

Ref KB 00

BIOBRÄNSLEN

Ur KB:s samlingar

Digitaliserad år 2014



National Library
of Sweden

BILAGEDEL
SLUTBETÄNKANDE AV BIOBRÄNSLEKOMMISSIONEN
SOU 1992:91

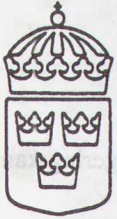
Ref KB Oc

BIOBRÄNSLEN FÖR FRAMTIDEN

BILAGEDEL

SLUTBETÄNKANDE AV BIOBRÄNSLEKOMMISSIONEN

SOU 1992:91



Statens offentliga utredningar
1992:91
Jordbruksdepartementet

Biobränslen för framtiden

Bilagedel

Bilagedel till Biobränslekommissionens slutbetänkande
Stockholm 1992

SOU och Ds kan köpas från Allmänna Förlaget, som också på uppdrag av regeringskansliets förvaltningskontor ombesörjer remissutsändningar av dessa publikationer.

Adress: Allmänna Förlaget
Kundtjänst
106 47 Stockholm
Tel 08/739 96 30
Telefax: 08/739 95 48

Publikationerna kan också köpas i Informationsbokhandeln, Malmtorgsgatan 5, Stockholm.

NORSTEDTS TRYCKERI AB
Stockholm 1992

ISBN 91-38-13163-3
ISSN 0375-250X

Innehåll

Bilagor

- Bilaga 1 Importerade bibränslen
Vattenfall Energisystem AB
- Bilaga 2 Bioenergins miljö- och hälsoeffekter
Vattenfall Energisystem AB
- Bilaga 3 Potential för produktion av värme och el med
biobränsle
Projekt Bioenergi, Vattenfall AB
- Bilaga 4 Emissioner från torveldning
Miljökonsulterna i Studsvik AB
- Bilaga 5 Samhällsekonomiska aspekter på bioenergins
konkurrenskraft
Thomas Sterner, Universitetet i Göteborg
- Bilaga 6 Energikonsumtionens sociala kostnad
Lars Hultkrantz, Universitetet i Umeå
- Bilaga 7 Marknadsförutsättningar för biobränslen
SIMS, Sveriges lantbruksuniversitet
- Bilaga 8 Biobränselns sysselsättningseffekter
SIMS, Sveriges lantbruksuniversitet
- Bilaga 9 Kraftvärmens konkurrenskraft vid eldning av
biobränslen respektive fossila bränslen
Peter Margen, Margen-Consult AB
- Bilaga 10 Koldioxidskatt på bränslen för elproduktion —
modellberäkningar
NUTEK

IMPORTERADE BIOBRÄNSLEN

TILLGÅNG PRISER OCH POTENTIAL

JAN SIEURIN
VATTENFALL ENERGISYSTEM AB
NYKÖPING JANUARI 1992

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Syfte och genomförande	4
2 DAGENS IMPORT AV BIOMASSA	4
2.1 Energibranschen	4
2.2 Skogsindustrin	5
3 MARKNAD FÖR IMPORTERADE BIOBRÄNSLEN	6
4 POTENTIELLA EXPORTLÄNDER	6
4.1 EG- länderna	6
4.2 Östblocket	7
4.3 Nordamerika	8
4.4 Övriga	8
5 AKTUELLA PRIS OCH KOSTNADSNIVÅER	9
6 SLUTSATSER	11

Bilaga 1. Konvertering av koleldade pannor till biobränsle (4 sidor)

SAMMANFATTNING

Importen av biomassa till Sverige för energiproduktion har varit i det närmast obefintlig fram till 1991. Under 1991 har en import startat dels från Lettland med bränsleflis dels från medelhavsområdet med olivkross. Importen av vardera bränslekvaliteten har under 1991 motsvarat ett energiinnehåll på ca 100 GWh. Användarna av dessa bränslen är värmeverk som konverterat koleldade pannor till biobränsle som en direkt följd av den ny beskattningen av bränsle som införts f r o m 1991. Kostnaden för dessa bränslen ligger fritt värmeverk på samma nivå som inhemsk bränsleflis, dvs ca 120 kr/MWh fritt värmeverk.

Mindre mängder träpellets har importerats från främst Polen, Kanada och Danmark. Den totala importen torde ligga på knappt 100 GWh jämnt fördelade på de tre länderna under 1991. Pellets har i första hand gått till mindre värmecentraler då det varit brist på svenska pellets. De kanadensiska pelletsen har importerats för proveldningar i större pannor. Den småskaliga importen från Polen och Danmark har kostat ca 180 kr/MWh. Kostnaden för en storskalig importen från t ex Kanada beräknas vid en kontinuerlig försäljning med långtidskontrakt ligga kring 130 kr/MWh fritt värmeverk, eller 110 kr/MWh cif svensk hamn.

Om det kommer igång en storskalig användning av biobränsle i Sverige, så kommer det att finnas en potential för en storskalig import av biobränsle från främst Ryssland, de baltiska staterna, USA och Canada.

På kort sikt (2-3 år) så torde man kunna komma igång med en produktion av 10 TWh träpellets från USA och Kanada, vilket motsvarar produktionen från ca 15 st storskaliga pelletsfabriker om vardera 100-150 000 ton/år.

Från Ryssland och de Baltiska staterna tror man att importen kommer att kunna bli ännu mycket större. Det kommer dock att ta tid innan man har byggt upp ett infrasystem som klarar transportererna av dessa volymer. Läget i f.d Sovjetunionen är idag mycket osäkert varför det är svårt att uppskatta den verkliga potentialen och kommande prisbild på importen från dessa nya stater.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Import av biomassa för energiändamål har hittills förekommit i en mycket begränsad omfattning. Förutsättningarna för import av biomassa för energiändamål har funnits men efterfrågan har saknats. Den ekonomiska konkurrenskraften har varit dålig jämfört med de fossila bränslena kol, olja och naturgas. Med det nya energiskattesystemet och miljöavgifterna har intresset för import av biobränslen ökat kraftigt under 1991.

