

Inför omläggningen av det svenska energisystemet

Hälso- och miljöeffekter

En genomgång baserad på nya resultat från EUs ExternE-projekt

Den av regeringen beslutade omställningen av Sveriges energisystem innebär framförallt att kärnkraften avvecklas och ersätts med andra energislag och besparingar. Skälet för omställningen är att systemet skall bli mera "ekologiskt uthålligt", dvs långsiktigt mera gynnsamt för hälsa och miljö.

Det måste betraktas som en brist att en så genomgripande systemförändring inte blivit föremål för en miljökonsekvensanalys, dvs en kvantitativ jämförelse mellan det nuvarande och det beslutade energisystemet från hälso- och miljösynpunkt.

Alla sådana jämförelser är behäftade med betydande osäkerhet. Men om man håller detta för ögonen utgör de ändå ett betydligt bättre beslutsunderlag än mer eller mindre intuitiva överväganden.

Ett verktyg för jämförande miljökonsekvensanalys är beräkning av s k externa kostnader, dvs att sätta ett penningvärde på olika hälso- och miljöskador som inte är medtagna vid beräkning av elproduktionskostnaden. EU-kommissionen initierade 1991 ett projekt, vars första etapp syftade till att utveckla en gemensam metod att beräkna externkostnaderna för olika elproduktionssystem (EU ExternE). I en avslutande etapp har metoden nu tillämpats på ett stort antal befintliga eller planerade elproduktionsanläggningar i Europa.

Resultaten, som sammanfattas nedan, visar entydigt att kärnkraften ger lägre externkostnader än något annat av de analyserade kraftslagen, även med för kärnkraften ogynnsamma antaganden. De ger alltså inget stöd för den beslutade svenska energiomställningen från hälso- och miljösynpunkt.

Externkostnader

Beräkning av externkostnader kan betraktas som en utveckling av livscykelanalyser, LCA, genom att man utgår från de skademekanismer som identifieras i LCA (utsläpp, markexploatering etc), och kvantifierar de skador som åsamkas hälsa och miljö (sjukdoms- och dödsfall, försurningsskador mm). Slutligen sätts ett penningvärde på skadorna.

Liksom LCA omfattar externkostnadsberäkningar hela bränslecykeln, från bränsleframställning till avfallshandling. Externkostnadsberäkningarna går längre än LCA, bl.a. genom att också inkludera och värdera olycksrisker.

Dessutom leder externkostnadsanalyser fram till ett enda mått, öre/kWh, varför en direkt och total jämförelse mellan energislag underlättas.

EU-ExternE

Projektet påbörjades 1991 som ett samarbete för metodutveckling mellan EU-kommissionen och USAs energidepartement (Fas 1).

I den del (Fas 2), som avrapporterades 1995, behandlades ett antal bränslecykler: kol, olja, naturgas, kärnkraft, vattenkraft och vindkraft. Ett begränsat antal tillämpningar presenterades.

I Fas 3, som startades 1996 och avrapporterades 1998, har metoderna förfinats och tillämpningarna har breddats, så att de olika kraftslagen fått en mera allsidig belysning. Mycket arbete har ägnats åt att även inkludera bioenergi (Ref. 1).

Alla EU-länder (utom Luxemburg) samt Norge har deltagit i EU-ExternE. De olika länderna har analyserat för dem aktuella kraftslag, med data från existerande eller planerade anläggningar.

Från svensk sida har intresset för EU-ExternE länge varit påfallande svagt, men i Fas 3 har *Stockholm Environment Institute* deltagit med studier av svenska anläggningar för kol, biobränsle och vattenkraft (Ref. 2).

Tillämpning i Sverige

Nedan analyseras och sammanfattas de

resultat som kan vara av intresse för Sverige – det gäller dels energislagen biobränsle, naturgas, kol och kärnkraft, dels studier gjorda för de nordiska länderna.

De skador och externa kostnader som orsakas av vattenkraft är av annan typ än för fossila bränslen och kärnkraft. Det är huvudsakligen effekter på landskap och ekosystem genom dammbyggen och ändring av älvars flöden.

Vidare är skadorna helt anläggnings-specifika, d v s beroende av hur den studerade anläggningen är beskaffad. Vattenkraft kommer därför inte att behandlas i denna sammanställning.

