

De eksterne omkostninger ved energiproduktion



Af Mikael Skou Andersen
Afdeling for Systemanalyse
Lise Marie Frohn
Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

På Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) har vi de senere år forsket i de såkaldte eksterne omkostninger ved energiproduktion. Det er de samfundsøkonomiske omkostninger som ikke bliver prisen for elektricitet og varme, men som overvæltet på samfundet. DMU har set på den del af omkostningerne der vedrører menneskers sundhed, da vi vurderer at det udgør den vigtigste del af de delvis udekkeede eksterne omkostninger - når vi altså ser bort fra drivhusgasserne. Det er forureningen med primære og sekundære partikler fra energianlæggene som både WHO og EU igennem flere år

og på baggrund af store befolkningsundersøgelser har udpeget som et problem for menneskers sundhed ved lang tids belastning.

Udgangspunktet for DMU's arbejde har været det Europæiske ExternE-projekt, men DMU har dels tilpasset beregningerne til det danske omkostningsniveau, dels anvendt mere videnskabeligt funderede atmosfæriske modeller til at beregne og opgøre ændringen i luftkvaliteten som følge af udledningerne.

I et forskningsprojekt som blev afsluttet i 2006 har DMU med ExternE-metoden forsøgt at beregne de eksterne omkostninger for tre danske energianlæg. Det er sket ud fra de informationer om værkerens udledninger som er offentligt tilgængelige. De tre anlæg er Amagerværket, Fynsværket samt Vestforbrændingen i Glostrup. I forhold til DMU's rapport fra 2004, hvor det med udgangspunkt i Fynsværket blev vurderet at de eksterne omkostninger per kWh el er på ca. 17 øre, så er den vigtigste nyskabelse i de tal som

offentliggøres nu, at den atmosfæriske beregning er blevet væsentlig mere præcis. Men datagrundlaget er også blevet mere præcist blandt andet for befolkningens fordeling omkring anlæggene.

Eksterne omkostninger for SO₂, NO_x og partikler

Resultatet er en lille smule overraskende, at affaldsforbrændingsanlægget i Glostrup står for de største eksterne omkostninger per kWh el, i 2004 ca. 33 øre/kWh. For Fynsværket viser den forbedrede model at de eksterne omkostninger er ca. 26-28 øre/kWh. Endelig viser modelberegningen at Amagerværket, trods den bynære beliggenhed tæt på Københavns centrum, har overraskende lave eksterne omkostninger, som i 2004 er på 8 øre/kWh.

De nævnte omkostninger er uden CO₂ og andre drivhusgasser og omfatter alene forureningen med SO₂, NO_x og partikler (CO₂-omkostningen vurderes af Energistyrelsen at udgøre ca. 7 øre/kWh når en CO₂-kvotepris på 150 kr./ton overvæltet i elregningen).

Når de eksterne omkostninger opgøres per produceret kWh el påvirkes regnestykket dels af de enkelte energi-anlægs røgrensning, dels af anlæggenes energieffektivitet. Vestforbrændingen er et anlæg som forbrænder affald og producerer varme og hvor elproduktionen ikke er den primære aktivitet - desuden var rensningen indtil 2006 kun baseret på et ældre svovlrensingsanlæg. Amagerværket er et moderne kulfyret anlæg som kører i døgn-drift. Det har foruden partikelfilter og svovlrensning også et fuldt udbygget NO_x-anlæg. I 2005 hvor de eksterne omkostninger kom helt ned på 3 øre/kWh var et ældre spidslastanlæg med ringere renseteknik slet ikke i drift, sådan at belastningen ved kontinuerlig drift angiveligt er meget lav.

Ved opgørelsen af de eksterne omkostninger er der taget højde for at anlæggenes udledninger ikke kun påvirker luften over Danmark, men også luften i nogle af vore nabolande - især Sydsverige og