I denna studie har omfattningen av biobränsleimporten under 1991 undersökts. Potentialen för en import av biobränslen på kort och lite längre sikt har kartlagts. En förväntad kostnads- och prisnivå för olika importerade biobränslen anges.

1.2 Syfte och genomförande

Studien har genomförts på uppdrag av Biobränslekommissionen för att ge en översikt av hur stor importen av biomassa för energiändamål är och hur stor potentialen är. Studien har genomförts under januari 1992 och bygger på tillgänglig statistik och samtal med personal från svenska värmeverk och med aktörer som arbetar med att importera eller har planer på att starta import av biobränslen.

2. DAGENS IMPORT AV BIOBRÄNSLEN

2.1 Energibranschen

Sveriges import av biobränslen är mycket begränsad. I SCB, Sveriges officiella statistik. Utrikeshandeln finns en rubrik för brännved inkl. stockar, kubbar, vedträn, kvistar och risknippen. Enligt statistiken har importen under 1980- talet legat kring 5 000 m³/år. Huvuddelen har kommit från Norge. Vidare finns en rubrik för träavfall inkl sågspån. Den har legat kring 250 000 m³/år. Även här är Norge det dominerande exportlandet. Troligt är att träavfallet inte använts som bränsle utan använts som råvara vid t.ex spånskive-tillverkning. Som jämförelse kan nämnas att importen av träkol legat kring 30 000 m³/år. Träkol kommer huvudsakligen från Östeuropa.

Under 1991 har vissa värmeverk importerat flis från Riga (Lettland). Nyköpings Energi, som är ett av de värmeverk som konverterat från kol till biobränsle, tar för tillfället in flis från Riga motsvarande ca 50 GWh/år. Resterande biobränsle till Nyköpingspannorna tas från Sverige, dels rivningsvirke och dels skogs- och sågverksavfall.

Under 1991 har ett för Sverige nytt biobränsle, olivkross, importerats. Omfattningen var det första året ca 25 000 ton, vilket motsvarar drygt 100 GWh. Importen kommer från ett antal länder kring Medelhavet. Huvuddelen har gått

Bilaga 1

till Katrineholms Energiverk, som ersatt kolet i en fluidiserad bädd. Även Helsingborgs Energiverk har ersatt kol med olivkross i en fluidbädd panna.

Mindre mängder briketter och pellets har importerats från Polen (ekpellets, och träbriketter), Kanada (träpellets), främst för proveldningar. Från Kanada har det kommit en provlast på 5 000 ton. Mängden från Polen torde vara av samma storleksordning.

Rådande lågkonjunktur innebär att de svenska pelletsfabrikerna inte erhållit tillräckliga mängder av torrt sågverksavfall för att svara upp mot den ökade efterfrågan under 1991. Import från Danmark med 5 000 ton har stöttat upp leveranserna till befintliga pellets pannor.

2.2 Skogsindustrin

Om importen av biomassa för energiproduktion har varit liten så är den desto viktigare för skogsindustrin. Den dominerande delen utgörs av vedråvara för massaindustrin. Importen av sågtimmer och annan industrived är av begränsad betydelse.

Nettoimporten av massaved och massaflis är ca 5 miljoner m^3 /år, vilket ska jämföras med den totala förbrukningen i Sverige på ca 36 miljoner m^3 /år.

Viktiga exportländer är t ex:

tallved	-Polen, Västtyskland, Frankrike, Finland och f.d Östtyskland
granved	-Norge, Danmark och f.d Sovjetunionen
lövved	-f.d Sovjetunionen
massaflis	-Portugal, Finland, Danmark ock Chile

3. MARKNAD FÖR IMPORTERADE BIOBRÄNSLEN

Marknaden för de importerade biobränslena torde i första hand vara de värmepannor som idag eldas med fossila bränslen, främst kol. Med de skatter och miljöavgifter som gäller idag (början av 1992), så är det mindre intressant att ersätta fossila bränslen vid elproduktion och vid den energiintensiva industrin. 1990 användes 7,0 TWh kol vid värmeproduktion i de svenska värm- och kraftvärmeverken. Motsvarande siffra för elproduktion var 1, 4 TWh. Som en jämförelse kan nämnas att användningen av bränsleflis var 3,5 TWh, dvs hälften av kolförbrukningen.

Kolpulverförbränning är den dominerande tekniken vid förbränning av kol. Därefter kommer rostertekniken (Wanderrost och Spreaderstoker). Den tredje tekniken är fluidiserade bäddar. En genomgång av tekniska möjligheter att konvertera koleldade pannor till biobränsle redovisas i bilaga 1.

Bilaga 1

För att konvertera huvuddelen av de befintliga koleldade kolpannorna krävs förädlade biobränslen. Det innebär att bränslet ska vara torrt och komprimerat. Vid nybyggnad av värme- och elproduktionskapaciteten kan man däremot välja förbränningsteknik som även lämpar sig för oförädlade biobränslen.

4. POTENTIELLA EXPORTLÄNDER

4.1 EG- länderna

I Europa finns stora tillgångar och möjligheter till en användning av outnyttjad mark som blir en följd av begränsningen av spannmålsproduktionen. Omkring 20 miljoner hektar av jordbruksmark och 10 till 20 miljoner av övrig mark kommer att troligtvis bli tillgänglig för produktion av biomassa till år 2000 (1). I tabell 4. 1 ges nuvarande tillgångar och en möjlig framtida ökning för några olika biobränslen.

Tabell 4.1 Tillgång på biobränsle i Europa (Mton ts/ år)

	Idag	Framtid
Trädbränsle	5	75
Andra energigrödor		250
Träavfall	50	70
Jordbruksavfall	250	250
Hushållsavfall	60	75
Industri- och komerciellt avfall	90	100

Potentialen för produktion av biobränsle jämfört med dagens omfattning visas i tabell 4.2.