Som en illustration till resultaten kan nämnas att den redovisade externa kostnaden för norsk vattenkraft är 2 öre/kWh. Man har också räknat fram positiva effekter såsom ökad sysselsättning, motsvarande 0,5 – 2 öre/kWh.

Alla kostnader redovisas i svenska kronor. Vid omvandlingen från ExternE har 1 ECU satts till 8:80 SEK.

Några metodfrågor

Kunskapsläget

Det har hävdats att jämförelse av externkostnader är en metod med många brister. Tyvärr finns ingen bättre metod för siffermässig jämförelse av de negativa effekterna av olika energislag.

Med den omfattande kunskap vi har fått genom ExternE-projektet om möjligheter och svårigheter vid beräkning av externkostnader kan vi nu göra relevanta jämförelser mellan skadeverkningar av olika energislag.

Det är betydande skillnader i kunskapsläget beträffande olika möjliga skadeverkningar.

Inom ExternE har beräkningar av externa kostnader gjorts endast för skador där man har tillgång till kvantitativt beräkningsunderlag, såsom skador på andningsorgan förorsakade av partiklar och kväveoxider.

Förbränning

Vid förbränning av fossila bränslen och biobränslen emitteras också cancerframkallande ämnen – kolväten och tungmetaller.

Man anser sig inte inom ExternE ha några användbara data för skadeverkningarna av dessa ämnen, och deras möjliga bidrag till de externa kostnaderna har därför försumrats.

Den beräknade externa kostnaden blir därför en undre gräns. Detta kan leda till snedvridning vid jämförelse mellan de olika energislagen till nackdel för kärnkraften.

Strålning

Effekterna av joniserande strålning är däremot väl undersökta. De beräkningsmodeller som baserats på denna kunskap är avsedda för planering av strålskyddsåtgärder, inte för förutsägelser av skador.

När dessa modeller används i ExternE leder det till en överskattning av skadan och därmed av de externa kostnader som är relaterade till strålning.

Växthuseffekten

Det stora problemet i beräkningar av externkostnader är växthuseffekten. Det är med nuvarande kunskap egentligen inte

möjligt att beräkna de externa kostnaderna för växthuseffekten.

I ExternE har dessa kostnader uppskattats med utgångspunkt från de scenarier, som utvecklats av The International Panel on Climate Change (IPCC).

Kostnadskalkylen har genomförts med hjälp av två beräkningsmodeller, en som ger ett vidsträckt intervall, "Conservative 95 % confidence interval" och ett snävare "Illustrative restricted range". Det förra leder till externa kostnader för växthuseffekten mellan 30 och 1200 kronor per ton CO₂ och det andra ger kostnader mellan 160 och 400 kronor per ton CO₂.*

Det kan nämnas att den svenska skatten på 370 kronor/ton CO₂ motsvarar en externkostnad av cirka 18 öre/kWh för naturgas och cirka 35 öre/kWh för kol. Skillnaderna beror på olikheter i bränslenas sammansättning och verkningsgraden.

Hela bränslecyclen

ExternE har beslutat att hela bränslecyclen skall inkluderas i beräkningen av externa kostnader.

Det som kan diskuteras är hur man skall betrakta externa kostnader i andra länder än slutanvändarens, t ex för kol- och urangruber.

Det finns argument för att sådana kostnader skall betraktas som internaliserade i gruvlandet men man har valt att inte göra så.

Luftföroreningar

De externa kostnaderna för fossila bränslen har två helt dominerande komponenter, växthuseffekten och hälsoskador på grund av luftföroreningar. För biobränslen dominerar hälsoskadorna. Detta innebär att man måste sätta penningvärden på liv och hälsa vilket är en såväl känslig som vetenskapligt svår fråga. Inom ExternE har man lagt ner mycket arbete på denna fråga.

I de tidigare faserna av ExternE räknade man med att kostnaden för ett dödsfall är lika med värdet av ett statistiskt liv, VSL.

I Fas 3 har man gått över till att räkna med YOLL, Years Of Life Lost, vilket ger en externkostnad som är upp till fyra gånger lägre än i tidigare beräkningar.

För skador åstadkomna av radioaktiv strålning har man också i en del fall räk-

nat med YOLL men reduktionen av den externa kostnaden blir här mindre, cirka 25 %.

Befolkningstäthet och -fördelning är helt avgörande för hur stora skador luftföroreningar åstadkommer. Tabell 1 visar beräknade skadekonsekvenser i kronor per ton inom hela EU av luftföroreningar, utsläppta från de undersökta förbränningsanläggningarna.

