten al groter dan de kosten. Tabel 4.4 geeft dit per alternatief weer.

Tabel 4.4 Break even factor: verhoging van de baten nodig voor een positieve MKBA

	Break even
1 kabel Arkel-Zaltbommel	3,2
1a kabel Arkel-Zaltbommel, alleen sluiten wanneer nodig	2,3
1b Arkel/Zaltbommel met DRT	3,7
1c 150 k kabel Arkel-Zaltbommel met HVDC-VSC	8,9
2 3e kabel Zaltbommel –Tiel + 3e kabel Arkel Crayestein	7,1

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Hieruit blijkt dat de baten in het minst ongunstige geval 2,3 maal zo groot moeten zijn als berekend, om gelijk te zijn aan de huidige schatting van de kosten. Merk op dat de verwachte onderbrekingsduur als gevolg van een storing in het hoogspanningsnet in alle varianten erg dicht bij nul ligt (en dus sterk onder het landelijk gemiddelde). Dit impliceert dat een positieve uitkomst van de MKBA alleen voort zou kunnen komen uit een zeer grote *onderschatting* van de kosten van stroomonderbrekingen in de gepresenteerde berekeningen.

In tabel 4.5 is dit nader onderzocht en is gekeken hoe de non-acceptatie van lange stroomonderbrekingen de uitkomsten zou kunnen veranderen. Daarbij zijn aanzienlijke ophogingen gehanteerd, maar desondanks blijven alle uitkomsten negatief.

Tabel 4.5 Gevoeligheidsanalyse van de netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven

	Meest waarschijnlijke berekening	Verdubbeling kosten minuut stroomonderbreking	Verdubbeling aantal voorkomen minuten stroomonderbrekingen	Stroomonderbrekingskosten na 12 uur +50%, na 24 uur +100%	Stroomonderbrekingskosten na 12 uur +100%, na 24 uur +200%	Stroomonderbrekingskosten na 12 uur +100%, na 24 uur +200%; geen rest onderbrekingen meer
1 kabel Arkel-Zaltbommel	-20,5	-11,3	-11,3	-16,6	-12,7	-12,6
1a kabel Arkel-Zaltbommel, alleen sluiten wanneer nodig	-11,6	-2,4	-2,4	-7,7	-3,8	-3,7
1b Arkel/Zaltbommel met DRT	-24,8	-15,6	-15,6	-20,9	-17,0	-16,9
1c 150 k kabel Arkel-Zaltbommel met HVDC-VSC	-72,7	-63,5	-63,5	-68,9	-65,0	-64,7
2 3e kabel Zaltbommel –Tiel + 3e kabel Arkel Crayestein	-41,0	-34,3	-34,3	-38,2	-35,3	-35,2

Bron: SEO Economisch Onderzoek

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de onderzochte investeringsopties om de netten bij Arkel en Bommelerwaard te versterken in alle gevallen een negatief effect hebben op de maatschappelijke welvaart.

4.1.7 Investeren onder perfect foresight

In de vorige subparagrafen is uitgerekend dat het versterken van het net de welvaart niet verhoogt. De belangrijkste redenen hiervoor is dat de kans op een onderbreking klein is, al zullen de inwoners van de Bommelerwaard (en Haaksbergen) daar anders over denken. Momenteel is het besef aanwezig in de Bommelerwaard dat er ondanks de kleine kans zich wel een onderbreking kan voordoen.

Deze paragraaf berekent de maatschappelijke kosten van een lange onderbreking zoals in de Bommelerwaard in 2007 en vergelijkt dit met de investerings- en onderhoudskosten. Met andere woorden: als de netbeheerder *perfect foresight* had gehad en aan de vooravond van de langdurige stroomstoring had geïnvesteerd, was de investering dan *wel* maatschappelijk rendabel geweest?

Het antwoord is ‘ja’ voor sommige alternatieven. De maatschappelijke kosten van de onderbreking (uitgaande van 48 uur voor het gehele gebied en zonder gebruik van een ophoogfactor voor lange onderbrekingen) waren € 26,2 miljoen. De som van de contante investerings- en onderhoudskosten loopt van € 20,8 miljoen voor alternatief 1a tot € 81,9 miljoen voor alternatief 1c.

Voor alternatief 1a zouden de kosten bij een investering onder *perfect foresight* dus met een netto rendement van € 5,4 miljoen direct zijn terugverdiend. In de andere gevallen zouden de kosten ook onder perfect foresight groter zijn dan de directe baten.

Kortom, een perfect voorspellende netbeheerder zou hebben geïnvesteerd in optie 1a. Een netbeheerder zonder glazen bol die afgaat op de kleine kans op dergelijke incidenten zal echter niet investeren.

4.2 Haaksbergen

4.2.1 Beschrijving van het probleem

In een tijdsbestek van anderhalf jaar hebben in Haaksbergen drie (grote) storingen plaatsgevonden:

