Downloaded from UvA-DARE, the institutional repository of the University of Amsterdam (UvA)
http://hdl.handle.net/11245/2.33441

File ID uvapub:33441
Filename 219502.pdf
Version unknown

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):
Type report
Title Gansch het raderwerk staat stil: de kosten van stroomstoringen
Author C.C. Bijvoet
Faculty FEB: Amsterdam School of Economics Research Institute (ASE-RI)
Year 2003

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:
http://hdl.handle.net/11245/1.219502

Copyright

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (http://dare.uva.nl)
(pagedate: 2014-08-15)

“Gansch het raderwerk staat stil.”
De kosten van stroomstoringen

Drs. Carlijn Bijvoet
Drs. Michiel de Nooij
Prof.dr. Carl Koopmans

Onderzoek in opdracht van TenneT

Amsterdam, juni 2003

"Het doel der Stichting is het verrichten van economische onderzoekingen, zowel op het terrein der sociale economie als op dat der bedrijfseconomie, ten dienste van wetenschap en onderwijs, mede ten nutte van overheid en bedrijfsleven"
(art. 2 der stichtingsakte)

SEO-rapport nr. 685

ISBN 90-6733-243-7

Copyright © 2003 SEO Amsterdam. Behoudens de in of krachtens de Auteurswet 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt op welke wijze dan ook zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Economisch Onderzoek te Amsterdam.

Conclusies

- Stroomstoringen kunnen leiden tot aanzienlijke welvaartsverliezen. Bijvoorbeeld een storing overdag in de Randstad leidt tot maatschappelijke kosten in de orde van grootte van 72 miljoen euro per uur. De maatschappelijke kosten zijn aanzienlijk hoger dan de waarde van de niet geleverde stroom: die is ‘slechts’ 1,6 miljoen euro.

- De kosten van stroomstoringen verschillen sterk tussen sectoren. De waarde van verloren vrije tijd voor huishoudens is in omvang vergelijkbaar met de productieverliezen van bedrijven. Bij de bedrijven is de schade in de dienstensector aanzienlijk groter dan in de industrie.

- De kosten hangen sterk af van het tijdstip waarop de storing optreedt. De verloren productie door een storing op zondag overdag is slechts ongeveer een tiende van het productieverlies op een werkdag. Voor huishoudens leidt een storing ’s avonds tot de hoogste kosten.

- Productietekorten hebben grotere maatschappelijke gevolgen dan netwerkstoringen omdat bij productietekorten niet alleen directe schade optreedt, maar ook de prijs van elektriciteit flink kan stijgen. Dit leidt tot aanzienlijke welvaartsoverdrachten van verbruikers naar elektriciteitsproducenten. Bij de storingen in Californië was deze overdracht 40 miljard dollar.

- In het beleid van de netbeheerders en de overheid moet het economische effect van stroomstoringen een belangrijke rol spelen. Als er een productietekort optreedt, kan de schade worden verkleind door grote steden en regio’s met een grote dienstensector voorrang te geven bij het verdelen van stroom. In gebieden met veel (basis)industrie is de economische schade minder groot. Ook bij het investeringsbeleid van de netbeheerders kan hiermee rekening worden gehouden.

Samenvatting

Achtergrond

Sinds de Californische stroomcrisis is de leveringszekerheid van elektriciteit in Nederland een belangrijk onderwerp van discussie. Alom wordt erkend dat de maatschappelijke waarde van een ongestoorde elektriciteitsvoorziening zeer groot is, maar het is onduidelijk hoe groot die waarde is. Met dit onderzoek probeert de SEO daarover meer informatie te verschaffen, in opdracht van TenneT. Hiermee wil TenneT enerzijds zijn eigen rol scherper in beeld krijgen, en anderzijds andere betrokkenen attenderen op het grote maatschappelijke belang van de keuzes die zij maken.

De effecten van stroomstoringen kunnen in verschillende grootheden worden uitgedrukt: in welke gebieden valt de stroom uit? hoeveel stroom wordt niet geleverd? hoeveel mensen of bedrijven worden getroffen? Het uiteindelijke effect komt echter tot uiting in minder welvaart, in de vorm van minder productie door bedrijven en een lager "nut" bij consumenten. In dit rapport brengen we deze uiteindelijke gevolgen in kaart, en drukken we deze zo veel mogelijk uit in financiële termen.

Aanpak

Allereerst zijn we nagegaan welke kenmerken van stroomstoringen invloed hebben op de kosten. Vervolgens hebben we een lijst van mogelijke effecten opgesteld. Daarna zijn de belangrijkste effecten in geld uitgedrukt. De maatschappelijke kosten van stroomstoringen zijn gemeten aan de hand van gemiste productie (toegevoegde waarde) van bedrijven en verloren vrije tijd bij huishoudens. Daarbij is ingeschat hoeveel uren de bedrijven per sector (en de huishoudens) per jaar functioneren. Op basis hiervan kon per sector de gemiste productie per uur worden bepaald. De waarde van verloren vrije tijd is bepaald aan de hand van uurlonen. Ook is per sector berekend hoe hoog de kosten zijn per (niet) geleverde eenheid elektriciteit. Deze resultaten zijn verder uitgesplitst naar regio's en verschillende tijdstippen waarop de stroomstoringen kunnen optreden. Tot slot worden normen en criteria bediscussieerd die gebruikt kunnen worden bij beslissingen die de leveringszekerheid beïnvloeden.

Kenmerken van stroomonderbrekingen

De belangrijkste kenmerken van stroomonderbrekingen zijn het volgende.

- De *aard van de afnemers* die door de stroomonderbreking worden getroffen ('customer dependency'). Zo maakt het voor de gevolgen van een stroomonderbreking uit of de operaties in een ziekenhuis worden verstoord of dat een bedrijfsterrein stilvalt.

- Het door de afnemers *verwachte betrouwbaarheidsniveau* ('perceived reliability level'). Als mensen en bedrijven een hoog betrouwbaarheidsniveau verwachten, stellen zij zich niet op storingen in, waardoor de kosten van storingen hoog uitvallen.
- Het *moment* waarop de storing optreedt. Het seizoen, de dag van de week en de tijd van de dag maken verschil.
- De *duur van de storing.* Hoe langer een storing duurt hoe groter de totale gevolgen zijn. Deze toename kan zowel evenredig, meer dan evenredig als minder dan evenredig met de duur van de storing zijn.
- De vraag of de stroomstoring is *aangekondigd of niet.* Als de onderbreking wordt aangekondigd, houdt men er rekening mee en zijn de gevolgen kleiner.
- *Structurele versus incidentele onderbrekingen*. Bij structurele (bijvoorbeeld dagelijkse) stroomonderbrekingen houden mensen hier rekening mee, ook zonder waarschuwing vooraf.
- De *omvang van het gebied* dat wordt getroffen. Naarmate het gebied groter is, zijn de gevolgen ernstiger.

Gevolgen van stroomstoringen

De gevolgen van stroomonderbrekingen zijn zeer divers. In eerder onderzoek onderscheidt het Rathenau Instituut (1994, p. 78) de volgende effecten voor bedrijven:

1. omzetverlies of het wegsturen van werknemers;
2. overwerk of het inschakelen van extra personeel;
3. materiële schade, bijvoorbeeld bederf van waren of mislukte producten;
4. voorzien in een stroomvoorziening.

Een stroomonderbreking heeft voor veel productieprocessen niet alleen gevolgen tijdens de onderbreking, maar ook direct erna. Hoe langer de stroomonderbreking duurt, hoe meer tijd (en geld) het kost om de productie opnieuw op te starten. Daarnaast kunnen bedrijven last hebben van verstoorde productie bij toeleverende bedrijven en van materiële schade zoals bedorven materialen.

In huishoudens zijn zonder elektriciteit verschillende huishoudelijke taken niet meer mogelijk. Ook ontspanning en vermaak worden onderbroken. Televisie, radio, muziek en internet zijn niet mogelijk zonder elektriciteit. Ook activiteiten die zelf geen stroom vergen, zijn vaak niet mogelijk als er geen daglicht is.

Diverse openbare voorzieningen functioneren door stroomonderbrekingen niet meer, of niet optimaal. Treinen, metro's, trams en trolleybussen rijden niet meer. Verder vallen veel communicatiesystemen uit. E-mailen is onmogelijk omdat computers geen stroom meer hebben. Vaak valt het telefoonnetwerk niet uit, maar omdat veel mensen willen bellen

tijdens een stroomstoring raakt het netwerk overbelast. Brandweer en ambulancediensten zijn door een elektriciteitsonderbreking mogelijk moeilijker bereikbaar. Uitvallende verkeerslichten vergroten de kans op ongelukken. Tot slot vinden tijdens een stroomonderbreking soms plunderingen en vandalisme plaats.

Welvaartsoverdrachten en maximumprijzen

Bij een elektriciteitsonderbreking die wordt veroorzaakt door een storing in het netwerk treedt schade op omdat afnemers geen stroom meer krijgen en omdat producenten deze stroom niet kunnen leveren. Bij stroomonderbrekingen veroorzaakt door een te klein aanbod stijgt bovendien de elektriciteitsprijs, waardoor er een – mogelijk flinke – welvaartsoverdracht plaatsvindt van de verbruikers naar de elektriciteitsproducenten. Als de overheid een maximumprijs instelt, wordt deze overdracht weliswaar kleiner, maar treden extra maatschappelijke kosten op omdat dan een (inefficiënt) rantsoeneringssysteem moet worden toegepast om de stroom te verdelen. Bovendien worden verbruikers en producenten van elektriciteit dan onvoldoende geprikkeld om resp. minder te gebruiken c.q. meer te produceren. Hierdoor treden stroomonderbrekingen op. De overheid moet dan kiezen tussen twee kwaden: een hoge elektriciteitsrekening of meer onderbrekingen.

De omvang van de welvaartsoverdrachten hangt af van de omvang van het stroomtekort en de marktordening. In Californië waren de overdrachten $40 miljard, terwijl de schade ‘slechts’ $0,5 miljard was.

Maatschappelijke kosten

In het onderzoek zijn de maatschappelijke kosten van stroomstoringen die optreden bij bedrijven en huishoudens in geld uitgedrukt. Het gaat daarbij om productieverliezen en tijdverliezen. Daarbij is aangenomen dat de kosten gelijk zijn aan de totale productie (toegevoegde waarde) gedurende de storing dan wel de gemiste vrije tijd. 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.

Het geschatte productieverlies door stroomstoringen in bedrijven is overdag circa 120 miljoen euro per uur. Hoewel de meeste elektriciteit gebruikt wordt in de industrie, zijn deze kosten het grootst in de dienstensector omdat daar overdag veel toegevoegde waarde wordt gegenereerd in weinig tijd. De waarde van een uur verloren productie in de dienstensector is 69 miljoen euro; voor de industrie is dat slechts 10 miljoen euro.

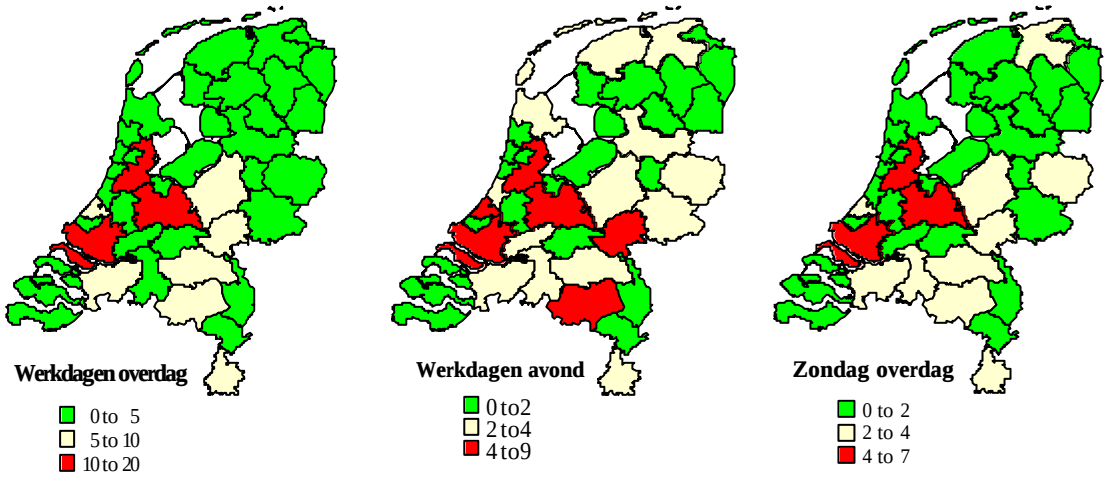
De waarde van verloren vrije tijd bij huishoudens 's avonds is € 85,5 miljoen per uur. Dit bedrag is meer dan tweederde van het totale effect van een uur stroomuitval bij bedrijven. De sector huishoudens is dus buitengewoon belangrijk als het gaat om de effecten van stroomstoringen.

De schade per niet geleverde eenheid elektriciteit in Nederland als geheel wordt geschat op 8,6 euro per kWh. Deze grootheid wordt in de internationale literatuur aangeduid als de "value of lost load" (voll). In de huishoudens is deze waarde relatief hoog (16,4 euro per kWh) vergeleken met de waarde bij bedrijven en overheid (6,0 euro per kWh). In de industrie wordt per eenheid elektriciteitsgebruik relatief weinig geproduceerd (1,9 euro per kWh). De grote verschillen tussen deze waarden impliceren dat de kosten die optreden bij productietekorten sterk afhangen van de wijze waarop de schaarse stroom wordt verdeeld.

Kosten per regio

Uit een analyse van de kosten van stroomstoringen per regio blijkt dat deze met name in en rond grote steden relatief hoog zijn (zie Figuur S.1). Dit hangt samen met een groot aantal inwoners en met de relatief grote omvang van de dienstensector in deze gebieden. De totale (maatschappelijke) schade van een storing overdag in de gehele Randstad ligt in de orde van grootte van 72 miljoen euro per uur. De totale waarde van één uur niet geleverde stroom is 1,6 miljoen en staat als zodanig in schril contrast tot de totale maatschappelijke schade. De laagste kosten treden op in de noordelijke provincies en Zeeuws-Vlaanderen.

Figuur S.1 Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, miljoenen euro per uur, 2001



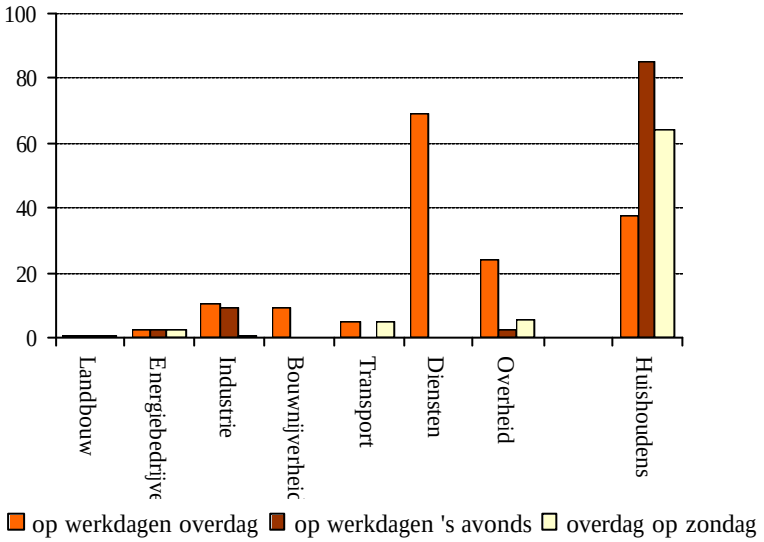
Bron: CBS; bewerking: SEO.

Aangezien de welvaartseffecten van stroomonderbrekingen per regio sterk verschillen, is het van groot belang om schaarse stroom efficiënt te verdelen. Als geen rekening wordt gehouden met de economische effecten, bestaat het risico dat de kosten hoger uitvallen dan nodig is.

Kosten naar tijdstip

Voor de meeste sectoren, zoals de huishoudens, dienstensector, grote delen van de industrie en de overheid wordt de schade sterk bepaald door het moment van de stroomstoring. In de huishoudens zijn vooral ’s avonds veel mensen aanwezig. De meeste bedrijven produceren alleen op werkdagen overdag. In de (basis)industrie en bij energiebedrijven wordt echter vaak continu gewerkt en maakt het weinig uit wanneer de stroom uitvalt. In totaal is de schade bij bedrijven en de overheid op zondag overdag naar schatting slechts ongeveer een tiende van de schade op werkdagen overdag.

Figuur S.2 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector en tijdstip, 2001 (mln. euro)



Bron: CBS, CPB: bewerking: SEO.

Figuur S.2 geeft de schade voor verschillende sectoren en de huishoudens op drie verschillende tijdstippen. Een storing op een werkdag overdag leidt tot relatief veel schade in de dienstensector. Op werkdagen ’s avonds is het effect het grootst voor de huishoudens en in mindere mate de industrie. Op zondag overdag is het effect het grootst bij de huishoudens en bij de overheid (zorg, politie etc.).

Criteria en normen

Tenslotte zijn criteria en normen geformuleerd die men zou kunnen toepassen bij keuzes omtrent leveringszekerheid. Zowel bij het verdelen van schaarse stroom als bij het investeringsbeleid kan worden gekozen tussen drie criteria: economische optimaliteit, ‘rechtvaardigheid’ en een combinatie van deze twee. Economische optimaliteit impliceert dat keuzes worden gemaakt op basis van uitsluitend maatschappelijke kosten en baten. ‘Rechtvaardigheid’ zou kunnen worden geoperationaliseerd door de kans op stroomstoringen in alle gebieden even hoog te laten zijn. Een gecombineerd criterium houdt

in dat minimumniveaus van leveringszekerheid worden geformuleerd, waarna binnen deze randvoorwaarden keuzes worden gemaakt op economische gronden.

Aandachtspunten

Uit het onderzoek komen de volgende aandachtspunten rond leveringszekerheid van elektriciteit naar voren.

- De maatschappelijke kosten van stroomstoringen hangen sterk af van de wijze waarop schaarse stroom en investeringen in de netwerken worden verdeeld. De kosten kunnen worden beperkt door voorrang te geven aan de vier grote steden.
- Tijdverliezen bij huishoudens zijn economisch net zo belangrijk als productieverliezen bij bedrijven. Als deze effecten niet voldoende worden betrokken in de afwegingen rond leveringszekerheid, bestaat er een risico dat verkeerde keuzes worden gemaakt.
- Bij de verdeling van kosten over regio's en sectoren moet de politiek het laatste woord hebben.
- Als de overheid bij stroomtekorten een maximumprijs oplegt, neemt de kans op stroomonderbrekingen toe, treden bij sommige verbruikers zeer hoge kosten op, en moet een keuze worden gemaakt tussen verschillende mogelijke systemen om schaarse stroom te verdelen.
- Indien de kosten van stroomonderbrekingen toenemen, worden noodstroom-voorzieningen aantrekkelijker. Als er manieren worden ontwikkeld om een afzonderlijke, extra hoge prijs voor 'superpiekstroom' in rekening te brengen, kan dit de kans op productietekorten verkleinen.
- Een nog scherper beeld van de gevolgen van stroomonderbrekingen kan worden gevormd door kosten-batenanalyses uit te voeren van investeringen in netwerken; door de schade beter uit te splitsen in verschillende soorten effecten; en door gegevens over het elektriciteitsgebruik per regio te verzamelen.

Inhoud

Conclusies i

Samenvatting iii

Lijst van figuren en tabellen xi

1 Inleiding 1
- 1.1 Markt en overheid 2
- 1.2 Leeswijzer 3

2 Stroomonderbrekingen 5
- 2.1 Korte en lange termijn 5
- 2.2 Andere kenmerken van stroomonderbrekingen 6

3 Maatschappelijke gevolgen 11
- 3.1 Overzicht 11
  - 3.1.1 Soorten gevolgen 11
  - 3.1.2 De schade in één getal gevangen? (Value of lost load) 14
  - 3.1.3 Meting van gevolgen 15
  - 3.1.4 Eerder onderzoek 16
- 3.2 Gevolgen voor bedrijven en overheid 19
- 3.3 Gevolgen voor huishoudens 22
- 3.4 Gevolgen voor hulpdiensten en telecommunicatie 22
- 3.5 De maatschappelijke verdeling van effecten 23
  - 3.5.1 Een storing in het net 24
  - 3.5.2 Een storing door te weinig productie 25
  - 3.5.3 Conclusie 28
- 3.6 Totaalbeeld 29

4 Maatschappelijke kosten 31
- 4.1 Het verlies aan productie 31
  - 4.1.1 Productie en elektriciteitsgebruik per sector 31
  - 4.1.2 De sectoren nader bekeken 33
  - 4.1.3 Gevoeligheid voor het tijdstip 36

4.1.4 Conclusie ... 37
4.2 Het verlies aan vrije tijd ... 37
4.2.1 Het elektriciteitsverbruik van huishoudens ... 38
4.2.2 De uurloonbenadering ... 38
4.2.3 Tijdsbesteding ... 42
4.2.4 Kwantificering van welvaartsverliezen ... 43
4.3 Totaalbeeld bedrijven en huishoudens ... 45

5 Geografische verdeling van de schade ... 49
5.1 Regionale stroomonderbreking ... 49
5.2 Productietekort ... 53
5.3 Conclusies ... 57

6 Conclusies en aanbevelingen ... 59
6.1 Criteria en normen ... 59
6.1.1 Investeringsbeleid ... 59
6.1.2 Verdeling van schaarse stroom ... 60
6.1.3 Conclusie ... 60
6.2 Aandachtspunten ... 61
6.2.1 Maatschappelijke kosten beperken ... 61
6.2.2 Huishoudens zijn belangrijk ... 61
6.2.3 Verdelingseffecten politiek afwegen ... 62
6.2.4 Maximumprijzen kosten welvaart ... 62
6.2.5 Aanpassen aan meer storingen ... 63
6.3 Vervolgonderzoek ... 63

Referenties ... 65

Lijst van figuren en tabellen

Figuur S.1 Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, miljoenen euro per uur, 2001 vi
Figuur S.2 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector en tijdstip, 2001 (mln. euro).... vii
Figuur 2.1 De duur van een storing en de kosten 7
Figuur 3.1 Maatschappelijke gevolgen en de duur van de verstoring..... 12
Figuur 3.2 Aantal storingsminuten in Nederland..... 17
Figuur 3.3 De relatie tussen de duur van de storing en de duur van het opstarten..... 20
Figuur 3.4 Gevolgen van een netwerkstoring 24
Figuur 3.5 Gevolgen van weinig productiecapaciteit 26
Figuur 3.6 Gevolgen van weinig productiecapaciteit en een maximumprijs..... 27
Tabel 3.1 Gevolgen van stroomstoringen gecategoriseerd 30
Tabel 4.1 Economische en energie kenmerken per sector, 2001 32
Figuur 4.1 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector, 2001 (mln. euro)..... 34
Figuur 4.2 Finaal elektriciteitsgebruik en toegevoegde waarde naar sector, 2001..... 34
Figuur 4.3 Eigen opwekking en verbruikssaldo naar sector, 2001..... 35
Figuur 4.4 Toegevoegde waarde per eenheid elektriciteitsgebruik naar sector, 2001 36
Figuur 4.5 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector en tijdstip, 2001 (mln. euro).. 36
Figuur 4.6 Verdeling van het finaal elektriciteitsgebruik over huishoudens en bedrijven... 38
Figuur 4.7 De waardering van vrije tijd 39
Tabel 4.2 Tijdsbesteding per dag, 2001 42
Figuur 4.8 Vrije tijd naar arbeidsmarktpositie, in uren per week, 2000..... 43
Tabel 4.3 Timing van betaald en huishoudelijk werk, 2000, in uren per week 43
Box 4.1 Grote elektriciteitsafhankelijkheid 44
Tabel 4.4 Welvaart en elektriciteitsgebruik van huishoudens, bedrijven en overheid..... 46
Tabel 4.5 “Waarde” per eenheid verbruikssaldo naar tijdstip in 2001 (€/kWh)..... 47
Figuur 4.9 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector en tijdstip, 2001 (mln. euro).. 47
Figuur 5.1 Totale welvaart naar Corop-gebied en sector in miljoenen euro, 2001..... 50
Figuur 5.2 Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, miljoenen euro per jaar, 2001 51
Figuur 5.3 Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, miljoenen euro per uur, 2001 52
Tabel 5.1 Totale schade per uur door een stroomstoring in mln. euro, naar regio, 2001.. 52
Figuur 5.4 Verdeling elektriciteitsgebruik (gWh), naar Corop-gebied en tijdstip, 2001 53
Figuur 5.5 Behaalde welvaart (€) per kWh naar Corop-gebied en tijdstip, 2001..... 54
Figuur 5.6 Behaalde welvaart (€) per kWh naar Corop-gebied en tijdstip, variant, 2001.... 55
Kader 5.1 Mogelijkheden om tekorten te verdelen 56

1 Inleiding

De afgelopen jaren zijn stroomonderbrekingen meer in de aandacht gekomen. De directe aanleiding hiervoor was de stroomcrisis in Californië in 2000 en 2001. Door onvoldoende productie van elektriciteit moest de levering van elektriciteit in bepaalde gebieden tijdelijk worden onderbroken om te zorgen dat de rest van het net kon blijven functioneren. Dit ging gepaard met ernstige maatschappelijke gevolgen.

Sinds de Californische stroomcrisis is de leveringszekerheid van elektriciteit ook in Nederland onderwerp van discussie. Al ruim voor de Californische stroomcrisis wees het Rathenau instituut (1994) op de kwetsbaarheid van de elektriciteitsvoorziening. De toegenomen penetratie van elektriciteit in de samenleving leidt tot een steeds grotere gevoeligheid voor storingen.

Alom wordt erkend dat de maatschappelijke waarde van een ongestoorde elektriciteitsvoorziening zeer groot is, maar het is onduidelijk hoe groot die waarde is. Met dit onderzoek proberen we daarover meer informatie te verschaffen.

Diverse partijen nemen beslissingen die invloed hebben op de kans op stroomonderbrekingen en de gevolgen daarvan: de elektriciteitsproducenten, TenneT als beheerder van het landelijk elektriciteitsnetwerk, regionale netbeheerders, maar ook de afnemers van stroom: bedrijven en consumenten. Om dergelijke beslissingen op een adequate wijze te kunnen nemen, is informatie nodig over de gevolgen van stroomonderbrekingen. Zonder dergelijke informatie bestaat het risico dat de keuzes suboptimaal zijn, waardoor de gevolgen ernstiger worden dan nodig is.

Tegen deze achtergrond heeft TenneT de SEO gevraagd de gevolgen van stroomstoringen nader te onderzoeken. TenneT beoogt hiermee enerzijds zijn eigen rol scherper in beeld te krijgen en anderzijds andere betrokkenen te attenderen op het grote maatschappelijke belang van de keuzes die zij maken.