FAKTA

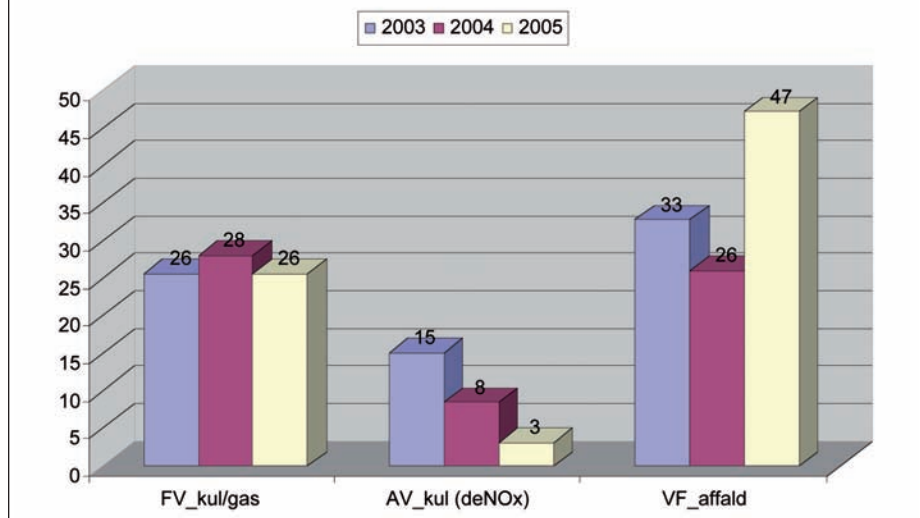
NO_x-REDUKTIONENS HØJE PRIS

Fra dansk område blev i 2004 udledt ialt 181.000 tons NO_x, heraf kom ca. 50.000 tons fra el- og varme-produktionen. EU har med NEC-direktivet sat et loft over, hvor meget medlemslandene må udlede af NO_x; i 2010 er loftet som Danmark skal opfylde på 127.000 tons. EU's tematiske strategi for luftkvalitet lægger op til at fastlægge et endnu lavere loft for 2020.

Miljøstyrelsen har i Miljøprojekt nr. 1104 kortlagt hvad det vil koste at reducere forskellige kilder til NO_x-udledning. Ifølge de tal som el- og varmesektoren har oplyst til Miljøstyrelsen vil det ikke være gratis at reducere NO_x på el- og varmeværkerne. Bedre styring på kraftvarmeværker koster dog ikke meget og kan fjerne ca. 2.000 tons NO_x. Men andre reduktioner, f.eks. "fuld boosting på kraftværker" vil koste over 300 kr/kgNO_x at gennemføre.

Tages tallene i rapporten for pålydende, så viser de at konventionelle kraftværker vil have meget vanskeligt ved at nedbringe deres NO_x-udledning, uden at det vil afspejle sig i deres omkostningsniveau. Der er NO_x-udledninger både fra kul og gasfyrede kraftværker.

øre/kWh i eksterne omkostninger (uden CO2)



Figur 1. Eksterne omkostninger ved luftforurening opgjort per kWh el på tre danske energianlæg (excl. drivhusgasser) ved gennemsnitsværdien for mistede leveår men nedjusteret for leveår efter 60. Vindretningen og meteorologien er et gennemsnit af tre år. De eksterne omkostninger der skal henregnes til varmeproduktionen er fratrukket (FV: Fynsværket; AV: Amagerværket; VF: Vestforbrændingen). Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser, 2007.

Nordtyskland. Så med i tallene er omkostninger der påføres andre end danskerne. Da Danmark har indgået internationale konventioner med nabolandene om at nedbringe de fælles udledninger af luftforureningen har den danske regering anerkendt den grænseoverskridende forurening som et fælles problem, og derfor skal den del af omkostningerne der påføres udlandet ifølge OECD også medtages.

Når man ser på emissionerne for sig selv kan der opgøres en omkostning per kilogram udledning. For NO_x, som spredes regionalt over Nordeuropa, bliver omkostningen nogenlunde den samme for alle tre anlæg, nemlig 127 kr./kgNO_x. For de to stoffer som ikke spredes så langt og derfor fortrinsvis skaber omkostninger lokalt fås indenfor hovedstadsområdet en omkostning på 91 kr./kgSO₂ og på 341 kr./kgPM_{2,5} (primære partikler). Når de to samme emissioner udledes i landzone viser beregningerne at omkostningerne falder til henholdsvis 43 kr./kgSO₂ og 191 kr./kgPM_{2,5}. Forskellen på by og land er der i detaljer taget højde for ved opgørelsen af omkostningerne per kWh nævnt ovenfor.

Endnu en grund til at Amagerværket har lave omkostninger og Vestforbrændingen høje omkostninger er placeringen og vindretningen. Amagerværket ligger sådan at en stor del af udledningerne forsvinder ud over Øresund. På kortet kan man se hvordan de største ændringer i luftkvaliteten fortrinsvis sker ude over vandet. Da DMU endnu ikke kan opgøre omkostningen ved nedfaldet og påvirkningen af det marine miljø så afspejler beregningen at der ikke bor mennesker ude i Øresund og den eksterne omkostning ved luftforurening over havet bliver derfor sat til nul. Vestforbrændingens luftforurening føres også ud over Øresund og Østersøen, men på vejen påvirker den også luftkvaliteten i nogle af Københavns forstæder. De beregnede eksterne omkostninger afspejler kun virkningen over beboede områder.