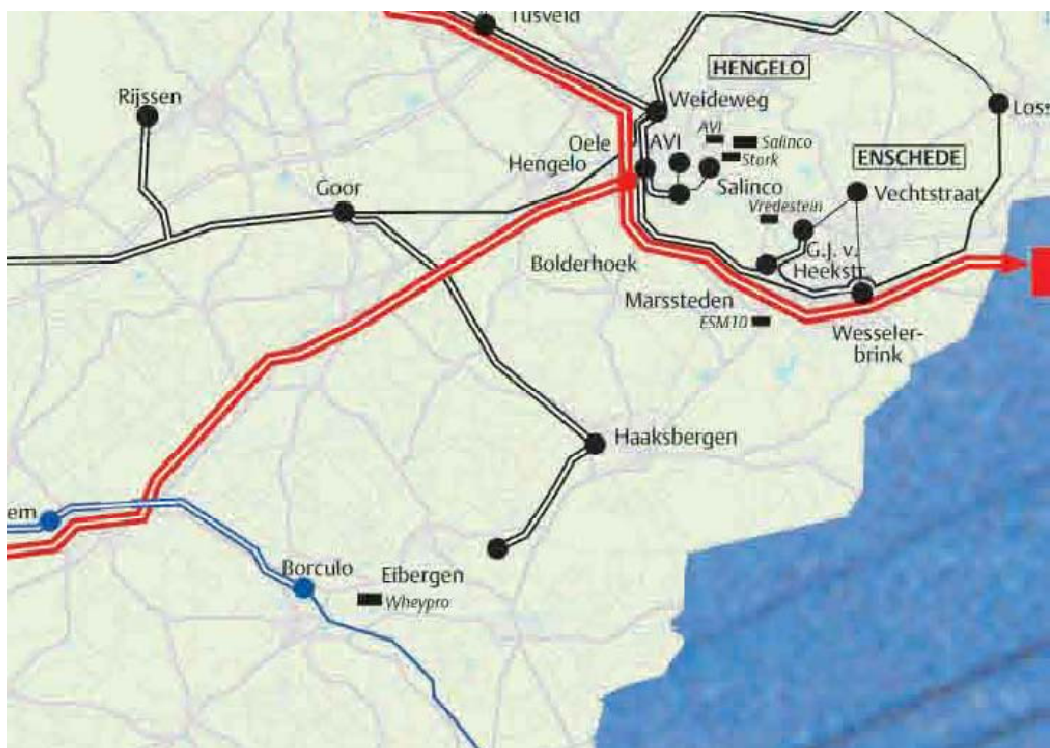
1. 25-11-2005: Slecht weer veroorzaakt breuk in hoogspanningsleidingen, waarbij ongeveer 10.000 klanten gedurende 24 tot 53 uur zonder elektriciteit zaten.
2. 09-02-2007: Een storing die werd veroorzaakt door een beveiliging, hierbij zaten 19.000 mensen zonder stroom gedurende 22 minuten. Deze zelfde groep is op 21 februari 2006 getroffen door een soortgelijke stroomstoring die 4 minuten duurde.
3. 29-03-2007: Een boot met een kraan zorgde voor breuk van twee geleiders. Hierbij werden wederom 19.000 mensen getroffen door een storing. Deze storing duurde een kleine 8 uur.

De drie bovengenoemde storingen zijn drie op zich staande storingen. Desondanks hebben deze storingen samen de gepercipieerde leveringszekerheid in Haaksbergen en omgeving geschaad. Om herhaling van dergelijke incidenten te voorkomen, willen het gemeentebestuur en inwoners van Haaksbergen een structurele oplossing. In deze analyse wordt gekeken hoe de maatschappelijke baten zich tot de maatschappelijke kosten verhouden.

Merk op dat de bij de grootste stroomonderbreking getroffen postcodes van Haaksbergen, Eibergen en Goor samen 63.000 inwoners hebben (zie hoofdstuk 3). Hiervoor is in Hoofdstuk 3 de maatschappelijke kost van een uur stroomonderbreking geschat. In de opsomming hierboven staat dat ongeveer 10.000 tot 19.000 inwoners getroffen zijn, afhankelijk van de onderbreking. Er is hier een discrepantie tussen de 19.000 en de 63.000 inwoners. Er is dus elektrisch gezien een kleiner gebied getroffen dan in de berekeningen aangenomen en de uitkomst is dan ook een overschatting van de aantrekkelijkheid om te investeren om deze uitloper op te heffen.

Haaksbergen ligt aan een uitloper. Figuur 4.3 geeft dit weer. Als de hoogspanningsverbinding van Goor naar Haaksbergen uitvalt dan valt de stroom in Haaksbergen uit. Ook Eibergen ligt aan een uitloper vanaf Haaksbergen, maar de vraag naar stroom is hier dermate veel kleiner dat Eibergen eventueel via het middenspanningsnet (niet weergegeven) vanaf Borculo beleverd kan worden.

Figuur 4.3 Kaartje van de netstructuur



Bron: TenneT

4.2.2 Nul- en projectalternatieven

Alternatieven Haaksbergen

Om de kans op grote en langdurige onderbrekingen in Haaksbergen te verkleinen is een aantal investeringsalternatieven denkbaar. Met behulp van de kaart zijn de onderstaande mogelijkheden geformuleerd:

1. Eibergen/Oele
2. Eibergen/Borculo (met trafo)
3. Eibergen/G.J. van Heek
4. Haaksbergen/Oele en eventueel extra beleid om uitloper Eibergen op te lossen:
 - a. Haaksbergen/Oele plus Eibergen uitloper laten
 - b. Haaksbergen/Oele plus noodaggregaten
 - c. Haaksbergen/Oele plus versterken MS naar Eibergen
 - d. Haaksbergen/Oele plus enigszins versterken MS en slimme meter
 - e. Haaksbergen/Oele plus sneller repareren (sneller noodmast (hijskraan) en leger inzetten)
 - f. Haaksbergen/Oele plus afschakelcontracten van de paar grote afnemers in Eibergen en evt. ook in Haaksbergen
 - g. Haaksbergen/Oele plus later doortrekken naar Eibergen
 - h. Combinaties van bovenstaande opties
5. Eibergen/Goor

Alternatieven 3. en 5. vallen af omdat Goor en G.J. van Heek te zwakke punten zijn. In alternatief 3 is het beter om direct naar Oele te gaan, omdat het anders redelijk snel nodig is Oele/G.J. van Heek ook te versterken. Deze extra kosten maken deze oplossing bij voorbaat onaantrekkelijk. Als de verbinding Eibergen/Goor wordt gemaakt dan is het nodig om tegelijk Hengelo (Oele)/Goor te versterken. De kosten lopen ook in dat alternatief dusdanig op dat zonder deze geheel door te rekenen duidelijk is dat dit niet de meest aantrekkelijk oplossing kan zijn.

Oplossing 4c lijkt niet eenvoudig en tegen redelijke⁴⁷ kosten realiseerbaar. Oplossing 4d is momenteel nog niet uitvoerbaar, omdat de slimme meters waarvoor gekozen is of wordt niet in staat zijn om te knippen (het stroomgebruik gedeeltelijk maar niet helemaal te beperken). Omdat er dan geen verschil is met alternatief 4c is alternatief 4d niet doorgerekend. Oplossing 4d tot en met 4g zijn wel doorgesproken maar lijken hier niet mogelijk en zijn daarom niet doorgerekend. De overige alternatieven zijn doorgerekend.