De effecten van stroomstoringen kunnen in verschillende grootheden worden uitgedrukt. Voorbeelden zijn: hoeveel stroom wordt niet geleverd? hoeveel mensen of bedrijven worden getroffen? Het uiteindelijke effect komt echter tot uiting in minder welvaart, in de vorm van minder productie door bedrijven en een lager “nut” bij consumenten. In dit rapport proberen we deze uiteindelijke gevolgen in kaart te brengen, en de gevolgen zo veel mogelijk uit te drukken in financiële termen.

1.1 Markt en overheid

Lost de markt het op?

De meeste goederen en diensten worden op markten verhandeld, zonder dat speciale aandacht wordt besteed aan de verdeling ervan over bevolkingsgroepen. Dit geldt bijvoorbeeld voor koekjes, meubelen en auto's. De markt zorgt voor een verdeling waarbij de mensen die het goed het meest waarderen de prijs betalen en het goed krijgen. Hierbij doet de onzichtbare hand van Adam Smith (uit *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, 1776) zijn werk. Als er meer vraag is dan er goederen zijn, stijgt de prijs. Vervolgens daalt de vraag en stijgt het aanbod, tot zij aan elkaar gelijk zijn. Bij meer aanbod dan vraag, is de aanpassing omgekeerd. De druk van de onzichtbare hand van de concurrentie, zorgt in een samenleving die bestaat uit actoren die ieder hun eigen welvaart proberen te maximaliseren voor een maximale welvaart.

Er zijn echter tenminste drie situaties waarin de markt niet tot efficiënte uitkomsten leidt: bij collectieve goederen, externe effecten en natuurlijke monopolies.

- *Collectieve goederen* zijn goederen waar de 'klanten' niet afzonderlijk voor kunnen betalen, zoals dijken of defensie. Dit geldt ook voor sommige soorten infrastructuur. Bij elektriciteitsnetwerken is het echter wel mogelijk om de gebruikers ervan afzonderlijk te laten betalen voor elke eenheid getransporteerde stroom.
- *Externe effecten* zijn effecten voor derden die niet worden meegenomen in het marktproces. Het kan zowel gaan om negatieve (bijv. milieuvervuiling) als om positieve effecten (bijv. uitstraling van kennis naar andere bedrijven). In de elektriciteitssector treden negatieve milieu-effecten op bij productie en verbruik. Bij de transport en levering van stroom spelen deze effecten nauwelijks een rol.
- *Natuurlijke monopolies* treden op als er hoge vaste kosten verbonden zijn aan het leveren van een goed. In dat geval is het efficiënt als slechts één bedrijf die kosten maakt. Deze situatie is aan de orde bij diverse netwerken (elektriciteit, vaste telefonie). Een monopolist zal echter de neiging hebben om te hoge prijzen te vragen, waardoor de geleverde hoeveelheid niet optimaal is, en een niet-efficiënte uitkomst optreedt. Dit kan de overheid (deels) voorkómen door de monopolist hetzij intensief te reguleren, hetzij er een overheidsbedrijf van te maken. Deze laatste keuze is gemaakt bij TenneT als beheerder van het landelijke elektriciteitsnetwerk. Bij de regionale netwerken is gekozen voor afzonderlijke netbedrijven, die (als het goed is) intensief worden gereguleerd.

Daarnaast kunnen er situaties zijn waarin een vrije markt weliswaar de meest efficiënte uitkomst oplevert, maar waar deze uitkomst wordt ervaren als *onrechtvaardige verdeling* van

producten over groepen in de samenleving. Dit is bijvoorbeeld het geval op de woningmarkt (huursubsidie, woonruimteverdeling) en de vervoersmarkt (subsidiëring van openbaar vervoer).

Voorzover stroomstoringen samenhangen met investeringen in elektriciteitsnetwerken, gaat het om een natuurlijk monopolie en leidt 'de markt' dus niet tot optimale uitkomsten. De overheid heeft dan de taak om 'bij te sturen'.

Bij landelijke productietekorten is de situatie anders. De productie van stroom is in beginsel een normale marktactiviteit, waarbij geen natuurlijk monopolie aan de orde is.[1] Men zou zich kunnen voorstellen dat stroomproducenten verschillende niveaus van leveringszekerheid aanbieden, met een corresponderende prijs. Dit kan echter in de ogen van de samenleving tot een onrechtvaardige verdeling leiden. Immers, op korte termijn is de prijselasticiteit van de elektriciteitsvraag zeer laag. Daardoor zullen veel afnemers er veel geld voor overhebben om niet aan plotselinge onderbrekingen te worden blootgesteld. Deze hoge prijs is mogelijk maatschappelijk niet acceptabel.

Oplossing: overheidsingrijpen

Voorzover de markt niet voor een optimale leveringszekerheid zorgt, is er een reden voor overheidsingrijpen in deze markt. De overheid kan trachten om optimale investeringen te bevorderen. Gepoogd kan worden om een markt te creëren voor capaciteit of zekerheid (zie bijvoorbeeld De Vries en Hakvoort, 2003). Ook kan worden nagedacht over beslisregels voor verdeling van schaarse elektriciteit, of over de verdeling van beperkte middelen over verschillende investeringsprojecten. De informatie die in dit rapport wordt gepresenteerd, kan TenneT en de overheid helpen om dergelijke keuzes te maken.

1.2 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 gaan we in op kenmerken van een stroomonderbreking die de gevolgen beïnvloeden. Zo heeft een stroomonderbreking in de avonduren andere gevolgen voor de zakelijke dienstverlening dan een stroomonderbreking tijdens werktijd. Verder worden hier een aantal cruciale begrippen gedefinieerd. Hoofdstuk 3 bespreekt de gevolgen van stroomonderbrekingen voor verschillende sectoren binnen de maatschappij. Dit leidt tot een kruistabel, waarin verschillende soorten effecten per sector worden weergegeven. In

[1] Dit betekent niet dat de overheid hier geen rol heeft. Elektriciteitsproductie leidt tot externe effecten, die worden gereguleerd met vergunningen etc. Daarnaast is het aantal aanbieders op de Nederlandse markt beperkt, waardoor deze markt het karakter van een oligopolie heeft. Er bestaat een risico van prijsopdrijving, zodat ook hier regulering nodig is.

Hoofdstuk 4 drukken we de belangrijkste effecten in financiële termen uit. We schatten de waarde van verloren productie en de waarde van de verloren vrije tijd. Ook geven we aan hoe de schade is verdeeld over sectoren. Hoofdstuk 5 beschrijft de geografische verdeling van de schade. Hiervoor wordt per regio in Nederland uitgerekend hoe groot de schade van een stroomonderbreking is. Deze informatie kan worden gebruikt bij het maken van keuzes over investeringen in elektriciteitsinfrastructuur en over de verdeling van elektriciteit als het aanbod kleiner blijkt te zijn dan de vraag. Hoofdstuk 6 gaat in op criteria en normen die bij deze beslissingen een rol kunnen spelen, geeft een lijst van aandachtspunten die uit het onderzoek naar voren komen, en schetst mogelijk vervolgonderzoek.

2 Stroomonderbrekingen

In Paragraaf 2.1 beschrijven we het verschil tussen leveringszekerheid op korte en lange termijn. Paragraaf 2.2 geeft een overzicht van kenmerken van stroomonderbrekingen die de gevolgen kunnen beïnvloeden.

2.1 Korte en lange termijn

In het Energierapport 2002 definieert het ministerie van Economische Zaken (EZ) het begrip *voorzieningszekerheid* als de mate van zekerheid die er is over de beschikbaarheid van voldoende primaire brandstoffen en secundaire energie nu en in de toekomst.[2] Daarbinnen onderscheidt EZ drie elementen.

1. *Lange termijn beschikbaarheid* betreft de omvang van de mondiale voorraden in relatie tot het verbruik en de geografische spreiding daarin. In het bijzonder is daarbij de energieproductie in Europa en Nederland van belang.
2. *Leveringszekerheid,* is gedefinieerd als de mate waarin afnemers onder voorzienbare omstandigheden feitelijk kunnen rekenen op levering. Hierbij zijn de betrouwbaarheid van netwerken en voldoende aanbod van elektriciteit van groot belang.
3. *Voorkómen van internationale crises* en indien onverhoopt aan de orde het *beheersen van de gevolgen daarvan*.

De nadruk ligt in dit onderzoek op leveringszekerheid: het gaat om de gevolgen van korte termijn problemen in de leveringszekerheid.

Het niet leveren van stroom kan twee oorzaken hebben:
1. een *netwerkprobleem*: de stroom kan niet van de centrale naar de afnemer worden getransporteerd door een storing in het netwerk.
2. een *productietekort*: er wordt binnen het netwerk onvoldoende geproduceerd om aan alle vraag te voldoen. Ook dit kan opgevat worden als een netwerkprobleem: als er meer verbindingscapaciteit met een ander gebied was, dan had de stroom uit dat gebied geïmporteerd kunnen worden (gegeven dat daar voldoende aanbod was).

Daarnaast kan het zijn dat er een betalingsprobleem is bij een afnemer waardoor het distributiebedrijf de klant heeft afgesloten van de elektriciteit. Op deze situatie gaan we niet nader in.

[2] Ministerie van Economische Zaken, 2002, p. 15, 67.

We onderscheiden productietekorten van netwerkproblemen omdat niet alleen de oorzaak maar ook de gevolgen verschillend zijn. Bij een netwerkprobleem worden niet alleen de afnemers getroffen, maar ook de producenten die zijn verbonden aan het betreffende deel van het netwerk. Bij een productietekort ondervinden de producenten geen problemen. Producenten hebben hier mogelijk juist voordeel van. Ook hangt de vraag welke afnemers geen stroom meer krijgen, bij productietekorten samen met andere keuzemogelijkheden van de netbeheerders dan bij netwerkproblemen. Netwerkproblemen worden mede bepaald door investeringsbeslissingen op langere termijn, terwijl het bij productietekorten ook gaat om verdeling van schaarse stroom op korte termijn.[3]

2.2 Andere kenmerken van stroomonderbrekingen

Kenmerken in de literatuur

De gevolgen van stroomonderbrekingen worden mede bepaald door de aard van de onderbreking. Op basis van de economische literatuur onderscheiden we – naast het onderscheid tussen netwerkproblemen en productietekorten – de volgende kenmerken van onderbrekingen[4].

1. De *aard van de afnemers* die door de stroomonderbreking worden getroffen. Als een stroomonderbreking klanten treft die op dat moment niet afhankelijk zijn van stroom, zijn de gevolgen veel kleiner dan wanneer klanten worden getroffen die sterk van elektriciteit afhankelijk zijn ('customer dependency'). Zo maakt het voor de gevolgen van een stroomonderbreking uit of operaties in een ziekenhuis worden verstoord of een bedrijfsterrein stilvalt.
2. Het door de afnemers *verwachte betrouwbaarheidsniveau* ('perceived reliability level'). Als mensen en bedrijven een hoog betrouwbaarheidsniveau verwachten stellen ze zich daarop in en houden geen rekening met meer of langere stroomonderbrekingen. Zo gaan elektriciteitsgebruikers in westerse landen uit van een zekere levering waardoor de samenleving weinig voorbereidingen treft voor als de stroom uitvalt. Als elektriciteitsgebruikers een hoge frequentie van stroomonderbrekingen verwachten, dan houden ze daar rekening mee en zijn de kosten per onderbreking relatief laag.[5] Uit onderzoek is gebleken dat het verwachte betrouwbaarheidsniveau niet sterk overeen

[3] Het investeren in netten en het verdelen van schaarse stroom zijn taken van de netbeheerders.

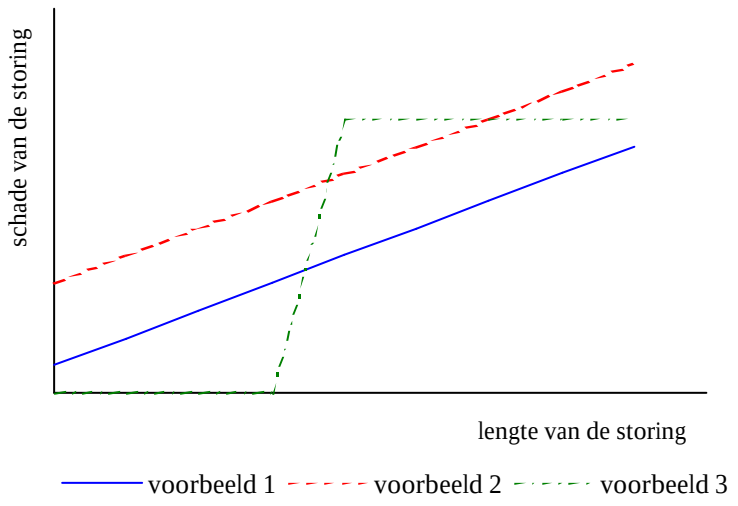
[4] Zie Ajodhia *et al.* (2002, p. 4-5), Billinton *et al.* (1993, p. 96), Brouwer *et al.* (1996), Day en Reese (1992, p. 2.4.2-2.4.3), Sanghvi (1982).

[5] Het feit dat bij weinig storingen afnemers weinig storingen verwachten, waardoor de gevolgen van een stroomonderbreking relatief groot zijn, wordt aangeduid als de kwetsbaarheidsparadox (zie Rathenau, 1994, p. 101).

hoeft te komen met het feitelijke (volgens de elektriciteitsbedrijven) aantal storingen. Het verwachte betrouwbaarheidsniveau beïnvloedt de klanttevredenheid sterker dan de feitelijke betrouwbaarheid.

3. Het *moment* waarop de storing optreedt. Het seizoen, de dag van de week en de tijd van de dag zijn voor veel gebruikers belangrijk voor welke gevolgen een stroomstoring heeft. Voor een huishouden dat wil recreëren heeft een stroomuitval ‘s avonds andere gevolgen dan een even lange onderbreking ‘s nachts als men slaapt. Voor een industrieel bedrijf dat volcontinu produceert zal hetzelfde verschil minder groot zijn.
4. De *duur van de storing*. Hoe langer een storing duurt hoe groter de totale gevolgen zijn. Niet iedere schade verandert echter op dezelfde manier bij het langer worden van een storing. In Figuur 2.1 zijn drie mogelijke relaties tussen schade en de lengte van een storing weergegeven. In voorbeeld 1 neemt de schade evenredig toe met de lengte van de stroomonderbreking. Een concreet voorbeeld is de verloren productie tijdens de storing. In voorbeeld 2 zijn de eerste kosten erg hoog waarna de schade evenredig met de lengte van de storing toeneemt. Dit is het geval als bij het begin van de storing ook een deel van het eerder gedane werk verloren gaat, bijvoorbeeld doordat computerbestanden niet zijn opgeslagen. In voorbeeld 3 is er eerst geen schade, maar ontstaat deze pas na verloop van tijd. Bij korte stroomonderbrekingen ontdooit het voedsel in een vriezer niet, terwijl bij een lange storing bederf optreedt.

Figuur 2.1 De duur van een storing en de kosten



5. De vraag of de stroomstoring is *aangekondigd of niet*. Als elektriciteitsgebruikers voordat de stroom wordt onderbroken worden gewaarschuwd, dan houden ze daar rekening mee. Daardoor zijn de gevolgen kleiner. Een eenvoudig voorbeeld is het liftgebruik. Als mensen weten dat de stroom op een bepaald tijdstip onderbroken wordt, dan stapt men

niet net van te voren in de lift om te voorkomen dat men opgesloten raakt. Belangrijk zijn de reacties van bedrijven. Als de productie gecontroleerd kan worden stilgelegd, leidt dit tot minder schade. Dat geldt zowel voor bijvoorbeeld een staalfabriek als voor een kantoor.

6. *Structurele versus incidentele onderbrekingen.* Een incidentele stroomonderbreking treedt eenmalig op, terwijl een structurele stroomonderbreking regelmatig (bijvoorbeeld dagelijks) optreedt. Een structurele stroomonderbreking wordt vaak veroorzaakt doordat de productiecapaciteit kleiner is dan de piekvraag, waardoor steeds op het moment van de piekvraag stroomstoringen optreden. Een voorbeeld van een incidentele stroomstoring is de recente stroomstoring in Rotterdam. Een structurele stroomstoring is bijvoorbeeld de stroomstoring in Buenos Aires in 1999 waarbij iedere dag(deel) een andere wijk werd afgesloten. Een tussenvariant is de stroomstoring van Californië (zomer 2000/2001) waarbij het tekort structureel was en de stroom incidenteel (niet gereguleerd) uitviel. Bij structurele stroomonderbrekingen houden mensen hier rekening mee, ook zonder waarschuwing vooraf.
7. De *omvang van het gebied* dat wordt getroffen. Als de onderbreking in een kleine regio plaatsvindt, kunnen bedrijven hun inputs die niet ter plaatse geproduceerd zijn van elders betrekken terwijl dit niet lukt als een grote regio wordt onderbroken.

Kenmerken in dit rapport

In de hoofdstukken waar we belangrijke onderdelen van de schade schatten, gaan we op een deel van deze kenmerken in. Zo maken we onderscheid naar de verschillende gebruikers die worden getroffen. Hierbij onderscheiden we een aantal belangrijke sectoren van de economie. Op dit aggregatieniveau is het echter niet mogelijk om aan te geven hoe gevoelig een sector is voor een stroomonderbreking. We nemen daarom aan dat de productie in alle sectoren even gevoelig is voor stroomuitval en dat de schade in elke sector gelijk is aan de gemiste productie.[6] Het verschilt per sector hoeveel voorraad bederft door een stroomonderbreking. Een koelpakhuis (onderdeel van de voedingsmiddelenindustrie) dat ontdooit door een stroomonderbreking heeft grote schade in de vorm van bederf. Veel dienstverlenende beroepen (zoals bijvoorbeeld kappers) hebben geen of weinig voorraden die kunnen bederven. Verder hangt het van de lengte van de stroomonderbreking af hoeveel goederen bederven (zie bijvoorbeeld Rathenau, 1994). Door onduidelijkheid over hoeveel

[6] Deze benadering is redelijk nauwkeurig als de prijs van een geproduceerde eenheid in een sector gelijk is aan de waarde voor een afnemer. In de sectoren waar de prijs wordt bepaald door mededinging is dit het geval voor de marginale eenheden. De zorgsector is een sector waar de productie niet via mededinging wordt gewaardeerd, maar door een bureaucratisch/politiek proces. Hierdoor is, in principe, deze benadering minder geschikt voor de zorgsector. De zorgsector is niet apart gewaardeerd, omdat ze niet apart wordt onderscheiden in de macro-economische energiestatistieken.

voorraden bederven tijdens een stroomonderbreking en de waarde hiervan, blijft dit bij ons buiten beschouwing. Om de omvang hiervan te kwantificeren is een gedetailleerde enquête nodig, waarbij tevens aandacht is voor verschillende lengtes van storingen die de schade beïnvloeden.

Hoe langer een storing duurt hoe groter de totale schade wordt. De extra schade per minuut kan eerst afnemen en dan weer toenemen, zoals beschreven door het Rathenau instituut. Om te weten of het huidige leveringszekerheidsniveau optimaal is, zou gewerkt moeten worden met realistische lengtes van stroomonderbrekingen en zou voor de verschillende gevolgen van stroomonderbrekingen na gegaan moeten worden hoe dit gevolg wordt beïnvloed door de lengte van een stroomonderbreking. Deze informatie was hier niet voor handen, en voor de twee belangrijkste effecten die we in dit onderzoek kwantificeren is het waarschijnlijk dat de schade lineair afhangt van de lengte van de stroomonderbreking. De schatting van de schade van een stroomonderbreking varieert daarom hier niet met de lengte van de stroomonderbreking.

In het onderzoek zijn we voor het uitrekenen uitgegaan van het huidige betrouwbaarheidsniveau als het door de afnemers verwachte betrouwbaarheidsniveau en het daarbij horende patroon van maatregelen om schade te voorkomen (bijvoorbeeld noodaggregaten in ziekenhuizen).

Ook zijn we van de praktijk uitgegaan dat stroomonderbrekingen in Nederland niet worden aangekondigd. Vooral bij storingen veroorzaakt door te weinig productiecapaciteit kan vooraf gewaarschuwd worden. In de Nederlandse praktijk hebben deze zich nog niet voorgedaan en is ook nog niet gewaarschuwd voor stroomonderbrekingen. Dit maakt het lastig in te schatten in hoeverre mensen en bedrijven erin slagen zich aan te passen aan een aangekondigde storing en de kosten hierdoor lager zijn. Ook hebben we geprobeerd aan te sluiten bij de Nederlandse praktijk door uit te gaan van incidentele onderbrekingen.

Bij het kwantificeren van de schade zullen we een aantal verschillende tijdstippen bekijken. Hierdoor wordt duidelijk dat de schade sterk varieert tussen tijdstippen.

Tot slot zijn we ervan uitgegaan dat de storing dermate kort duurt dat het niet nodig is om voorraden uit een naburig gebied te halen. De omvang van het gebied doet er voor de schade per getroffen bedrijf of huishouden niet toe. Wel is de schade in een groter gebied groter omdat er meer bedrijven en huishoudens getroffen worden.

3 Maatschappelijke gevolgen

In dit hoofdstuk beschrijven we de gevolgen van stroomonderbrekingen voor de maatschappij. Paragaaf 3.1 bevat een algemeen overzicht van de gevolgen. Paragraaf 3.2 gaat over gevolgen voor het bedrijfsleven en de overheid. De meeste aandacht gaat hierbij uit naar verloren productie. In Paragraaf 3.3 gaan we in op de gevolgen voor huishoudens.[7] De nadruk ligt daarbij op verloren vrije tijd. Paragraaf 3.4 bespreekt de gevolgen van stroomonderbrekingen voor het functioneren van hulpdiensten, zoals brandweer en ambulance, en de telecommunicatie. Paragraaf 3.5 gaat in op mogelijke herverdeling tussen stroomafnemers en stroomproducenten. Het blijkt dat herverdeling vooral zal kunnen optreden bij storingen die worden veroorzaakt door tekorten aan productiecapaciteit. In Paragraaf 3.6 wordt de relatie tussen deze verschillende groepen besproken en samengevat in een tabel. Dit hoofdstuk geeft een algemeen overzicht, terwijl het volgende hoofdstuk een aantal van de hier besproken effecten waardeert.

3.1 Overzicht

Stroomonderbrekingen hebben diverse nadelige gevolgen voor de samenleving. In deze paragraaf geven we hier een beknopt overzicht van. We gaan achtereenvolgens in op verschillende soorten gevolgen (3.1.1), het begrip “value of lost load” (3.1.2), methoden om de effecten te meten en te waarderen (3.1.3) en de resultaten van eerder onderzoek (3.1.4).

3.1.1 Soorten gevolgen

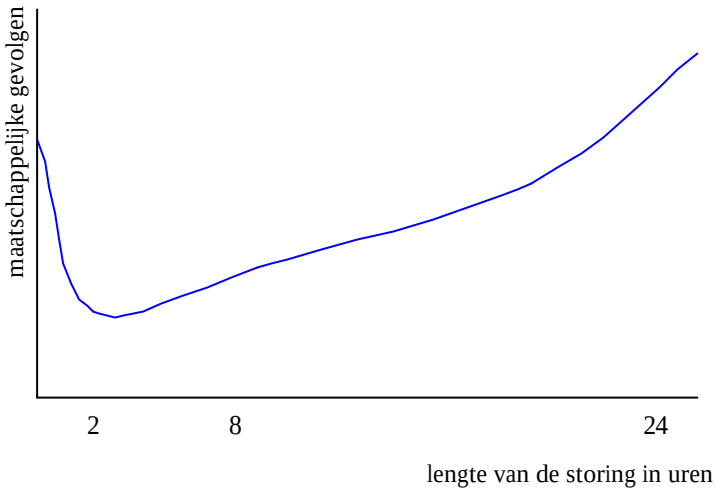
Stroomonderbrekingen hebben zowel economische als sociale gevolgen. Economische gevolgen draaien om de direct in geld uit te drukken gevolgen van stroomonderbrekingen. Voorbeelden zijn niet-gemaakte productie, herstartkosten, verloren grondstoffen, niet-gerealiseerde omzet, extra overwerk door beveiliging en politie, materiële schade in het verkeer door uitvallende verkeerslichten en het bederf van gekoelde waren.

Het Rathenau Instituut (1994) heeft op basis van onderzoek geconcludeerd dat de maatschappelijke gevolgen van een stroomonderbreking meestal eerst groot zijn, daarna

[7] In de literatuur worden soms meer categorieën onderscheiden. Bijvoorbeeld Munasinghe (1980, p. 361) bekijkt drie groepen afnemers: industrie, dienstensector en huishoudens. Munasinghe en Gellerson (1979) gebruiken een nog gedetailleerdere onderverdeling.

kleiner en vervolgens in de loop van de tijd toenemen. Dit verloop is in Figuur 3.1 geïllustreerd (gevolgen per uur; niet cumulatief).

Figuur 3.1 Maatschappelijke gevolgen en de duur van de verstoring



Bron: Rathenau (1994, p. 14).

Sociale gevolgen betreffen met name verlies van vrije tijd. Voor specifieke groepen kan er sprake zijn van gezondheidsschade (of zelfs overlijden), bijvoorbeeld als een medische behandeling zoals nierdialyse niet kan doorgaan. Ook kunnen patiënten van zorginstellingen tijdelijk te maken krijgen met een sterke verslechtering van hun leefsituatie, bijvoorbeeld als de voedselvoorziening van een verzorgingstehuis faalt. Daarnaast kunnen stroomonderbrekingen leiden tot gewonden (of zelfs doden) in het verkeer, bijvoorbeeld door uitvallende verkeerslichten, en milieuschade door storingen in de waterzuivering. Deze gevolgen zijn niet direct in geld uit te drukken. Rathenau (1994) heeft zes Nederlandse stroomonderbrekingen bestudeerd, maar het ging daarbij om vrij kleinschalige en kortdurende storingen, waardoor deze gevolgen dermate gering waren dat Rathenau hierover geen harde cijfers kan geven.

Billinton *et al*. (1993, p. 95-96) maken binnen de sociale gevolgen een nader onderscheid tussen primaire en secundaire gevolgen. Primaire sociale gevolgen zijn bijvoorbeeld ongemak door gebrek aan transport, verloren vrije tijd en ongemak door ontregelde verwarmingen. Secundaire sociale gevolgen betreffen bijvoorbeeld burgerlijke ongehoorzaamheid, plundering en veiligheidsvoorzieningen die uitvallen waardoor evacuaties noodzakelijk zijn. In het onderhavige onderzoek zijn een deel van de sociale gevolgen gekwantificeerd. Gebrek aan transport is gewaardeerd als de verloren productie van de transportsector. Dit komt overeen met de waarde die gebruikers daaraan hechten. Ook de verloren tijd wordt

gewaardeerd. Hierin is tevens het ongemak van uitvallende verwarmingen indirect meegenomen.[8]

Gevolgen vergelijkbaar maken

Om de economische en sociale effecten vergelijkbaar te maken is het gewenst om te beschikken over een 'schade-indicator' die aangeeft hoe belangrijk elk effect is. De sociale gevolgen worden in verschillende eenheden uitgedrukt, zoals het aantal personen met gezondheidsschade, het aantal mensen waarvan de leefsituatie verslechtert, het aantal verkeersongevallen en kilogrammen emissies naar het oppervlaktewater. Daardoor zijn de sociale gevolgen niet eenvoudig vergelijkbaar met elkaar en met de economische gevolgen.