Arbeten inom den Europeiska gemenskapen har identifierat de mest lovande trädsorterna som poppel i de tempererade zonerna och eucalyptus i varma och fuktiga zoner.

Tabell 4.2 Produktion av biomassa i Europa (Mton ts/år)

	Idag	Framtid
Trädbränsle, snabbväxande skog	1	150
Traditionell skog	85	170
Buskskog	5	100
Sweet sorghum	2	250
Jordbruksavfall t.ex halm,olivkross	40	250
Hushållsavfall	100	150

Import av trädbränsle från EG- länderna kommer troligen inte att bli aktuell inom överskådlig framtid. Inom ett kortare perspektiv kan man tänka sig att det kommer att finnas en potential för import av vissa specialsортiment som

Bilaga 1

finns i tillräckliga mängder inom ett begränsat område, nära kusten. Det aktuella materialet bör vara torrt och med en hög energitäthet (MWh/m^3), för att klara transportkostnaden till Sverige. Odlade energigrödor torde inte klara en sådan kostnad. Tänkbara biomassor är olivkärnor och vissa typer av träavfall som inte har ett för högt alternativvärde .

Produktionen av olivolja i länderna kring Medelhavet är ca 1,5 miljoner ton/år. Olivkrossmängden från denna tillverkning är ca 2 miljoner ton/år. En stor del av detta används, eller kommer att användas, internt inom dessa länder. Det överskott som det sedan är ekonomiskt att exportera torde ligga kring 200-500 000 ton/år, vilket motsvarar 1-2 TWh.

4.2 Östblocket

F.d Sovjetunionen

I denna övergripande kartläggning av potentialen för biobränslen gör vi ingen uppdelning i de nya staterna som bildats ur det forna Sovjetunionen. Enligt de senaste bedömningarna så uppgår den produktiva skogsarealen till 1200 Mha. Virkesförådet överstiger 80 miljarder m^3f och den årliga tillväxten är ca 1 miljard m^3f . Av detta enorma virkesföråd återfinns 20 % väster om Ural. Den totala avverkningen uppskattades till 400 miljoner m^3f i mitten 1980-talet. Biobränsle inkl. torv står för mindre än 2 % av energitillförseln i f.d Sovjetunionen. Råvara torde inte vara någon begränsande faktor för export av biomassa till t.ex Sverige.

I f.d Sovjetunionen använder man företrädesvis stammetoder vid kalavverkningar. Företrädesvis kvistar man vid övre avlägg och transporterar enbart stammen till nedre avlägg. På grund av den stora bristen på transportfordon så är det svårt att ta tillvara dessa avverkningsrester.

Det finns 30 000 sågverk i f.d Sovjetunionen. Många av dessa har ingen avsättning för avfallet, vilket är en stor potentiell råvara för biobränsle både för internt bruk liksom för export. De baltiska staterna och Ryssland i området innanför Finska viken bör vara de områden som är av intresse för en export till Sverige.

Situationen i de nya staterna är idag mycket oviss vilket kan innebära att det kommer att ta tid innan man hunnit byggt upp ett infrasystem som tillåter en större export av biobränsle. Ny lagar kommer att införas som påverkar handeln med råvaror. Bland annat har man den 1 februari 1992 fått en ny lag i Ryssland som förbjuder export av offlisat biobränsle.

Polen

Virkesförådet i Polen uppgick till 1 162 Mm^3f pb, med en nettotillväxten som är 28,5 Mm^3f pb. Den årliga avverkningen har ökat under senare tid men ligger under potentialen för ett långsiktigt uthålligt skogsbruk. De ökade avverkningarna är delvis en följd av försurningskador i luft och mark. Stora

Bilaga 1

arealer måste tillvaratas innan veden förstörs. Polen har besvär med att bygga ut sin egna skogsindustri vilket leder till ökade exportmöjligheter. Denna export kommer i första hand att gå till nordisk skogsindustri. Hur mycket som kan bli tillgängligt för energiändamål är svår att uppskatta. På kort sikt är det torrt sågverksavfall omvandlat till briketter eller pellets som är aktuellt för export till Sverige.

4.3 Nordamerika

I östra Kanada och USAs sydstater är skogstillgångarna stora och tillåter en storskalig export av råvara för energiproduktion till Sverige. I första hand är det lövved från t.ex asp som är intressant för export. Sedan 1986 råder ett förbud för införsel av barrved till Sverige från USA och Kanada. Orsaken är förekomst av en typ av nematoder i dessa länder som angriper och allvarligt skadar tallskogarna.

Den största potentialen för import från USA och Kanada torde vara torrt sågverksavfall och sorterat träavfall. I bägge fallen är det troligt att man måste komprimera materialet till pellets för att ekonomiskt klara transporten över Atlanten.

Idag har Bioshell två pelletsfabriker med en kapacitet på ca 100 000 ton vardera. Hälften av detta kan exporteras till Sverige på kort sikt. På lite längre sikt kan fabriksmoduler om ca 100- 150 000 ton/år byggas upp. För att detta ska komma till stånd krävas långsiktiga kontrakt med svenska köpare. Enligt bedömningar är det möjligt att producera 1 miljon ton träpellets för den svenska marknaden inom tre år. Det motsvarar ca 5 TWh bränsle.

Ett annat projekt som man arbetar med är att ta tillvara på engångspallar och annat torrt träavfall från området kring New York. En sådan anläggning som planeras att uppföras under 1992 kommer i så fall att producera 100 000 ton träpellets per år i en först etapp. I och med att allt material kommer att vara ugnstorkat virke så kringgår man problemet med importförbudet av barrved.

5. AKTUELLA PRIS OCH KOSTNADSNIVÅER

Priset på importerad bränsleflis ligger idag på ca 90 kr/MWh, cif svensk hamn. Till detta ska man lägga 2 kr/MWh i farledsavgift och speditonsavgift, 15 kr/MWh i hamnvaruavgift och 5 till 15 kr/MWh i transportkostnad mellan svensk hamn och värmeverk. Resultatet blir en kostnad fritt verk på 112-122 kr/MWh. Detta ska jämföras med priset för svenskt bränsleflis som legat stilla kring 115 kr/MWh under en följd av år.