4.2.3 Kosten en effecten van de alternatieven

Tabel 4.6 geeft de investeringskosten en de jaarlijkse onderhoudskosten van de projectalternatieven weer. Deze zijn door TenneT bepaald, waarbij voor de jaarlijkse onderhoudskosten is uitgegaan van 1% van de investeringskosten. De investeringskosten liggen ergens tussen de € 7,0 en € 11,7 miljoen. In alternatief 1, 4a en 4b wordt een andere netverzwaring uitgespaard, deze is niet meer nodig. Dit scheelt zowel in de investeringskosten als in de onderhoudskosten (de niet aangelegde verzwaring elders hoeft niet onderhouden te worden).

⁴⁷ Redelijke kosten betekent hier dat versterking van het MS-net zo duur is dat andere oplossingen aantrekkelijker zijn, zonder dit precies uit te rekenen.

Tabel 4.6 Investerings- en jaarlijkse onderhoudskosten

	Investeringskosten (x € miljoen)	Private baten TenneT (vermeden andere investering) (x € miljoen)	(Verandering) onderhoudskosten (x € 1000)
Nul alt.	0,0	0,0	0,0
1 Oele Eibergen	-11,7	5,6	-61,9
2 Eibergen-Borculo	-7,0	0,0	-70,0
4a Oele - Haaksbergen. Eibergen blijft uitloper	-8,4	5,6	-28,5
4b Oele- Haaksbergen plus noodaggregaten	-8,4	5,6	-107,3 ⁴⁸

Bron: TenneT. Bewerking SEO.

4.2.4 Waardering van een uur stroomonderbreking in dit gebied

In hoofdstuk 3 is voor Haaksbergen uitgerekend hoeveel een uur stroomonderbreking aan maatschappelijke schade veroorzaakt. Deze waarde gebruiken we in de MKBA. Hier bepalen we nog hoeveel de verwachte stroomonderbrekingsduur verandert als er maatregelen worden genomen om het net te versterken.

Tabel 4.7 beschrijft de verwachte onderbrekingsfrequentie, verwachte onderbrekingsduur per onderbreking en verwachte onderbrekingsduur voor alle onderbrekingen en onderbrekingen langer dan 12 en 24 uur. Hierbij maken we onderscheid tussen korter dan 12 uur, tussen 12 en 24 uur en langer dan 24 uur om in de gevoeligheidsanalyse ook toenemende kosten van stroomonderbrekingen met de duur (maatschappelijk non-acceptatie in het meest extreme geval) door te kunnen rekenen.

In het nulalternatief zijn de verwachte frequentie en verwachte duur het hoogste. Ook de verwachte gemiddelde onderbrekingsduur per jaar is daardoor het hoogste. In de projectalternatieven is de kans op een onderbreking kleiner omdat er een verbinding meer is. Ook de reparatietijd is korter. Hierdoor daalt de gemiddelde verwachte duur van een onderbreking sterk, waardoor ook de verwachte onderbrekingsduur in de projectalternatieven sterk afneemt. Lange onderbrekingen komen in de projectalternatieven niet meer of veel minder voor. In alternatief 2 daalt de verwachte onderbrekingsduur het meeste voor zowel Haaksbergen als Eibergen. In de alternatieven 4a en 4b is de daling van de onderbrekingsfrequentie groter voor Haaksbergen dan voor Eibergen (wat een uitloper blijft).

⁴⁸ In deze jaarlijkse onderhoudskosten zitten ook de kosten van de noodstroomaggregaten verdisconteerd. De berekening is als volgt:
 Jaarlijkse kosten van het onderhoud van de infrastructuur: $(8.400.000 - 5.600.000) \times 1\% = € 28.500$.
 Kosten van de noodstroomvoorziening:
 De jaarlijkse afschrijving (lineair) bestaat uit twee delen: € 24 miljoen schrijft in 20 jaar af (de aggregaten) en € 39 miljoen schrijft in 40 jaar af (de aansluitingen in het 10 kV net): $(24000000/20) + (39000000/40)$
 De jaarlijkse rentelasten zijn $(5,5\%/2) \times 63$ miljoen
 De jaarlijkse operationele kosten zijn € 360.000.
 In totaal zijn er 45 uitlopers waarvoor noodstroom gebruikt kan worden. Dit zijn alle uitlopers met een vermogen van 50 MW of minder. De noodstroomvoorzieningen zijn steeds toereikend om de helft of meer hiervan van stroom te voorzien (de helft van de stroom is 80 procent van de tijd genoeg om aan de gehele stroomvraag te voldoen).
 De jaarlijkse kosten zijn daarmee: $28.500 + ((24000000/20) + (39000000/40) + (0,055/2) \times 63000000) / 45 - (360000/45)$.

Tabel 4.7 Verwachte frequentie, duur per onderbreking en onderbrekingsduur, per alternatief voor de Haaksbergen en Eibergen

Alternatief		Verwachte frequentie van onderbreking per jaar (A)	Gemiddelde verwachte duur van die onderbreking (B) (minuten)	Verwachte onderbrekingsminuten in dat gebied (A*B)	Verwachte duur van een storing langer dan 12 uur	Verwachte duur van een storing langer dan 24 uur
Nul alt.	Haaksbergen	0,0734419 ⁴⁹	159 ⁵⁰	11,7	2,6	5,6
	Eibergen	0,0734419	159	11,7	2,6	5,6
1 Oele Eibergen	Haaksbergen	0,0076191 ⁵¹	23,77	0,2	0,0	0,0
	Eibergen	0,0076191	23,77	0,2	0,0	0,0
2 Eibergen-Borculo	Haaksbergen	0,0026403 ⁵²	33,77 ⁵³	0,1	0,0	0,0
	Eibergen	0,0026403	33,77	0,1	0,0	0,0
4a Oele - Haaksbergen Eibergen blijft uitloper	Haaksbergen	0,005092 ⁵⁴	23,77	0,1	0,0	0,0
	Eibergen	0,0395018 ⁵⁵	141,57 ⁵⁶	5,6	0,0	0,0
4b Oele - Haaksbergen plus noodaggregaten	Haaksbergen	0,005092	23,77	0,1	0,0	0,0
	Eibergen	0,0395018	103,21 ⁵⁷	4,1	0,0	0,0

Bron: SEO Economisch Onderzoek op basis van en in samenwerking met TenneT/KEMA.