Om de verschillende effecten toch op één noemer te brengen, drukken we ze zoveel mogelijk uit in geld. Deze aanpak wordt ook toegepast bij kosten-batenanalyse.[9] Ook sociale gevolgen blijken daarin vaak, zij het met de nodige moeite, monetair waardeerbaar te zijn met behulp van enquêtes en andere technieken.[10] Het voordeel van kosten-batenanalyse is dat de resultaten voorkeuren van de markt en de samenleving weerspiegelen. Een nadeel is dat sommige effecten niet, of slechts met forse bandbreedtes kunnen worden gewaardeerd.

Het waarderen van effecten is erg lastig en het aantal verschillende effecten is groot. In dit rapport zijn daarom niet alle effecten in geld gewaardeerd. In Hoofdstuk 4 en 5 worden twee van de belangrijkste effecten, namelijk verloren productie en verloren tijd, in geld uitgedrukt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar verschillende tijdstippen, sectoren en regio's.

---

8 Als het door stroomuitval erg koud wordt, en huishoudens niets beters kunnen doen dan in bed liggen om warm te blijven, dan zijn ze hun vrije tijd kwijt. Deze wordt gewaardeerd in dit onderzoek. Frustratie en stress die kunnen samenhangen met deze gevolgen van stroomonderbrekingen worden hierin niet meegenomen. Deze laatste gevolgen hangen ook samen met het verwachtingspatroon. Als mensen verwachten dat af en toe de stroom uitvalt, dan heeft dit veel minder emotionele schade, dan wanneer ze uitgaan van een perfecte leveringszekerheid en de stroom onverwacht toch uitvalt.

9 De alternatieve methode is multi-criteria analyse. Bij multi-criteria analyse worden de verschillende effecten gewogen met gewichten die doorgaans door de opdrachtgever of door experts worden verschaft. Het belangrijkste voordeel hiervan is dat alle effecten kunnen worden meegenomen. Het nadeel is dat subjectieve informatie (de gewichten) wordt gecombineerd met objectieve onderzoeksresultaten (de effecten). Hierdoor is vaak niet duidelijk in hoeverre de resultaten door 'feiten' dan wel door 'opvattingen' worden bepaald.

10 Voor verkeersinfrastructuur bestaat in Nederland een officiële richtlijn voor kosten-batenanalyse, waarvan één van de auteurs van dit onderzoek (Koopmans) mede-auteur is: Eijgenraam *et al.* (2000). Zie voor een algemene beschrijving van kosten-batenanalyse Layard en Glaister (1994).

3.1.2 De schade in één getal gevangen? (Value of lost load)

Vaak wordt geprobeerd om de schade van een stroomstoring in een getal uit te drukken. Om de storingen van verschillende groottes vergelijkbaar te maken, wordt de totale schade gedeeld door de totale hoeveelheid elektriciteit die gebruikt zou zijn tijdens de storing als er geen storing was geweest. De schade wordt uitgedrukt per kWh. Deze waarde van niet geleverde elektriciteit wordt aangeduid als voll ('value of lost load'). Dit bedrag is bijvoorbeeld nuttig om uit te rekenen hoeveel de schadevergoeding moet zijn voor een stroomonderbreking of bij het nemen van investeringsbeslissingen in elektriciteitsnetwerken en productiecentrales.

De value of lost load lijkt een duidelijk begrip. Echter als het op toepassen aankomt dan blijkt dit een stuk lastiger te zijn. Het waarderen van een eenheid niet geleverde stroom is lastig, omdat er geen directe markt is waar ze wordt verhandeld en waar een prijs tot stand komt. Rathenau (1994) schat de schade van een stroomonderbreking van acht uur op ongeveer dertig euro per niet geleverde kWh. Amerikaanse jurisprudentie stelt de waarde van niet geleverde elektriciteit tussen 1 en 10 dollar per kWh (Weare, 2003b). In het Verenigd Koninkrijk is de voll vastgesteld op 2,8 £/kWh in 1999. Deze voll is gebaseerd op de waarde uit een Finse studie uit de jaren 70. De Finse voll is omgerekend naar ponden en gecorrigeerd voor inflatie (Kirschen, 2003).

Het is lastig om de value of lost load te bepalen, omdat de gevolgen voor iedere stroomstoring anders zijn. Dit hangt samen met de kenmerken van stroomonderbreking zoals deze in Paragraaf 2.2 zijn besproken. Zo is de waarde van een niet geleverde eenheid elektriciteit afhankelijk van het tijdstip. Day en Reese (1992) geven hiervan een mooi voorbeeld dat ze tegenkwamen bij onderzoek naar de reputatie van een specifiek elektriciteitsbedrijf. Tijdens hun onderzoek vroegen ze naar stroomonderbrekingen gedurende het laatste jaar, maar geënquêteerden herinnerden zich nog een stroomonderbreking vijf jaar daarvoor, net voor het Thanksgivingdiner. Door deze storingen zijn een aantal stroomafnemers zo boos geworden dat ze op dat moment naar het elektriciteitsbedrijf zijn gereden en hun niet-gare kalkoenen naar het kantoor hebben gegooid. Duidelijk is dat de schade op dat moment veel groter was dan wanneer de stroomonderbreking een dag later had plaatsgevonden. Een andere reden dat de voll's die worden berekend verschillen, is dat er verschillende berekeningswijzen worden gebruikt wat verschillende uitkomsten oplevert. Ook blijkt dat de ergernis van mensen over stroomonderbrekingen meer samenhangt met het aantal stroomonderbrekingen volgens hun herinneringen dan met het officieel geregistreerde aantal stroomonderbrekingen (Day en Reese, 1992). Dit compliceert onderzoek naar de gevolgen van stroomonderbrekingen verder, omdat onderzoekers vaak afhankelijk zijn van geregistreerde en dus officiële cijfers.

In de volgende paragraaf worden verschillende methodes besproken waarmee effecten van stroomonderbreking gewaardeerd kunnen worden.

Het is dus niet goed mogelijk gebleken om de schade van een stroomonderbreking in één getal uit te drukken. De aanpak in dit onderzoek is daarom anders. In Paragraaf 3.2 tot en met 3.5 worden de belangrijkste effecten van stroomonderbrekingen geïnventariseerd. Daarna worden in Hoofdstuk 4 en 5 de belangrijkste effecten gewaardeerd.

3.1.3 Meting van gevolgen

Het is niet bekend hoeveel geld bedrijven en huishoudens ervoor over hebben om minder stroomstoringen te ondervinden.[11] Daardoor zijn indirecte methoden nodig om de (negatieve) waarde van stroomstoringen te meten. In de wetenschappelijke literatuur zijn hiervoor verschillende methodes ontwikkeld. In deze subparagraaf beschrijven we de belangrijkste methodes. Een deel hiervan wordt in dit onderzoek gebruikt.

De belangrijkste indirecte methodes om gevolgen van stroomstoringen in geld uit te drukken zijn:[12]

1. *Interviews met betrokkenen.* In deze interviews wordt naar de betalingsbereidheid (willingness-to-pay) voor het voorkómen van storingen gevraagd. Daarbij blijkt vaak dat mensen moeite hebben met het geven van antwoorden over afwegingen die ze in de praktijk nooit maken. Interviews zijn tevens gevoelig voor de manier waarop een vraag wordt geformuleerd en gesteld (zie Sanghvi, 1982 p. 185). Om deze problemen te verkleinen worden vaak specifieke technieken gebruikt, zoals conjunctanalyse.[13]
2. *Schattingen van verloren productie en/of tijd*. Deze aanpak heeft als voordeel dat de uitkomsten aansluiten bij 'harde' statistische informatie. Een nadeel is dat meer indirecte effecten (bijvoorbeeld herstartkosten bij bedrijven, stress bij huishoudens) niet in beeld komen. Deze aanpak wordt in Hoofdstuk 4 nader uitgewerkt.
3. *Uitgaven aan noodstroomvoorzieningen.* Deze uitgaven geven aan welke bedragen bedrijven (en huishoudens) over hebben om het huidige niveau van leveringszekerheid verder te verbeteren. Een groot nadeel hiervan is dat het huidige niveau van zekerheid zo hoog is,

[11] Wel zijn er voor grotere elektriciteitsafnemers contracten waarbij de afnemer kan worden afgeschakeld op momenten waarop de vraag van andere afnemers hoog is ('piekscheren').

[12] Dit overzicht is gebaseerd op Billinton *et al.* (1993) en Ajodhia *et al.* (2002).

[13] Bij conjunctanalyse wordt de geënquêteerde gevraagd een keuze te maken uit verschillende situaties, zoals bijvoorbeeld: "geen stroomuitval" versus "120 minuten stroomuitval per jaar en 100 euro korting op de energierekening".

dat de meeste bedrijven geen behoefte aan nog meer zekerheid hebben.[14] Daardoor komt de waarde van de reeds bestaande zekerheid niet in beeld.

4. *Case-studies.* Hierbij worden de effecten die optreden als gevolg van een daadwerkelijke storing geïnventariseerd en voorzover mogelijk in geld uitgedrukt. Een voordeel van deze methode is dat het niet uitgaat van een hypothetische maar van een werkelijk opgetreden situatie. Een nadeel is dat het aantal effecten zo groot is dat het moeilijk is om alles in beeld te krijgen. Bovendien zijn de verkregen resultaten niet representatief voor stroomstoringen in het algemeen.

Er is dus geen perfecte methode die op alle effecten van stroomstoringen toegepast kan worden. Iedere methode heeft naast voordelen ook nadelen. In dit onderzoek kiezen we voor methode 2, omdat deze aanzienlijk minder tijd kost dan methodes 1 en 4. Methode 3 is - bij het huidige leveringszekerheidsniveau – feitelijk ongeschikt.

Het onderscheid tussen bedrijven en huishoudens komt voort uit het feit dat bedrijven goederen of diensten produceren die een marktwaarde hebben. Hierdoor is het doorgaans mogelijk om bij een stroomonderbreking de waarde van het productieverlies te bepalen. Huishoudens daarentegen produceren in het algemeen geen goederen of diensten die verkocht worden. Daardoor is bovenstaande methode niet direct mogelijk bij huishoudens. Toch kan het basisidee achter de methodiek wel worden gebruikt. Hierbij wordt de 'marktwaarde' van vrije tijd benaderd door de loonvoet.

3.1.4 Eerder onderzoek

Aandacht voor stroomonderbrekingen

In de vakliteratuur is er recent veel aandacht voor stroomstoringen. De Vries en Hakvoort (2003) bespreken welke mogelijkheden er zijn om investeren in productiecapaciteit aantrekkelijker te maken. Zonder voldoende productiecapaciteit zal er op termijn minder geproduceerd worden dan er geconsumeerd wordt en treden er storingen op. Cap Gemini Ernst & Young (2003) concluderen dat de komende drie tot vijf jaar stroomonderbrekingen niet alleen kunnen komen door problemen met de elektriciteitsnetwerken, maar juist door de Nederlandse afhankelijkheid van stroomimporten uit het buitenland.

Ook in de populaire literatuur wordt veel geschreven over stroomonderbrekingen. Daarbij gaat de aandacht onder meer uit naar het aantal storingsminuten en de vraag of deze correct worden gerapporteerd door stroombedrijven. Het onderhoud zou slecht zijn, waardoor het aantal storingsminuten toeneemt (zie Meeus, 11 januari 2003). Ook wordt er over de

[14] Door het huidige hoge zekerheidsniveau wordt een noodaggregaat maar zeer weinig gebruikt. Hierdoor zijn de kapitaalkosten per kWh opgewekte elektriciteit erg hoog.

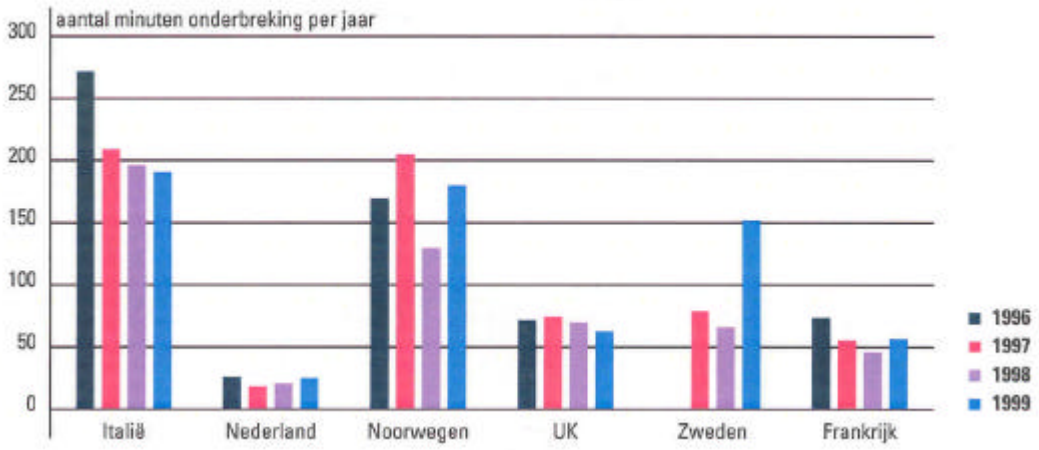
betrouwbaarheid van stroomonderbrekingen geschreven naar aanleiding van opvallende stroomonderbrekingen (zie bijvoorbeeld Meeus, 4 maart 2003). Een storing in het centrum van Amsterdam valt daarbij meer op dan een storing in Groningen[15].

Ook vanuit de overheid is aandacht voor leveringszekerheid. Vanwege het belang van leveringszekerheid is de toezichthouder (de DTe) bezig met de introductie van een beloning voor leveringszekerheid voor netbeheerders (zie DTe, 2002). Het ministerie van Economische Zaken doet momenteel onderzoek naar de prikkels om te investeren en manieren om de leveringszekerheid te monitoren (EZ, 2002, p. 25).

Hoeveel storingen zijn er eigenlijk?

Dit roept de vraag op hoe het nu eigenlijk gesteld is met het aantal minuten stroomonderbreking in Nederland. In Figuur 3.2 wordt het aantal storingen in Nederland vergeleken met dat in de ons omringende landen.

Figuur 3.2 Aantal storingsminuten in Nederland



Bron: EZ (2002, p. 22)

Uit deze cijfers blijkt dat het aantal storingsminuten in Nederland lager is dan in omringende landen. Volgens IJsbrandy van Cap Gemini Ernst & Young is de betrouwbaarheid van de netten hoog en de gemiddelde uitval 'extreem goed'.[16] Alleen in Duitsland waren er minder storingsminuten. Wel geven recente gegevens (2001) aan dat het aantal storingsminuten

15 De Staatssecretaris van Economische Zaken: "Ik heb in december thuis, tijdens de grote storing in Amsterdam, zelf drie kwartier zonder stroom gezeten. Het eerste kwartier is het nog gezellig, daarna wordt het heel snel buitengewoon vervelend. De verwarming valt uit, de tv doet het niet, je kan geen cd opzetten: je bent totaal onthand. Ik vind de beleving van Nederlandse consumenten belangrijker dan de indruk die we als regering in Brussel maken op andere Europese landen. Maar intussen blijf ik wel voorstander van de liberalisering. Ik heb er alle vertrouwen in dat die in principe goed kan uitpakken." (geciteerd in Meeus, 4 maart 2003).

16 IJsbrandy, hoofd van de energieafdeling van Cap Gemini Ernst & Young, geciteerd in NRC (16 januari 2003).

toeneemt. Gemiddeld steeg de uitval van stroom per klant van 27 minuten in 2000 naar 31 minuten in 2001 (aldus Marbus van EnergieNed in Meeus, 11 januari 2001).

Deze cijfers worden door de energiebedrijven aangeleverd. Recent is gebleken dat deze cijfers mogelijk niet betrouwbaar zijn. Tegelijkertijd is het zo dat het aantal storingsminuten nog steeds relatief laag is (zie Meeus, 4 maart 2003 en 11 januari 2003).

Om een gevoel te krijgen voor de grootte van de gevolgen van de 31 minuten stroomonderbreking in Nederland in 2001 is het onderzoek van MKB Nederland (2002) nuttig. MKB Nederland heeft onderzoek laten doen naar het aantal storingen waar ondernemers mee te maken hebben en de grootte van de schade. Uit dit onderzoek bleek dat 30 procent van de MKB-ondernemers de laatste 12 maanden te maken hebben gehad met één of meer stroomonderbrekingen. Bij 70 procent van deze ondernemers ging het om 2 of meer storingen per jaar, gemiddeld ging het om 2,3 storingen. De 31 minuten die de stroom uitvalt in Nederland is dus niet gelijkelijk verdeeld over alle afnemers.[17] 55 procent van de storingen duurde korter dan een uur, 35 procent tussen de één en vier uur, en 7 procent duurde langer dan vier uur.[18]

Wat weten we over de gevolgen?

De centrale vraag van dit rapport is wat de gevolgen van deze storingen zijn. In het verleden is hier reeds onderzoek naar gedaan. Hier willen we er twee bespreken: onderzoek van MKB Nederland (2002) en Stroomloos van het Rathenau instituut (1994).

Niet alle bedrijven die een stroomonderbreking meemaakten hebben daar in gelijke mate last van gehad: 45 procent van de bedrijven geeft aan geen schade te hebben ondervonden van de stroomonderbreking. Ruim een kwart (27 procent) van de bedrijven geeft aan niet in te kunnen schatten hoe groot de schade was, terwijl de overige bedrijven aangeven dat de schade per storing gemiddeld €1.933 was. Op basis van deze resultaten schat MKB Nederland (2002, p. 23) de totale schade bij de 600.000 MKB-bedrijven op €225 miljoen per jaar.[19]

---

17 MKB Nederland geeft ook aan dat volgens hun cijfers de stroom vaker uitvalt dan uit de officiële cijfers van EnergieNed blijkt (MKB Nederland, 2002, p. 24). Een mogelijke verklaring hiervoor komt van Day en Reese (1992) die bij hun onderzoek merkten dat er volgens de afnemers meer storingen waren dan volgens het elektriciteitsbedrijf. Het bleek dat het elektriciteitsbedrijf niet in staat was om storingen korter dan twee minuten waar te nemen en te registreren, terwijl stroomafnemers dit wel kunnen waarnemen.

18 Bij een stroomonderbreking van vier uur of langer krijgen kleinzakelijke afnemers een tegemoetkoming van €35 en grootzakelijke afnemers €910.

19 Hierbij kunnen echter selectie-effecten een rol spelen. Vooral de bedrijven waar de stroom langdurig uitviel en de schade dus groot was, zullen in staat zijn in te schatten hoe groot hun schade was. De gerapporteerde schades zijn daarom waarschijnlijk relatief vaak de grotere schades.

Het meest omvattende onderzoek over de gevolgen van stroomonderbrekingen in Nederland is Rathenau (1994). In dit onderzoek zijn zoveel mogelijk maatschappelijke gevolgen beschreven en geanalyseerd. Voor de belangrijkste gevolgen is aangegeven hoeveel deze toenemen als de elektriciteitsstoring langer gaat duren (zie bijvoorbeeld Figuur 3.1). Rathenau heeft de gevolgen in kaart gebracht. Het doel van het huidige onderzoek is, om onder andere met deze kennis, de belangrijkste gevolgen van een stroomonderbreking te waarderen. Dit gebeurt in de Hoofdstukken 4 en 5. In de volgende vier paragrafen wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van stroomonderbrekingen. Voor de eerste drie paragrafen hebben we geput uit Rathenau (1994).

3.2 Gevolgen voor bedrijven en overheid

In deze paragraaf staan de gevolgen van een stroomonderbreking voor het bedrijfsleven en de overheid centraal. Deze gevolgen zijn zeer divers. Zo zal bij een supermarkt niet alleen de vriezer ermee ophouden, maar ontstaan ook problemen met elektrische deuren en bij de kassa's. Het is onmogelijk om zonder stroom verder te werken. In een fabriek komt door een stroomstoring niet alleen het gehele productieproces stil te liggen, maar kan het ook zijn dat er (later) mislukte producten van de band rollen. Daarnaast kan het in een staalfabriek zo zijn dat reeds verwarmd staal afkoelt en niet meer te verwerken is en misschien ook moeilijk te verwijderen. In de landbouw moet vooral worden gedacht aan problemen als het niet kunnen melken van koeien en het uitvallen van de airconditioning en ventilatie in bijvoorbeeld pluimveestallen waardoor de kippen oververhit raken. In de dienstensector (banken, verzekeringen, handel, zorg, etc.) en bij de overheid kan op veel plaatsen niet meer worden gewerkt, omdat er geen stroom meer is voor computers, verlichting etc.

Bovenstaande mogelijke gevolgen van stroomstoringen worden in een rapport van het Rathenau Instituut (1994, p. 78) gecategoriseerd. Vier gevolgen (schade) van stroomstoringen worden onderscheiden:

1. omzetverlies of het wegsturen van werknemers;[20]
2. overwerk of het inschakelen van extra personeel;
3. materiële schade, bijvoorbeeld bederf van waren of mislukte producten;
4. voorzien in een stroomvoorziening.

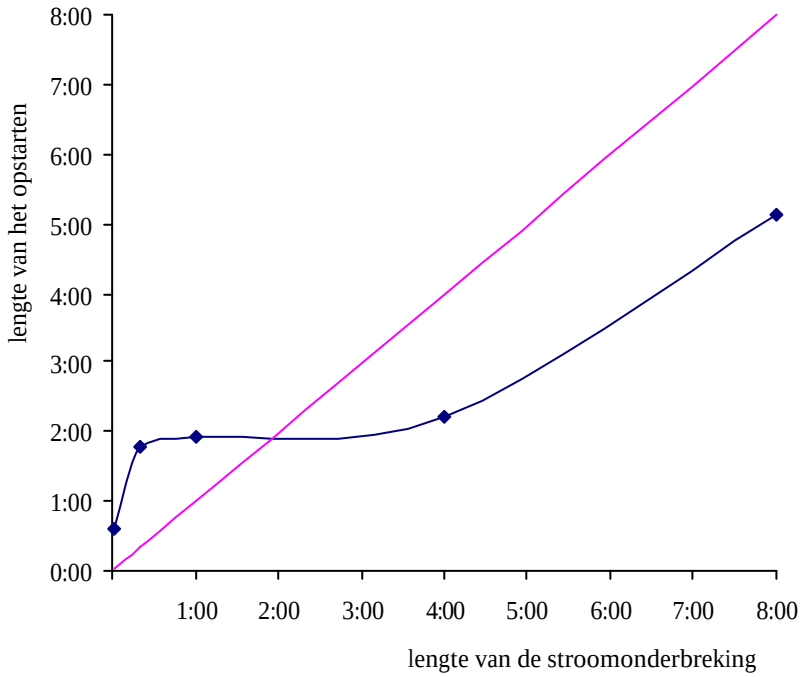
[20] Gemiste productie en omzet (tijdens de storing en tijdens het opstarten) zijn gedefinieerd als productie die later niet weer ingehaald kan worden. De omzet van een supermarkt wordt de dag erna grotendeels ingehaald (mensen moeten toch eten). De verloren productie van een bioscoop is lastiger in te halen, omdat mensen de avond erna vaak geen tijd of zin hebben om weer naar de film te gaan.

De vraag is of alle bedrijven en overheden in Nederland die met stroomstoringen te maken krijgen, ook schade oplopen. Uit een onderzoek naar stroomuitval in het midden- en kleinbedrijf blijkt dat 28 procent van de ondernemers die aangaven te maken te hebben gehad met een stroomstoring, ook schade hebben geleden (MKB Nederland, 2002). Uit deze studie valt echter niet op te maken wat de uitgaven aan noodstroomvoorzieningen zijn. Ook is niet duidelijk waaruit de schade van de bedrijven bestaat: is dit gemiste productie, materiële schade of extra personeelskosten?

In Paragraaf 4.1 zal worden beschreven wat de schade bij verschillende soorten bedrijven is als er één uur geen productie wordt gedraaid. Dit geeft een eerste benadering van de grootte van de directe effecten.

Een stroomonderbreking heeft voor veel productieprocessen niet alleen gevolgen tijdens de onderbreking, maar ook direct erna. Tijdens het opstarten van stilgevallen productieprocessen wordt niet geproduceerd. Hoe langer een stroomonderbreking duurt, hoe langer het opstarten duurt. Dit is echter geen lineair verband. Uit onderzoek van Wojczynski *et al.* (1984) onder industriële bedrijven bleek dat bij korte storingen de opstartfase langer duurt dan de storing zelf. Bij storingen van vier uur en langer duurt het opstarten korter dan de storing. Dit verband is weergegeven in Figuur 3.3.

Figuur 3.3 De relatie tussen de duur van de storing en de duur van het opstarten



Bron: Wojczynski *et al.* (1984, p. 442).

In Hoofdstuk 4 wordt geschat hoeveel schade een stroomonderbreking veroorzaakt doordat bedrijven niet meer kunnen produceren. Hierbij nemen we aan dat bedrijven direct weer kunnen produceren als er weer stroom is. Het onderzoek van Wojczynski et al. (1984) laat echter zien dat dit niet klopt, veel bedrijven hebben na een storingen van één uur twee uur nodig om de productie weer op gang te krijgen. Ook bij storingen korter dan een uur is deze herstarttijd substantieel. En zoals eerder al werd gemeld (zie Paragraaf 3.1.4) duurt meer dan de helft van de storingen korter dan een uur. Het verwaarlozen van de herstarttijd in de schattingen van de hoeveelheid gemiste productie leidt dus tot een onderschatting van de werkelijke kosten. Toch zijn de herstarttijden van Wojczynski et al. (1984) niet gebruikt, omdat deze onderzoekers alleen herstarttijden voor industriële bedrijven hebben geschat. De herstarttijden voor dienstverlenende bedrijven kunnen hiervan verschillen. Tevens is het een al wat ouder en buitenlands onderzoek. Empirisch Nederlands onderzoek naar hoe lang het duurt voordat productie weer op gang komt, zou een beter inzicht in deze kosten en daarmee de totale kosten van een elektriciteitsstoring verschaffen.

Naast directe gevolgen van stroomonderbrekingen kunnen bedrijven ook last hebben van verstoorde productie bij toeleverende bedrijven.[21] Als bij een toeleverancier de productie is uitgevallen en een levering later plaats vindt dan verwacht, dan verstoort dit de eigen productie als er geen voorraden zijn om dit op te vangen. Een benadering voor deze gevolgen zijn de mate van onderlinge leveringen (dit kan uit een input-output tabel worden afgeleid) en de mate waarin 'just-in-time' leveringen worden gebruikt.