Priset på olivkross ligger strax under 100 kr/MWh cif svensk hamn. Eftersom olivkärnorna är en torkad vara med högre energivärde så minskar hamn-avgifter och transportkostnaderna räknat per energienhet. Priset fritt värmeverk kommer att hamna på samma nivå som svensk och importerad bränsleflis, dvs runt 120 kr/MWh. För närvarande genomför Biothermics (den

Bilaga 1

svenska importören av olivkrossbränslen), tillsammans med ett flertal svenska värmeverk, tester med olika former av förädlade former av olivkärnor. Pelleterade kärnor beräknas att kosta ca 130- 140 kr/MWh fritt värmeverk.

Eftersom det inte förekommer någon kontinuerlig försäljning av träpellets från USA eller Kanada så är det inte möjligt att ange något pris ännu. Enligt aktörerna på denna marknad anger man att det är möjligt att komma till ett pris kring 110 kr/MWh cif svensk hamn, vilket indikerar ett pris fritt värmeverk på 130 kr/MWh.

Träpellets som importerats från Danmark under 1991, då det var brist på råvara till de svenska pelletsfabrikerna, låg på ca 140 kr/MWh. Dessutom tillkom en transportkostnad på ca 40 kr/MWh dvs ett pris fritt panncentral på 180 kr/MWh. Det bör påpekas att det var en småskalig leverans i förhållande till det som diskuterats ovan från USA och Kanada.

Att använda massafilis för energiändamål är inte ekonomiskt intressant förrän biobränslepriserna stiger ordentligt. 1988 genomfördes en kartläggning av massaved och flis från olika delar av värden. Nedan följer en sammanställning av dessa priser som gäller i 1988 års prisnivå.

Importerad tallmassaved kostade, omräknat till energienheter ca 190 kr/MWh. Ved från Västtyskland var något dyrare och granmassaved också generellt dyrare. Tallvedens undre prisnivå var 162 kr/MWh.

Priset för björkmassaved är lägre än för tall och gran. Eucalyptusved är 10 till 20 % dyrare än björkved. Priset för björkved låg 1988 på 110-115 kr/MWh cif, svensk hamn. Till detta ska man förutom farled, hamn och transportkostnader till värmeverk lägga kostnader för flisning. Priset fritt svenskt värmeverk 1988 skulle ha hamnat på ca 140- 150 kr/MWh, vilket ska jämföras med det svenska flispriset som även på den tiden låg kring 115 kr/MWh.

Inom det europeiska forskningsprogrammet "Energi från Biomassa" har man tittat på kostnader för produktion av biobränslen dels idag dels i en framtid. I tabell 5.1 redovisas kostnaderna för trädbränslen samt för durra (tropiskt/subtropiskt sädeslag). Tabell 5.2 visar motsvarande kostnader omräknade till kr/MWh.

Bilaga 1

Tabell 5.1 Kostnader för produktion av bibränslen i kr/ton ts
(1 ECU= 7,50 SEK)

	Trädbränsle		Durra	
	Idag	Framtid	Idag	Framtid
Biobränsle	75	40	315	115
Skörd	150	115	40	30
Lagring	40	30	-	-
Transport	40	30	135	85
Totala kostnader	350	215	490	230

Tabell 5.2 Kostnader för produktion av bibränslen i kr/MWh
(1 ECU= 7,50 SEK)

Använt värmevärde MWh ton t:	Trädbränsle		Durra	
	Idag	Framtid	Idag	Framtid
	5,0		4,8	
Biobränsle	15	8	66	24
Skörd	30	23	8	6
Lagring	8	6	-	-
Transport	8	6	28	18
Totala kostnader	61	43	102	48

Kostnaden för sjötransport av virke är förhållandevis låg. Enligt uppgifter från 1988 var fraktkostnaden för rundved från länder runt Östersjön 10-15 USD/m³f pb inkl. lastning och lossning i utskeppnings- respektive mottagningshamn. Kostnaden för transport från Sydamerika var 25-30 USD/m³f pb (2). Sjöfrakt kontrakteras alltid i USD. Fraktkostnaderna omräknat till kr/MWh låg då på ca 25-40 kr/MWh vid kortare transporter och 70-85 kr/MWh vid transporter från Sydamerika. Förädlade bibränslen som t.ex pellets kostar mindre att transportera, då de har en högre energitäthet. Pelletstransporter från Kanada och USA kostar i storleksordningen 20 USD/ton vid en båtstorlek på 20 000 ton. Det motsvarar en kostnad på 25 kr/MWh. Vid mindre båtar stiger givetvis kostnaden.

Frakter från medelhavsområdet med t.ex olivkärnor kostar ca 20 USD/ton med båtar som lastar 5 000 ton. Med större båtar sjunker kostnaden ytterligare.

6. SLUTSATSER

Import av biobränsle till Sverige har skett i mycket liten omfattning. Huvudanledningen torde vara att kostnaden jämfört med andra fossila bränslen och el varit för hög. Med de nya skatter och miljöavgifter som fr.o.m 1991 förordrar användningen av fossila bränslen har biobränslen för värmeproduktion blivit konkurrenskraftiga. Kostnaden för importerat biobränsle ligger idag i nivå med priset för inhemsk bränsleflis. Detta gäller flis importerad från öst som pellets tillverkade av olika former av torrt träavfall eller jordbruksavfall.

Bilaga 1

Importerat biobränsle bör ha sin största potential på kort sikt vid större värmeverk placerade vid eller i närheten av en hamn och i områden med begränsade mängder inhemskt biobränsle, dvs då inhemskt biobränsle kommer att belastas med höga transportkostnader. Vid import av biobränsle kommer skillnaden mellan oförädlade och förädlade bränslen att vara mindre än fallet är för de inhemska biobränslet. Detta hänger samman med dels att det är förhållandevis dyrt att transportera oförädlade biobränslen längre sträckor dels att tillgången på torra och sönderdelade råvaror med ett lågt alternativpris är stor i vissa länder. Exempel på sådana råvaror är kutterspån, krossat rivningsvirke och vissa torra jordbruksavfall som olivkärnor, majs- och socker- rörsodling, skal från jord- och kokosnötter m.m.