Kan man generalisera?

En viktig fråga är om man från externkostnadsberäkningar för en anläggning kan dra slutsatser för andra anläggningar i andra länder.

Det är självklart att de externa kostnaderna beror av den använda tekniken och av lokaliseringen av kraftverk.

Ett omodernt kolkraftverk i Danmark har t ex större externa kostnader än ett litet verk med modern teknik i en mindre ort i Sverige.

Om man tar hänsyn till skillnaderna i lokalisering och teknik bör det dock vara möjligt att dra slutsatser för svenska anläggningar från beräkningarna för andra europeiska länder.

De externa kostnaderna för kärnkraft domineras av de globala effekterna från kol-14 (C-14) och åtminstone enligt tidigare beräkningsmodeller av lokala och regionala effekter av radon från avfall från urangruber.

Detta gör att resultaten med vissa justeringar är tillämpliga för all kärnkraft i Västvärlden.

* Eftersom skadorna inte inträffar omedelbart har man gjort nuvärdesberäkningar med användning av olika diskonteringsräntor.

Det har framförts argument emot att diskontera framtida skador, men inom ExternE har man funnit att argumenten för nuvärdesberäkningar överväger.

Det snävare intervallet, "Illustrative restricted range" representerar "base case estimates" för 1 % respektive 3 % diskonteringsränta.

Det vidare intervallet, "Conservative 95 % confidence interval", uppges vara resultatet av en känslighetsanalys av beräkningarna. Här representerar ytterligheterna 1 % respektive 5 % diskonteringsränta.

Det är tveksamt om så hög ränta som 5% kan komma ifråga när det gäller diskontering av miljöskador, varför värdet 30 kronor/ton CO₂ måste betraktas som en extremt låg undre gräns för de externa kostnaderna.

Den svenska CO₂-skatten är 370 kr/ton CO₂, dvs mycket nära den övre gränsen i "Illustrative restricted range"

Tabell 1 Konsekvenser (kronor/ton) enligt ExternE inom hela EU av luftföroreningar, utsläppta från de undersökta anläggningarna.

Land	SO ₂	NO _x	Partiklar
Österrike	79	79 – 148	148
Belgien	100 – 107	102 – 108	216
Danmark	26 – 37	29 – 42	30 – 59
Finland	9 – 13	7 – 12	12 – 23
Frankrike	66 – 135	95 – 158	54 – 501
Tyskland	16 – 121	96 – 133	171 – 206
Grekland	17 – 69	11 – 69	18 – 73
Irland	25 – 47	24 – 26	25 – 48
Italien	50 – 106	40 – 119	50 – 182
Nederländerna	55 – 67	48 – 54	132 – 148
Portugal	44 – 48	53 – 64	49 – 61
Spanien	37 – 84	41 – 106	39 – 178
Sverige	21 – 25	17 – 21	24 – 34
Storbritannien	53 – 88	51 – 85	70 – 202

Tabell 2 Delprojekten inom ExternE

Land	Kol	Torv	Gas	Olja	Kärnkraft	Bioenergi	Vattenkraft	Vindkraft
Österrike			X			X	X	
Belgien	X		X		X			
Danmark			X			X		X
Finland	X	X				X		
Frankrike	X		X	X	X	X		
Tyskland	X		X	X	X	X		X
Grekland			X	X		X	X	X
Irland	X	X						
Italien			X	X			X	
Nederländerna	X		X		X	X		
Norge		X				X	X	X
Portugal	X		X			X	X	
Spanien	X		X			X		X
Sverige	X					X	X	
Storbritannien	X		X	X		X		X

ExternE, Fas 3

Tabell 2 ger en översikt över delprojekten i ExternE. En avsikt med Fas 3 har varit att ge så stor spridning som möjligt åt metoderna och resultaten så att de skall kunna användas vid beslut om miljö och energi i hela EU.

Kol

Man har räknat på 11 olika kolanläggningar. Den minsta är Västerås kraftvärmeverk, (Block 4, på 155 MWe och 250 MWt). Den största är West Burton i England på 1 800 MW. De flesta anläggningarna är utrustade med all modern miljöteknik.

Dock har man räknat på två kraftverk, som saknar rökgasrening, Belgien

1 och Irland. Dessa resultat kan ge ledning när det gäller att uppskatta följderna av att ersätta elektriciteten från Barsebäck med el från gamla kolkraftverk utanför Sverige (Se Diagram 1).