Materiële schade (zoals bedorven voorraden) geven de toeleverende bedrijven ook weer extra omzet. Als in een sector de vraag naar goederen om verloren voorraden te vervangen groter is dan de eigen voorraad die verloren is gegaan, dan profiteert een sector per saldo van de stroomonderbreking.

Naast deze gevolgen van stroomonderbrekingen is er ook schade doordat tijdens een stroomonderbreking meer plunderingen en vandalisme kunnen plaatsvinden dan gebruikelijk. Niet iedere stroomonderbreking wordt aangegrepen voor rellen, maar het komt voor. Zo vermeldt Rathenau (1994, p. 36) dat er op 31 mei 1984 in Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel, en een deel van Gelderland een stroomstoring was waarbij rellen voorkwamen (zie ook Paragraaf 3.4).

[21] Dit geld in mindere mate ook voor huishoudens.

3.3 Gevolgen voor huishoudens

Stroomonderbrekingen onderbreken de normale routine van huishoudens.[22] Zonder elektriciteit zijn verschillende huishoudelijke taken niet mogelijk. Afhankelijk van het tijdstip ontbreekt de verlichting die nodig is om taken te verrichten die verder geen stroom nodig hebben. Veel taken kunnen tijdelijk worden uitgesteld, maar bepaalde taken moeten gebeuren. Zo kan de stroomonderbreking het bereiden van eten ernstig verstoren. Voor veel mensen is dit erg vervelend.

Bij de onderbroken huishoudelijke taken speelt ook onzekerheid een belangrijke rol. Een stroomonderbreking waarbij de duur tijdens de storing niet bekend is, heeft een grotere impact dan een even lange onderbreking waarbij de duur wel bekend is.

Niet alleen noodzakelijke dingen, maar ook ontspanning en vermaak worden onderbroken. Televisie, radio, muziek en internet zijn niet mogelijk zonder elektriciteit. Ook ontspannende activiteiten die geen stroom vergen (zoals het lezen van een boek), zijn vaak niet mogelijk als er geen daglicht is. Hierdoor gaat vrije tijd voorbij zonder dat huishoudens hier optimaal van kunnen profiteren. In het volgende hoofdstuk wordt dit verlies aan tijd in geld uitgedrukt.

3.4 Gevolgen voor hulpdiensten en telecommunicatie

Brandweer en ambulancediensten zijn door een elektriciteitsonderbreking (mogelijk) moeilijker bereikbaar en komen daardoor later ter plaatse. Hierdoor kan schade door brand groter zijn dan bij snelle bereikbaarheid van de brandweer. Ook het oplossen van lekkages van chemische installaties (veroorzaakt door stroomonderbrekingen) kan vertraging ondervinden. Naast deze materiële schade kan uiteraard ook het menselijk leed groter zijn dan bij een goede bereikbaarheid van hulpdiensten. De hulpdiensten kunnen onbereikbaar worden doordat de communicatiemiddelen, zoals de telefoon, niet goed meer functioneren door het uitvallen van de stroom, of doordat heel veel mensen en bedrijven het noodnummer bellen waardoor het telefonisch onbereikbaar wordt (zie bijvoorbeeld Rathenau, 1994, p. 48).[23] Volgens Rathenau (1994, p. 20) is het echter vooral de politie die meer werk heeft tijdens een stroomonderbreking: met het te woord staan van mensen, het reageren op alarmmeldingen, het regelen van het verkeer en door extra te surveilleren om de openbare orde te handhaven. Ook de brandweer heeft extra werk door een stroomstoring.

---

22 Leden van huishoudens zullen ook last hebben van onderbroken zorg. Dit is ingedeeld bij de sector zorg (Paragraaf 3.2).

23 Ook is het mogelijk dat zoveel mensen hun kennissen gaan bellen, dat het gehele telefoonnet verstoord raakt.

Zo haalt de brandweer mensen uit vastgelopen liften en regelt de brandweer noodaggregaten. De gemeentes en de centrale ambulanceposten blijken in de praktijk niet veel extra verzoeken om hulpverleningen te krijgen. Vooral het feit dat ambulancevervoer niet veel extra vraag naar hulpverlening binnenkrijgt, is interessant. Het laat namelijk meteen zien dat de gevolgen van menselijk leed als gevolg van een stroomonderbreking waarschijnlijk gering is.

Als de elektriciteit uitvalt, dan vallen ook de verkeerslichten uit. Ook slagbomen van de trein werken niet meer naar behoren. Direct bij het uitvallen kunnen chaotische situaties ontstaan, omdat de verkeersdeelnemers nog geen rekening houden met niet-functionerende verkeerslichten. Dit vergroot de kans op ongelukken, waardoor er naast fysieke schade ook een toegenomen kans is op menselijk leed door verwondingen en overlijden. Als de stroomonderbreking langer duurt dan wordt het verkeer nog steeds ernstig ontregeld, maar de kans op ongelukken neemt weer af, omdat gebruikers zich hierop instellen en de politie de bediening van de belangrijke kruispunten handmatig overneemt. Dit laatste brengt wel extra werk en dus kosten voor de politie met zich mee. Verder loopt een deel van het verkeer dat op elektriciteit functioneert vast. Treinen, metro's, trams en trolleybussen kunnen niet meer rijden.

Een eerder gemeld mogelijk gevolg is dat rellen en vandalisme plaats vinden tijdens een stroomonderbreking. Daarom zorgt de politie altijd voor extra inzet om de orde te bewaken tijdens een stroomonderbreking. Deze extra inzet van politie kost de politie mogelijk extra geld[24] en het kost in ieder geval de vrije tijd van de extra ingezette agenten.

Verder vallen veel communicatiesystemen uit. E-mailen is onmogelijk omdat computers geen stroom meer hebben. Vaak valt het telefoonnetwerk niet uit, maar omdat veel mensen willen bellen tijdens een stroomstoring raakt het telefoonnetwerk overbelast waardoor veel telefoongesprekken onbeantwoord blijven. Veel telefoongesprekken gaan naar bekenden, en naar het noodnummer, de politie en het elektriciteitsbedrijf. Om te voorkomen dat de noodnummers onbereikbaar worden is een nationaal noodnet aangelegd (Rathenau, 1994, p. 16).

3.5 De maatschappelijke verdeling van effecten

In deze paragraaf bekijken we 'overdrachten' (herverdeling) binnen de maatschappij. Overdrachten van de ene partij naar een andere (meestal van de afnemers van elektriciteit naar de elektriciteitssector) zijn per saldo geen maatschappelijke schade in economische zin:

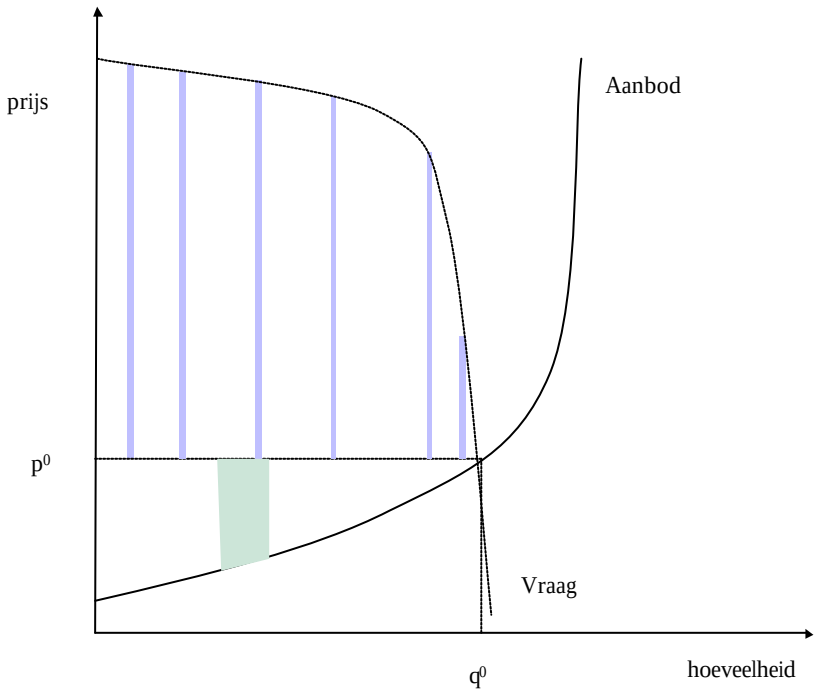
[24] Lees: betaalde overuren. Of de politie deze uitbetaalt is niet nagegaan.

het verlies voor de ene partij is even groot als de winst voor de andere partij. Het kan echter zo zijn dat het verlies van de ene partij in een politieke afweging zwaarder wordt gewogen dan de winst van de andere partij.[25] We analyseren achtereenvolgens de herverdelingseffecten van een stroomonderbreking veroorzaakt door een storing in het net (3.5.1) en van een stroomonderbreking veroorzaakt door een tekort aan geproduceerde stroom (3.5.2). Tot slot trekken we conclusies (3.5.3).

3.5.1 Een storing in het net

Bij een storing in het netwerk kunnen de afnemers die op het onderbroken deel van het net zijn aangesloten geen stroom meer gebruiken. De schade die deze afnemers ondervinden is in de voorgaande hoofdstukken behandeld. Ook producenten die aan dit deel zijn aangesloten kunnen nu niet meer leveren. Deze producenten kunnen hierdoor hun toegevoegde waarde die ze normaal maken door te produceren niet meer realiseren (in economenjargon: ze verliezen hun producentensurplus).

Figuur 3.4 Gevolgen van een netwerkstoring



In Figuur 3.4 is dit geïllustreerd. Op de verticale as staat de staat de prijs van elektriciteit en op de horizontale as de hoeveelheid geleverde elektriciteit. De figuur geeft dus de

[25] Hiervoor zijn twee redenen. Ten eerste wordt verlies erger gevonden dan een even grote winst wordt gewaardeerd. Er is een grote waardering van de status quo. Ten tweede zijn het vaak de consumenten die verliezen; zij worden in de sociale nutsfunctie relatief zwaar gewaardeerd.

stroommarkt op een bepaald tijdstip weer. De aanbodcurve geeft weer hoeveel elektriciteit de producenten bij een bepaalde prijs aanbieden. De vraagcurve geeft weer hoeveel elektriciteit afnemers vragen bij een bepaalde prijs. Waar de vraag- en aanbodcurve elkaar snijden is de markt in evenwicht.

Door de stroomonderbreking krijgen een aantal afnemers geen elektriciteit meer. In de figuur zijn er zes geïllustreerd. Omdat de afnemers op de verticale as geordend zijn op basis van hun waardering (betalingsbereidheid) voor stroom, krijgen bij een stroomonderbreking in een net zowel afnemers met een relatief hoge als een relatief lage waardering geen elektriciteit. Het welvaartsverlies is gelijk aan het verschil tussen de waarde die de niet geleverde stroom voor de afnemer heeft en de prijs die de afnemer ervoor had moeten betalen. De dunne gearceerde gebieden geven deze welvaartsverliezen weer. Ook is een elektriciteitsproducent ingetekend die door de storing in het netwerk geen elektriciteit meer kan leveren. De schade voor de producent is het verschil tussen de prijs die hij zou krijgen en de kosten die hij moet maken. In dit voorbeeld is geen sprake van herverdelingseffecten, omdat de prijs van elektriciteit niet wordt beïnvloed door de storing.[26,27]

3.5.2 Een storing door te weinig productie

Het kan ook zijn dat een elektriciteitsonderbreking veroorzaakt wordt door een tekort aan productie. We analyseren de gevolgen daarvan in Figuur 3.5 en Figuur 3.6. In Figuur 3.5 is wederom een elektriciteitsmarkt weergegeven, met dezelfde vraag- en aanbodcurves als in Figuur 3.4. Punt a geeft het oorspronkelijke evenwicht tussen vraag en aanbod weer. Vervolgens bieden de producenten bij iedere prijs minder elektriciteit aan. Dit kan komen doordat producenten opzettelijk minder elektriciteit aanbieden om de prijs te verhogen.[28] Het kan ook zijn dat een centrale die normaal gesproken tegen lage kosten produceert, nu niet meer kan produceren, bijvoorbeeld door gebrek aan koelwater of vanwege een

---

26 Hierbij is aangenomen dat de hoeveelheid elektriciteit die niet meer op het net gezet kan worden door een producent gelijk is aan de hoeveelheid die er niet mee door afnemers vanaf gehaald kan worden. Als dit niet aan elkaar gelijk is dan zou de prijs van elektriciteit kunnen veranderen en kunnen er overdrachten tussen consumenten en producenten op gang komen. Dit is niet in Figuur 3.4 weergegeven om de leesbaarheid van de figuur te bevorderen.

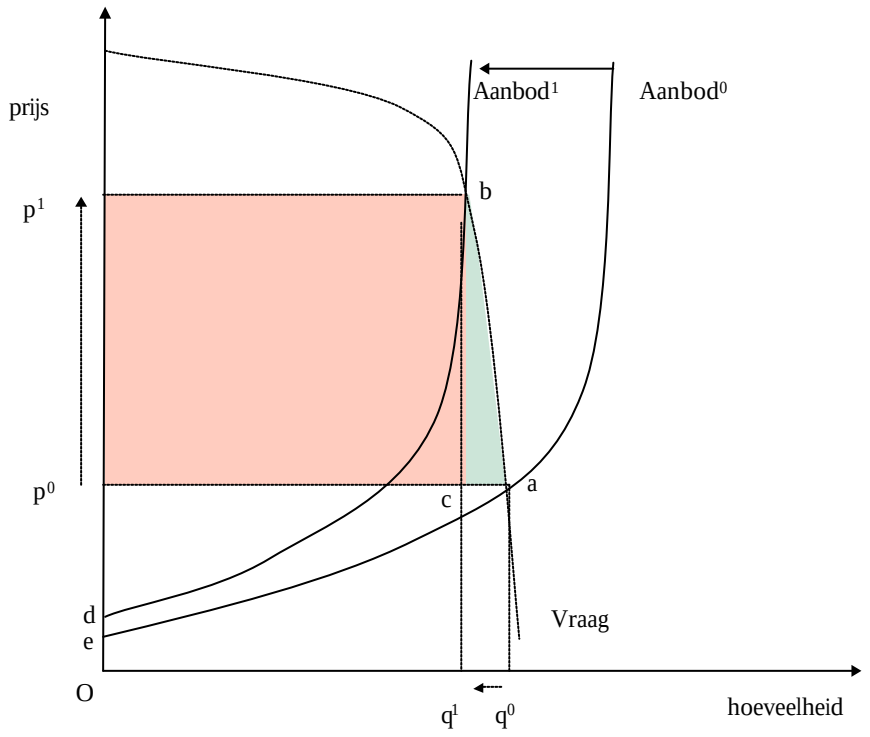
27 Een andere aanname is dat de producent dezelfde prijs krijgt als de afnemer moet betalen. In praktijk hoeft dit niet zo te zijn. Overdag is de prijs die een producent ontvangt hoger dan 's nachts, terwijl veel consumenten een vaste prijs voor hun stroom betalen. Bij een stroomonderbreking overdag loopt een producent meer geld mis dan het bedrag dat de afnemers minder betalen. Het verschil komt ten goede aan de distributiebedrijven.

28 Dit is alleen mogelijk als er sprake is van marktmacht op de elektriciteitsmarkt. De marktpartijen moeten er vervolgens in slagen misbruik te maken van deze machtpositie. Op zich is marktmacht op de huidige elektriciteitsmarkt niet ondenkbaar, zoals bijvoorbeeld blijkt uit het feit dat de NMa (2002) een consultatiedocument heeft geschreven over de energiemarkt.

mechanisch defect. Het teruggelopen aanbod is weergegeven met de aanbodcurve Aanbod^1. Als gevolg hiervan zijn vraag en aanbod aan elkaar gelijk bij een hogere prijs, namelijk p^1; tegelijkertijd wordt minder elektriciteit geproduceerd en verbruikt, namelijk q^1 in plaats van q^0. Ten opzichte van de uitgangssituatie wordt nu minder welvaart gegenereerd, namelijk de driehoek abc. Verder is de rood gearceerde rechthoek p^0p^1bc een overdracht van de afnemers naar de producenten. De figuur geeft aan dat deze overdracht relatief groot kan zijn in verhouding tot het welvaartsverlies abc.

Als de daling van het aanbod komt door marktmanipulatie dan is de groen gearceerde driehoek abc een welvaartsverlies en de rood gearceerde rechthoek p^0p^1bc een overdacht die vergelijkbaar is met een monopoliewinst. De hoge prijs is dan het gevolg van een slecht functionerende markt. Het kan echter ook zijn dat producenten om technische redenen niet meer kunnen produceren. In dat geval zetten ze centrales in die bijna nooit gebruikt worden. Deze centrales worden alleen gebouwd als ze de stroom die ze produceren tegen een hoge prijs kunnen verkopen, anders verdienen de investeerders hun geld niet terug. De hoge prijs hoort dan bij een goed functionerende markt.

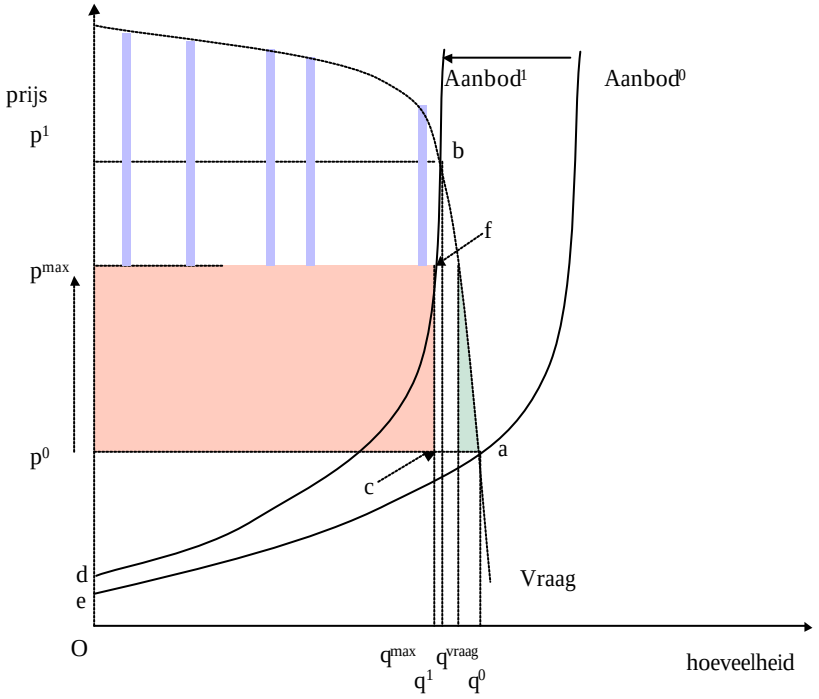
Figuur 3.5 Gevolgen van weinig productiecapaciteit



In Figuur 3.6 is de mogelijkheid weergegeven dat de overheid een maximumprijs voor elektriciteit heeft ingesteld (p^{max}). Ten opzichte van de vorige figuur daalt de productie van q^1 naar q^{max}. De vraag naar elektriciteit is echter groter, namelijk q^{vraag}. Omdat de vraag groter is dan de productie moet een bepaald deel van het verbruik worden uitgeschakeld. Concreet betekent dit dat een gedeelte van het elektriciteitsnet afgeschakeld moet worden. Nu bepaalt niet de markt, maar een rantsoeneringssysteem wie een eenheid elektriciteit krijgt. Hierdoor krijgen een aantal afnemers geen stroom. Hun schade is weergegeven met de blauw gearceerde balken. In Figuur 3.6 zijn vijf afnemers weergegeven.[29] De schade per afnemer is gelijk aan zijn waardering voor de elektriciteit (de hoogte van de vraagcurve) minus het bedrag dat hij anders zou betalen voor de elektriciteit.

In de praktijk betekent een rantsoeneringssysteem dat in een bepaalde regio (tijdelijk) de stroom uitvalt. Bij een deel van de verbruikers in elke regio ontstaan hierdoor zeer hoge (maatschappelijke) kosten (zie in Figuur 3.6 de blauwe gearceerde balken). Vrije marktwerking voorkomt niet alleen deze kosten, maar voorkomt ook dat een keuze moet worden gemaakt tussen verschillende rantsoeneringssystemen.

Figuur 3.6 Gevolgen van weinig productiecapaciteit en een maximumprijs



29 Deze afnemers zijn willekeurig verspreid over de horizontale as. Normaal gesproken worden afnemers in vraag-aanbod diagrammen zoals deze hier geordend op hun waardering voor het goed. De uitschakeling gebeurt niet op basis van deze waardering, maar op basis van een geografische ordening.

Het instellen van een maximumprijs leidt dus tot extra kosten in de vorm van verloren consumentenwelvaart ('consumentensurplus').[30] Rantsoenering is minder efficiënt dan marktwerking, maar wordt soms toch toegepast om sociale gevolgen (overdrachten) te beperken.[31]

Californische toestanden?

In Californië is in de zomer van 2000 en 2001 de stroom verschillende malen uitgevallen. De oorzaak en de gevolgen daarvan zijn uitvoerig onderzocht. Het lijkt erop dat de stroomonderbrekingen werden veroorzaakt doordat enerzijds minder centrales konden produceren en anderzijds de producenten bewust hun aanbod verminderden. Omdat de producenten marktmacht hadden, konden ze door aanbodbeperking een hogere prijs bereiken (zie bijvoorbeeld Borestein *et al.*, 2002, voor een gedetailleerdere analyse). De Californische stroomonderbreking lijkt op de markt zoals deze door Figuur 3.6 wordt beschreven. Het aanbod is kleiner dan het was, en de vraag reageert onvoldoende, waardoor de vraag groter is dan het aanbod en de prijs sterk stijgt. De prijsstijging wordt echter beperkt door een maximumprijs die door de overheid is opgelegd. Hierbij treden storingen (rantsoenering) met schade op en is sprake van herverdeling. Weare (2003a en 2003b) schat de inkomensoverdrachten in 2000 en 2001 op $40 miljard (het rood gearceerde blok), terwijl hij de maatschappelijke schade in 2001 op 'slechts' $0,25 miljard schat (vergelijk de gearceerde blauwe balken in Figuur 3.6).

3.5.3 Conclusie

Bij een elektriciteitsonderbreking die wordt veroorzaakt door een storing in het netwerk treedt bij zowel producenten als afnemers schade op. Maar tegelijkertijd hoeven geen overdrachten plaats te vinden van afnemers naar de producenten. Bij stroomonderbrekingen veroorzaakt door een te klein aanbod treedt een welvaartsverlies op dat vergelijkbaar is met het verlies aan consumentensurplus bij een storing in het netwerk. Maar nu vindt er ook een – vaak flinke – overdracht plaats van de afnemers naar de producenten. Als de overheid een

---

30 Er bestaan uitzonderingen op deze regel. Als elektriciteitsproducenten een machtspositie op de elektriciteitsmarkt hebben èn daar misbruik van maken èn de mededingingsautoriteit slaagt er niet in om daartegen op te treden op basis van de mededingingswet, dan kan een maximumprijs het aanbod vergroten (zie Krugman, 2002).

31 Lijesen *et al.* (2002) hebben onderzocht onder wat voor omstandigheden het aanbod van elektriciteit in Europa te kort kan schieten. Zij vinden dat tekorten een reflectie zijn van een prijsmechanisme dat er niet in slaagt om schaarste in de prijs tot uitdrukking te laten komen. Hierdoor wordt de vraag niet ontmoedigd en het aanbod niet gestimuleerd. Dit is het geval als een maximum prijs is ingesteld, of als vraag en aanbod de prijssignalen niet snel genoeg krijgen of er niet snel genoeg op kunnen reageren. Deze auteurs vinden eveneens een afruil tussen leveringszekerheid en de hoogte van de energierekening. Deze afruil is in wezen gelijk aan de afruil in Figuur 3.6.

maximumprijs instelt, worden de overdrachten kleiner, maar treden extra maatschappelijke kosten op omdat er consumentensurplus verloren gaat.

3.6 Totaalbeeld

In Paragraaf 3.2 tot en met 3.5 zijn de verschillende gevolgen van stroomonderbrekingen beschreven. In onderstaande tabel worden deze samengevat. Op elke regel staat een groep actoren die gevolgen ondervinden van een stroomonderbreking. Hierbij zijn verschillende bedrijfssectoren en de huishoudens onderscheiden. Tevens is het totaal van de Nederlandse samenleving opgenomen. In iedere kolom staan de verschillende effecten die bij een stroomonderbreking kunnen optreden. Niet alle effecten zullen bij iedere stroomonderbreking optreden. Per actor is vervolgens aangegeven of dit effect optreedt en of dit voor de actor positief of negatief uitpakt. Een voorbeeld is de kolom 'betaalde overuren'. De bedrijfssectoren betalen dit, het gaat dus om kosten voor bedrijven. De huishoudens krijgen deze overuren uitbetaald, dit zijn opbrengsten voor de huishoudens. Voor de samenleving als geheel is het totale effect van deze betaling nul: de bedrijven betalen evenveel als de huishoudens ontvangen. De maatschappelijke kosten bestaan uit de extra arbeid die werknemers inzetten (lees de afname van hun vrije tijd) in ruil voor deze betaling.

Sommige negatieve effecten ('-') vallen tegen positieve effecten ('+') weg. Economen duiden dergelijke effecten aan als "herverdeling": sommige groepen worden rijker, andere armer, maar in totaal verandert de welvaart niet. Dit betekent echter niet dat dergelijke verdelingseffecten niet relevant zijn. De betrokken groepen (bedrijven, gezinnen) kijken vooral naar de eigen welvaart, en reageren soms heftig. Herverdeling kan zelfs zo ingrijpend zijn dat de discussie vooral daarover gaat en niet over de 'echte' schade.[32] Dit is bijvoorbeeld het geval bij de stroomstoring in Californië.

In de volgende twee hoofdstukken gaan we uitgebreid in op twee van de belangrijkste effecten: het directe verlies aan productie doordat zonder stroom niet geproduceerd kan worden en het verlies aan vrije tijd.

[32] Hierbij is de oorzaak van de storing van belang. Als de storing wordt veroorzaakt door uitval van het netwerk en de elektriciteit niet geleverd kan worden, dan krijgen elektriciteitsproducenten niet extra betaald. Als de elektriciteitsstoring wordt veroorzaakt door het onvoldoende beschikbaar zijn van productiecapaciteit, dan stijgt de prijs van elektriciteit sterk. De producenten maken hierdoor veel winst en de afnemers moeten veel meer betalen.