Merk op dat de verwachte kans op en duur van een onderbreking en daarmee ook de verwachte onderbrekingsduur per jaar alleen betrekking heeft op onderbrekingen vanuit het hoogspanningsnet. Aangeslotenen (huishoudens en bedrijven) kunnen meer stroomonderbrekingen ervaren omdat er ook stroomonderbrekingen in het midden- en laagspanningsnet worden veroorzaakt. In de praktijk zal voor de meeste Nederlanders gelden dat ze veel meer merken van onderbrekingen in het laag- en middenspanningsnet dan in het hoogspanningsnet, omdat gemiddeld een Nederlander 28 minuten per jaar van stroom verstoken is, waarvan 5,7 minuten veroorzaakt worden door het hoogspanningsnet. Naar verwachting heeft iemand in Haaksbergen nu 11,7 minuten stroomonderbreking veroorzaakt door het hoogspanningsnet, dit is ruim twee maal zo veel als gemiddeld in Nederland.

⁴⁹ In wezen is de berekening analoog aan de berekening van de verwachte onderbrekingsfrequentie voor de Bommelerwaard, maar dan met een andere lengte (14,3 kilometer in plaats van 17,9) en een andere kans per kilometer omdat dit een 110 kV net is en geen 150 kV net, en deze hebben volgens de onderbrekingsgegevens over de laatste 10 jaar een andere onderbrekingsfrequentie: De berekening is dus: $14,3 \times 0,0051358$

⁵⁰ De verwachte duur van de onderbreking is voor 110 kV netten een stuk lager dan voor de 150 kV netten (vergelijk tabel 4-2). Dit verschil blijkt uit de Nestor gegevens. Twee verklaringen voor dit verschil zijn dat 150 kV netten gemiddeld genomen in dichter bevolkt en waterrijker gebied liggen, waardoor reparatie langer duurt en een andere verklaring is dat dit een vertekening is omdat er zowel voor de 110 kV als de 150 kV netten relatief weinig storingen zijn, en paar extreme storingen kunnen dus al voor grote verschillen zorgen (de wet van de grote aantallen doet zijn opgeld niet).

⁵¹ De nieuwe kabel heeft een lengte van 20,2 kilometer. De verwachte frequentie dat beide tegelijk uitvallen is dus: $(0,0051358 \times 20,2) \times (14,3 \times 0,0051358)$.

⁵² De nieuwe kabel heeft een lengte van 7 kilometer: $(0,0051358 \times 7) \times (14,3 \times 0,0051358)$.

⁵³ Net als bij de Bommelerwaard is er hier van uitgegaan dat het in gebruik nemen en het weer buiten gebruik stellen van deze lijn tot 10 minuten extra onderbreking leidt.

⁵⁴ De nieuwe kabel heeft een lengte van 13,5 kilometer: $(0,0051358 \times 13,5) \times (14,3 \times 0,0051358)$.

⁵⁵ De kans op een onderbreking in Eibergen is de kans op een onderbreking in Haaksbergen plus de kans op een onderbreking in de lijn Haaksbergen-Eibergen: $(0,0051358 \times 13,5) \times (14,3 \times 0,0051358) + 6,7 \times 0,0051358$.

⁵⁶ Dit is een gewogen gemiddelde van de korte onderbrekingsduur die ook in Haaksbergen verwacht wordt (23,77), en de lange duur (159 minuten) die optreedt als de lijn Haaksbergen-Eibergen beschadigd raakt: $(0,005092/0,0395018 \times 23,77) + ((0,0395018 - 0,005092)/0,0395018 \times 159)$.

⁵⁷ De verwachte onderbrekingsduur in alternatief 4a is met 44 minuten verlaagd omdat de lange onderbrekingen minder lang tot een onderbreking van de levering zullen leiden.

Voor de MKBA is de verandering van het aantal stroomonderbrekingsminuten uitgerekend als het verwachte aantal onderbrekingsminuten (A*B) in het projectalternatief min het aantal in het nulalternatief. Deze verandering van de verwachte onderbrekingsduur is gewaardeerd met de in hoofdstuk 3 uitgerekende waarde van een uur stroomonderbreking in Haaksbergen (wederom rekening houden met het feit dat in deze tabel minuten staan en in hoofdstuk 3 in uren is gerekend).

Zoals besproken in hoofdstuk 3, wordt in deze MKBA (net als voor de Bommelerwaard) ook de mogelijkheid van non-acceptatie of in de tijd meer dan lineair oplinekende kosten van stroomonderbrekingen onderzocht door de gevoeligheid te onderzoeken voor een ophoogfactor voor storingen langer dan 12 of 24 uur.

4.2.5 Uitkomst MKBA

Uitgaande van de bovenstaande gegevens is de netto contante waarde uitgerekend. Deze staat weergegeven in tabel 4.8 en figuur 4.4. Er zijn drie posten: namelijk de investeringskosten, de onderhoudskosten en de baten van de naar verwachting vermeden stroomonderbrekingen. Iedere kolom geeft de contante (huidige) waarde van dat effect per alternatief weer. De kolom NCW (Netto contante waarde) bevat het saldo van deze drie posten. De NCW is in een getal een evaluatie van een alternatief ten opzichte van het nulalternatief: een positief getal betekent een verbetering terwijl een negatief getal duidt op een verslechtering van de welvaart.