Naturgas

För naturgas har 12 anläggningar studerats. Den minsta är kraftvärmeverket i Hilleröd på 77 MW och den största är kraftverket i Eemshaven i Nederländerna på 1 700 MW. De lägsta externa kostnaderna får man i Norge och Portugal medan Danmark ger kostnader i närheten av det europeiska genomsnittet.

Icke oväntat är kostnaderna för skador på mänsklig hälsa små där man

använder modern miljöteknik. Växthus-effekten dominerar.

Bioenergi

ExternE Fas 3 har speciellt betonat bioenergi därför att nästan inga resultat tidigare föreligger för detta energislag.

Bioenergi används oftast i små anläggningar där detaljer i teknik och lokalisering av anläggningen spelar stor roll för den externa kostnaden. Den minsta anläggningen är den danska och den största är den svenska.

I Danmark har man studerat ett kraftvärmeverk på 1 MWe som drivs med biogas från gödsel från jordbruket i trakten. Anläggningen ligger nära ett litet samhälle.

Det kan vara intressant att notera att man räknar med ett negativt bidrag från växthuseffekten. Detta beror på att gödseln skulle ha emitterat en större mängd växthusgas om den hade fått brytas ner på ett naturligt sätt.

I Sverige har man räknat på användning av skogsrester i kraftvärmeverket vid Händelö utanför Norrköping. Verket är försett med utrustning för reduktion av utsläppen av NO_x, SO₂ och partiklar. Utsläppen har i beräkningarna fördelats mellan el- och värmeproduktionen. Resultatet, 2,6 – 3,5 öre/kWh el, visar vad man kan åstadkomma med bästa möjliga teknik och inte vad man skulle finna om man studerade all bioenergianvändning i Sverige.

Inte i någon av studierna har man granskat eldning i villapannor och kaminer, en teknik som i dag ökar kraftigt i Sverige för att ersätta direktverkande el.

En undre gräns för den externa kostnaden för detta fall har uppskattats och presenterats i en KSU Bakgrund (Ref. 3). Resultatet blev 18 öre/kWh.

Det finns också rapporter från Naturvårdsverket (Ref. 4) som visar att småskalig vedeldning ger betydande skador från luftföroreningar.

Kärnkraft

Beräkningarna för Frankrike härrör från ExternE Fas 2. Fas 3 omfattar beräkningar för Belgien, Nederländerna och Tyskland.

Resultaten för kärnkraften i Sverige finns ej redovisade i ExternE:s hemsida på Internet (Ref. 1) utan endast i en separat studie av *Stockholm Environment Institute*, (Ref 2).

Metoderna för att beräkna skadeeffekter av strålning är väl utvecklade och internationellt accepterade. Osäkerheter av den storlek man har vid beräkning av skador från luftföroreningar förekommer inte för kärnkraft.

De externa kostnaderna för kärnkraften domineras i ExternE av två komponenter, globala effekter p g a utsläpp av långlivade nuklider, huvudsakligen i samband med upparbetning av använt kärnbränsle, och lokala och regionala skador från radon emitterat från avfallsupplag vid urangruvor.

Avfall från urangruvor

Radonemissionerna vid urangruvorna kan minskas betydligt genom några meters övertäckning av lakresterna med grus, lera eller annat tillgängligt material.

Eftersom radonet är kortlivat, cirka 1 veckas halveringstid, (medan radonföregångarna är långlivade) hinner radonet klinga av innan det tränger igenom övertäckningen.

I Frankrike finns inhemska urangruvor och avfallet från dessa förvaras väl övertäckt så att radonutsläppen från lakresterna till luften inte är högre än från den omgivande naturen. Man får alltså inget bidrag till den externa kostnaden.

Andra länder importerar uran från ett antal gruvor, och då har beräkningen varit svårare. Inom ExternE har man rekommenderat användning av de förenklade exempel på radonemissionen som UNSCEAR (Ref. 5) presenterat, och med denna utgångspunkt beräkning av skadorna för 10 000 år framåt (UNSCEAR är FN:s vetenskapliga strålningskommitté).

I de fall där man har kännedom om utsläppen från avfallet skall man enligt ExternE:s rekommendationer korrigera UNSCEARs resultat med användning av de verkliga uppmätta värdena för radonemissionen.