Tabel 3.1 Gevolgen van stroomstoringen gecategoriseerd

actoren	Effecten																	
	Direct									Indirect (invloed van sector:)							extern	totaal
	directe/theoretisch gemiste productie	Opstart kosten, voorzorgsmaatregels)	overige productie effecten (bv. betaalde overuren	materiële schade	verminderde vrije tijd	verminderde kwaliteit van de vrije tijd (recreatie verlies)	voorzien in noodstroomvoorziening	maatschappelijke spreiding van de schade	Elektriciteitsintensieve industrie	Overige industrie	Landbouw	Diensten (incl. overheid)	Hulpdiensten (politie, brandweer)	Zorgsector	Transport en communicatie	schade door rellen	
Bedrijven																		
Elektriciteitssector	-	-	-	-/=				+							-		
Elektriciteitsintensieve industrie	-	-	-	-			-	-							-		
Overige industrie	-	-	-	-			-	-	-		-				-		
Landbouw	-	-	-	-			-	-							-		
Diensten (incl. overheid; excl zorg, hulpdiensten)	-	-	-	-/=			-	-		-			-		-	-	
Hulpdiensten (politie, brandweer, ambulance)	-	-	-	-/=			-	-							-	-	
Zorgsector	-	-	-	-			-	-							-		
Transport en communicatie	-	-	-	-			-	-								-	
huishoudens			+	-	-	-	-	-				-	-	-	-	-	
totaal	-	-	=	-	-	-	-	=	-	-	-	-	-	-	-	-	

Noot: Leeswijzer: per rij staat weergegeven welk effect voor de betreffende actor optreedt en welk teken dit heeft. - geeft een negatief effect weer, + een positief effect, terwijl = een neutraal effect is.
-/= schade niet in het productie proces, al kunnen enige ondersteunende diensten zoals de catering schade onder vinden.

4 Maatschappelijke kosten

In Hoofdstuk 3 zijn de gevolgen voor stroomonderbrekingen voor bedrijven, de overheid en huishoudens besproken. Daarbij is een zo volledig mogelijk overzicht gegeven, en zijn de verschillende groepen ook in relatie tot elkaar bekeken. In dit hoofdstuk worden gevolgen van stroomonderbrekingen gekwantificeerd door uit te gaan van een productiestop van één uur. De gedachte hierbij is dat een stroomstoring zal leiden tot een totale uitval van productie, waardoor dat uur geen toegevoegde waarde kan worden gegenereerd. Deze toegevoegde waarde vormt het uitgangspunt (in dit hoofdstuk en Hoofdstuk 5) bij de berekening van schade bij een stroomstoring. In dit hoofdstuk wordt nog geen onderscheid gemaakt in soort storing, productietekort of netstoring. Daarnaast wordt ook geen regionale onderverdeling gemaakt. Dit volgt in Hoofdstuk 5. We gaan achtereenvolgens in op de waarde van de verloren productie (4.1) en de waarde van de verloren vrije tijd (4.2). Tot slot geven we een totaalbeeld van de resultaten (4.3).

4.1 Het verlies aan productie

In Paragraaf 3.2 zijn de gevolgen van een stroomonderbreking voor bedrijven kwalitatief beschreven. Hier wordt één van de belangrijkste onderdelen van deze schade gekwantificeerd, namelijk de gemiste productie. Eerst geven we een overzicht van de effecten van één uur 'niet produceren' (4.1.1). Vervolgens beschouwen we deze effecten nader door een onderverdeling naar sectoren en de berekening van de toegevoegde waarde per geleverde kWh (4.1.2). Als laatste gaan we na wat de invloed is van het tijdstip van de productiestop (4.1.3). De paragraaf wordt afgesloten met een conclusie.

4.1.1 Productie en elektriciteitsgebruik per sector

In onderstaande tabel worden voor een zevental sectoren en een twaalftal industriële subsectoren het finaal energiegebruik, het verbruikssaldo en de toegevoegde waarde afgezet tegen 'sectoruren' en in de laatste kolom tegen kilowatt-uren. In de eerste kolom zijn de *sectoren* opgenomen. De industrie is uitgesplitst in 13 subsectoren, terwijl de overige sectoren niet zijn uitgesplitst. De belangrijkste reden hiervoor is dat de industrie een grotere diversiteit in het elektriciteitsgebruik laat zien dan bijvoorbeeld de dienstensector. Hierdoor is een verdere detaillering bij de diensten niet noodzakelijk. De indeling is grotendeels overgenomen van de energiebalans die jaarlijks wordt gemaakt door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Aanvullende sectoren zijn opgesteld aan de hand van gegevens van het Centraal Planbureau (CPB).

Tabel 4.1 Economische en energie kenmerken per sector, 2001

Sectoren	Finaal energie-gebruik (gWh, 2001)	Verbruiks-saldo (gWh, 2001)	Toegevoegde waarde (mrd. euro, 2001)	Sectoruren per jaar[A]	Finaal gebruik (gWh) per sectoruur	Verbruiks-saldo (gWh) per sectoruur	Toegevoegde waarde per sectoruur (mln. euro per uur)	Toegevoegde waarde per kWh verbruikssaldo (euro)[B]
Landbouw	**3639**	**2889**	**11,3**	**8760**	**0,42**	**0,33**	**1,286**	**3,898**
Energiebedrijven	**8456**	**-72361**	**23,0**	**8760**	**0,97**	**-8,26**	**2,615**	**0,317**
Industrie	**39292**	**34009**	**63,4**	**6649**	**5,91**	**5,11**	**9,837**	**1,865**
Voedings- en genotmiddelenind.	*6819*	*5378*	*12,6*	*6240*	*1,09*	*0,86*	*2,026*	*2,351*
Textiel-, kleding- en leerind.	*534*	*525*	*1,4*	*2600*	*0,21*	*0,20*	*0,543*	*2,692*
Paperind., drukk. uitgeverij	*3623*	*2587*	*8,2*	*6240*	*0,58*	*0,41*	*1,324*	*3,194*
Kunstmest	*779*	*249*	*0,2*	*8760*	*0,09*	*0,03*	*0,024*	*0,861*
Organische basischemie	*4173*	*3901*	*1,8*	*8760*	*0,48*	*0,45*	*0,209*	*0,468*
Anorganische basischemie	*1878*	*1718*	*0,3*	*8760*	*0,21*	*0,20*	*0,031*	*0,157*
Overige basischemie	*3108*	*1812*	*3,1*	*8760*	*0,35*	*0,21*	*0,349*	*1,689*
Chemische productenind.	*1271*	*1014*	*3,5*	*6240*	*0,20*	*0,16*	*0,569*	*3,499*
Bouwmaterialenind	*1619*	*1560*	*2,8*	*6240*	*0,26*	*0,25*	*0,444*	*1,776*
Basismetaalind.	*8428*	*8218*	*1,7*	*8760*	*0,96*	*0,94*	*0,196*	*0,209*
Metaalproductenind.	*4625*	*4622*	*5,1*	*6240*	*0,74*	*0,74*	*0,814*	*1,099*
Kunststof-, rubber en ov. ind.[B]	*2437*	*2426*	*22,6*	*6240*	*0,39*	*0,39*	*3,628*	*9,332*
Bouwnijverheid	**917**	**750**	**24,8**	**2600**	**0,35**	**0,29**	**9,535**	**33,055**
Transport	**1577**	**1577**	**19,6**	**3650**	**0,43**	**0,43**	**5,366**	**12,420**
Diensten	**27028**	**24944**	**198,1**	**2860**	**9,45**	**8,72**	**69,275**	**7,943**
Overheid	**3167**	**2389**	**80,0**	**3374**	**0,94**	**0,71**	**23,726**	**33,504**
Totaal (excl. huishoudens)	**84076**	**-5803**	**420,2**	**-**	**18,18**	**7,09**	**120,88**	**5,968**
Huishoudens[C]	**22100**	**22100**	**362,1**	**3386**	**6,53**	**6,53**	**106,92**	**16,383**
Totaal (incl. huishoudens)	**106176**	**16297**	**782,2**	**-**	**24,70**	**13,61**	**227,80**	**8,564**

Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO. De sectoruren per jaar zijn geschat door de SEO.

Noot A: Bij het berekenen van de sectoruren zijn de volgende categorieën bedrijven onderscheiden:

- Volcontinu bedrijven: 365x24=8760 uren per jaar.
- Bedrijven die 5 dagen per week continu produceren: 52x5x24=6240 uren per jaar.
- Bedrijven die 7 dagen per week 10 uur produceren: 52x7x10=3650 uren per jaar.
- Bedrijven die 6 dagen per week 10 uur produceren: 52x6x10=3120 uren per jaar.
- Bedrijven die 5 dagen per week 10 uur produceren: 52x5x10=2600 uren per jaar.

  Daarbij zijn de volgende aannames gemaakt. Per sector, met uitzondering van de dienstensector en de overheid, is aangenomen dat alle bedrijven evenveel uren per jaar 'draaien'. De helft van de dienstensector werkt 5 dagen (bijv. kantoren) en de andere helft 6 dagen per week (bijv. winkels). De aanname dat de dienstensector in het geheel niet werkt in de avonduren en op zondag is een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Een deel van de winkels en de recreatiebedrijven is in deze uren actief. Echter het merendeel van de dienstensector is vooral overdag actief, waardoor deze aanname hier bruikbaar is. Bij de overheid werkt 10% volcontinu, 75% overdag gedurende 5 dagen en 15% werkt overdag gedurende 7 dagen in de week. Bij de totale industriesector is het ongewogen gemiddelde van alle industriesectoren genomen.

Noot B: inclusief 'niet te specialiseren' industrie. Hert totaal is exclusief de energiebedrijven.
Noot C: Het huishoudelijke elektriciteitsverbruik wordt in de volgende paragraaf beschreven.
Noot D: Voor energiebedrijven per *geleverde* kWh.

In de tabel zijn ook de energiebedrijven opgenomen. Dit is om twee redenen een lastige sector. Bij een stroomonderbreking kunnen elektriciteitsbedrijven veroorzaker en slachtoffer tegelijk zijn. Daarnaast wekken energiebedrijven zelf veel meer elektriciteit op dan ze gebruiken, waardoor deze bedrijven een negatief verbruikssaldo (zie volgende alinea) krijgen.

De tweede kolom bevat het *finaal gebruik* in gigawattuur (1 gWh = 1 miljoen kWh). Het finaal gebruik is de totale hoeveelheid elektriciteit die bedrijven (en huishoudens) gebruiken in het productieproces. Dit in tegenstelling tot de derde kolom waar het *verbruikssaldo* naar sector is opgenomen. Het verbruikssaldo is de hoeveelheid elektriciteit die bedrijven afnemen van het elektriciteitsnetwerk. Dit is gelijk aan het finaal gebruik minus de zelfopgewekte elektriciteit. Omdat sommige bedrijven zelf elektriciteit opwekken kan het finaal energieverbruik verschillen van het verbruikssaldo. Omdat elektriciteitscentrales meer elektriciteit opwekken dan ze gebruiken, hebben ze een negatief verbruikssaldo. De gegevens uit beide kolommen zijn afkomstig van de energiebalans van het CBS en aangevuld met cijfers van het CPB.

De vierde kolom geeft de *toegevoegde waarde* per sector weer. Dit is het inkomen dat in het productieproces wordt gevormd. Alle toegevoegde waarden in Nederland opgeteld geeft het Bruto Binnenlands Product (BBP). Het elektriciteitsverbruik wordt vergeleken met de toegevoegde waarde van een sector en niet met de omzet. Dit betekent dat impliciet is aangenomen dat minder omzet ook leidt tot minder kosten van inputs afkomstig van andere bedrijven.

In de vijfde kolom is het *aantal sector-uren* opgenomen: het aantal uren dat een bedrijf uit deze sector per jaar in productie is. Deze 'bedrijfstijden' zijn geschat door de SEO (zie noot A bij de tabel).

In de laatste kolommen zijn de toegevoegde waarde per sector-uur en de toegevoegde waarde per eenheid afgenomen elektriciteit (verbruikssaldo) weergegeven. Deze grootheden vormen de basis van onze schade-berekeningen. Hierop wordt in het vervolg van deze paragraaf nader ingegaan.

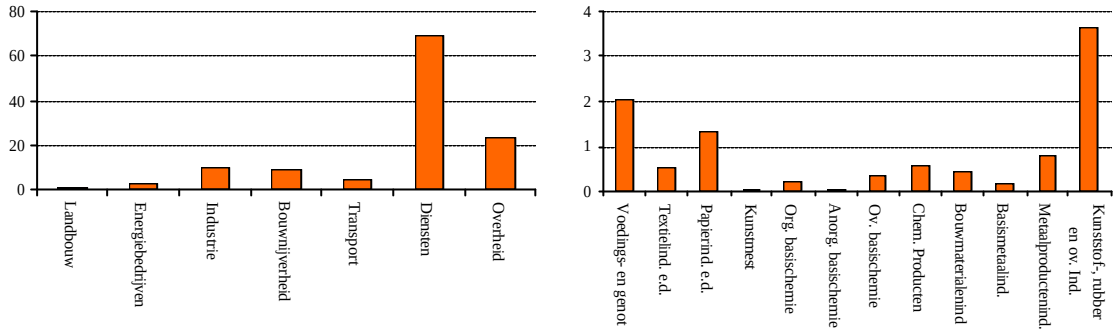
4.1.2 De sectoren nader bekeken

Gemiste productie per uur stroomonderbreking

Om de gevolgen van een stroomonderbreking voor de gemiste productie in kaart te brengen, is verdere analyse van de gegevens van Tabel 4.1 nodig. Als eerste bekijken we de toegevoegde waarde per sector-uur. Dit maakt inzichtelijk hoeveel toegevoegde waarde een sector misloopt als de productie in geheel Nederland door een storing een uur stil ligt.[33] Uit Tabel 4.1 blijkt dat de totale schade van één uur gemiste productie 121 miljoen euro is. In Figuur 4.1 is in een staafdiagram voor iedere (sub)sector de toegevoegde waarde per sector-uur opgenomen.

[33] Er wordt in dit hoofdstuk geen onderscheid gemaakt tussen een productietekort of een netstoring.

Figuur 4.1 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector, 2001 (mln. euro)



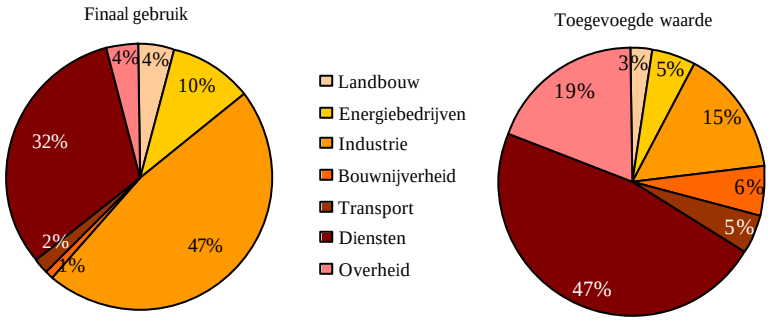
Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO

Uit deze figuur blijkt dat in de dienstensector de grootste toegevoegde waarde per sector-uur wordt behaald. De gehele dienstensector in Nederland behaalt, in een uur dat deze sector in bedrijf is, gezamenlijk een toegevoegde waarde van 69 miljoen euro. In de landbouw wordt veel minder toegevoegde waarde per uur bereikt, namelijk 1,3 miljoen euro.[34] Binnen de industriële subsectoren genereert de kunststof-, rubber en overige industrie de meeste toegevoegde waarde per uur (3,6 miljoen) terwijl de kunstmestindustrie het meeste achterblijft (0,02 miljoen euro per uur).

Toegevoegde waarde en elektriciteitsgebruik

In Figuur 4.2 is de verdeling over grote sectoren van zowel de toegevoegde waarde als het finaal elektriciteitsgebruik weergegeven.

Figuur 4.2 Finaal elektriciteitsgebruik en toegevoegde waarde naar sector, 2001

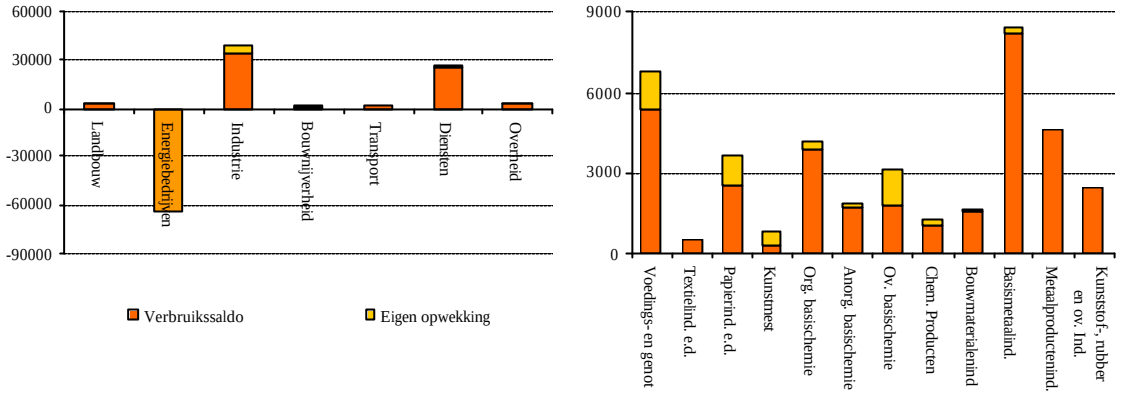


Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO

Opvallend aan het diagram met de toegevoegde waarde is het overwicht van de dienstensector. Bijna de helft van de totale toegevoegde waarde in Nederland wordt gegenereerd door de dienstensector. Dit in tegenstelling tot de landbouw waar 'slechts' drie procent van de totale toegevoegde waarde wordt gegenereerd.

34 Cijfers afkomstig uit Tabel 1 (kolom toegevoegde waarde per sector-uur).

Figuur 4.3 Eigen opwekking en verbruikssaldo naar sector, 2001



Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO
Noot: Het negatieve verbruikssaldo is de zelfopgewekte elektriciteit die wordt teruggeleverd aan h et elektriciteitsnetwerk.

Het diagram over het elektriciteitsgebruik laat echter een heel ander beeld zien. De industrie blijkt de grootste afnemer van elektriciteit. De dienstensector 'staat' tweede en de bouwnijverheid is de kleinste afnemer.

In Figuur 4.3 wordt het finaal gebruik vergeleken met het verbruikssaldo. De totale balk beslaat het finaal gebruik. Het oranje (onderste gedeelte) geeft het verbruikssaldo weer. Het gele deel betreft zelfopgewekte elektriciteit.

De energiebedrijven vallen als eerste op in de figuur, omdat deze bedrijven een negatief verbruikssaldo hebben. In de transportsector is het verbruikssaldo daarentegen gelijk aan het finaal gebruik, omdat er nauwelijks eigen opwekking is. De verschillen tussen de grote sectoren zijn verder niet groot. Dit is anders bij de vergelijking van de industriële subsectoren. De kunstmestsector blijkt het grootste deel van het finaal gebruik zelf op te wekken, terwijl hiervan in de metaalproductenindustrie nauwelijks sprake is.

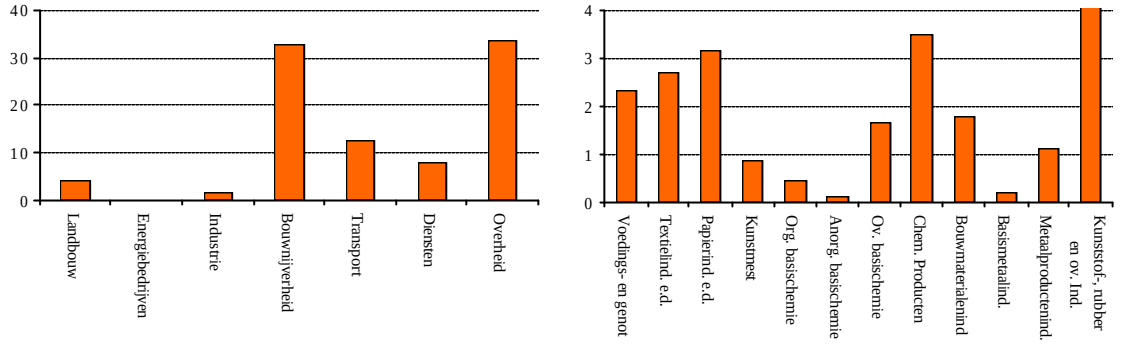
Gemiste productie per niet geleverde kWh

De verhouding tussen de toegevoegde waarde en het verbruikssaldo geeft aan hoeveel toegevoegde waarde in een sector gegenereerd wordt per verbruikte eenheid elektriciteit (kWh). Dit is tevens een eerste orde schatting van de productie die wordt gemist als er één kWh elektriciteit niet wordt geleverd. Figuur 4.4 bevat deze verhouding voor de verschillende sectoren.

Uit Figuur 4.5 blijkt dat de schade per niet geleverde eenheid elektriciteit (kWh) bij de overheid het hoogst is, namelijk ruim 33 euro. Deze hoge waarde bij de overheid hangt samen met het hoge aandeel in deze sector van kantoorwerk, met veel toegevoegde waarde

en relatief weinig elektriciteitsgebruik. De eveneens hoge waarde van de bouw (33 euro) is niet verwonderlijk, omdat in het bedrijfsproces weinig elektriciteit wordt gebruikt.

Figuur 4.4 Toegevoegde waarde per eenheid elektriciteitsgebruik naar sector, 2001



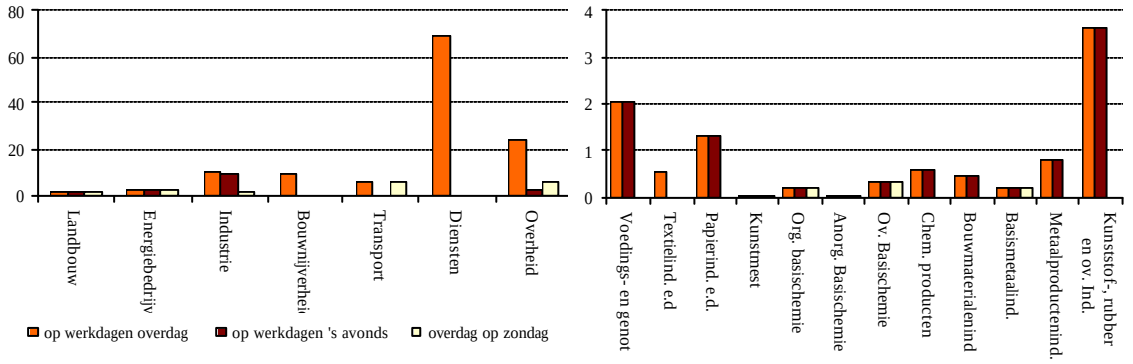
Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO
Noot: Het energieverbruik is het verbruikssaldo. De energiebedrijven hebben een negatief verbruikssaldo, en dus ook een negatieve toegevoegde waarde per kWh verbruikssaldo. Een stroomonderbreking onderbreekt echter ook hun productieproces en veroorzaakt schade. Dit is meegenomen door het teken te veranderen. Zie ook de toelichting bij Tabel 4.1.

In de industrie is de schade per niet geleverde kWh nog geen 2 euro. Van de industriële subsectoren genereert de kunststof, rubber- en overige industrie de meeste toegevoegde waarde per verbruikte kilowatt-uur: ruim 9 euro. In de basismetaalindustrie is dit slechts ca. 0,2 euro.

4.1.3 Gevoeligheid voor het tijdstip

In Hoofdstuk 2 is reeds opgemerkt dat de gevolgen van storingen afhangen van het moment van de storing. In Tabel 4.1 is daarom voor de verschillende sectoren geschat hoeveel uur ze per jaar produceren. Deze informatie kan worden gebruikt om de schade van een uur stroomuitval uit te rekenen op verschillende tijdstippen. In Figuur 4.5 is weergegeven wat de gevolgen zijn van een uur stroomonderbreking doordeweeks overdag, doordeweeks 's avonds, en overdag op zondag.

Figuur 4.5 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector en tijdstip, 2001 (mln. euro)



Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO

Hieruit blijkt dat het voor sommige sectoren, zoals de energiebedrijven en de organische basischemie, weinig uitmaakt wanneer de stroom uitvalt. Voor andere sectoren, zoals de overige industrie, de dienstensector en de overheid maakt het moment van de storing wel veel uit. De verklaring hiervoor is dat de diensten- en overheidssector alleen op werkdagen en overdag produceren. In de industrie en bij de energiebedrijven wordt veel meer ook 's avonds, 's nachts en in het weekend gewerkt.[35] In totaal is de schade op zondag overdag slechts ongeveer een tiende van de schade op werkdagen overdag.

Een storing op een werkdag overdag leidt tot relatief veel schade in de dienstensector. Op werkdagen 's avonds is het effect het grootst voor de industrie. Op zondag overdag, tenslotte, is het effect het grootst bij de overheid (zorg, politie etc.).

4.1.4 Conclusie

Als op een tijdstip dat alle bedrijven in Nederland actief zijn één uur niet geproduceerd kan worden, dan leidt dat tot een niet behaalde toegevoegde waarde van bijna 121 miljoen euro. De schade zal het grootst zijn in de dienstensector, omdat de behaalde toegevoegde waarde per sector-uur in deze sector het grootst is (69 miljoen euro per sector-uur).

Om erachter te komen wat de schade zal zijn bij een mogelijke stroomstoring, is de toegevoegde waarde gekoppeld aan de totaal verbruikte eenheid elektriciteit (kWh). Per kilowattuur is de gegenereerde welvaart in de dienstensector aanzienlijk groter dan in de industrie.

Als laatste is gekeken naar de gevoeligheid voor tijd. In sectoren die continu draaien, zoals sommige industriële bedrijfstakken, is deze gevoeligheid kleiner dan in bijvoorbeeld de dienstensector die grotendeels alleen overdag op werkdagen draait.

4.2 Het verlies aan vrije tijd

In paragaaf 3.3 zijn de gevolgen van stroomonderbrekingen voor huishoudens beschreven. Eén van de belangrijkste gevolgen voor huishoudens is dat ze niet meer effectief gebruik kunnen maken van hun vrije tijd.[36] In deze paragraaf wordt dit effect gekwantificeerd. We gaan achtereenvolgens in op het elektriciteitsverbruik van huishoudens (4.2.1), het gebruik

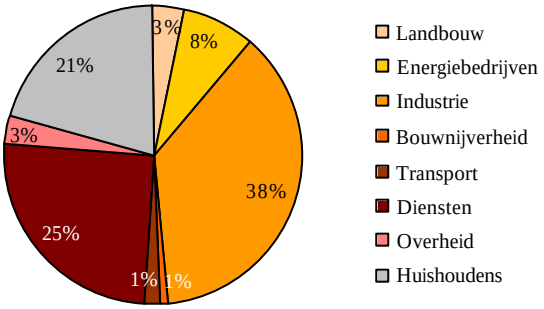
35 De verdelingen naar tijdstip zijn ook gebruikt in Tabel 4.1 (zie noot A).
36 Directe schade zoals ontdooide vriezers bij huishoudens blijft hier buiten beschouwing.

van het uurloon als benadering van de kosten (4.2.4) en de tijdsbesteding van huishoudens op verschillende momenten (4.2.3). Vervolgens kwantificeren we de kosten van stroomstoringen (4.2.4).

