



Kosten van stroomstoringen

Auteur(s):

Bijvoet, C.C.

Nooij, M. de

Koopmans, C.C.

*De auteurs zijn werkzaam bij de Stichting voor Economisch Onderzoek (SEO) van de Universiteit van Amsterdam. Koopmans@seo.fee.uva.nl***Verschenen in:**

ESB, 88e jaargang, nr. 4415, pagina 460, 3 oktober 2003

Rubriek:**Trefwoord(en):**

Om de maatschappelijke kosten van stroomstoringen te berekenen, is niet alleen het productieverlies bij bedrijven van belang, maar ook de verloren vrije tijd in huishoudens. Door de schade te becijferen, kunnen prioriteiten worden bepaald in zowel de verdeling van schaarse stroom als in investeringen in het netwerk. Als deze economisch efficiënt worden verdeeld, dan zou Zeeuws-Vlaanderen achtergesteld moeten worden, terwijl bijvoorbeeld Den Haag en omgeving prioriteit krijgt.

Sinds de Californische stroomcrisis is de leveringszekerheid van elektriciteit in Nederland een belangrijk onderwerp van discussie. Deze zomer hebben de grote stroomstoring in de vs en Canada en de bijna stroomstoring in Nederland de bezorgdheid verder vergroot. Alom wordt erkend dat de maatschappelijke waarde van een ongestoorde elektriciteitsvoorziening zeer groot is, maar het is onduidelijk hoe groot die waarde is. Voor andere landen zijn verschillende schattingen gemaakt, maar voor Nederland niet¹. In dit artikel doen we een poging om de orde van grootte van de schade te bepalen².

Stroomonderbrekingen

Tijdens een stroomonderbreking worden veel productieprocessen onderbroken. Naast gemiste productie kost het vaak tijd om productie weer op te starten en kunnen materialen verloren gaan. Bij huishoudens zijn verschillende huishoudelijke taken niet meer mogelijk en worden ontspanning en vermaak onderbroken. Veel activiteiten gebruiken direct elektriciteit of zijn indirect afhankelijk van elektriciteit omdat er verlichting nodig is. Ook het openbare leven wordt ontregeld, bijvoorbeeld omdat verkeerslichten uitvallen. Stroomonderbrekingen verschillen van elkaar, omdat er verschillende afnemers getroffen worden, het tijdstip en de lengte van de storing verschilt, en omdat de oorzaak van de storing kan verschillen.

Maatschappelijke kosten

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

Welvaartsoverdrachten en maximumprijzen

Naast schade kunnen bepaalde typen stroomonderbrekingen gepaard gaan met welvaartsoverdrachten. Als het aanbod kleiner is dan de vraag, stijgt normaal gesproken de prijs, waarop het aanbod stijgt en de vraag daalt. Op de elektriciteitsmarkt gaat dit niet zo, omdat veel afnemers niet de prijs van dat moment betalen maar een jaargemiddelde. Als de markt niet 'ruimt', worden gebruikers afgesloten. Tegelijkertijd is dan meestal de prijs sterk gestegen. Door deze hogere prijs vindt er een welvaartsoverdracht plaats van de verbruikers naar de elektriciteitsproducenten. Deze welvaartsoverdrachten vormen geen maatschappelijke kosten, maar het kan gaan om flinke bedragen. Bij de stroomstoringen in Californië waren de overdrachten veertig miljard dollar, terwijl de schade door (gecontroleerde) stroomuitval 'slechts' een half miljard dollar was.

Soms wordt een maximumprijs ingesteld om de welvaartsoverdracht te beperken, maar hierdoor treden extra maatschappelijke kosten op, omdat dan een (inefficiënt) rantsoeneringsysteem moet worden toegepast om de stroom te verdelen. Bovendien worden verbruikers en producenten van elektriciteit dan onvoldoende geprikkeld om respectievelijk minder te gebruiken dan wel meer te produceren. Hierdoor treden vaker stroomonderbrekingen op. De overheid moet dan kiezen tussen twee kwaden: een hoge elektriciteitsrekening of meer onderbrekingen.

Dit vormt enerzijds een overschatting, omdat de tijd van de storing vaak nog tot op zekere hoogte nuttig kan worden besteed of omdat productie later kan worden ingehaald. Anderzijds is het een onderschatting, 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.