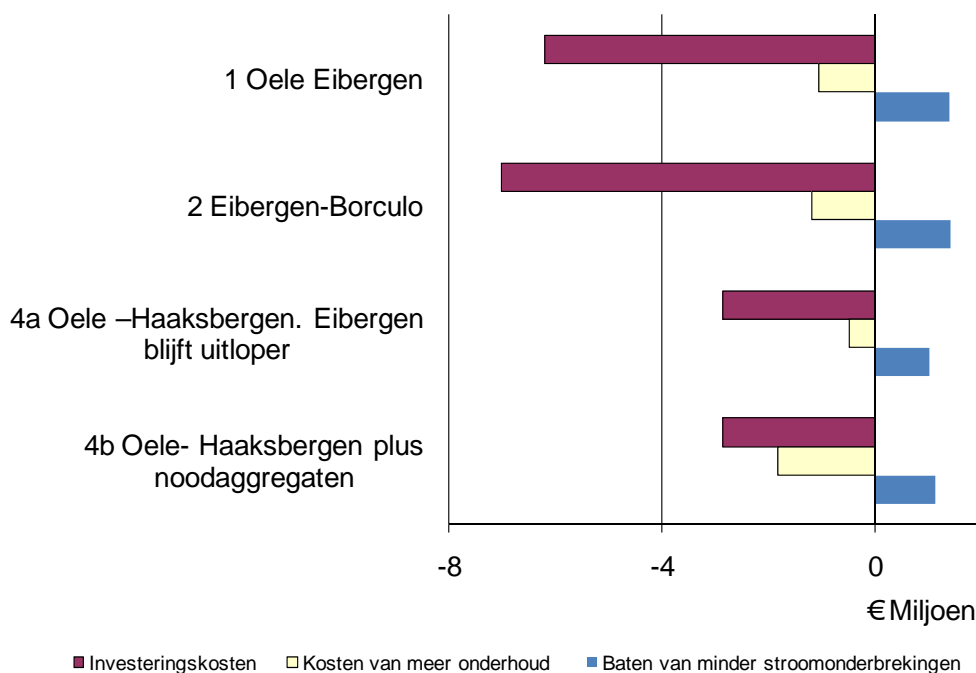
Tabel 4.8 Netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven

	investeringskosten	kosten van meer onderhoud	Baten van minder stroomonderbrekingen	NCW
1 Oele - Eibergen	-6,2	-1,0	1,4	-5,8
2 Eibergen-Borculo	-7,0	-1,2	1,4	-6,8
4a Oele - Haaksbergen. Eibergen blijft uitloper	-2,9	-0,5	1,0	-2,3
4b Oele - Haaksbergen plus noodaggregaten	-2,9	-1,8	1,1	-3,5

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Het belangrijkste wat de tabel laat zien is dat de uitkomst (kolom NCW) negatief is: geen van de alternatieven verhoogt de welvaart ten opzichte van het nulalternatief. Figuur 4.4 geeft deze resultaten grafisch weer.

Figuur 4.4 Netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven



Bron: SEO Economisch Onderzoek

De conclusie dat investeren niet aantrekkelijk is wordt nog versterkt doordat het gebied waarvoor baten van vermeden stroomonderbrekingen meegenomen zijn groter is dan het gebied dat bij de grote onderbrekingen in Haaksbergen getroffen is (zie paragraaf 4.2.1). De baten zijn dus overschat.

4.2.6 Gevoeligheidsanalyse

Om een gevoel te hebben voor de robuustheid van de uitkomst is uitgerekend hoeveel de baten hoger moeten zijn voor *break-even factor*. De baten moeten dus vermenigvuldigd worden met het getal dat in de tekst staat om gelijk te zijn aan de kosten. Als er een 1 staat zijn de baten nu precies gelijk aan de kosten, en als het getal kleiner is dan 1 dan zijn de baten al groter dan de kosten. Tabel 4.9 geeft dit per alternatief weer.

Tabel 4.9 Break even factor: verhoging van de baten nodig voor een positieve MKBA

	Break even
1 Oele - Eibergen	5,2
2 Eibergen-Borculo	5,8
4a Oele - Haaksbergen. Eibergen blijft uitloper	3,3
4b Oele - Haaksbergen plus noodaggregaten	4,1

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Hieruit blijkt dat de baten in het minst ongunstige geval 3,3 maal zo groot moeten zijn als berekend, om gelijk te zijn aan de huidige schattig van de kosten. Merk op dat de verwachte onderbrekingsduur als gevolg van een storing in het hoogspanningsnet in alle varianten erg dicht bij nul ligt (en dus sterk onder het landelijk gemiddelde). Dit impliceert dat een positieve uitkomst

van de MKBA alleen voort zou kunnen komen uit een zeer grote *onderschatting* van de kosten van stroomonderbrekingen in de gepresenteerde berekeningen.

In tabel 4.10 is dit nader onderzocht en is gekeken hoe de non-acceptatie van lange stroomonderbrekingen de uitkomsten zou kunnen veranderen. Daarbij zijn aanzienlijke ophogingen gehanteerd, maar desondanks blijven alle uitkomsten negatief.

Tabel 4.10 Gevoeligheidsanalyse van de netto contante waarde van de verschillende projectalternatieven

	Meest waarschijnlijke berekening	Verdubbeling kosten minuut stroomonderbreking	Verdubbeling aantal voor-komen minuten stroomonderbrekingen	Stroomonderbrekingskosten na 12 uur +50%, na 24 uur +100%	Stroomonderbrekingskosten na 12 uur +100%, na 24 uur +200%	Stroomonderbrekingskosten na 12 uur +100%, na 24 uur +200%; geen rest onderbrekingen meer	Kosten van noodstroom 50% lager ⁵⁸
1 Oele - Eibergen	-5,8	-4,5	-4,5	-5,0	-4,2	-4,2	-5,8
2 Eibergen-Borculo	-6,8	-5,4	-5,4	-6,0	-5,1	-5,1	-6,8
4a Oele - Haaksbergen. Eibergen blijft uitloper	-2,3	-1,3	-1,3	-1,5	-0,7	-0,3	-2,3
4b Oele - Haaksbergen plus noodaggregaten	-3,5	-2,4	-2,4	-2,7	-1,9	-1,6	-2,9

Bron: SEO Economisch Onderzoek

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de onderzochte investeringsopties in alle gevallen een negatief effect hebben op de maatschappelijke welvaart.

4.2.7 Investeren onder perfect foresight

Net als in paragraaf 4.1.7 rekenen we ook nog uit hoe groot de maatschappelijke schade is van de langst voorgekomen onderbreking en vergelijken dit met de contante waarde van de investerings- en onderhoudskosten. Als dit positief is dan zou een netbeheerder die storingen perfect kan voorspellen investeren.