4.2.1 Het elektriciteitsverbruik van huishoudens

In Figuur 4.6 staat het totale finaal elektriciteitsverbruik van de Nederlandse samenleving (in vergelijking met Paragraaf 4.1 is nu ook het huishoudelijk elektriciteitsverbruik meegenomen). Het stroomverbruik van huishoudens is 21 procent van het totale Nederlandse stroomverbruik. Dit is beduidend hoger dan het elektriciteitsverbruik van de landbouw, energiebedrijven, bouwnijverheid, transport of de overheid. Alleen de industrie en de dienstensector gebruiken meer elektriciteit. De huishoudens zijn dus een belangrijke elektriciteitsgebruiker.

Figuur 4.6 Verdeling van het finaal elektriciteitsgebruik over huishoudens en bedrijven



Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO.

De huishoudens wekken zelf weinig elektriciteit op, in tegenstelling tot delen van de industrie, bouwnijverheid, diensten en overheid. Als hiervoor wordt gecorrigeerd dan blijkt dat huishoudens 24,3 procent van de elektriciteit afnemen die van het net wordt afgenomen.

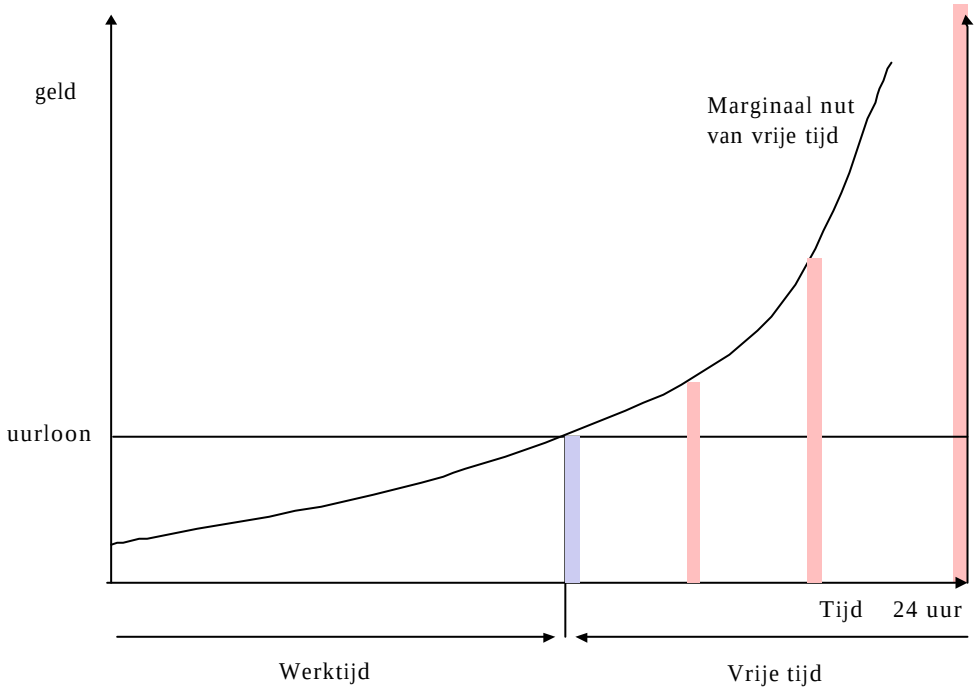
4.2.2 De uurloonbenadering

De gevolgen van stroomstoringen voor huishoudens zijn een stuk lastiger in kaart te brengen dan de gevolgen voor bedrijven, omdat het huishoudelijk elektriciteitsverbruik niet gerelateerd is aan activiteiten die op de markt worden verhandeld en geprijsd. Eén van de methoden om de gevolgen voor bedrijven in kaart te brengen is door te kijken hoeveel toegevoegde waarde bedrijven gemaakt zouden kunnen hebben tijdens de stroomstoring. Bij huishoudens kan een soortgelijke benadering worden gevolgd, die ontwikkeld is door de latere Nobelprijswinnaar Gary Becker (1965). Daarbij worden huishoudens, net als bedrijven, gezien als productie-eenheden. De huishoudens 'produceren' welvaart (nut), met geld en vrije tijd als inputs. Het aantal uren werk wordt net zo lang verhoogd tot de

opbrengst van een extra uur werken (het uurloon) niet meer opweegt tegen de waarde van een uur vrije tijd (naarmate men langer werkt, neemt de waarde van vrije tijd toe). In het welvaartsoptimum is de waarde van vrije tijd gelijk aan het uurloon.

In Figuur 4.7 wordt deze theorie geïllustreerd. Op de horizontale as staat het aantal uren dat een dag telt. Van links naar rechts worden de gewerkte uren weergegeven; de resterende uren vormen de vrije tijd (deze uren worden van rechts naar links weergegeven). De curve 'marginaal nut van vrije tijd' geeft weer hoeveel een eenheid extra vrije tijd voor een persoon waard is. Hoe meer vrije tijd iemand heeft, hoe minder een extra eenheid vrije tijd waard is. De horizontale lijn geeft het uurloon weer dat de persoon krijgt als hij werkt. Het aantal gewerkte uren wordt zo gekozen, dat het marginale nut van een eenheid extra vrije tijd gelijk is aan het uurloon.

Figuur 4.7 De waardering van vrije tijd



In Figuur 4.7 zijn vier verticale balken weergegeven. Deze vier balken staan voor vier verschillende tijdstippen waarop de stroom kan uitvallen. De balk geheel rechts is bijvoorbeeld de finale van het EK voetbal tegen Duitsland. Een stroomuitval op dit moment waardoor televisiekijken onmogelijk is, gaat gepaard met een groot verlies aan waarde. De twee middelste balken zijn momenten waarop de stroom uitvalt waardoor vrije tijd verloren gaat die meer waard is dan het uurloon. De blauwe balk links is de waarde van de minst gewaardeerde vrije tijd. Bij onze berekeningen zijn we ervan uitgegaan dat de stroomonderbreking precies deze eenheid vrije tijd treft, omdat we de waarde van verloren

vrije tijd gelijk stellen aan het uurloon. Omdat ook andere, meer gewaardeerde eenheden vrije tijd getroffen kunnen worden door een stroomonderbreking, vormen onze resultaten in dit opzicht een ondergrens voor de schade bij huishoudens.

De redenering achter het model van Becker is dat mensen geen nut ontlenen aan goederen die ze kopen, maar aan het gebruik van die goederen, en dat het gebruiken ervan tijd kost. Een voorbeeld is het feit dat mensen geen nut ontlenen aan de goederen televisie en elektriciteit. Mensen ontlenen nut aan de combinatie van televisie, elektriciteit *en* tijd. Een ander voorbeeld is een bed. Mensen ontlenen geen nut aan een bed, maar aan het bed en de tijd die ze erin doorbrengen.

Onder economen is deze aanpak ondertussen gemeengoed geworden (zie verderop onder 'Toepassing op energiegebied' voor kritiek op deze methode). Zo wordt door economen die de kosten en baten van infrastructuurprojecten bestuderen vaak gewerkt met gegeneraliseerde reiskosten. Deze generaliseerde reiskosten bevatten niet alleen de geldelijke kosten van de reis (kosten van het treinkaartje), maar ook de tijd die de reis kost (zie bijvoorbeeld Eijgenraam *et al.*, 2000, p. 86). Een ander voorbeeld waarbij deze benadering wordt toegepast is in de arbeidseconomie, waarbij economen aannemen dat werklozen een 'reserveringsloon' hebben. Onder dat loon willen mensen niet werken, omdat hun vrije tijd dan meer waard is dan het loon dat ze verdienen.

Toepassing op energiegebied

Munasinghe (1980) past de theorie van Becker toe op huishoudens. Hiervoor deelt hij de activiteiten van huishoudens in twee categorieën in, namelijk huishoudelijke taken en recreatie. Beide categorieën bestaan uit meerdere activiteiten met ieder een andere elektriciteitseis. Zo zijn er huishoudelijke taken die overdag geen elektriciteit nodig hebben zoals opruimen en bepaalde schoonmaakactiviteiten, terwijl 's avonds verlichting nodig is om deze taken uit te kunnen voeren. Andere huishoudelijke taken hebben altijd elektriciteit nodig, zoals koeling en elektrisch koken. Volgens Munasinghe is het voor een huishouden mogelijk om de taken zo te herordenen dat de activiteiten die geen stroom vereisen worden verricht tijdens de onderbreking en de taken die wel stroom vereisen na de onderbreking. Een stroomstoring verstoort de huishoudelijke taken daarom maar weinig. Recreatie kan daarentegen voor veel mensen maar gedurende een beperkt deel van de dag plaatsvinden, namelijk gedurende de uren dat men vrij heeft: meestal de avonduren. Door een stroomonderbreking gaat de welvaart die recreatie normaal oplevert verloren; later inhalen is niet mogelijk. Dus is verloren recreatie de grootste schade van stroomonderbrekingen voor huishoudens. Munashinghe meet de marginale waarde van vrije tijd als de loonvoet per tijdseenheid.

Sanghvi (1982) bespreekt verschillende onderzoeken naar de gevolgen van stroomonderbrekingen. Hij is van mening dat de benadering van de verloren welvaart door de uurloonbenadering een overschatting geeft van de gevolgen van een stroomonderbreking, om verschillende redenen.

- Niet alle tijd 's avonds wordt besteed aan recreatie. Ook kunnen huishoudens activiteiten die stroom eisen verschuiven in de tijd, zodat ze tijdens de stroomonderbreking eerst de activiteiten doen die geen stroom vereisen en na de stroomonderbreking de activiteiten die wel stroom gebruiken inhalen. Echter, zeer veel activiteiten vereisen tegenwoordig elektriciteit. Hierdoor is het verschuiven van activiteiten steeds lastiger geworden en heeft dit argument tegen de uurloonbenadering aan kracht verloren.
- Andere methoden om de kosten van stroomonderbrekingen te schatten, zoals interviews, bevatten ook andere schades dan de verloren vrije tijd. Deze methodes zouden dus hogere schades moeten rapporteren, maar in praktijk geven deze juist lagere schattingen. Daarbij kunnen volgens Sanghvi methodologische problemen een rol spelen. Zo is het voor huishoudens vaak lastig om in te schatten wat de gevolgen van stroomonderbrekingen zijn, omdat ze niet recent een stroomonderbreking hebben meegemaakt.
- Het is onduidelijk welke waarde toegekend moet worden aan de vrije tijd van iemand die niet werkt (zie onze benadering verderop).
- Sanghvi's laatste argument is dat de maximale kosten van een stroomonderbreking gelijk zijn aan de kosten van een noodaggregaat. Een noodaggregaat is volgens Sanghvi goedkoper dan de kosten van stroomonderbrekingen volgens de uurloonbenadering. Echter, Sanghvi neemt niet alle kosten van een noodaggregaat mee. Zo is het de vraag of de tijd die het kost om een generator aan te schaffen en te onderhouden wel is meegenomen. Hierbij gaat Sanghvi uit van een gemiddelde van 10 uur stroomonderbreking per jaar. In werkelijkheid is de gemiddelde stroomonderbreking in Nederland ongeveer een twintigste hiervan. De kosten per kWh stroom van een noodaggregaat zijn daarom veel groter dan Sanghvi deze inschat[37] en ook groter dan de schatting volgens de uurloonmethode die hij weergeeft.

Tegen deze achtergrond kiezen we in dit rapport voor de uurloonmethode. Daarbij tekenen we aan dat vergelijking van de resultaten van dit onderzoek met resultaten van andere methoden tot meer inzicht kan leiden.

[37] De kosten van een aggregaat zijn vooral de kapitaalkosten, die bij 30 minuten storing in veel minder kWh terugverdiend moeten worden, dan bij 10 uur stroomonderbreking per jaar.

4.2.3 Tijdsbesteding

Om de schade van stroomonderbrekingen voor huishoudens te kunnen schatten is inzicht nodig in de tijdsbesteding van huishoudens. Het CBS houdt iedere twee jaar een enquête naar de tijdsbesteding. Tabel 4.2 geeft aan hoe de Nederlanders gemiddeld hun dag besteden.

Tabel 4.2 Tijdsbesteding per dag, 2001

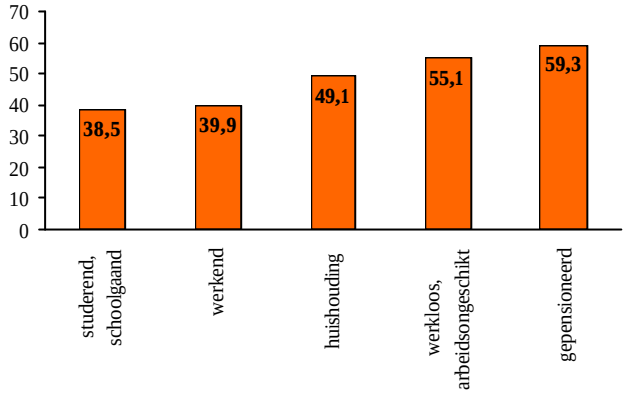
Persoonlijke verzorging, totaal	**10:15**	
Slapen, rusten		8:30
Wassen, aankleden		0:38
Thuis eten		1:07
Verzorging van anderen, totaal	**0:29**	
Waarvan Verzorgen en spelen met eigen kinderen		0:21
Onderweg, totaal	**0:54**	
Betaald werk, totaal	**2:47**	
Onderwijs, totaal	**0:34**	
Waarvan Bijwonen lessen, colleges, cursussen		0:25
Huishoudelijke verplichtingen, totaal	**2:27**	
Waarvan: Boodschappen (winkelen, bank, post e.d)		0:30
Huishoudelijk werk		0:53
Eten en drinken klaarmaken		0:26
Onderhoudswerk, klussen, tuinieren		0:25
Vrijwilligerwerk, totaal	**0:11**	
Vrije tijd, totaal	**5:55**	
Sportbeoefening		0:20
Televisie, video, radio, cd's, cassettes		1:57
Contact met familie, vrienden, kennissen		1:26
Bezoek aan restaurant, café, disco e.d.		0:18
Lezen		0:32
Wandelen, fietstochtjes; kerk e.d.; museum, theater e.d.		0:23
Spelletjes, knutselen, musiceren, toneel		0:31
Niets doen, luieren		0:29
Overige of onbekende tijdsbesteding	**0:27**	

Bron: CBS. Tijdsbesteding van Nederlanders ouder dan 12 jaar, zowel mannen als vrouwen. Subcategorieën kleiner dan 15 minuten zijn weggelaten.

Ook het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP) doet regelmatig onderzoek naar de tijdsbesteding van Nederlanders. De indeling in soorten activiteiten wijkt iets af van de indeling van het CBS, maar op hoofdlijnen lijken er geen grote verschillen te zijn. Eén van de interessante dingen van het SCP-onderzoek is dat respondenten ook gevraagd is naar hun arbeidsmarktpositie. Uit Figuur 4.8 blijkt dat werkende en studerende mensen duidelijk

minder vrije tijd hebben dan mensen die niet (meer) werken. In de berekening van de waarde van vrije tijd zullen we deze cijfers voor de vrije tijd gebruiken.

Figuur 4.8 Vrije tijd naar arbeidsmarktpositie, in uren per week, 2000



Bron: Breedveld *et al.* (2001, p. 46). Het betreft de bevolking van 12 jaar en ouder.

Uit dit Tijdsbestedingonderzoek heeft het SCP ook afgeleid op welke momenten mensen verplichte tijd (bezigheden voor het werk, de studie het huishouden), persoonlijke tijd (persoonlijke hygiëne, eten en slapen) en vrije tijd (de rest) hebben. Zo wordt het meeste werk overdag gedaan, maar ook 's avonds en in het weekend wordt gewerkt. Ook de meeste huishoudelijke werkzaamheden vinden overdag plaats, maar ook huishoudelijk werk vindt vaak 's avonds, 's nachts en in het weekend plaats. Dit is geïllustreerd in Tabel 4.3. Ook vrije tijd vindt niet steeds op hetzelfde tijdstip plaats.

Tabel 4.3 Timing van betaald en huishoudelijk werk, 2000, in uren per week

	betaald werk	huishoudelijk werk
Werkdag; overdag	19,2	12,4
Avond, nacht en weekend	3,2	10,5
Totaal	**22,4**	**22,9**
Percentage avond/nacht/weekend van totaal	14%	14%

Bron: Breedveld *et al.* (2001, p. 126). Het betreft de bevolking van 20-64 jaar.

Omdat het SCP gedurende een week heeft laten bijhouden welke activiteit er op ieder tijdstip plaats vind, is het in principe mogelijk om voor iedere storing tussen twee tijdstippen te bepalen hoeveel van welke activiteiten worden getroffen. Om twee redenen doen we dat hier echter niet: ten eerste is de indeling in activiteiten tamelijk ruw en ten tweede zijn deze cijfers niet op korte termijn beschikbaar.

4.2.4 Kwantificering van welvaartsverliezen

Om de tijd die een stroomonderbreking kost te waarderen, combineren we de uurloonbenadering met de gegevens over de tijdsbesteding van CBS en SCP. Hierbij gaan we

ervan uit dat vrije tijd waardeloos wordt voor de consument als er geen stroom is. De consument kan niet doen wat hij wil. Veel van de alternatieve manieren om tijd te benutten vereisen ook stroom; daardoor wordt het aantal keuzemogelijkheden sterk beperkt (zie box 4.1).

Ook bij huishoudelijk werk nemen we aan dat de consument niets kan doen als de stroom uitvalt. De huishoudelijke klussen die blijven liggen, worden later ingehaald ten koste van de vrije tijd. Daarom is de waarde van een uur huishoudelijke tijd die verloren gaat gelijk aan de waarde van een uur vrije tijd die verloren gaat. We veronderstellen dus dat er tijdens een stroomonderbreking geen andere activiteiten gedaan kunnen worden die geen stroom gebruiken. In werkelijkheid zijn er wel enige substitutiemogelijkheden. Daarom leidt deze aanname tot een overschatting van de kosten voor huishoudens. Omdat hiervoor al gebleken is dat de kosten worden onderschat (zie Figuur 4.7 en de uitleg daaronder) lijkt deze aanname hier gerechtvaardigd. Zie tevens box 4.1 voor een bespreking van de substitutiemogelijkheden.

Box 4.1 Grote elektriciteitsafhankelijkheid

Bij het kwantificeren van de kosten van stroomonderbrekingen in huishoudens staat de vraag centraal in welke mate de activiteiten van huishoudens afhankelijk zijn van elektriciteit. Daarnaast is van belang of, op het moment dat een bepaalde activiteit niet kan plaatsvinden door het ontbreken van elektriciteit, een andere tijdsbesteding mogelijk is die geen elektriciteit gebruikt. Hieronder wordt dit voor vijf activiteiten waaraan de meeste tijd wordt besteed beoordeeld. De activiteiten worden weergegeven in volgorde van het tijdsbeslag: de meeste tijd wordt besteed aan TV, video, radio etc.

Activiteit	Elektriciteitsafhankelijk?	Substitutie mogelijk?
TV, video, radio etc.	Ja	Beperkt
Contacten	Deels (vervoer, telefoon, e-mail)	Deels
Onderweg	Deels (trein e.d., verkeerslichten)	Nauwelijks
Huishoudelijk werk	Grotendeels (wassen, strijken, stofzuigen etc.)	Grotendeels
Wassen, aankleden	Deels (warm water, verlichting)	Nauwelijks

Hieruit kan worden opgemaakt dat de activiteiten waaraan de meeste tijd wordt besteed, geheel of voor een belangrijk deel afhankelijk zijn van elektriciteit. De mogelijkheden voor alternatieve tijdsbesteding zijn vaak beperkt.

Nederland had in 2001 15.987.075 inwoners; hiervan werkten er 7.865.000.[38] Het gemiddeld bruto uurloon (inclusief overwerk en bijzondere beloningen) van de werkzame personen was

[38] Bron: CBS, cijfers over 2001.

in 2001 € 18,65.[39] Het marginale belastingtarief is gemiddeld 42 procent.[40] Verder worden uit het bruto uurloon nog een aantal sociale zekerheidsregelingen gefinancierd. Hierdoor houdt een werkende ruwweg de helft over van extra bruto uurloon. Een stroomonderbreking van een uur in de avond leidt dan voor werkenden tot een schade van € 73 miljoen[41] Omdat echter dan ook veel niet-werkenden consumeren (en dit niet op andere tijdstippen kunnen doen, bijvoorbeeld omdat de goede tv-programma's 's avonds worden uitgezonden) is de schade van een uur stroomonderbreking 's avonds groter. We nemen aan dat de waarde van een uur tijd voor een niet-werkende de helft is van het uurloon van een werkende. Voor niet-werkenden resulteert dan een schade van € 38 miljoen[42] Als alle personen in huishoudens tegelijk aanwezig zouden zijn, dan is de schade van een uur stroomuitval € 106 miljoen Echter niet alle personen in huishoudens zijn tegelijk aanwezig. Hier is aangenomen dat overdag 35 procent van de personen aanwezig is, 's avonds 80 procent en zondag overdag 60 procent.[43] De schade bij huishoudens is voor deze tijdstippen respectievelijk € 37, € 85 en € 64 miljoen euro. Dit bedrag kan worden vergeleken met de toegevoegde waarde die in de verschillende sectoren wordt gerealiseerd (zie Paragraaf 4.1.1: Tabel 4.1 en Figuur 4.3). De huishoudens produceren € 85 miljoen per uur in de avond. Deze schade is groter dan de schade per sector bij bedrijven (daar is de hoogste schade € 69 miljoen per uur, overdag in de dienstensector).

Met bovenstaande gegevens kan tevens de totale waarde van de huishoudelijke vrije tijd worden geschat. Voor werkenden gaan we uit van het uurloon maal het aantal weken maal 40 uur vrije tijd per week. Voor niet-werkenden rekenen we met 55 uur vrije tijd per week en de helft van het uurloon van de werkenden. Per persoon zijn we er tevens van uitgegaan dat per week 17,5 uur aan huishoudelijke taken wordt besteed (2,5 uur per dag). In totaal komen we dan uit op 362 miljard euro per jaar[44].

4.3 Totaalbeeld bedrijven en huishoudens

Huishoudens lijken in eerste instantie geen belangrijke factor om rekening mee te houden, omdat met de elektriciteit geen economische waarde geproduceerd lijkt te worden. Echter, de elektriciteit wordt gebruikt om samen met vrije tijd en goederen nut (of welvaart, of

39 Bron: CBS, bewerking: SEO.

40 Bij de beslissing om meer of minder te werken is niet het gemiddelde, maar het marginale belastingtarief relevant, omdat over de extra uren het marginale tarief wordt betaald.

41 =€18.65*0,5*7.865.000

42 =(15.987-7.865)* €18,65*0,5*0,5

43 Deze aannames zijn consistent met de gegevens van het CBS en het SCP.

44 =(15,987-7,865)* €18,65*0,5*0,5*(55+17,5)*52+7,865*€18,65*0,5*(40+17,5)*52

‘geluk’) te maken. Als hier een waarde aan wordt toegekend, blijkt dat het elektriciteitsgebruik van huishoudens tot veel welvaart leidt en dat een stroomonderbreking bij huishoudens relatief veel schade veroorzaakt.

Tabel 4.4 geeft een totaaloverzicht. In kolom 1 staat het verbruikssaldo per sector. Op basis hiervan is uitgerekend hoeveel waarde per eenheid geleverde elektriciteit wordt gerealiseerd (derde kolom).

Tabel 4.4 Welvaart en elektriciteitsgebruik van huishoudens, bedrijven en overheid

	Verbruikssaldo	"waarde" (mln. euro)[A]	"waarde" per energiegebruik (€/kWh)[B]
Huishoudens	22100	362055	16,4
Landbouw	2889	11261	3,9
Totaal energiebedrijven	-72361	22910	0,3
Industrie	34009	63441	1,9
Bouwnijverheid	750	24791	33,1
Transport	1577	19587	12,4
Diensten	24944	198126	7,9
Overheid	2389	80040	33,5
Bedrijven[C]	66558	397246	6,0
Bedrijven en huishoudens	88658	759301	8,6

Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO

Noot A: In de kolom “waarde” staat bij huishoudens de waarde van de vrije tijd, terwijl bij de bedrijven en de overheid de toegevoegde waarde staat.
Noot B: Voor energiebedrijven per *geleverde* kWh.
Noot C: Exclusief energiebedrijven.

Hieruit blijkt dat de gemiddelde “waarde” van een eenheid elektriciteit in Nederland als geheel (vaak aangeduid als de “value of lost load” of “voll”) wordt geschat op 8,6 euro per kWh. In de huishoudens is deze waarde relatief hoog (16,4 euro per kWh) vergeleken met de waarde bij bedrijven en overheid (6,0 euro per kWh). In de industrie wordt per eenheid elektriciteitsgebruik relatief weinig geproduceerd (1,9 euro per kWh). De grote verschillen tussen deze waarden impliceren dat de kosten die optreden bij productietekorten sterk afhangen van de wijze waarop de schaarse stroom wordt verdeeld.

Bovenstaande value of lost load is berekend door alle (toegevoegde) waarde op te tellen en dit te delen door het totale elektriciteitsverbruik (verbruikssaldo; exclusief energiebedrijven). Omdat niet alle bedrijven en huishoudens op alle tijdstippen actief zijn, is dit een (gewogen) gemiddelde. Per periode (zoals op werkdagen overdag, op werkdagen ’s avonds, en overdag op zondag) verschilt het aantal bedrijven dat actief is. Zo zijn er industriebedrijven die volcontinu produceren, terwijl er veel dienstenbedrijven zijn die op zondag in het geheel niet produceren. Daardoor zal de waarde van een eenheid niet geleverde elektriciteit per tijdstip

verschillen. In Tabel 4.5 staat de waarde van één eenheid niet geleverde elektriciteit, waarbij per tijdstip is gewogen voor hoe actief iedere sector is.

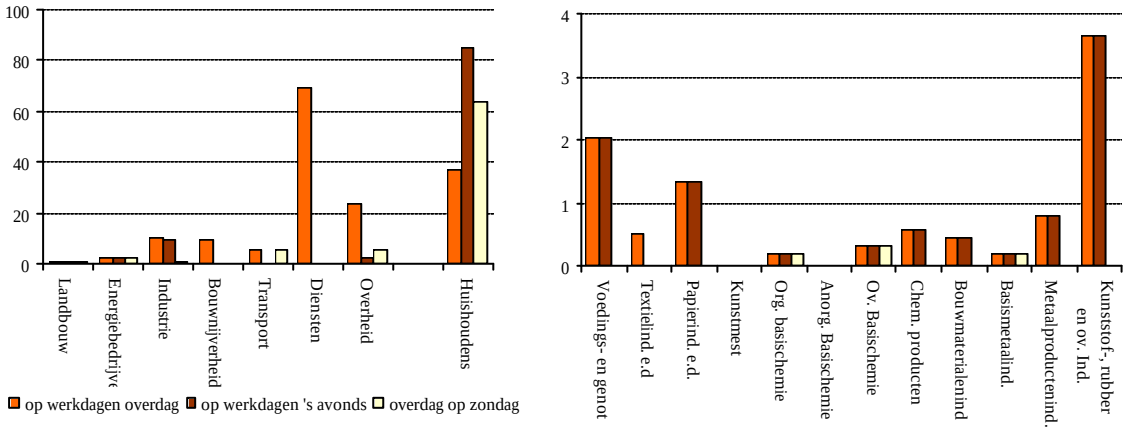
Tabel 4.5 "Waarde" per eenheid verbruikssaldo naar tijdstip in 2001 (€/kWh)

	op werkdagen overdag	op werkdagen 's avonds	overdag op zondag
Totaal bedrijven exclusief de energiebedrijven	7,8	2,2	4,6
Totaal exclusief de energiebedrijven	8,9	9,6	11,0

Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO
Noot: Bij huishoudens is de waarde van de vrije tijd gebruikt, terwijl bij de bedrijven en de overheid de toegevoegde waarde is gebruikt.