Mennesker bliver syge og mister leveår af luftforurening

Beregninger vedrørende eksterne omkostninger er usikre, men ikke så usikre som for 10 år siden. Vidensgrundlaget er ble-

Sundhedseffekter hvor sammenhængen med ændringer i luftforurening er dokumenteret videnskabeligt

- Bronchitis (Kronisk obstruktiv lungesygdom)
- Hospitalsindlæggelser
- Sygedage og dage med nedsat aktivitet
- Merforbrug af medicin for astmatikere
- For tidlig død

vet konsolideret gennem adskillige internationale reviews og datagrundlaget og modellerne er løbende blevet forbedret. Den vigtigste enkeltforklaring på de relativt høje skadesomkostninger er at man ikke kun kan blive syg af luftforurening – man kan også være uheldig at dø før tiden af den. Det vurderes at ca. 3.000 danskere hvert år dør for tidligt på grund af partikelbelastningen. De taber mellem 2 og 9 år afhængig af om dødsårsagen er hjertesygdomme eller kræft. På sygdomsfronten regnes med årligt ca. 250.000 ekstra dage med enten sygdom eller nedsat aktivitet (hovedpine f.eks.), men også med andre dokumenterede effekter (se box).

Da det fortrinsvis er ældre mennesker som dør for tidligt af luftforurening så har DMU med brug af et internationalt anerkendt beregningssystem med levetidstabeller dog nedjusteret den værdi som Transport- og Energiministeriet normalt anvender i deres samfundsøkonomiske analyser for 'statistiske' dødsfald, sådan at der både tages højde for hvor mange leveår der mistes og hvor stærke præferencerne er for risiko-reduktionen. De ovenfor nævnte tal for eksterne omkostninger ville være mange gange højere hvis DMU ukritisk anvendte samme beregningspris for et undgået statistisk dødsfald som i trafiksektoren.

Spørgsmålet om hvor meget værdien af at undgå et statistisk dødsfald skal sættes til er den mest kritiske forudsætning i analysen. Der er fortsat en vis diskussion om dette blandt økonomer. DMU har i den nye opgørelse valgt at tage udgangspunkt i mistede leveår. Mens et trafik-offer i gennemsnit mister ca. 30 år af livet, så er gennemsnittet for luftforureningsofre nærmere 3-4 år. Samtidigt vurderes betalingsvilligheden for risikoreduktion til at være lavere når det gælder ældre personer. Den beregningspris som DMU anvender for værdien af at undgå luftforureningsdødsfald per person er derfor langt under den der normalt anvendes for undgåede trafikdrab. Det må dog tilføjes at værdien er noget højere end hvad man normalt i sundhedssektoren vil acceptere i udgift for en behandling der kan forlænge levetiden for et allerede alvorligt sygt menneske.

DMU gennemfører parallelt med de nye beregninger et dybtgående Ph.D.studie af hvordan værdien af at undgå dødsfald bør fastlægges. Det sker i samarbejde med enheden for Sundhedsøkonomi ved Syddansk Universitet og vil på sigt bidrage med en konsolidering af det faglige grundlag for analysemetoden.

Hvad er usikkerheden på de beregnede eksterne omkostninger? Det spørgsmål kan bedst besvares ved at sammenholde de ovenfor nævnte tal med resultatet af en økonomisk forsigtighedsbetragtning hvor værdien af et reddet statistisk liv opgøres efter en mere konservativ metode (median-metoden). Så falder omkostningen per kg. NOx til ca. 55 kr./kg og SO2 i byzone til ca. 40 kr./kg. Teoretisk set er det en diskutabel metode, men foretrækker man

et økonomisk forsigtighedsprincip frem for et miljø- og sundhedsmæssigt forsigtighedsprincip vil den kunne anvendes.