Tillgången på råvaror torde inte vara gränssättande ens vid en storskalig kraftproduktion (kondens) med biobränsle. Däremot är det svårt och har inte ingått i denna studie att bedöma tiden för att bygga upp ett infrasystem i t.ex Ryssland och de baltiska staterna som skulle klara dessa volymer. Idag är Sverige ganska ensamt om att ha infört miljöavgifter som gör att biobränsle är konkurrenskraftigt mot fossila bränslen. Om andra länder följer efter så bör man räkna med att det blir konkurrens om de biobränslen som är billigaste.

REFERENSER

- (1) " Energi från Biomassa- EG-programmet", IEA Bioenergy Newsletter, Periodical of the Bioenergy agreement, Vol 3, nr 1, 1991.
- (2) Import av Trädbränslen till Sverige, potential på kort och lång sikt, Statens energiverk 1988: R6

Bilaga 1

KONVERTERING AV KOLELDADE PANNOR TILL BIOBRÄNSLE**INLEDNING**

Vattenfall Energisystem AB har på uppdrag av Biobränslekommissionen gjort en översiktlig bedömning av tekniska möjligheter att konvertera svenska kolpannor till biobränsle. Nedan följer en beskrivning av tekniker samt erfarenheter från genomförda konverteringar och tester uppdelat efter vilken förbränningsteknik som används vid koleldningen.

FLUIDISERADE BÄDDAR

Fluidiserade bäddar (bubblande, cirkulerande och multibäddar) är vanligen dimensionerade för att kunna elda både kol och biobränslen. Generellt är FB-pannor de pannor som är enklast att konvertera till biobränsle och många värmeverk har under 1991 gått över till biobränsle som en direkt följd av de nya miljöavgifterna.

Konverteringen innebär antingen att bränslehanteringen anpassas till det biobränsle som man önskar att kunna elda eller att bränslet anpassas till det befintliga bränslehanteringssystemet. Exempel på det första fallet är Nyköping där man byggt om bränslehanteringen så att oförädlade biobränslen ska kunna eldas. Ombyggnaden omfattade följande

- flisupplag vid pannan
- nya bandtransportörer med avskiljare för magnetiskt material och överstora bitar
- flistugg för de överstora bitarna
- frontlastare
- ny bottenutmatning för aska i pannan

I t.ex Katrineholm har man valt att använda biobränsle som kan hanteras i det befintliga bränslehanteringssystemet för kol. Kravet på bränslet blir då större bl.a högre energitäthet, vara fri från föroreningar och ha en definierad styckestorlek. Olivkärnorna som används i Katrineholm uppfyller dessa krav. Pellets tillverkade av biobränsle är ett alternativ som också uppfyller kraven. Den enda ombyggnaden som gjorts vid konverteringen i Katrineholm är att installation av sprinkler vid bränslefickan för att minska effekterna av en eventuell damning vid tippning av bränslet.

Hälsingborgs Energiverk har också valt att testa ett flertal olika biobränslen som inte kräver några större ombyggnader av bränslehanteringen. De bränslen som varit mest lyckosamma är olivkärnor och träpellets.

Vattenfalls MBC- panna i Hallsberg kommer också att testas med biobränslen som klarar en minimal ombyggnad. Tester med pellets planeras till månads-skiftet mars/april.

Bilaga 1

Det enda förbränningstekniska problemet som man rapporterat om är att finandelen inte får vara för stor, Det fina materialet följer med gasströmmen och brinner ovanför bädden varvid temperaturen kan bli för hög i toppen av pannan. Problemet verkar störst vid de cirkulerande bäddarna där gashastigheten är störst.

ROSTPANNOR

De vanligaste koleldade rosterpannorna är försedda med wanderrost eller spreaderstoker. Till skillnad från de fluidiserade bäddarna är dessa normalt inte dimensionerade för annat än koleldning.

För att konvertera en wanderrost till biobränsle är det troligt att man måste använda förädlade biobränslen. Kalmar Energiverk har valt träpulver. Rosten har murats igen och två pulverbrännare har monterats på panntoppen. Bortsett från ombyggnaden av pannan har man kompletterat anläggningen med en pulverсило, doseringsutrustning samt ett pneumatisk transportsystem för pulvret.

Vid ett flertal verk har man gjort försök med att blanda olika biobränslen med kol före inmatning på rosten. Resultaten har inte varit positiva. Man rapporterar att det torra biobränslet suger åt sig kolets fukt med dålig utbränning som följd. En annan förklaring är att det är svårt att uppnå en homogen blandning på rosten med de olika bränslena. Detta leder till att man får genomblåsningar i bädden.

En bättre metod att sammelfa kol och biobränsle är att med två separata bränslesystem, lägga bränslena i två skikt på varandra. De bästa resultaten har man dock erhållit vid de försök då man går över till enbart biobränsle i form av pellets. Dessa måste vara hårda så att de inte faller sönder på rosten. I Danmark har man, med gott resultat, konverterat ett flertal rostpannor till 100% pellets. Den maximala effekten minskar till 80 % jämfört med koleldning.

Vid eldning med spreaderstoker kan man komplettera den befintliga kolhanteringen med ett separat flissystem. I Borås har man ett "blåsbord", under nivån för kolinkastarna, där flis blåses in så att man får en jämn fördelning av flisen på rosten.

PULVERELDNING

Kolpulver eldas i pannor antingen med centralmalet kolpulver eller i pannor där kolets mals direkt vid transporten in till brännarna. De enklaste pannorna att konvertera är de med centralmalet kolpulver. Här kan man på samma sätt som är fallet med kolpulvret använda färdigmalt trä- eller torvpulver. Idag finns enbart en träpulverfabrik som säljer träpulver för energiproduktion, Ebenol i Ulricehamn. Torvpulver kan köpas från Uppsala energi. För att få

Bilaga 1

samma buffertkapacitet med träpulver som man tidigare hade med kol krävs en tredubbling av lagringsvolymen. Träpulver lagras liksom kolet i silos.