[tabel 1](#) geeft het jaarlijkse elektriciteitsverbruik per sector en de jaarlijkse toegevoegde waarde van bedrijven en overheid en de waarde van vrije tijd voor huishoudens weer. Deze cijfers laten zien dat de industrie de grootste elektriciteitsverbruiker is, terwijl de dienstensector meer toegevoegde waarde creëert.

Tabel 1. Welvaart en elektriciteitsgebruik van huishoudens, bedrijven en overheid

	elektriciteits- gebruik (gWh) ^a	welvaart (in miljoenen euro's) ^b	'waarde' per elektriciteitsgebruik (voll; €/kWh)
huishoudens	22100	362055	16,4
landbouw	2889	11261	3,9
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
bedrijvenc	66558	397246	6
bedrijven en huishoudensc	88658	759301	8,6

a. De hoeveelheid stroom die bedrijven en huishoudens afnemen van het elektriciteitsnetwerk (finaal gebruik verminderd met de zelf opgewerkte electriciteit).

b. In de kolom 'waarde' staat bij huishoudens de waarde van de vrije tijd, terwijl bij de bedrijven en de overheid de toegevoegde waarde staat.

c. Exclusief energiebedrijven.

De waarde van vrije tijd

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. Bij huishoudens kan een methode gebruikt worden die vergelijkbaar is met de gebruikte methode bij bedrijven. In deze methode, ontwikkeld door de latere Nobelprijswinnaar Gary Becker, worden huishoudens, net als bedrijven, gezien als productie-eenheden³. 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 of groter dan het uurloon. Zie voor een nadere beschouwing van de uurloobenadering het tekstkader.

Kwantificering

Om het welvaartsverlies voor huishoudens te berekenen, dient inzicht te bestaan in de vrijetijdsbesteding. Het CBS en het Sociaal en Cultureel Planbureau doen regelmatig onderzoek hiernaar⁴. Beide instellingen gebruiken soms verschillende definities en hebben informatie over andere deelonderwerpen. Op basis hiervan hebben we de volgende aannames kunnen destilleren.

Werkenden hebben veertig uur vrije tijd per week, terwijl niet-werkenden 55 uur vrije tijd per week per week hebben. Per persoon zijn we er tevens van uitgegaan dat per week 17,5 uur aan huishoudelijke taken wordt besteed (2,5 uur per dag). Het gemiddeld bruto uurloon was in 2001 € 18,65. We hebben aangenomen dat hiervan de helft opgaat aan belasting, sociale premies en verzekeringen. Het netto-inkomen van een uur werk is dus de helft van het bruto-inkomen. Van niet-werkenden hebben we aangenomen dat de waarde van een uur vrije tijd de helft is van de waarde van dat van een werkende. Nederland had in 2001 bijna zestien miljoen inwoners; hiervan werkten er 7,86 miljoen. Een stroomonderbreking van een uur in de avond leidt dan tot een schade van € 106 miljoen. Hierbij is aangenomen dat iedereen tegelijk recreëert. Omdat deze veronderstelling niet opgaat, zijn de cijfers die bij de resultaten worden gepresenteerd hiervoor gecorrigeerd. Op vergelijkbare manier is de totale waarde van de vrije tijd uitgerekend op € 362 miljard per jaar (zie [tabel 1](#)).

De uurloobenadering

De uurloobenadering wordt door economen regelmatig gebruikt. Bij kosten-batenanalyses van infrastructuurprojecten wordt vaak gewerkt met gegeneraliseerde reiskosten. Deze gegeneraliseerde reiskosten bevatten niet alleen de geldelijke kosten van de reis (kosten van het treinkaartje), maar ook de tijd die de reis kost⁵. Ook in de arbeidseconomie wordt deze benadering toegepast, als 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. Op energiegebied is deze methode reeds toegepast door Munasinghe⁶.

Kritiek op de uurloobenadering

Bij onze berekeningen zijn we ervan uitgegaan dat de stroomonderbreking precies de marginale eenheid vrije tijd treft en dat deze waarde volledig verloren is.