Efter att ExternE Fas 3 avslutats utkom rapporten *Long-Term Population Dose due to Radon Released from Uranium Mill Tailings* (Ref. 6). Enligt denna undersökning, baserad på data från urangruvor som står för 80 % av världens uranproduktion, är den verkliga kollektivdosen 150 gånger lägre än den dos som anges av UNSCEAR.

ExternE har alltså grovt överskattat den skada som åstadkommit av radon

från avfall, lagrat vid nerlagda urangruvor.

Radioaktivitet från reaktordrift

De studier som gjorts inom ExternE Fas 3 bygger på den franska studien av kärnkraften i Fas 2. I Frankrike använder man tryckvattenreaktorer, PWR.

Kokarreaktorer, BWR, emitterar mer C-14 än PWR. Därför skall de franska resultaten för den globala effekten av radioaktivitet från reaktordrift multipliceras med en faktor 3,9 för att ge utsläpp från BWR. Detta ger ett betydande bidrag till den beräknade externa kostnaden för kärnkraften i Sverige, där flertalet reaktorer är av BWR-typ.

Att C-14-bidraget enligt ExternE blir förhållandevis stort beror på att man beräknar skadeeffekter från långlivade radioaktiva ämnen över en tid på 10 000 år.

Statens Strålskyddsinstitut, SSI, anser att 500 år är en rimlig tidshorisont. Denna begränsning ger en kollektivdos för C-14 från kärnkraftverk som är cirka 20 gånger mindre än den som använts i ExternE (Ref. 7).

Frankrike och Nederländerna låter upparbeta det använda kärnbränslet. Denna process ger ett dominerande bidrag till den externa kostnaden genom utsläpp av C-14, en komponent som inte skall inkluderas för länder som Sverige som inte låter upparbeta det använda bränslet.

Härdsmläta

Det går inte att teoretiskt helt utesluta möjligheten av ett svårt reaktorhaveri med härdsmläta och utsläpp av radioaktivitet till omgivningen som följd.

Den enda erfarenhet som finns av en härdsmläta i en västerländsk reaktor är TMI-haveriet (Harrisburg, USA, 1979) där dock utsläppen till omgivningen blev små och inga skador uppstod utanför anläggningen.

I samtliga beräkningar av kärnkraftens externkostnader har dock möjligheten av ett svårt reaktorhaveri beaktats och sannolikhetsberäkningar med användning av probabilistisk säkerhetsanalys utförts.

Tabell 3 visar resultaten från ExternE. De externa kostnaderna för uranbrytning har korregerats enligt Ref. 6.

Sammanfattning av resultaten

Ett urval av resultaten från ExternE presenteras i Diagram 1 och 2. För överskådlighetens skull visas inte alla resultat. De länder för vilka beräkningar för kärnkraft gjorts samt de nordiska länderna har medtagits.

Omsamtliga resultat inkluderats skulle bilden inte blivit väsentligt annorlunda.

En svårighet i jämförelsen är att i vissa fall är siffrorna resultat av nuvärdesberäkningar. För kärnkraft har skadorna givits maximala värden, d v s

Tabell 3. Externa kostnader för kärnkraft (öre/kWh el)

	Kraftproduktion inkl. hypotetisk svår olycka	Andra steg i bränslecykeln inkl. uranbrytning	Totalt
Belgien	0,7 *	0,3 **	1,0
Frankrike	0,4	1,8 ***	2,2 ***
Nederl	0,1	1,8 ***	1,9 ***
Tyskland	0,2	1,3 **	1,5
Sverige	1,1 (0,4****)	0,1	1,2 (0,5****)

* För olyckor anges ett intervall. Det högsta värdet visas i tabellen.

** Varav för växthuseffekt i Belgien 0,2 och i Tyskland 0,8 p g a att man för isotopanrikning använder el genererad i fossilbränsleeldade kraftverk.

*** Varav 1,7 för upparbetning av använt kärnbränsle

**** Med SSIs tidshorisont på 500 år vid beräkning av skadeverkningar från C-14

ingen diskontering till nuvärde har gjorts.

För de övriga energislagen har i allmänhet diskonteringsräntan 3 % använts vilket ger externkostnader som är cirka 30 % lägre än om ingen diskontering gjorts.