Uit de tabel wordt duidelijk dat de waarde van één eenheid niet geleverde stroom voor het bedrijfsleven op werkdagen overdag het hoogste is. Dit komt door het relatief grote aandeel van de dienstensector op dat moment. Echter, voor de Nederlandse samenleving als geheel is het beeld anders. De waarde van een eenheid niet geleverde stroom is het grootst op zondag overdag, omdat dan het aandeel van de huishoudens (waar de waarde per eenheid elektriciteitsafname erg hoog is) domineert. Voor de Nederlandse samenleving als geheel geldt dat een storing op werkdagen overdag minder schadelijk is dan een storing op zondag overdag.[45]

Figuur 4.9 Toegevoegde waarde per sector-uur naar sector en tijdstip, 2001 (mln. euro)



Bron: CBS, CPB; bewerking: SEO

45 Voor de hele Nederlandse economie als geheel liggen de voll's die in deze tabel gerapporteerd staan boven de gemiddelde waarde in Tabel 4.4. Dit komt omdat Tabel 4.5 niet alle tijdstippen omvat (zo ontbreken de nachten en de zaterdag). Vooral 's nachts is het aandeel van de industrie in de elektriciteitsafname en de gecreëerde toegevoegde waarde groot. Omdat de industrie echter een lage waarde per elektriciteitsafname heeft, is de voll op deze tijdstippen lager. Hierdoor ligt het gemiddelde over alle tijdstippen (Tabel 4.4) lager dan de drie in Tabel 4.5 gerapporteerde voll's.

Figuur 4.9 geeft weer hoeveel waarde verloren gaat door een stroomonderbreking van een uur. Hierbij is voor drie tijdstippen weergegeven hoe groot de schade is van een uur stroomonderbreking in de belangrijkste bedrijfssectoren en de huishoudens. Hieruit blijkt dat schade doordeweeks overdag het grootste is in de dienstensector. De schade bij de huishoudens en de overheid is overdag duidelijk kleiner, maar wel veel groter dan bij de andere sectoren. ‘s Avonds en zondag overdag is de schade bij de huishoudens groter dan de schade in ieder van de andere sectoren. Tevens is de schade ’s avonds bij de huishoudens groter dan in de dienstensector overdag.

5 Geografische verdeling van de schade

De gevolgen van een stroomstoring zijn per gebied verschillend. In dit hoofdstuk bekijken we de geografische verdeling van schade bij elektriciteitsonderbreking. Daarbij onderscheiden we 40 zogenaamde Corop-gebieden in Nederland.[46] Er is voor deze indeling gekozen omdat dit het meest gedetailleerde geografische niveau is waarop het CBS in toegevoegde waarde cijfers nog onderscheid tussen sectoren maakt. Hier wordt onderscheid gemaakt tussen vier sectoren, te weten industrie, diensten, overige bedrijfstakken en huishoudens.[47]

Er zijn nauwelijks gegevens bekend over de ruimtelijke verdeling van het elektriciteitsgebruik. Daarom is de regionale verdeling van de toegevoegde waarde gebruikt om het elektriciteitsgebruik per Corop-gebied te schatten. De geografische verdeling van het elektriciteitsgebruik van huishoudens is verdeeld met behulp van het aantal inwoners per Corop-gebied. Deze methodes bieden een redelijke benadering van de werkelijkheid.

In dit hoofdstuk zijn verschillen in de gegenereerde welvaart naar tijd opgenomen. Voor iedere sector is het aandeel van de gegenereerde welvaart naar dagdeel opgenomen. Deze dagdelen zijn hetzelfde als in Hoofdstuk 4, te weten werkdagen overdag, werkdagen avond enzondag overdag.

Dit hoofdstuk begint met gevolgen van een regionale stroomonderbreking (5.1). Het gaat hierbij om een storing in het netwerk waarop nauwelijks enige invloed kan worden uitgeoefend. In de tweede paragraaf wordt ingegaan op de regionale verdeling van een nationaal tekort (5.2). In deze paragraaf wordt uitgegaan van een storing in de productie, waarbij niet in alle vraag kan worden voorzien. Als gevolg daarvan ontstaat een keuzemoment waarbij een landelijk probleem uiteindelijk een regionaal karakter krijgt. Tot slot worden conclusies getrokken (5.3).

5.1 Regionale stroomonderbreking

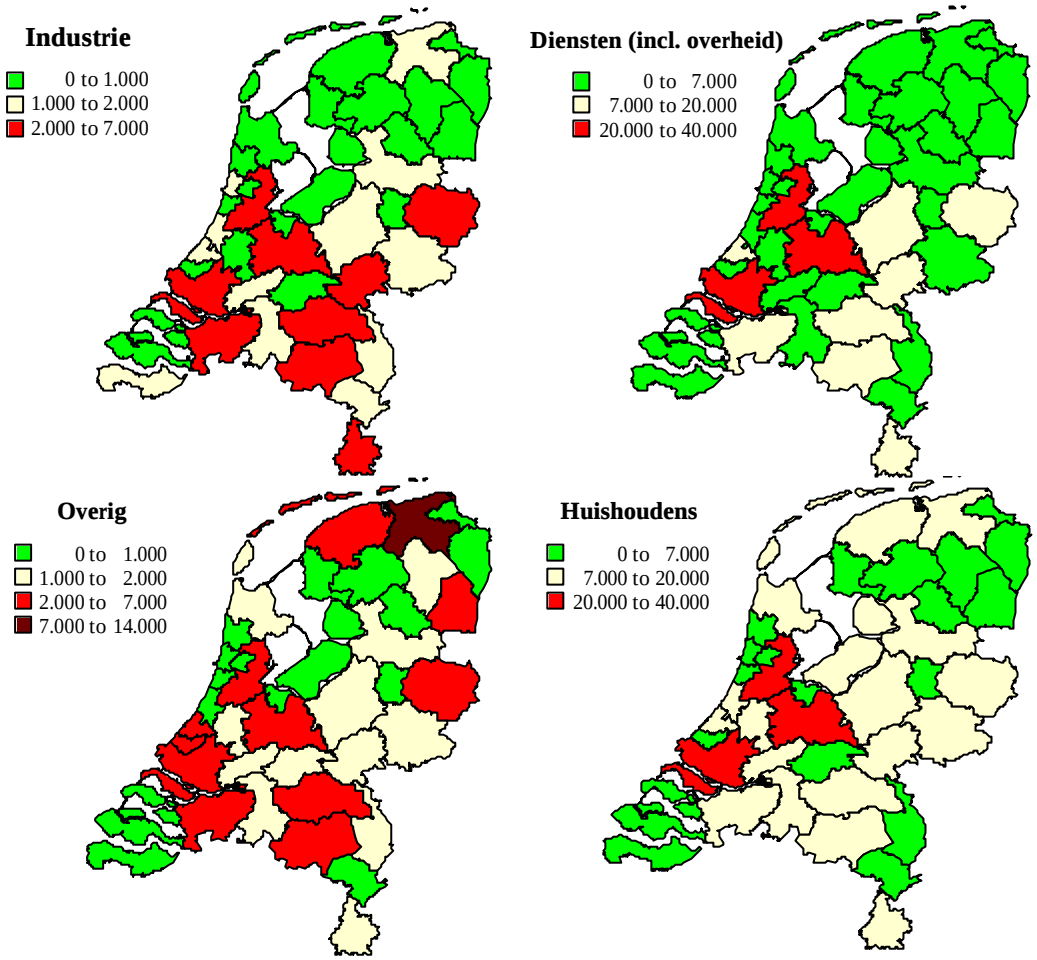
In deze paragraaf wordt een schatting gemaakt van de economische schade van niet produceren en consumeren per sector en naar tijd in de dag. Aan de hand van misgelopen

46 De Corop-gebieden zijn rond 1970 gedefinieerd door de Coördinatiecommissie Regionaal Onderzoeksprogramma.

47 De dienstensector bestaat uit de diensten en de overheid. De overige sectoren zijn alle sectoren exclusief industrie, diensten en overheid (zie sectorindeling Tabel 4.1).

welvaart[48] kan een beeld worden geschetst van de geografische verdeling van economische schade. In Figuur 5.1 is de totale welvaart per Corop-gebied en sector weergegeven.

Figuur 5.1 Totale welvaart naar Corop-gebied en sector in miljoenen euro, 2001



Bron: CBS; bewerking: SEO

Uit deze figuur blijkt dat de gebieden rondom de steden Amsterdam, Rotterdam en Utrecht de meeste welvaart genereren. Tezamen wordt in deze drie gebieden meer dan 25 procent van de totale welvaart van Nederland gecreëerd. In het Corop-gebied Delfzijl en omgeving is de gegenereerde welvaart het kleinst. Deze verschillen komen voort uit de bevolkings- en bedrijvendichtheid van de gebieden. De economische gevolgen van een elektriciteitstekort zijn het grootst in rood gekleurde gebieden. De schade is het kleinst in de groene gebieden.

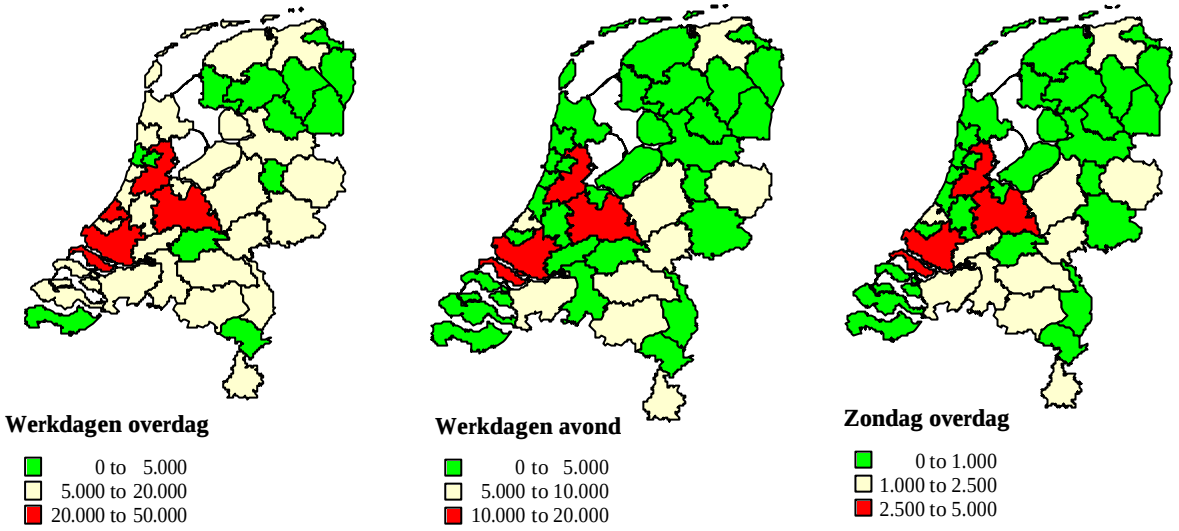
De grote impact van de stroomstoring in Utrecht in 1997 kan worden verklaard door deze uitkomsten. Ondanks dat niet duidelijk is geworden hoe groot de (maatschappelijke) schade is geweest, is wel bekend dat er in totaal 2500 schadeclaims zijn binnengekomen bij de

48 De totale welvaart is berekend als de som van de toegevoegde waarde van bedrijven en de waarde van vrije tijd van huishoudens.

REMU.[49] Geen enkele van deze schadeclaims is overigens uitgekeerd omdat 'er sprake was van overmacht' (ECN, 1997).

De gevolgen van stroomstoringen hangen sterk af van het tijdstip waarop ze optreden. In Figuur 5.2 is voor drie dagdelen de totale gegenereerde welvaart opgenomen.

Figuur 5.2 Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, miljoenen euro per jaar, 2001



Bron: CBS; bewerking: SEO

Uit deze figuur blijkt dat de drie grote Corop-gebieden in de Randstad gedurende het gehele etmaal van groot economisch belang zijn. Het is overigens niet geheel toevallig dat juist deze gebieden de meeste welvaart genereren. Denk bijvoorbeeld aan de grote dienstensector rondom Amsterdam en Utrecht en de industrie en havens in Rotterdam. Daarnaast zijn deze Randstedelijke gebieden dichtbevolkt waardoor de toegevoegde waarde uit vrije tijd in deze gebieden hoog is.

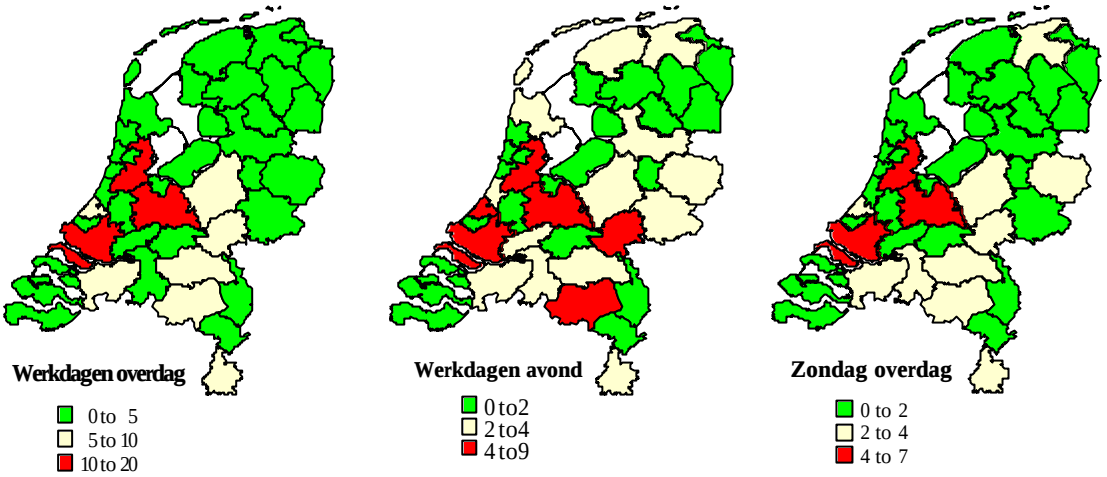
De minste welvaart wordt over het algemeen behaald in Oostelijk Groningen, Zuidelijk Friesland en de provincies Drenthe en Zeeland. In alle drie de dagdelen zijn deze gebieden groen en als de absolute gegevens (totaal en per dagdeel) worden bekeken, wordt de top 5 (van onderen) aangevoerd door Corop-gebieden uit deze landsdelen.

Wat betekent deze figuur nog meer voor het onderzoek? Allereerst kan worden gesteld dat de gegenereerde welvaart op een werkdag overdag aanzienlijk groter is dan zowel 's avonds als op zondag. De schade overdag is bijna twee keer zo groot als 's avonds en zondags overdag. Opvallend is dat de verschillen tussen overdag en 's avonds en op werkdagen overdag en zondags het grootst zijn in het Corop-gebied Groot-Amsterdam. De

[49] REMU was in 1997 de elektriciteitsleverancier in dit gebied. Dit bedrijf maakt momenteel deel uit van ENECO.

aanwezigheid van een grote dienstensector (die 's avonds en op zondag grotendeels stil ligt) speelt hierbij naar alle waarschijnlijkheid een belangrijke rol. De verschillen zijn het kleinst in Oost-Groningen.

Figuur 5.3 Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, miljoenen euro per uur, 2001



Bron: CBS; bewerking: SEO

In Figuur 5.3 is per regio weergegeven hoe groot de schade is als de stroom een uur uitvalt. Zoals te verwachten was, is het patroon van de schade per uur identiek aan het patroon in Figuur 5.2; het enige verschil is dat het nu om schade per uur in plaats van schade per jaar gaat.

Tabel 5.1 Totale schade per uur door een stroomstoring in mln. euro, naar regio, 2001

Gebied	**Overdag**	**Avond**	**Zondag overdag**
Randstad	72,2	38,3	33,1
w.v. Groot-Amsterdam	*16, 7*	*6,8*	*6,4*
Groot-Rijnmond	*13,4*	*8,1*	*6,9*
Agglomeratie 's-Gravenhage	*8,7*	*4,3*	*4,0*
Utrecht	*13,7*	*6,5*	*5,5*
Overige regio's	83,8	59,3	48,1
w.v. Zuidoost-Noord-Brabant	*6,7*	*4,4*	*3,0*
Totaal Nederland	**156,1**	**97,5**	**81,2**

Bron: CBS; bewerking: SEO

De schade van regionale storingen kan aanzienlijk zijn. Uit Tabel 5.1 blijkt dat de schade per uur van een storing overdag in de gehele Randstad in de orde van grootte van 72 miljoen

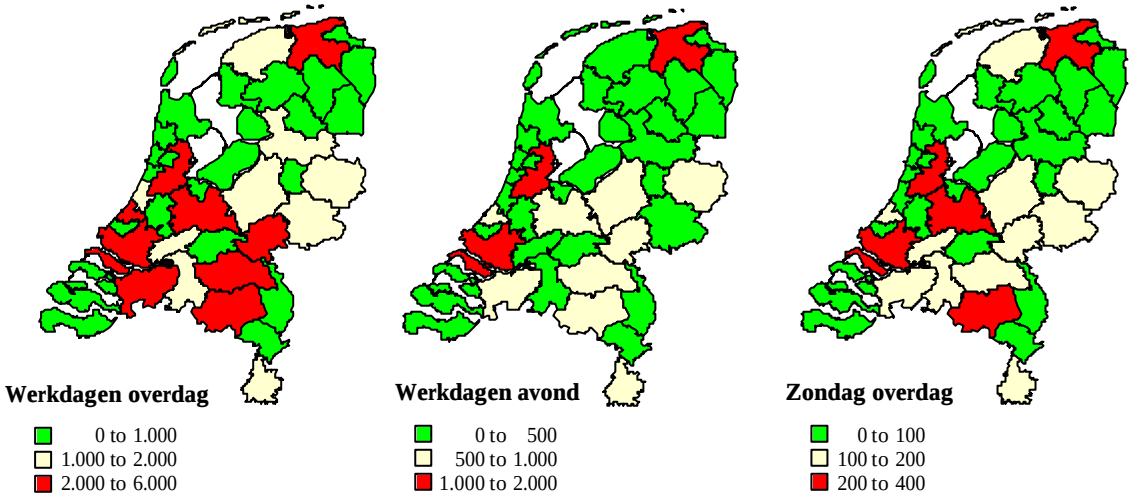
euro ligt. In vergelijking met waarde van de niet geleverde stroom (€1,6 miljoen per uur overdag in de Randstad[50]) ligt deze maatschappelijke schade een stuk hoger.

5.2 Productietekort

Als op landelijk niveau een productietekort ontstaat, komt niet heel Nederland zonder elektriciteit te zitten. In de praktijk zal er in bepaalde gebieden wel stroom zijn, en in andere gebieden niet. In deze paragraaf kijken we hoe de geografische verdeling van een dergelijk tekort de economische effecten beïnvloedt.

Om te beginnen is in Figuur 5.3 het finaal elektriciteitsgebruik naar Corop-gebied en dagdeel opgenomen. De verdeling van het elektriciteitsgebruik over gebieden is geschat door de verdeling van de toegevoegde waarde per sector over gebieden toe te passen op het totale elektriciteitsgebruik per sector.

Figuur 5.4 Verdeling elektriciteitsgebruik (gWh), naar Corop-gebied en tijdstip, 2001



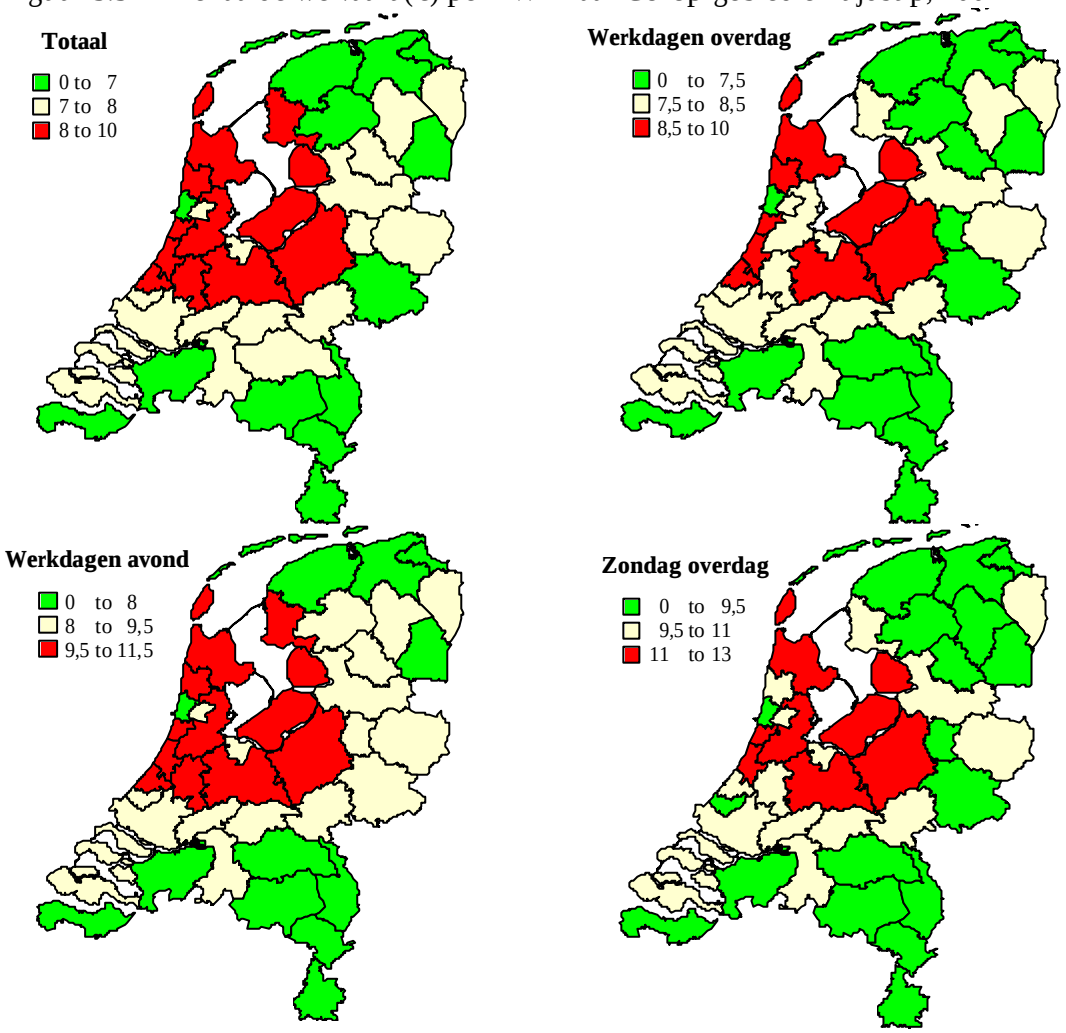
Bron: CBS/CPB; bewerking: SEO

Uit Figuur 5.4 blijkt dat het geschatte elektriciteitsgebruik op alle tijdstippen het grootst is in Groot-Amsterdam, Groot-Rijnmond en Overig Groningen. Dit laatste lijkt misschien opvallend, maar is grotendeels het gevolg van de aanwezigheid van aardgas in Groningen (Groningen-veld). Het elektriciteitsgebruik is te allen tijde het kleinst in het Corop-gebied Delfzijl en omgeving. De verschillen tussen Corop-gebieden zijn in alle dagdelen ongeveer even groot.

50 's Avonds en zondag overdag is de waarde van de niet geleverde stroom in de Randstad respectievelijk € 0,7 miljoen en € 0,6 miljoen. Hierbij is overigens verondersteld dat de prijs van elektriciteit voor alle tijdstippen gelijk is (€ 0,18 per kWh; bron website ECN).

Met gegevens over zowel de welvaart (Paragraaf 5.1) als het finaal elektriciteitsgebruik is het mogelijk om een beeld te krijgen van de gegenereerde welvaart per gebruikte kWh. Met deze informatie kan bekeken worden hoeveel economische schade er wordt geleden per eenheid elektriciteit die minder wordt geleverd. In Figuur 5.5 zijn deze gegevens opgenomen in vier kaarten.

Figuur 5.5 Behaalde welvaart (€) per kWh naar Corop-gebied en tijdstip, 2001



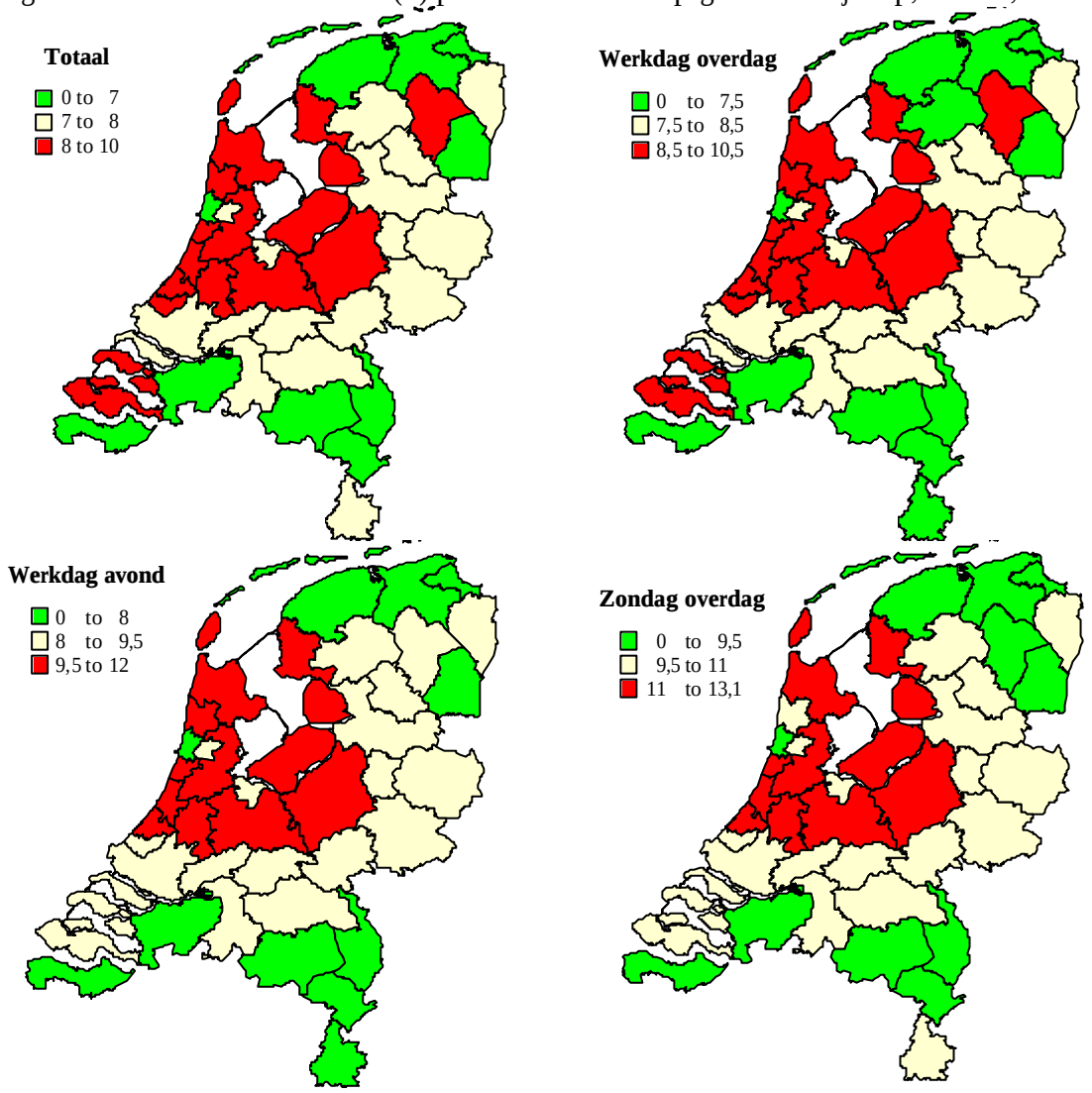
Bron: CBS/CPB; bewerking: SEO

In vergelijking met de Figuren 5.2, 5.3 en 5.4, die veel gelijkenis vertoonden, laat Figuur 5.5 een ander beeld zien. In de rood gekleurde (donkere) Corop-gebieden is de gegenereerde welvaart per kWh het grootst. In de groene gebieden is dat juist andersom.