Dit geeft enerzijds een overschatting omdat huishoudens tijdens een stroomonderbreking activiteiten gaan doen die niet stroomafhankelijk zijn. Na de stroomonderbreking halen ze de activiteiten in die wel stroom gebruiken. Deze kritiek is bijvoorbeeld geuit door Sanghvi⁷. Echter, de meeste huishoudelijke en vrijetijdsactiviteiten vereisen tegenwoordig stroom. Hierdoor is substitutie door energie-extensieve activiteiten steeds lastiger geworden en heeft dit argument tegen de uurloonbenadering aan kracht verloren. Anderzijds geeft onze benadering een onderschatting. We stellen de waarde van verloren vrije tijd gelijk aan het uurloon. Sommige uren vrije tijd zijn meer waard dan een uur werken. Verder is er ook andere schade dan verloren tijd, zoals bedorven goederen en stress. Hieruit concluderen we dat de uurloonbenadering geschikt is om de orde van grootte van de kosten van stroomonderbrekingen te schatten.

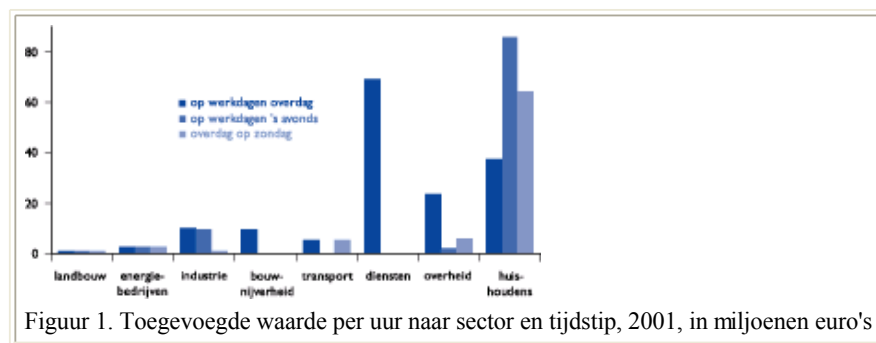
Welvaartsverliezen

De gemiddelde schade per uur in het bedrijfsleven is het grootst in de dienstensector. Een uur geen productie betekent daar ruim 69 miljoen euro schade. In de landbouw is deze schade het kleinst, namelijk ruim één miljoen euro. De totale schade van één uur geen stroom bij alle bedrijven zou circa € 120 miljoen bedragen. Deze schade is echter niet reëel. De schade hangt af van het moment van de storing. Niet alle bedrijven en huishoudens zijn voortdurend actief. Daarom maken we onderscheid naar tijdstippen en regio's.

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 overdag⁸.

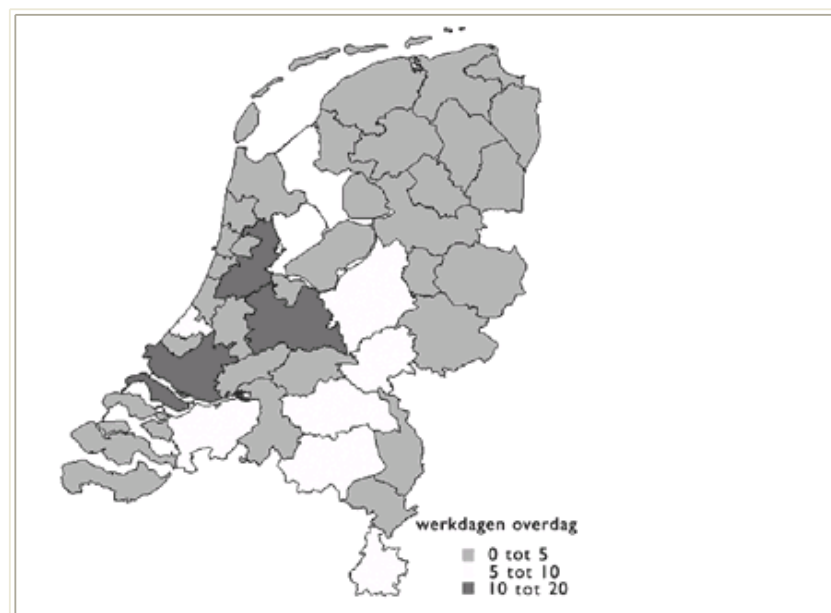
figuur 1 geeft de schade voor verschillende sectoren en de huishoudens op drie verschillende tijdstippen weer. Een storing op een werkdag overdag leidt tot relatief veel schade in de dienstensector. Op werkdagen 's avonds en zondag overdag is het effect het grootst voor de huishoudens.