Behandlingen av växthuseffekten har beskrivits tidigare. I diagrammen visas externkostnader för växthuseffekten motsvarande det snävare av de två intervall, d v s 160–400 kronor/ton CO₂, som angivits tidigare. Den övre gränsen, 400 kronor/ton CO₂, motsvarar ungefär den nu gällande svenska CO₂-skatten. Även om innebörden av medelvärden av externa kostnader för ett antal anläggningar i olika länder kan ifrågasättas kan

sådana medelvärden illustrera en jämförelse mellan de olika energislagen. Tabell 4 bygger på uppgifterna i diagram 2.

Kolkraftverket Belgien 1, som inte har avancerad rökgasrening, har uteslutits och enbart Belgien 2 har använts.

Tabell 4. Medelvärden (öre/kWh el) av externkostnaderna i Europa enligt ExternE.

Förutsättning	Kol	Naturgas	Bioenergi	Kärnkraft*
400 kronor/ton CO ₂	51	21	9	0,9
160 kronor/ton CO ₂	30	10	8	0,9
Endast kraftverk, 0 kronor/ton CO ₂	13	4	6	0,5

*Exklusive externa kostnader för upparbetning av använt bränsle

Diagram 1. Externa kostnaderna för skador på mänsklig hälsa orsakade av kraftverksdriften (öre/kWh). Växthuseffekten är ej inkluderad.

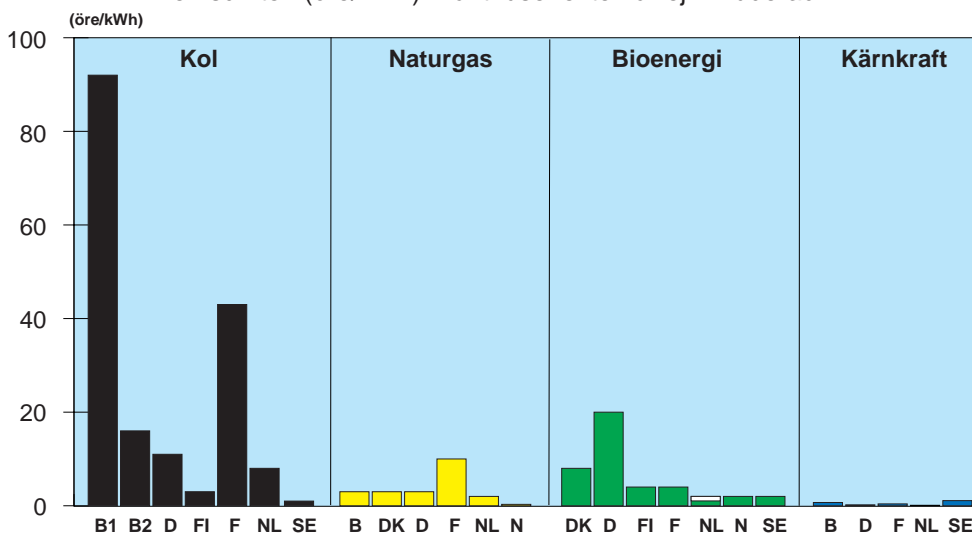
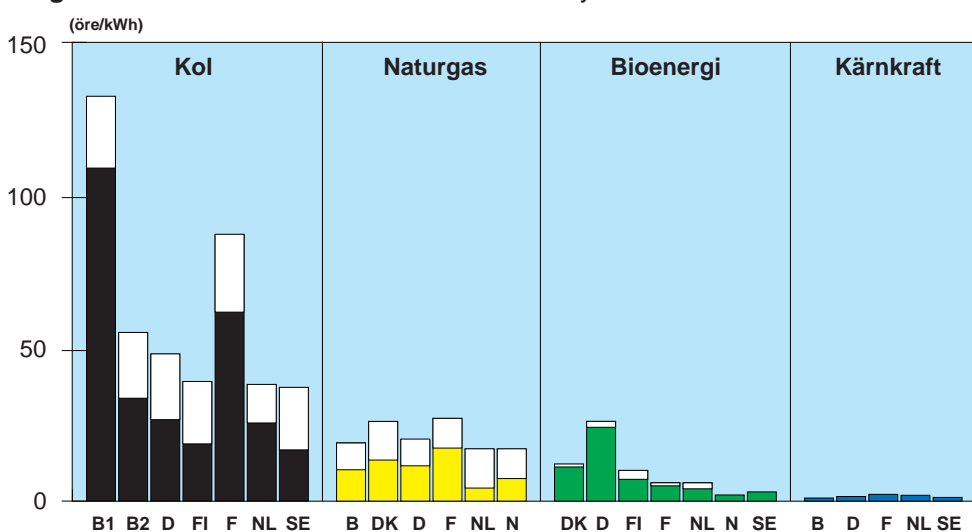


Diagram 2. Externa kostnader för hela bränslecykeln inklusive växthuseffekten



Färglagda staplar anger externkostnader inkl CO₂ med en antagen kostnad² av 160 kr per ton CO₂. Tillsammans med den övre ofärgade delen av varje stapel anges motsvarande med en antagen kostnad av 400 kr per ton CO₂ (se sidan 2).