De langste duur van een onderbreking in dit gebied was 53 uur. De schade als het gehele gebied wordt onderbroken is dan € 17,6 miljoen. Echter bij die onderbreking zijn maar 10.000 huishoudens getroffen hetgeen ongeveer de helft is van het maximale gebied waarvoor de kosten van een onderbreking zijn bepaald. De schade komt dan op € 8,8 miljoen. De investerings- en onderhoudskosten in alle alternatieven zijn lager en zouden, bij perfect voorspellende netbeheerders dus aantrekkelijk zijn. Omdat er in het echt sprake is van onzekerheid is investeren niet aantrekkelijk. Hier treedt dus opnieuw een investeringsparadox op.

⁵⁸ Mogelijk kunnen de noodstroomaggregaten gebruikt worden om als ze niet nodig zijn voor een onderbreking en tijdens de momenten met piekvraag stroom op te wekken waardoor ze een deel van de kosten terugverdienen. Hier is de gevoeligheid van de uitkomst hiervoor uitgerekend met 50 procent terugverdienmogelijkheid.

4.3 Alle uitlopers gezamenlijk

4.3.1 Beschrijving van het probleem

Met behulp van de in dit rapport uitgewerkte methode⁵⁹ kunnen in principe alle uitlopers worden doorgerekend. In dit rapport is ervan afgezien om alle individuele uitlopers door te rekenen, omdat daarvoor per uitloper de verandering van de onderbrekingskans nodig is, alsook de schade van een stroomonderbreking per verzorgingsgebied. Wel is een schatting gemaakt van de kosten en baten van het oplossen van alle uitlopers gezamenlijk. Hierbij wordt het nulalternatief waarin alle uitlopers ongemoeid gelaten worden vergeleken met het projectalternatief waarin alle uitlopers in een vermaasd net worden opgenomen.

4.3.2 Kosten en effecten van de alternatieven

TenneT heeft uitgerekend dat de investeringskosten om alle uitlopers te vermazen € 770 miljoen bedragen. Uitgangspunt hier is wederom dat de jaarlijkse onderhouds- en beheerskosten één procent van de investeringskosten zijn. Deze schatting van TenneT ligt ongeveer 15% onder de schatting van de DTe van € 904 mln. (DTe, 2006 p.19). De eerdere schatting van de DTe was een eerste orde schatting, terwijl TenneT al in meer detail de kosten heeft onderzocht.

4.3.3 Waardering van een uur stroomonderbreking voor alle uitlopers

Om voor de uitlopers de waarde van vermeden stroomonderbrekingen te berekenen is eigenlijk de verwachte verandering in onderbrekingsduur en de waarde van een uur (minuut) stroomonderbreking in iedere uitloper nodig. De hier gevolgde methode is identiek aan de in hoofdstuk 3 gevolgde methode voor Haaksbergen en de Bommelerwaard. Het gemiddelde bruto uurloon is € 21,90, en uitgaande van een marginale belasting- en premiedruk van 50 procent is het netto uurloon € 10,95. Dit is de schade per uur verloren vrije tijd voor werkenden; voor niet-werkenden wordt uitgegaan van de helft hiervan, € 5,47 (zie Bijvoet et al 2003).

In 2007 bestond de Nederlandse bevolking uit 16,358 miljoen inwoners waarvan er 7,521 miljoen werkzaam waren. Omgerekend en gecorrigeerd voor de tijdbesteding in bovenstaande tabel, levert dit een verwachte schade van € 48,9 miljoen per uur stroomonderbreking voor huishoudens (2007). De schade in termen van misgelopen productiviteit bij bedrijven wordt geschat als het BBP per uur, op € 64,7 miljoen (2007). Totaal en gecorrigeerd voor de inflatie en productiviteitsstijging tussen 2007 en 2009 komt de verwachte maatschappelijke schade per uur stroomonderbreking daarmee op € 122,6 miljoen per uur in 2009.

4.3.4 Uitkomst MKBA

Gemiddeld over de laatste tien jaren heeft Nederland een onderbrekingsduur vanuit het hoogspanningsnet van 5,7 minuten per aansluiting per jaar. Veronderstel gemakshalve (en optimistisch) dat deze gehele onderbrekingsduur wordt veroorzaakt door uitlopers en dat deze verdwijnt als de uitlopers opgenomen worden in een vermaasd net. De baten van deze extra leveringszekerheid zijn dan € 11,8 miljoen per jaar.

In de berekening gaan we er eenvoudigheidshalve van uit dat alle uitlopers tegelijkertijd en in jaar 1 (2009) worden aangepakt en dat er vanaf 2010 baten van meer leveringszekerheid zijn (Als het

⁵⁹ De in deze paragraaf gevolgde methode lijkt in essentie sterk op de methode gevolgd in DTe (2006).

langer duurt om investeringen te realiseren zullen de baten verder in de tijd liggen en worden deze in de netto contante waarde berekening kleiner.)

Tabel 4.11 Indicatieve MKBA alle uitlopers gezamenlijk

	waarde per jaar		ncw
	2009	2010 en verder	
investeringskosten	-770	0	-770
kosten onderhoud	0	-8	-130
baten van vermeden stroomonderbrekingen	0	11,8	232
Totaal	0	0	-668

Bron: SEO Economisch Onderzoek. Opmerking: aangenomen is dat de baten van vermeden stroomonderbrekingen jaarlijks met 1 procent groeien.

Tabel 4.11 geeft de waarde per jaar in kolom 2 en 3. De uitkomst staat in de laatste kolom. Hieruit blijkt dat de jaarlijkse onderhouds- en beheerskosten al kleiner zijn dan de jaarlijkse baten van meer leveringszekerheid. Ondanks dat positieve jaarlijkse saldo worden de investeringskosten niet terugverdiend, en is de conclusie dat alle uitlopers opnemen in een vermaasde netstructuur de welvaart verlaagt.⁶⁰ De baten moeten iets meer dan 3.9 maal zo groot zijn willen de kosten niet groter zijn dan de baten.

Merk op dat het feit dat alle uitlopers gezamenlijk oplossen niet welvaartsverhogend is, niet betekent dat er geen individuele uitlopers zijn die wel welvaartsverhogend zijn op te lossen. Dit hangt af van de spreiding in kosten en baten tussen de uitlopers. Gezien het negatieve saldo van alle uitlopers gezamenlijk, moet de spreiding tussen de uitlopers groot zijn om een paar uitlopers te vinden die welvaartsverhogend in een vermaasd net zijn op te nemen.