Forbedret atmosfærisk model

Når DMU's beregninger nu giver et noget højere resultat end beregningerne fra 2004 (ca. 28 øre mod dengang 17 øre for Fynsværket) så skyldes det ikke at der er ændret på beregningspriserne. Foruden prisudviklingen er forklaringen at der ikke længere tages forbehold for partiklernes sundhedseffekter. Desuden er den modelmæssige opgørelse af ændringerne i årsmiddelværdierne af luftens indhold af forurenende stoffer blevet afgørende forbedret. DMU har nu fuldt integreret de miljøøkonomiske beregninger med de

anerkendte og validerede atmosfæriske modeller som er udviklet igennem mange års videnskabeligt arbejde. Disse modeller beskriver transporten og spredningen af emissionerne på en mere detaljeret og realistisk måde. Først og fremmest tager de nye beregninger højde for at vindretningerne er forskellige nede ved jorden og højere oppe i luftlagene, dvs. at de ikke er lineære. Der er taget bedre højde for den komplekse opblanding af luften ved beregningen af ændringerne i årsmiddelværdierne.

I modsætning hertil var det atmosfæriske grundlag tidligere, også i Det Økonomiske Råds analyse af vindenergien i 2002, en model der antog at vinden går i en ret og ubrudt linie fra skorstenen og i vindens retning. I projektet som DMU nu har



MAX-DRIFT

En serviceordning der betaler sig

Med Dan Service MAX-DRIFT sørger vi for driftsovervågning, totalt vedligehold, forebyggende udskiftninger, reparationer og driftsoptimering.

- ingen besvær og uventede udgifter
- betaling variabel med produktion
- optimering af møllens ydelse og levetid

Vi har serveret danske og udenlandske kunder i mere end 20 år og sammen med et netværk af specialiserede teknikere yder vi derfor altid den bedst mulige service - Kontakt os, hvis du vil vide mere om MAX-DRIFT.

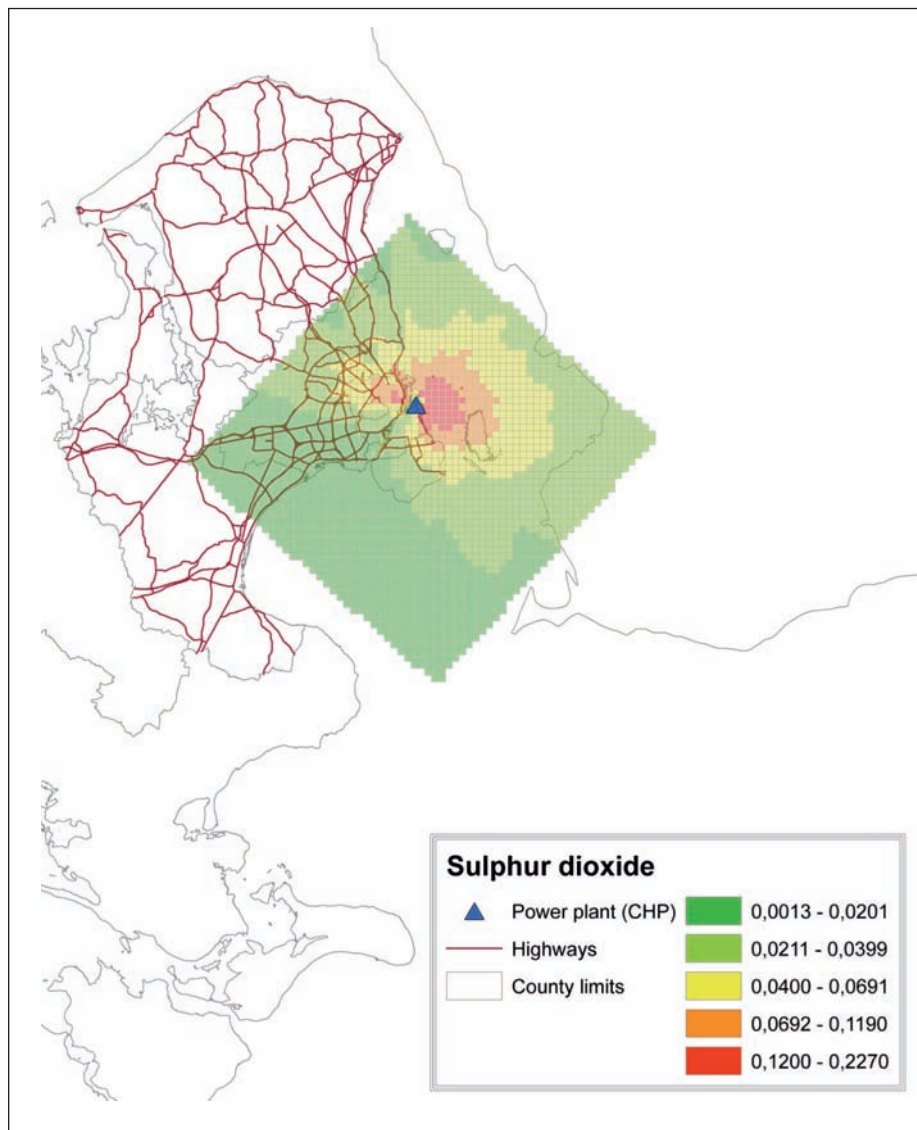


Industriledet 13, Svogerslev
4000 Roskilde

Tel. 46 38 55 01
info@dan-service.dk

www.dan-service.dk

Figur 4: Ændring i årsmiddelværdien for eksponeringen med SO₂ som følge af udledninger fra Amagerværket. Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser.