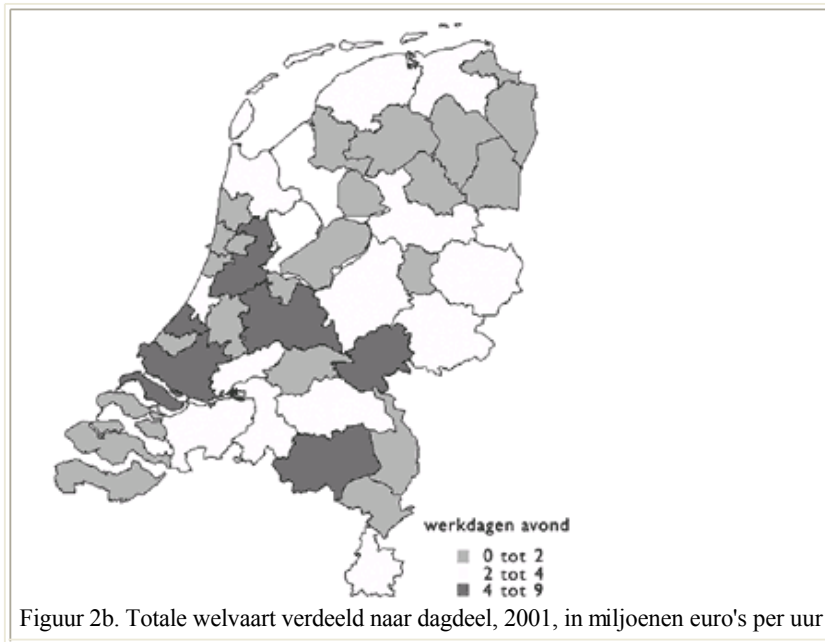
Figuur 1. Toegevoegde waarde per uur naar sector en tijdstip, 2001, in miljoenen euro's

Kosten per regio

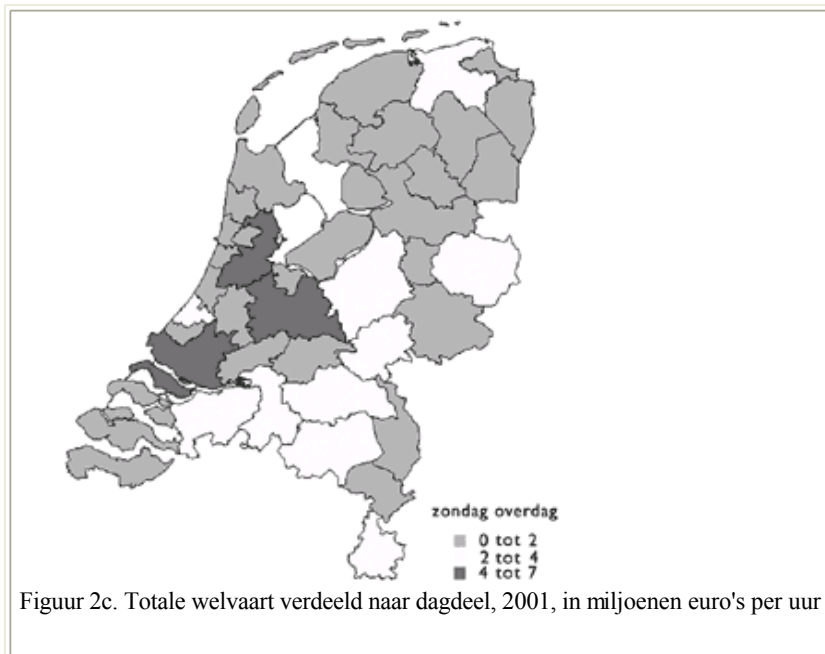
Uit een analyse van de kosten van stroomstoringen per (Corop-)regio blijkt dat deze met name in en rond grote steden relatief hoog zijn (zie figuur 2a, figuur 2b en figuur 2c). Dit hangt samen met een groot aantal inwoners en met de relatief grote omvang van de dienstensector in deze gebieden. De totale (maatschappelijke) schade van een storing overdag in de gehele Randstad ligt in de orde van grootte van zeventig miljoen euro per uur. Deze kosten zijn aanzienlijk hoger dan de waarde van de niet geleverde stroom: die is 'slechts' € 1,6 miljoen. De laagste kosten treden op in de noordelijke provincies en Zeeuws-Vlaanderen.