Ett alternativ till att köpa färdigmalet biopulver är att köpa pellets vilka kan malas i en hammarkvarn vid pannanläggningen. Pellets kan lagras i befintliga kolsilos och är ungefär lika energität som kolet. Kvarnen kan placeras efter den befintliga silon tillsammans med en mindre doseringssilo. Förutom kvarn och en ny doseringsutrustning krävs troligen nya transportledningar och en justering av brännarna.

Om man önskar en större buffertvolym med färdigmalet pulver så kan den befintliga silon användas som tidigare med doseringsutrustning i botten. Före silon placeras då en tippficka och lager för pellets. Från lagret transporteras bränslet till en kvarn som blåser pulvret till den befintliga silon.

Antalet pannor som eldas med centralmalet kolpulver är begränsat. Exempel på värmeverk är Jönköping (60 MW), Drevviken (2* 25 MW), Hallstahammar (25 MW). Det finns dessutom ett antal industriugnar (sinterverk och mesaugnar) som använder centralmalet kolpulver. Samma teknik som vid konvertering av dessa pannor kan tillämpas vid konvertering av många oljepannor till biobränsle.

Den största potentialen för konvertering av kolpannor är de med direktmalning. Dessa pannor är vanligen större än 100 MW. I de flesta fallen är det begränsat med utrymme för att man ska kunna hantera oförädlade biobränslen. Ett annat viktigt skäl som talar mot oförädlade biobränslen är att effekten måste begränsas mycket mer än om man satsar på ett förädlat biobränsle. Telge Energi har undersökt möjligheterna att bygga om en av sina koleldade pannor till ett oförädlat biobränsle. Konverteringen innebar att bygga om den tangentialeldade kolpannan till en bubblande fluidiserad bädd. Kostnaden blir hög varför man går vidare med att undersöka möjligheten att ta in pellets och mala dem i befintliga kolkvarnar. De första försöken har inte varit tillfredsställande. Även Helsingborg har för avsikt att provmala pellets i sin kolpulvereldade panna.

Stockholms Energi kommer att satsa på pellets när Hässelbyverkets kolpannor ska konverterats till biobränsle. Uppsala energi är de som har erfarenhet av att konvertera en koleldad panna till förädlade biobränslen, i deras fall torvbrikiner.

I Västerås har man undersökt möjligheterna elda ett färdigmalet träpulver som produceras i en separat fabrik på annat håll. Tillsvdare kommer Västerås dock att fortsätta med kol. Man har investerat i ny avancerad reningsutrustning för svavel- och kväveoxider.

I de fall då det inte är möjligt att konvertera till 100 % biobränsle så kan man använda träpulver som ett reurningbränsle. Man ersätter då ca 20% av kolet med biobränsle. Träpulvret blåses in i en nivå ovanför de befintliga kolbrännarna. Resultatet blir förutom att koldioxiden och svavelutsläppen begränsas även en förhållandevis stor reduktion av kväveoxiderna.

Bilaga 1

SAMMANFATTNING

Fluidiserade bäddar kan relativt enkelt konverteras från kol till biobränslen, många värmeverk har redan (under 1991) konverterat. De som inte konverterats är industripannor och kraftvärmeverk. De har andra skatter och miljöavgifter än värmeproducenterna vilket gör det mindre lönsamt att konvertera från kol till biobränsle.

Koleldade rostpannor har inte konverterats i lika stor utsträckning som fluidiserade bäddar. Resultat från försök med blandning av kol och biobränslen har inte varit positiva. I de fall man gått över till 100 % pellets så har resultaten varit mer lovande, försöken har främst genomförts i mindre pannor < 20 MW. Effektminskningen som erhålles med ett förädlad biobränsle kan uppskattas till 20 %.

Konvertering av kolpulverpannor med centralmalning torde inte innebära några större tekniska problem. Enbart förädlade biobränslen är aktuella vid en konvertering från kol. Även vid kolpannor med direktmalning så är det pellets som är huvudalternativet vid en konvertering.

Ur teknisk synpunkt är det möjligt att konvertera de flesta koleldade pannorna. För rost- och direkteldade kolpulverpannor återstår det ett utvecklingsarbete för att finna vilka biobränslen som kan användas och som ger det bästa ekonomiska utfallet. En viktig fråga för det ekonomiska utfallet är hur mycket man måste klassa ner pannan med avseende maximala effekten. En annan viktig parameter är också till vilket pris som man kan producera förädlade biobränslen, framförallt biopellets.

BIOENERGINS MILJÖ- OCH HÄLSOEFFEKTER



BIOENERGINS MILJÖ- OCH HÄLSOEFFEKTER



Väntall Energisystem AB Mark, Miljö och Energiteknisk
Box 528 182 12 VÄLLINGBY
Telefon 08-738 60 00 Telex 03-87 58-61

FÖRORD

Genom åren har en rad studier genomförts av bibränslenas miljöegenskaper och miljöpåverkan. Fortfarande finns dock områden där kunskaperna är otillräckliga. Detta kan bero på att studier inom området saknas eller att de varit alltför begränsade. Ett annat skäl kan vara att frågorna är så komplexa att det är svårt eller näst intill omöjligt att idag göra några säkra bedömningar eller dra välgrundade slutsatser.

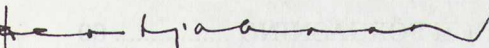
Biobränslekommissionens huvuduppgift är att analysera de långsiktiga förutsättningarna för en ökad kommersiell användning av biobränslen samt lämna förslag till åtgärder för att stärka biobränslenas konkurrenskraft. En given och viktig förutsättning för kommissionens arbete är att biobränslen är miljövänliga och en på lång sikt uthållig energiresurs. För att belysa detta gav Biobränslekommissionen den 19 december 1992 i uppdrag åt Vattenfall Energisystem AB att sammanfatta och sammanställa dagens kunskaper om biobränslenas miljöegenskaper och miljöpåverkan.