afsluttet foretages en direkte sammenligning mellem denne lineære model og de rigtige atmosfæriske modeller, og det kan på den baggrund vurderes at grundlaget for såvel Det Økonomiske Råds analyse som DMU's rapport fra 2004 har været en undervurdering af den faktiske luftforurening, og dermed også af værdien af at reducere denne.

En anden indsigt der er opnået ved at anvende de videnskabeligt dokumenterede atmosfæriske modeller vedrører de samfundsøkonomiske omkostninger ved den ozon-forurening som de danske udledninger er kilde til. Det kræver en rigtig beskrivelse af atmosfære-kemien at opgøre ændringerne i fotokemien. Når det gælder ozon er der to modsatrettede effekter. På den ene side dannes ozon i kraftværkets røgfane. På den anden side reagerer den udledte NO_x med den ozon som findes i forvejen, for eksempel fordi den er kommet til Danmark som grænseoverskridende forurening fra andre lande. De to effekter opvejer næsten hinanden for de tre anlæg som er beregnet i projektet, og dermed bidrager ozon fra de danske kilder netto ikke nævneværdigt til miljø- og sundhedsbelastningen.

Et nyt beslutningsstøtte værktøj

I det afsluttede forskningsprojekt har DMU udviklet en integreret atmosfærisk-miljøøkonomisk model EVA (Economic Valuation of Air Pollution) som kan anvendes til at beregne de eksterne omkostninger fra konkrete energianlæg. På grund af beregningernes kompleksitet har de været forholdsvis tids- og ressourcerekrævende at gennemføre. Vi vil gerne hermed rette en særlig tak til Danske Vindkraftværkers fond som har støttet projektet med ca. 10% af det samlede budget, hvilket gjorde det muligt at inkludere et ekstra energi-anlæg i projektets beregninger. Miljøstyrelsen har finansieret 20% af budgettet, mens resten er blevet dækket af DMU's egne midler. Den etablerede model kan bruges til

mange forskellige formål, blandt andet forudsætter EU ved sine strukturfondsprojekter at der foretages konkrete vurderinger af de eksterne omkostninger, og modellen vil kunne anvendes til beregninger overalt i Europa. I Danmark kan modellen anvendes til at understøtte strategier for hvordan kravene i de internationale konventioner til reduktion af luftforurening bedst opfyldes. Endelig har opgørelser af de eksterne omkostninger en central betydning ved fastlæggelse af støtniveauet for vedvarende energi og for fastlæggelse af satserne for afgifterne på SO₂ og NO_x m.m.

Man kan med udgangspunkt i de nævnte kWh-estimer argumentere for støttesatser for den vedvarende energi. Ud fra et samfundsøkonomisk synspunkt vil det imidlertid være at foretrække gennem afgifter at få indregnet forureningsomkostningerne i el-prisen frem for at udbetale ekstra tilskud. Det vil give markedet de bedste muligheder for at reagere med den mest effektive tilpasning. Det betyder også at det er de eksterne

omkostninger per kilogram udledning man bør hæfte sig ved snarere end omkostningen per kWh. Omkostningen per kWh varierer meget mellem energianlæggene og påvirkes desuden af vind- og vejrforhold. Derimod er de eksterne omkostninger per kilogram udledt stof rimeligt konstante i henholdsvis hovedstadsområdet og udenfor. De nye beregninger viser at hvis SO₂-afgiften skal afspejle forureningsomkostningerne, så bør den reguleres i forhold til den gældende sats på 20 kr./kg SO₂ – især for byområder. Ligeledes kan beregningerne anvendes som grundlag for fastlæggelse af en sats for en NO_x-afgift.

Resultaterne findes i: Mikael Skou Andersen, Lise Marie Frohn, Jytte Seested Nielsen, Malene Nielsen, Joan B. Jensen, Steen Solvang Jensen, Jesper Christensen and Jørgen Brandt, "EVA – a non-linear Eulerian approach for assessment of health-cost externalities of air pollution", Danmarks Miljøundersøgelser www.dmu.dk