Figuur 2a. Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, 2001, in miljoenen euro's per uur



Figuur 2b. Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, 2001, in miljoenen euro's per uur



Figuur 2c. Totale welvaart verdeeld naar dagdeel, 2001, in miljoenen euro's per uur

Voll

De schade per niet geleverde eenheid elektriciteit ('value of lost load'; voll) schatten we voor Nederland als geheel op 8,6 euro per kWh (zie [tabel 1](#)). 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).

Efficiëntie of rechtvaardigheid

Kennis over de kosten van stroomonderbrekingen kan worden gebruikt bij beslissingen over investeringen in het netwerk of bij het verdelen van stroom als er een tekort is. 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. Gebieden met veel woningen en kantoren krijgen dan voorrang bij de verdeling van schaarse elektriciteit. Hier is de schade per niet geleverde eenheid elektriciteit (de 'voll') het hoogste (zie [tabel 1](#)).

'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.

Als gekozen wordt voor economische optimaliteit als een van de beslissingscriteria, dan valt ook na te gaan welke gebieden als eerste of laatste afgeschakeld moeten worden en waar investeringen het nuttigste zijn. Kolom 1 van [tabel 2](#) geeft weer wat de vijf gebieden zijn die dan het eerste of het laatste afgeschakeld moeten worden. In kolom 2 staat welke regio's voorrang moeten krijgen bij investeringen, of juist niet. Hierbij is aangenomen dat de investering in iedere regio even duur is en een even grote reductie van het aantal

storingsminuten oplevert. Gebieden met een hoge toegevoegde waarde hebben dan een hoge prioriteit.

Tabel 2. Regio's met hoge en lage prioriteit bij verdeling van elektriciteit dan wel investeringen in het netwerk

verdeling elektriciteit	voll (€/kWh)	investeringen	toegevoegde waarde (miljoenen euro's per uur)
<i>hoge prioriteit</i>			
kop van Noord-Holland	12,9	groot-Amsterdam	8,2
agglomeratie Haarlem	12,8	groot-Rijnmond	7,5
Flevoland	12,5	Utrecht	7,0
agglomeratie Den Haag	12,4	agglomeratie Den Haag	4,6
Veluwe	11,8	Zuidoosten van Noord-Brabant	3,9
<i>lage prioriteit</i>			
westen van Noord-Brabant	8,8	Oost-Groningen	0,7
Delfzijl en omgeving	8,7	Zuidwest-Drenthe	0,6
IJmond	8,4	Zeeuws-Vlaanderen	0,6
Zeeuws-Vlaanderen	7,5	Zuidwest-Friesland	0,5
overig Groningen	7,4	Delfzijl en omgeving	0,3

- De hoeveelheid stroom die bedrijven en huishoudens afnemen van het elektriciteitsnetwerk (finaal gebruik verminderd met de zelf opgewerkte electriciteit).
- In de kolom 'waarde' staat bij huishoudens de waarde van de vrije tijd, terwijl bij de bedrijven en de overheid de toegevoegde waarde staat.
- Exclusief energiebedrijven.

Beleidsaanbevelingen

De maatschappelijke kosten van stroomonderbrekingen zijn hoog. 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 terwijl het bij huishoudens om 'zachte' verliezen van vrije tijd gaat. Als de effecten van huishoudens niet voldoende worden betrokken in de afwegingen rond leveringszekerheid, kunnen verkeerde keuzes worden gemaakt.

Stroomonderbrekingen zijn kostbaar, maar een zeer hoog niveau van leveringszekerheid is inefficiënt. In een liberaliserende markt kan een toename van het aantal storingsminuten welvaartsverhogend zijn. Kosten die voor een hoge leveringszekerheid gemaakt moeten worden, worden groter dan strikt noodzakelijk als schaarse stroom (bij productietekorten) en investeringen in de netwerken op een suboptimale wijze worden verdeeld.