⁶⁰ Een andere manier om dit te zien is door te kijken naar de jaarlasten. De in de tekst gepresenteerde methode is de in MKBA's gebruikelijke. De methode van jaarkosten en baten is ook iets ruwer omdat het moeilijker is rekening te houden met jaarlijkse groei van de baten van voorkomen stroomonderbrekingen (hier is daar helemaal geen rekening mee gehouden). Bij een discontovoet (of rente) van 5,5 procent (de WACC van TenneT is 5,4 procent) en een afschrijvingstermijn van 50 jaar en onderhoudskosten van 1 procent van de investeringskosten dan zijn de jaarlasten € 65,5 miljoen ($770 \cdot 0,055 + 770 / 50 + 0,01 \cdot 770$). Omdat dit boven de jaarlijkse baten (€ 11,8 miljoen) ligt, is de investering niet rendabel.

Bijlage A Referenties

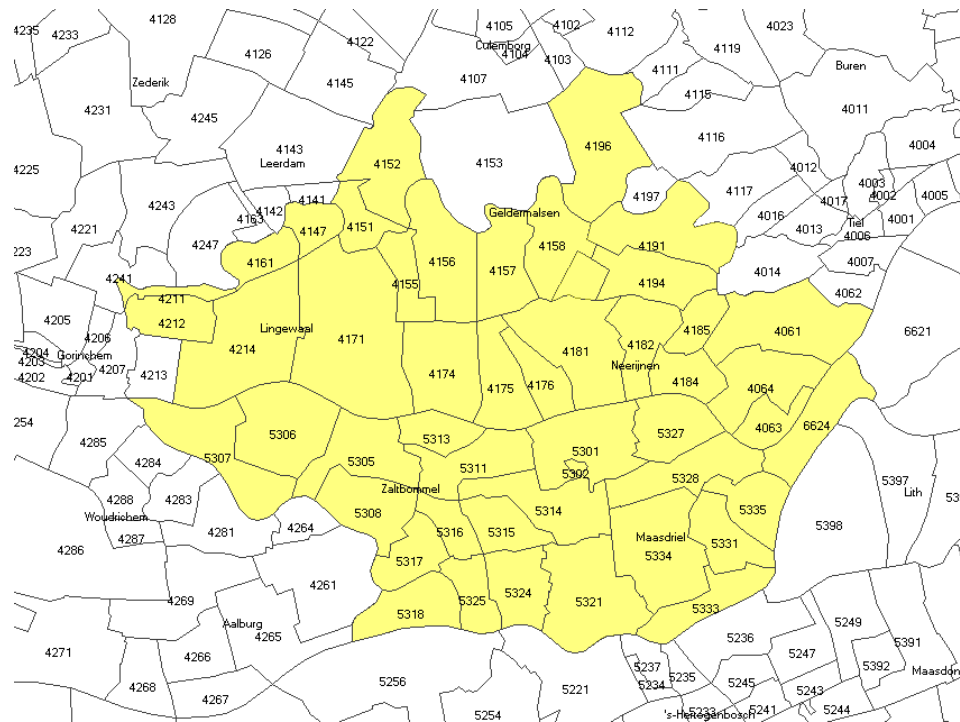
- Ajodhia, V., M. van Gemert en R. Hakvoort (2002), Electricity outage cost valuation: A survey, discussion paper, DTe, Den Haag.
- Allais, M., 1953, Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Americaine *Econometrica*, Vol. 21, No. 4 (Oct., 1953), pp. 503-546
- Baarsma, B.E. (2000), Monetary valuation of environmental goods: Alternatives to contingent valuation, PhD thesis, University of Amsterdam.
- Baarsma, B.E. (2002) Vergelijking afwegings- en waarderingsmethoden, SEO rapport 651, Amsterdam.
- Baarsma, B.E., M. de Nooij (2007) Methode voor een maatschappelijke kosten-batenanalyse voor investeringen in het (hoogspannings)net, SEO-rapportnr. 962.
- Baarsma, B.E., P. Berkhout & J.P. Hop (2004). Op prijs gesteld, maar ook op kwaliteit. De prijs van stroomonderbrekingen – op zoek naar φ , Technisch rapport, SEO rapport no. 726.
- BCI, Buck Consultants International (2002). *Evaluatie OEI-leidraad*. Den Haag.
- Becker, Gary E. (1965) A Theory of the Allocation of Time, *The Economic Journal*, LXXV September, 493-517.
- Bernoulli, Daniel; *Originally published in 1738; translated by Dr. Lousie Sommer. (January 1954).* "Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk". *Econometrica* **22** (1): 22–36.
- Bijvoet, C., M. de Nooij en C. Koopmans (2003). "*Gansch het raderwerk staat stil.*" *De kosten van stroomstoringen*. SEO-rapport nr. 685.
- Billington, R., G. Tollefson en G. Wacker (1993), Assessment of electric service reliability worth, *Electrical Power en Energy Systems*, 15(2), 95-100.
- Bleichrodt, H., J.L. Pinto, P.P. Wakker (2001), Making descriptive use of prospect theory to improve the prescriptive use of expected utility, *Management Science*, 47-11, 1498-1514.
- Day, W.R. en A.B. Reese (2002), Service interruptions: The consumers' views, Pacific Gas en Electricity Company, USA.
- Dixon, J.A., L.F. Scura, R.A. Carpenter en P.B. Sherman (1994), *Economic Analysis of Environmental Impacts* (chapter 4). London: Earthscan Publications.