De viktigaste slutsatserna av ExternE redovisas på nästa sida

Slutsatser

Genom ExternE Fas 3 har ett viktigt steg tagits mot målet att göra realistiska beräkningar av externa kostnader som kan användas vid jämförelse mellan olika energislag.

De viktigaste slutsatserna som kan dras för närvarande om externkostnaderna för olika energislag är:

- *Kolanvändning ger högre externa kostnader än de andra energislagen.*
- *För naturgas använd i moderna kraftverk är hälsoeffekterna små, växthuseffekten dominerar.*
- *Resultaten för bioenergi kan inte enkelt generaliseras att gälla för svenska förhållanden, speciellt vad gäller användning av biobränsle för att ersätta direktverkande el i småhus.*

Det kan inte uteslutas att de externa kostnaderna för småskalig användning av bioenergi i Sverige är höga. Miljömässigt bästa resultat kräver inte bara optimala anläggningar utan också bästa eldningsteknik, underhåll och bränsleval. Detta är svårt att uppnå till fullo i annat än professionellt skötta centralanläggningar.

Det är därför nödvändigt att studera miljöeffekterna av småskalig vedeldning innan man drar några säkra slutsatser.

- *Kärnkraft ger lägre externa kostnader än något annat energislag. Detta gäller hur man än betraktar ExternE-resultaten (tex med eller utan nuvärdesberäkning) och trots att man för kärnkraft inkluderat långsiktiga effekter vilket man inte gjort för de övriga energislagen för andra föroreningar än växt-husgaser.*

Den svenska elproduktionen är till hälften kärnkraft och till hälften vattenkraft, som också medför låga externa kostnader. ExternE visar tydligt att en ändring av det svenska systemet inte kan leda till något annat än högre externa kostnader, dvs en försämring för hälsa och miljö.

Att satsa mer på bioenergi kan vara ett från hälso- och miljösynpunkt riskabelt företag. Ett minimikrav borde vara att en detaljerad och för Sverige specifik beräkning av externa kostnader genomföres för jämförelse av alla de aktuella alternativen.

Nils Starfelt

Nils Starfelt har tidigare varit bl a professor i tillämpad fysik vid universitetet i Linköping, forskningsdirektör vid Atlas Copco AB och ordförande i forskningsnämnden vid Statens Kärnkraftinspektion. Han verkar idag som konsult och är ledamot av Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien.

REFERENSER

1. ExternE:s hemsida 1998. Slutrapporteringen väntas under året. <http://externe.jrc.es/>
2. M Nilsson, M Gullberg, Externalities of Energy, Swedish Implementation of the ExternE Methodology, Stockholm Environment Institute, 1998.
3. N Starfelt, C-E Wikdahl. KSU Bakgrund nr 5, 1996.
4. Åtgärder för att minska utsläpp från småskalig vedeldning. Naturvårdsverket rapport 4687, 1996.
5. UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, 1993.
6. Long-Term Population Doses due to Radon Released from Uranium Mill Tailings, SENES Consultants Ltd, Richmond Hill, Ontario, Canada, 1998.
7. Limitations of releases. SSI Stockholm 1987.

Analysgruppen vid KSU

Jean-Pierre Bento, civilingenjör, KSU
Per-Åke Bliselius, tekn lic, Sydkraft Konsult AB
Monica Gustafsson, docent, IAEA, Wien
Ingemar Lindholm, tekn. lic, Projekt Kärnbränsle & Miljö
Gustaf Löwenhielm, tekn dr, Forsmarks Kraftgrupp AB
Anders Pechan, utredn. sekr, Analysgruppen vid KSU
Agneta Rising, fil. kand, Vattenfall AB, Ringhals
Evelyn Sokolowski, docent, K S U
Gunnar Walinder, professor, strålningsbiolog
Carl-Erik Wikdahl, civilingenjör, EnergiForum AB