Uppdraget har genomförts av en arbetsgrupp bestående av Susanne Rosén-Lidholm, Per Sundell, Lars Welander, Helena Dahlberg, Bengt Hanell och undertecknad. Miljökon.sulterna i Studsvik har också medverkat. Gullbritt Malm har svarat för layout och utskrift.

En mycket kort tid har således stått till vårt förfogande för att gå igenom, värdera och sammanställa tillgänglig litteratur och skriva föreliggande rapport. Tack vare arbetsgruppens mycket engagerade och uppoffrande arbete har uppgiften kunnat genomföras i stort sett inom givna tidsramar och som vi hoppas med ett tillfredsställande resultat.

För att följa arbetet, ge förslag till lämplig litteratur, göra prioriteringar samt granska rapporten tillsattes en referensgrupp med följande deltagare: Rune Andersson SNV, Leif Bernegård SNV, Bengt Boström NUTEK, Sten Frostäng NUTEK, Gunnar Hovsenius Vattenfall, Tomas Kåberger Naturskyddsföreningen, Kaj Rosén SLU, Eva Ström Biobränslekommissionen samt Katarina Victorin IMM. Vi tackar medlemmarna i referensgruppen för gott stöd, hjälp med litteratur mm. Vi vill dessutom rikta ett särskilt tack för stor hjälp till Sven-Olov Ericson, Anna Lundborg och Jan Nilsson på Vattenfall Research!

Vällingby i mars 1992


Roland Johansson

Vattenfall Energisystem AB
Mark, Miljö och Energiutveckling

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
SAMMANFATTNING	2
KUNSKAPSLUCKOR OCH FORSKNINGSBEHOV	8
1. UPPDRAGET	10
2. INLEDNING	11
3. BIOBRÄNSLEN - EGENSKAPER FRÅN MILJÖSYNPUNKT	12
3.1 Tillgång och produktion, 3.2 Energiinnehåll och fukthalt, 3.3 Kemisk sammansättning, 3.4 Referenser	
4. UTTAG AV BRÄNSLE FRÅN SKOGEN	22
4.1 Växtnäringsstillgång, 4.2 Träd tillväxt efter bränsleuttag, 4.3 Förna och humus 4.4 Kompensationsåtgärder med aska, kalk och handelsgödsel, 4.5 Flora och fauna, 4.6 Påverkan på landskapsbilden, 4.7 Inblandning av lövträd, 4.8 Miljömål för skogsbruket, 4.9 Referenser	
5. PRODUKTION AV BRÄNSLE PÅ ÅKERMARK	36
5.1 Växtnäringsläckage, 5.2 Återföring av restprodukter, 5.3 Åkermarkens mullinnehåll, 5.4 Markförsurning och kalkning, 5.5 Växtföljd och kemiska bekämpningsmedel, 5.6 Effekter på flora och fauna, 5.7 Påverkan på landskapsbilden, 5.8 Miljömål och odlingsrekommendationer, 5.9 Referenser	
6. HANTERING OCH TRANSPORT	46
6.1 Emissioner från maskiner och fordon i samband med bränsleuttag och skörd, 6.2 Transport av biobränslen, 6.3 Lagring, 6.4 Totala emissioner från två hanteringskedjor, 6.5 Energibalans för två hanteringskedjor, 6.6 Referenser	
7. EMISSIONER VID FÖRBRÄNNING OCH FÖRGASNING	60
7.1 Energiomvandling ur biobränsle, 7.2 Förbränningsanordningar, 7.3 Förgasning, 7.4 Bestämmelser och riktvärden för utsläpp, 7.5 Begränsning av utsläpp, 7.6 Typanläggningar, 7.7 Framtiden	

8.	OMGIVNINGSPÅVERKAN VID FÖRBRÄNNING OCH FÖRGASNING	79
	8.1 Luftföroreningar, 8.2 Lokalisering, 8.3 Brand och explosion, 8.4 Effekter på människor och växter, 8.5 Referenser	
9.	RESTPRODUKTER.....	91
	9.1 Askproduktion, 9.2 Produktion och karaktärisering av restprodukter, 9.3 Analys av askor, 9.4 Hantering av restprodukter, 9.5 Referenser	
10.	ASKÅTERFÖRING	105
	10.1 Askåterföring till skogen, 10.2 Referenser	
11.	GLOBALA FRÅGESTÄLLNINGAR.....	111
	11.1 Koldioxid, 11.2 Dikväveoxid N ₂ O, 11.3 Metan, 11.4 Referenser	
12.	ARBETSMILJÖ.....	119
	12.1 Bränsleuttag, 12.2 Hantering av bibränslen, 12.3 Framställning av biogas, 12.4 Förädling/Förbränning, 12.5 Restprodukthantering, 12.6 Referenser	

BILAGOR

SAMMANFATTNING

Bioenergi är en förnyelsebar energikälla som i ett perspektiv längre än 10-20 år inte ger något nettotillskott av koldioxid. Därmed bidrar bioenergin inte till växthuseffekten. Liknande resonemang gäller för svavel och i viss mån för kväve.

För uttag, transport och eventuell vidareförädling av biobränslen förbrukas fossila drivmedel. Denna hjälpenergi är dock inte mer än ca 5% av den energimängd som kan nyttiggöras ur bränslet. Totalt sett får därmed biobränslen mycket små utsläpp av koldioxid och svaveldioxid jämfört med fossila bränslen.

En satsning på bioenergi innebär vissa ekologiska förändringar och ändrade förutsättningar för flora och fauna i både skogs- och jordbruket. De miljöproblem som uppstår vid uttag av bränsle ur skogen är i vissa fall ekologiskt komplicerade, men positiva lösningar synes fullt möjliga. Det går att undvika eller motverka de negativa effekterna om man är medveten om problemen och väljer lämpliga tillvägagångssätt. Det behövs dock fördjupade kunskaper om vissa av dessa frågor för att göra rätt.