- DTE: Nederlandse Mededingingsautoriteit, Directie Toezicht Energie (2006) *Onderzoek Stroomstoring Haaksbergen. Constateringen en aanbevelingen*. Auteurs: Jens Büchner, Hanneke de Jong, Jos Meeuwssen, Ruud Vrolijk. Den Haag.
- Eijgenraam, C. J.J., Koopmans, C.C., Tang, P.J.G., & Verster, N.C.P. (2000). *Evaluatie van infrastructuur projecten, leidraad voor kosten-batenanalyse*. Den Haag: Centraal Planbureau.
- Huizinga, F. en B. Smid (2004). Vier vergezichten op Nederland. Productie, arbeid en sectorstructuur in vier scenario's tot 2040, Bijzondere publicatie 55, Den Haag: Centraal Planbureau.
- James, D. (1994), *The application of economic techniques in environmental impact assessment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kahneman, Daniel and Amos Tversky, 1979, Prospect Theory: An analysis of Decision Under Risk. *Econometrica* 47, 263-291.
- KEMA (2004). Wensstromen: Gewenste kwaliteit – de waardering van kwaliteit van levering van elektrische energie door aangeslotenen. Prego-1.
- Minister van Financiën (2007). Brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, onderwerp Actualisatie discontovoet. kenmerk IRF 2007-0090 M. 8 maart 2007. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004). *Aanvullingen op de leidraad overzicht effecten infrastructuur: een samenvatting*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Munasinghe, M. (1980), Costs incurred by residential electricity consumers due to power failures, *The Journal of Consumer Research*, 6(4), 361-369.
- Munasinghe, M. en M. Gellerson (1979), Economic criteria for optimizing power system reliability levels, *The Bell Economic Journal*, 10(1), 353-365.
- Nooij, M. de, C. Koopmans, C. Bijvoet (2007). The value of supply security: The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks, *Energy Economics*, 277-295.
- Nooij, M. de, Lieshout, R. & Koopmans, C. (2006). *Maatschappelijk optimale investeringen in netwerken*. SEO-rapport, 896.
- Nooij, M. de, Lieshout, R., Bijvoet, C. & Koopmans, C. (2004). *Verfijning regionale informatie*. SEORapport, 770.
- Planbureau voor de Leefomgeving, Centraal Bureau voor de Statistiek (2008) Regionale bevolkings-, allochtonen- en huishoudensprognose, 2007-2025. Den Haag.
- Salanié, François en Nicolas Treich (2009), Regulation in Happyville, *The Economic Journal* **119** (April), p. 665-679.

- Sanghvi, A.P. (1982), Economic costs of electricity supply interruptions: US and foreign experience, *Energy Economics*, July, 180-198.
- Tishler, Asher (1993). Optimal production with uncertain interruptions in the supply of electricity: Estimation of electricity outage costs. *European Economic Review*, 37, 1259-1274.
- Tversky, A. en D. Kahneman (1979), Prospect Theory: An Analysis of Decisions under uncertainty. *Econometrica*, 47 (2), 263-292.
- Tversky, Amos; Daniel Kahneman, 1992, Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5: 297-323.

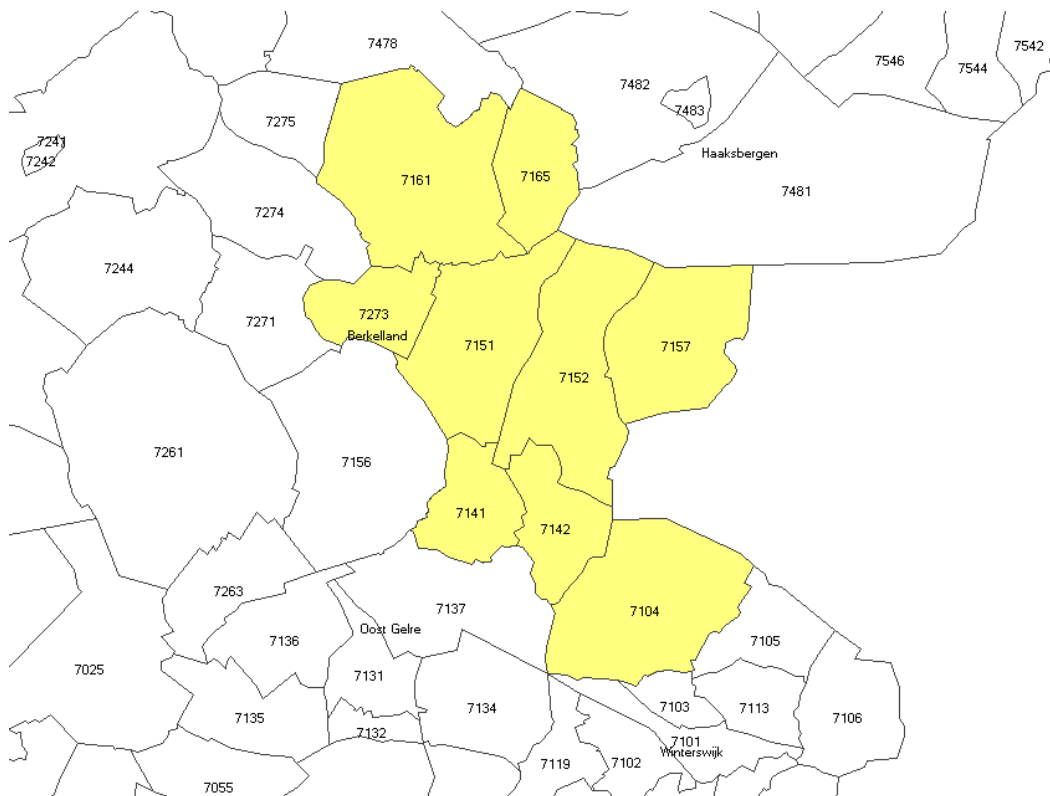
Bijlage B Postcodes onderzochte gebieden

Figuur A.1 PC4-indeling storingsgebied Bommelerwaard



Bron: TenneT

Figuur A.2 PC4-indeling Haaksbergen



Bron: TenneT

Het gele gebied in figuur A.2 is geheel van Alliander (voorheen Continuum/Nuon) en wordt gevoed door het OS Eibergen. Deze zijn meegenomen in de berekening van de kosten van een stroomonderbreking in Haaksbergen. Echter bij de uitloper Haaksbergen horen ook (i) de postcodegebieden 7481, 7482 en 7483 (de gemeente Haaksbergen), deze worden gevoed vanuit het OS Haaksbergen en (ii) postcode 7478 (Goor; gemeente Hof van Twente) deze wordt gevoed vanuit het OS Goor. De indeling in verschillende OS heeft te maken met de indeling van de vroegere Gemeentelijke Energie Bedrijven (GEB) die de (toenmalige) gemeentegrenzen aanhielden



seo economisch onderzoek

Roetersstraat 29 . 1018 WB Amsterdam . T (+31) 20 525 16 30 . F (+31) 20 525 16 86 . www.seo.nl