De kosten kunnen worden beperkt door voorrang te geven aan gebieden waar de kosten van onderbrekingen hoog zijn. De verschillende partijen op de markt zullen moeten nadenken over hoe de maatschappelijke gevolgen beperkt kunnen worden. Dit geldt zowel voor TenneT (de beheerder van het landelijk netwerk) als voor de regionale netbeheerders, elektriciteitsproducenten en voor de overheid. Stroomverbruikers kunnen nadenken over hoe ze hun stroomverbruik kunnen beperken op momenten dat de totale vraag hoog is of in hoeverre noodstroomvoorzieningen zinvol zijn.

Herverdelingseffecten

Naast welvaartsverlies kunnen bij stroomstoringen op twee manieren herverdelingseffecten ontstaan. Ten eerste kunnen sommige regio's vaker door stroomonderbrekingen worden getroffen dan andere regio's. Hier kan bewust voor gekozen worden om de totale kosten van een onderbreking (bijvoorbeeld door een productietekort) te beperken. Ten tweede stijgt de prijs in tijden van elektriciteitsschaarste sterk. Hierdoor vindt een flinke welvaartsoverdracht naar elektriciteitsproducenten plaats. Dit verdelingseffect kan in de praktijk een grotere omvang hebben dan de directe schade. Verdelingseffecten van stroomonderbrekingen zijn bij uitstek een terrein waarop de politiek, en niet de markt, het laatste woord moet hebben.

Maximumprijzen beperken welvaartsoverdrachten als de vraag groter is dan het aanbod. Hierdoor wordt de overdracht van consumenten naar producenten van stroom beperkt. Dit vergroot echter de kans op stroomonderbrekingen. De overheid moet dan kiezen tussen twee kwaden: een hoge elektriciteitsrekening of welvaartsverlies door meer onderbrekingen. Een variabele elektriciteitsprijs, ook voor kleinverbruikers, kan de kans op productietekorten verkleinen. Kleinverbruikers zullen dan minder elektriciteit gaan gebruiken als de prijs stijgt. Hierdoor zal het minder snel gebeuren dat de vraag groter is dan het aanbod. Tevens zal de prijs dan minder extreem stijgen als de stroom schaars is. In geval er dan toch een productietekort optreedt dan zal de herverdeling kleiner zijn.

Carlijn Bijvoet, Carl Koopmans en Michiel de Nooij

¹ Zie bijvoorbeeld Brattle Group, *Economic cost of the August 14th 2003 Northeast power outage: preliminary estimate*, 2003; Schatting van McKinsey geciteerd in de *Financiële Telegraaf* van 20 augustus 2003; C. Weare, *The California electricity crisis: causes and policy options*, Public Policy Institute of California, San Francisco, 2003.

² Zie voor meer informatie C. Bijvoet, M. de Nooij en C. Koopmans, *Gansch het raderwerk staat stil*, rapport 685, SEO, Amsterdam. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van TenneT, de landelijk netbeheerder. Met dit onderzoek wil TenneT een discussie losmaken over de normen die moeten gelden bij beslissingen over investeringen in het elektriciteitsnetwerk en bij het verdelen van schaarse stroom.

Daarnaast kan het onderzoek andere betrokkenen (bijvoorbeeld het ministerie van EZ, Dte, regionale netbeheerders) attenderen op het grote maatschappelijke belang van de keuzes die zij maken. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van het onderzoek berust echter bij de SEO.

3 G. Becker, A theory of the allocation of time, *Economic Journal*, 1965, blz. 493-517.

4 Zie statline.cbs.nl en K. Breedveld, A. van den Broek, J. de Haan, J. de Hart, F. Huysmans en D. Niggebrugge, *Trends in de tijd: een schets van recente ontwikkelingen in tijdsbesteding en tijdsordening*, Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag, 2001.

5 Zie C.J.J. Eijgenraam, C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster, *Evaluatie van infrastructuur projecten, leidraad voor kosten-batenanalyse*, CPB/NEI, Den Haag, 2000.

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

7 Voor dit kritiekpunt op de uurloonenadering bij het waarderen van stroomonderbrekingen, zie

8 De zeven dagen van de week zijn verdeeld in werkdagen, zaterdag en zondag. Een dag is verdeeld in overdag, avond en nacht. Slechts drie van de in totaal negen 'dagdelen' zijn opgenomen in figuur en teksten.