Kenmerkend voor de gebieden die alle dagdelen een hoge welvaart per kWh genereren (zoals de Kop van Noord-Holland, Flevoland en Utrechten) is dat het aandeel van de industrie in deze gebieden relatief klein is. In deze gebieden is de landbouw (Kop van

Noord-Holland, Flevoland) resp. de dienstensector (Utrecht, Haarlem) relatief belangrijk. Deze sectoren gebruiken relatief weinig elektriciteit.

Figuur 5.6 Behaalde welvaart (€) per kWh naar Corop-gebied en tijdstip, variant, 2001



Bron: CBS/ CPB; bewerking: SEO

In gebieden met veel diensten treedt dus per niet-geleverde kWh een relatief grote schade op. Het is de vraag of dit ook het geval is voor gebieden met veel akkerbouw. Vermoedelijk is de continuïteit van de productie in de akkerbouw veel minder sterk afhankelijk van elektriciteit dan in andere sectoren. In Figuur 5.6 is dezelfde figuur als 5.5 opgenomen, maar dan met een correctie voor de landbouw, bouwnijverheid en transportsector. Deze correctie houdt in dat er vanuit wordt gegaan dat tijdens een stroomstoring in deze sectoren niet de gehele productie plat gaat, maar de helft. Hierdoor wordt nog steeds de helft van de toegevoegde waarde genereerd en er wordt daardoor minder schade geleden bij een storing. Hierbij moet worden opgemerkt dat het een grove benadering is.

In vergelijking met Figuur 5.5 zijn er wel verschillen, maar deze verschillen zijn klein. Alleen bij de schade overdag zijn de verschillen wat groter. Dit is interessant omdat overdag de meeste elektriciteit wordt verbruikt. In de andere dagdelen en in het totale plaatje blijven de landbouwgebieden een grote welvaart genereren per gebruikte eenheid elektriciteit (kWh). De verklaring voor de hoge waarde per kilowattuur in de landbouwgebieden is waarschijnlijk niet de omvang van landbouw, maar eerder het kleine aandeel van de industrie in deze regio's.

De laagste kosten per niet geleverde kWh treden op in de noordelijke provincies, Zeeuws-Vlaanderen en grote delen van Noord-Brabant.

Het belang van een efficiënte verdeling

In een situatie waarin de welvaartseffecten van stroomonderbrekingen per regio sterk verschillen, is het van groot belang om schaarse stroom efficiënt te verdelen. Als geen rekening wordt gehouden met de economische effecten, bestaat er een risico dat de kosten hoger uitvallen dan strikt noodzakelijk is. Dit wordt geïllustreerd in kader 5.1.

Kader 5.1 Mogelijkheden om tekorten te verdelen

Gebieden	**gWh per dag**	**Welvaart per dag (mln. euro)**	**Welvaart per kWh**
Gebied A	10	10	1
Gebied B	1	10	10
Gebied C	2	40	20
Gebied D	3	30	10
Gebied E	4	40	10

Stel Nederland bestaat uit bovenstaande vijf gebieden. Er ontstaat een stroomtekort van 10 gWh. Er zijn nu twee mogelijkheden om dit tekort op te vangen.

1- Gebied A krijgt stroom. Dit leidt tot een welvaartsverlies in de gebieden B t/m E ter grootte van (10+40+30+40=) 120 miljoen euro per dag.

2- De gebieden B tot en met E krijgen stroom. In dit geval treedt in gebied A een welvaartsverlies op van 10 miljoen euro per dag.

In dit voorbeeld kan de economische schade worden verminderd van 120 miljoen euro per dag tot 10 miljoen euro per dag door de schaarse stroom niet toe te wijzen aan gebied A, maar aan de gebieden B t/m E.

Bron: SEO

5.3 Conclusies

De regionale kijk op elektriciteitstekorten in dit hoofdstuk geeft een beeld van de te verwachten economische schade als in bepaalde Corop-gebieden stroomstoringen optreden. Aan de hand van de gepresenteerde informatie wordt het mogelijk om op economische gronden keuzes te maken tussen gebieden, als het gaat om investeringen in het netwerk of om verdeling van schaarse elektriciteit. Bij investeringsbeslissingen staat de schade per gebied centraal: deze is hoog in grote steden en laag in landelijke gebieden. Bij het verdelen van schaarse stroom is de toegevoegde waarde per geleverde kWh van belang. In deze gevallen kunnen de kosten worden beperkt door regio's met een grote dienstensector te ontzien. In gebieden met veel (basis)industrie is de economische schade van stroomstoringen in deze gevallen minder groot.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk geven we aan welke consequenties de onderzoeksresultaten hebben voor TenneT en andere betrokkenen bij de leveringszekerheid van elektriciteit. Paragraaf 6.1 geeft aan welke criteria en normen men in de praktijk zou kunnen toepassen bij investeringsbeleid om storingen te voorkómen, en bij het verdelen van schaarste als zich een storing voordoet. Paragraaf 6.2 bevat een lijst van aandachtspunten die van belang zijn bij het vormgeven van beleid. Tot slot beschrijft Paragraaf 6.3 mogelijkheden om de economische gevolgen van stroomonderbrekingen nog scherper in kaart te brengen met vervolgonderzoek.

6.1 Criteria en normen

In deze paragraaf geven we voorbeelden van criteria en normen die men zou kunnen toepassen bij keuzes omtrent leveringszekerheid. Daarbij gaan we afzonderlijk in op investeringsbeleid (6.3.1) en verdeling van schaarse stroom (6.3.2), waarna we conclusies trekken (6.3.3).

6.1.1 Investeringsbeleid

Investeringen in het netwerk verkleinen de kans op storingen, maar brengen ook kosten met zich mee. Het volledig wegnemen van storingen is, als het al mogelijk is, zeer duur. Daarnaast zijn verdelingseffecten en sociale rechtvaardigheid van belang. Op basis hiervan kunnen verschillende criteria worden onderscheiden.

1. *Economische optimaliteit*
   In deze benadering worden investeringen uitsluitend bepaald door de vraag of de totale economische baten (in brede zin) opwegen tegen de investeringskosten. Aangezien de baten van investeren het hoogst zijn in dichtbevolkte gebieden, leidt deze strategie tot een relatief lage storingskans in steden en een relatief hoge kans in landelijke gebieden.
2. *Gelijke verdeling*
   Deze benadering is gebaseerd op het principe dat het niet rechtvaardig is als sommige regio's of sectoren meer kans lopen op stroomstoringen dan andere. Bij de toepassing hiervan wordt een vaste doelstelling bepaald voor de kans op storingen; deze is voor alle regio's gelijk. Dit leidt er toe dat ook investeringskosten worden gemaakt als dat economisch inefficiënt is (of er wordt niet geïnvesteerd waar dat wel efficiënt zou zijn).

Dit principe geeft overigens geen uitsluitsel over de vraag hoe hoog deze doelstelling moet zijn.

3. *Combinatie*
   Het is ook mogelijk economische efficiëntie en verdelingsdoelen te combineren. In een dergelijke aanpak zou een bepaald minimum niveau van leveringszekerheid voor alle regio's worden gedefinieerd. Eventuele additionele investeringen om tot een betere leveringszekerheid te komen, hangen af van de vraag of de economische voordelen opwegen tegen de kosten.

6.1.2 Verdeling van schaarse stroom

Als er sprake is van een productietekort, moet de schaarse stroom worden verdeeld over regio's. Net als bij het investeringsbeleid kunnen hierbij drie criteria worden toegepast:

1. *Economische optimaliteit*
   In deze benadering wordt schaarse stroom toebedeeld aan regio's en sectoren waar de schade van een stroomstoring het grootst is. Concreet kan dit vorm krijgen door de regio's te rangschikken naar de welvaart die per geleverde eenheid stroom wordt gegenereerd[51], en de regio's bovenaan de lijst het eerst van stroom te voorzien. Deze aanpak leidt ertoe dat met name regio's met veel inwoners en met een grote dienstensector de voorkeur krijgen.
2. *Gelijke verdeling*
   Deze benadering is gebaseerd op het principe dat de schaarste evenredig over regio's moet worden verdeeld. Dit impliceert dat de regio's 'rouleren'. Concreet zou hierbij een lijst worden gemaakt waarop regio's die recent een stroomstoring hebben gehad bovenaan staan; zij krijgen de voorkeur als er schaarse stroom moet worden verdeeld. De sterk uiteenlopende economische effecten van stroomstoringen in verschillende regio's impliceren dat dit criterium tot relatief hoge maatschappelijke kosten kan leiden.
3. *Combinatie*
   Het is ook mogelijk economische efficiëntie en verdelingsdoelen te combineren. In een dergelijke aanpak zou de positie van een regio op de lijst zowel door het economisch belang als door eerdere stroomstoringen worden bepaald (een 'gewogen gemiddelde').

6.1.3 Conclusie

Bij de toepassing van de criteria economische optimaliteit of een combinatie tussen deze en een gelijke verdeling kan een *kosten-batenanalyse* een belangrijke rol spelen. Door alle

[51] Eventueel zou per dagdeel een lijst kunnen worden opgesteld.

maatschappelijke kosten en baten van een investeringsvoorstel te inventariseren en zoveel mogelijk in geld uit te drukken, kan worden nagegaan of de voordelen opwegen tegen de kosten. Tevens kan in kaart worden gebracht hoe de effecten zijn verdeeld over regio's en sectoren. De berekeningen in de Hoofdstukken 4 en 5 vormen een aanzet tot het berekenen van de baten van investeringen, die immers voornamelijk bestaan uit vermeden kosten van stroomstoringen. Bij het verdelen van schaarse stroom kan kosten-batenanalyse bijdragen aan het beperken van de schade.

Uit het bovenstaande komen zowel aandachtspunten als mogelijkheden voor vervolgonderzoek naar voren. Deze worden in respectievelijk Paragraaf 6.2 en 6.3 besproken.

6.2 Aandachtspunten

6.2.1 Maatschappelijke kosten beperken

Uit dit rapport blijkt dat de maatschappelijke kosten van stroomonderbrekingen hoog zijn. De kosten worden echter groter dan strikt noodzakelijk als schaarse stroom (bij productietekorten) en investeringen in de netwerken op een suboptimale wijze worden verdeeld. In een situatie waarin het risico van onderbrekingen mogelijk toeneemt onder invloed van liberalisering, is het voor alle betrokkenen van groot belang om zich te bezinnen op het eigen beleid en de invloed daarvan op de samenleving. Dit geldt niet alleen voor TenneT als beheerder van het landelijk netwerk, maar ook voor de regionale netbeheerders, elektriciteitsproducenten, stroomverbruikers en voor de overheid als sturende instantie.

In de praktijk kunnen de maatschappelijke kosten met name worden beperkt door voorrang te geven aan leveringszekerheid in gebieden waar de kosten van onderbrekingen hoog zijn. Dit is het geval in en rond de vier grote steden, enerzijds omdat daar veel mensen wonen en anderzijds omdat de economisch belangrijke dienstensector daar is geconcentreerd. In industriële gebieden is de schade van stroomonderbrekingen minder groot.

6.2.2 Huishoudens zijn belangrijk

De schade die door stroomstoringen optreedt in huishoudens is qua orde van grootte ongeveer even groot als de schade bij bedrijven. Bij bedrijven gaat het om 'harde' productieverliezen, opstartkosten e.d., terwijl het bij huishoudens 'slechts' om verlies van vrije tijd gaat. Dit zou gemakkelijk kunnen leiden tot kostenberekeningen op basis van alleen de 'harde' effecten. Uit dit onderzoek blijkt echter dat de tijdverliezen bij huishoudens, op

economisch gangbare wijze uitgedrukt in geld, buitengewoon veel welvaart vertegenwoordigen. Als deze effecten niet voldoende worden betrokken in de afwegingen rond leveringszekerheid, bestaat er een risico dat verkeerde keuzes worden gemaakt.

6.2.3 Verdelingseffecten politiek afwegen

In de voorgaande hoofdstukken is gebleken dat stroomonderbrekingen uiteenlopende gevolgen hebben voor verschillende groepen in de samenleving. Een stroomonderbreking brengt bij een bedrijf in de dienstensector andere kosten teweeg dan bij een industrieel bedrijf. De schade van een stroomonderbreking in Amsterdam is anders dan van een vergelijkbare stroomonderbreking in de kop van Noord-Holland.

Daarnaast geldt voor productietekorten dat zij vaak leiden tot scherpe prijsstijgingen. De stroomstoring in Californië vormt hiervan een sprekend voorbeeld. Deze prijsstijgingen hebben tot gevolg dat stroomverbruikers aanzienlijk hogere bedragen betalen, en dat een flinke welvaarstoverdracht plaatsvindt. Dit is een additioneel verdelingseffect, dat in de praktijk een grotere omvang kan hebben dan de directe schade.

De verdelingseffecten van stroomonderbrekingen zijn bij uitstek een terrein waarop de politiek het laatste woord moet hebben. Instellingen zoals TenneT of SEO kunnen verschillende mogelijkheden op een rij zetten, maar het is niet hun verantwoordelijkheid om de uiteindelijke keuzes te maken.

6.2.4 Maximumprijzen kosten welvaart

Als de overheid bij stroomtekorten een maximumprijs oplegt, worden de kosten voor stroomgebruikers beperkt. Tegelijk wordt echter de prikkel voor producenten om te investeren in opwekkingscapaciteit verkleind, omdat de baten daarvan worden verkleind. Hierdoor neemt de kans op stroomonderbrekingen toe, en treden grotere maatschappelijke kosten op dan zonder een maximumprijs. De overheid moet dan kiezen tussen twee kwaden: een hoge elektriciteitsrekening of welvaartsverlies door meer onderbrekingen.

Het opleggen van een maximumprijs impliceert tevens dat vraag en aanbod niet, zoals in een vrije markt, ‘vanzelf’ aan elkaar gelijk zijn: de vraag is bij deze prijs (veel) groter dan het aanbod. Dit impliceert dat de schaarse stroom op enigerlei wijze moet worden verdeeld via een zogenaamd ‘rantsoeneringssysteem’, waarbij sommige verbruikers niet de door hen de gewenste stroom krijgen (zie Paragraaf 3.5.2). In de praktijk betekent dit dat in een bepaalde regio (tijdelijk) de stroom uitvalt. Bij een deel van de verbruikers in elke regio ontstaan hierdoor zeer hoge (maatschappelijke) kosten. Vrije marktwerking vermijdt niet alleen deze

kosten, maar voorkomt ook dat moet worden gekozen tussen verschillende mogelijke rantsoeneringssystemen.

6.2.5 Aanpassen aan meer storingen

Nederlandse elektriciteitsgebruikers zijn gewend aan zeer weinig storingen, en houden er in hun gedrag nauwelijks rekening mee dat de stroom kan uitvallen. In een nieuwe situatie met mogelijk meer storingen kunnen zij zich echter ook zelf beter aanpassen. Hiervoor zijn tenminste twee manieren: noodstroomvoorzieningen en beperking van het stroomverbruik op momenten dat de totale vraag hoog is.

Als er meer stroomonderbrekingen optreden, nemen de kosten daarvan toe. In die situatie worden noodstroomvoorzieningen aantrekkelijker. In beginsel zullen de kosten van stroomonderbrekingen niet hoger worden dan de kosten van noodvoorzieningen (zie Paragraaf 4.2.2).

Elektriciteitsverbruikers kunnen veelal minder stroom verbruiken in piekperioden, bijvoorbeeld door activiteiten die veel stroom vergen op geschikte momenten uit te voeren Meer gedifferentieerde tariefsystemen kunnen daartoe een prikkel zijn. Met name als er manieren worden ontwikkeld om een afzonderlijke, zeer hoge prijs voor ‘superpiekstroom’ in rekening te brengen, kan dit de kans op productietekorten verkleinen.

6.3 Vervolgonderzoek

Dit onderzoek heeft een verkennend karakter. De orde van grootte van de kosten van stroomonderbrekingen is bepaald, waarbij is uitgesplitst naar dagdeel, sector en Corop-gebied. Tegen deze achtergrond wordt in deze paragraaf mogelijk vervolgonderzoek geschetst, waarmee het beeld van de economische effecten van stroomstoringen scherper wordt.

Een eerste vervolgonderzoek zou een kosten-batenanalyse kunnen zijn van investeringen in bepaalde gebieden of in bepaalde onderdelen van het elektriciteitsnetwerk. Door een beperkt budget moet TenneT keuzes maken in haar investeringsbeleid. Door de kosten en baten van investeringen tegen elkaar af te zetten kunnen deze keuzes beter worden gemaakt, omdat de economische effecten dan beter bekend zijn.

Een ander vervolgonderzoek kan gericht zijn op het differentiëren van de schade naar soort effect. In dit onderzoek is de totale schade van stroomstoringen benaderd aan de hand van

productieverliezen in bedrijven en tijdverliezen in huishoudens. Deze schattingen kunnen worden gepreciseerd door substitutiemogelijkheden tussen verschillende activiteiten en de waarde die men aan deze activiteiten hecht beter in kaart te brengen. Voor een beter beeld van de maatschappelijke schade zou ook rekening gehouden moeten worden met verschillende andere soorten schade, zoals materiële schade of de kosten van het opnieuw opstarten van het productieproces. Dit onderzoek zal veel tijd vergen, omdat individuele productieprocessen van bedrijven in kaart moeten worden gebracht. De uitkomsten van dit vervolgonderzoek zullen de inzichten van dit rapport verdiepen.

Een andere mogelijkheid om het huidige onderzoek te verbeteren is het nauwkeuriger in kaart brengen van de relatie tussen tijd en schade. Hier vallen twee dingen onder. Ten eerste de relatie tussen de duur van een storing en de omvang van de schade. Zo kan kennis over schade die direct bij het eerste begin van de schade optreedt (bijvoorbeeld computerbestanden die verloren gaan) de schattingen verbeteren. En ten tweede het gedetailleerder en betrouwbaarder in kaart brengen van de mate waarin sectoren op verschillende tijdstippen actief zijn.

Met vervolgonderzoek is het tevens mogelijk een schatting te geven van de omvang van de herverdeling door een mogelijk productietekort. Hiervoor is een model van de Nederlandse elektriciteitsmarkt nodig. Met een dergelijk model kunnen verschillende scenario's voor productietekorten worden doorgerekend.

De achtergrond van dit rapport is dat de markt ten aanzien van stroomonderbrekingen niet zelfstandig tot een optimale uitkomst leidt. Een vervolgonderzoek kan zich richten op de vraag waarom dit niet het geval is en of en hoe hierin verbetering kan worden gebracht. Aspecten die hierbij een rol kunnen spelen zijn afschakelbaarheid van individuele gebruikers en veel sterker gedifferentieerde tarieven.

Tot slot is in dit onderzoek gebleken dat er nauwelijks gegevens bekend zijn over elektriciteitsgebruik. De regionale verdeling van het elektriciteitsverbruik en de uitsplitsing naar de verschillende sectoren is tamelijk globaal. Zo is er voor de dienstensector geen verdere onderverdeling van het elektriciteitsverbruik bekend. Dit terwijl de dienstensector een grote sector is met een grote diversiteit van verschillende activiteiten. Het berekenen van de toegevoegde waarde per gebruikte eenheid elektriciteit is hierdoor minder nauwkeurig. Een vervolgonderzoek kan gericht zijn op het verkrijgen van deze gegevens. Daarbij zou mogelijk - naast de standaard-indeling in Corop-gebieden - een regionale indeling kunnen worden gehanteerd die aansluit bij de gebieden die door verschillende delen van het elektriciteitsnetwerk worden bediend. Mogelijke bronnen van dergelijke gegevens zijn het CBS en de netbeheerders.

Referenties

Ajodhia, V., M. van Gemert & R. Hakvoort (2002) *Electricity outage cost valuation: A survey*, discussion paper, DTe, Den Haag.

Becker, Gary E. (1965) A Theory of the Allocation of Time, *The Economic Journal*, LXXV September, 493-517.

Billinton, R., G. Tollefson & G. Wacker (1993) Assessment of electric service reliability worth, *Electrical Power & Energy Systems*, 15(2), 95-100.

Borestein, severin, James B Beshnell en Frank A Wolak (2002) Measuring market inefficiencies in California's Restructured Wholesale Electricity Market, *American Economic Review*, **92**, 5, 1376-1405.

Breedveld, Koen, Andries van den Broek, Jos de Haan, J. de Hart, Frank Huysmans en Dono Niggebrugge (2001) *Trends in de tijd: een schets van recente ontwikkelingen in tijdsbesteding en tijdsordening*, Sociaal en Cultureel Planbureau, Boek 2001-5

Brouwer, N., V. Dings, E. Oldenboom, P. Stam en J.W. Velthuijsen (1996) *Het nut van kwaliteit: Een econometrische studie naar de perceptie van de prijskwaliteitsverhouding van producten van PEN*, Stichting voor Economisch Onderzoek, rapportnummer 377, Amsterdam.

Cap Gemini Ernst & Young (2003) *Trends in Energy 2003*, Utrecht.

Day, W.R. & A.B. Reese (1992?) *Service interruptions: The costumers' views*, Pacific Gas & Electric Company, USA.

Dienst uitvoering en toezicht Energie, Dte (20 november 2002) *Maatstafconcurrentie; Regionale Netbedrijven Elektriciteit, tweede reguleringsperiode*, Informatie- en consultatiedocument, Den Haag.

ECN (1997) Energie Verslag Nederland 1997, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.

Eijgenraam, Carel J.J., Carl C. Koopmans, Paul J.G. Tang, A.C.P (Nol) Verster (2000) Evaluatie van Infrastructuur projecten, leidraad voor kosten-batenanalyse, CPB/NEI.

Kirschen, Daniel S. (2003) *Estimating the Cost of Electricity Interruptions*, presentatie tijdens de workshop Insuring Against Disruptions of Energy Supply, 6 en 7 mei 2003, Energieonderzoek Centrum Nederland, Amsterdam.

Paul Krugman (2002) Frank Thoughts On The California Crisis gepubliceerd op http://www.wws.princeton.edu/~pkrugman/

Lijesen, Mark, Hein Mannaert en Machiel Mulder (2002) Will California come to Europe? A numerical simulation, *Journal of Industry, Competition and Trade*, 2: 1/2, 173-188.

Layard, R. en S. Glaister (1994) *Cost-Benefit Analysis*, 2e druk, Cambridge University Press.

Ministerie van Economische Zaken (1995), Derde Energienota, tweede kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 525, nrs. 1-2, Den Haag.

Ministerie van Economische Zaken (2002) Investeren in energie, keuzes voor de toekomst: Energierapport 2002, februari, Den Haag.

Meeus, Tom-Jan (4 maart 2003) 'Uitval van stroom groter dan gemeld' en 'Desnoods stel ik liberalisering stroommarkt uit', NRC.

Meeus, Tom-Jan (11 januari 2003) Quangoland (Serie): Kies quangostroom, kies je eigen storing, NRC

MKB Nederland (2002) Energie in het MKB: De eerste praktijkervaringen van het midden- en kleinbedrijf op de vrije energiemarkt, 27 augustus, Delft.

NMa (2002) *Notitie concentraties in de energiesector*, Den Haag.

Munasinghe, M. (1980) Costs incurred by residential electricity consumers due to power failures, *The Journal of Consumer Research*, 6(4), 361-369.

Munasinghe, M. & M. Gellerson (1979) Economic criteria for optimizing power system reliability levels, *The Bell Economic Journal*, 10(1), 353-365.

NRC (16-01-2003) Stroomvoorziening blijft zorgen baren.

NRC (15 januari 2003) Producenten vrezen tekort aan stroom

NRC (13-01-2003) Wijn stelt onderzoek in naar stroom

Ploeg, Rick van der (1992) *Is de Econoom de Vijand van het Volk?*, Prometheus.

Rathenau Instituut (1994) Stroomloos: Kwetsbaarheid van de samenleving; gevolgen van verstoringen van de elektriciteitsvoorziening, Rathenau Instituut, Den Haag.

Sanghvi, A.P. (1982) Economic costs of electricity supply interruptions: US and foreign experience, Energy Economics, July, 180-198.

Schram, A.J.H.C., H.A.A. Verbon en F.A.A.M. van Winden (1997) *Economie van de Overheid*, Academic Service.

Stiglitz, Joseph E. (1988) *The economics of the Public Sector*, Second edition, Norton, New York.

Vries, L.J. de en R.A. Hakvoort (2003) Opties voor voorzieningszekerheid, Economisch Statistische Berichten, 7-3-2003, 108-111.

Wojczynski, E., R. Billinton & G. Wacker (1984) Interruption cost methodology and results: A Canadian commercial and small industry survey, *IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-103, No. 2, 437-443.

Weare, Christopher (2003a) The California Electricity Crisis: Causes and Policy Option, Pulbic Policy institute of California, San Francisco.

Weare, Christopher (2003b) persoonlijke communicatie, Public Policy Institute of California, 12 maart, San Francisco.