Detta förhållande är emellertid inte specifikt för produktion av biobränslen. Det gäller i hög grad redan dagens jord- och skogsbruk.

För både skogs- och jordbruk måste gälla att naturresursen mark skall vårdas så att förmågan till uthållig och mångformig produktion av hög kvalitet upprätthålls. Markens påverkan på angränsande ekosystem skall ej överskrida dessa systems toleransgränser.

Nedan sammanfattas de olika kapitlen.

Biobränsle från skogen

Enligt Skogsstyrelsens Allmänna råd skall vissa områden undantas från helträdsutnyttjande, dvs från uttag av toppar och grenar för energiändamål.

Denna utredning behandlar främst de skogsområden där det nu är tillåtet att ta ut biobränsle.

Skogen har i de områden där uttag av biobränslen kommer att ske, under de senaste 100-150 åren genomgått stora förändringar. Biobränsleuttag kommer således att ske från skogar som är i ett långt ifrån naturligt tillstånd.

En avgörande miljöfråga för uttag av skogsbränsle är markens mineralbalans. Skogsmarken i stor del av Sverige är idag försurad och brist på mineralnärsämnen (kalium, kalcium och magnesium) kan inom en snar framtid uppstå som en följd av luftföroreningar och skogsbruk. I södra Sverige är ca 650 000 hektar skogsmark i behov av kompenserande åtgärder, bl a kalkning.

Ett uttag av avverkningsrester i form av toppar och grenar ger ungefär lika stor förlust av mineralnäring som enbart stamvedsuttag. De samlade försurningseffekterna av stamvedsuttag och avverkningsrester är av samma storleksordning som effekterna av surt nedfall från atmosfären. Atmosfärisk deposition av mineralämnen, vittring och mineralisering är ofta otillräcklig för att kompensera för näringsförluster redan vid normalt skogsbruk.

Uttag av trädbränslen ökar behovet av kompensationsåtgärder. Nuvarande bedömning är att kompensationsgödsling/askåterföring och vitalisering är nödvändigt och miljösynpunkt betydligt bättre än inga åtgärder alls.

Genom att ståndortsanpassa både bränsleuttag och kompensationsåtgärder kan största möjliga hänsyn tas till markkemi, flora och fauna samt de olika marktypernas känslighet.

Kunskapen om den inverkan som uttaget av avverkningsrester har på vanligt förekommande växtarter är förhållandevis god, medan kunskaperna om effekter på ovanliga arter och arter med speciella ståndortskrav eller livsvillkor behöver bli bättre.

Inblandning av lövträd i skogsbruket är positivt ur många aspekter. Flora och fauna gynnas och markkemin förbättras. Landskapsbilden blir mer omväxlande.

Askåterföring

För att uttaget av bränsle ur skogen skall vara uthålligt krävs på många marker att kompensierande åtgärder vidtas. Detta kan göras med lämpligt sammansatt handelsgödsel, vedaska eller vedaska som kompletterats med för den aktuella marken viktiga näringsämnen.

Vedaskan innehåller alla viktiga näringsämnen (utom kväve) och bör ses som en resurs. Återföring av aska medför att växtnäringssystemet i viss mån slutes och bör främst göras som kompensation för bortförd biomassa. För kompensation av effekterna av surt nedfall och näringsutarmning kan askan kompletteras med handelsgödsel, kalk etc.

Risken för oönskade effekter på markkemin av askans innehåll av tungmetaller samt nitrifikation till följd av pH-höjningen anses vara liten på de flesta skogsmarker. Effekterna kan minimeras genom ståndortsanpassning och anvisningar om askans tungmetallinnehåll samt användning av granulerad aska i lämpliga givor. Effekterna på flora och fauna av askspridning måste bättre säkerställas.

Biobränsle från åkermark

Dagens jordbruk orsakar läckage av växtnäring (kväve och fosfor), kräver användning av bekämpningsmedel och leder till minskat livsutrymme för växter och djur.

En ökad odling av energigrödor och energiskog på jordbruksmark förutses i huvudsak ge miljövinster. Valet av grödor respektive lämpliga markområden avgör hur stora dessa blir. Odling av andra grödor än spannmål för energiändamål (t ex vall till biogas) samt energiskog bör ha positiva effekter på kväveläckaget, minska behovet av kemiska bekämpningsmedel och gynna markens humusinhåll.

Liksom vid traditionellt jordbruk kommer kalkning att vara en nödvändig och återkommande åtgärd i en utvecklad energiskogsodling. Återföring av aska bör ej ske till mark som används eller skall kunna återanvändas för livsmedelsproduktion.

Energiskog- och övrig skogsplantering på åker i slättbygder kan vara positivt för viltet då det ger skydd och föda.

Skogsplantering, speciellt barrträd, innebär större negativ påverkan på landskapsbilden än energiskogsodlingar.

Hantering och transport

Förbrukningen av fossila bränslen i samband med uttag av trädrester samt odling och skörd av energigrödor har beräknats till;

Uttag av trädrester	Odling och skörd av		
	Salix	rörflen	halm
1,8-3,0	3-4	1-2	0,5-1 liter diesel/MWh(br)

Fossilbränsleförbrukningen för transport av flis från producent till användare är omkring 0,7 liter diesel/MWh bränsle för medeltransportavståndet 5 mil.

Den energi som går åt för uttag av bränsle, transport och internt vid förbränningsanläggningen utgör ca 5-7% av den utvunna nyttiga energin i form av fjärrvärme och/eller el.

Kväveoxidemissionerna vid uttag och transport av biobränslen kan idag utgöra upp till 30 % av emissionerna som fås vid eldning av biobränslena i förbränningsanläggningarna. I framtiden förväntas emissionerna vid uttag och transport minska genom att motorerna förses med katalysatorer eller andra reningsåtgärder.

Biobränslekedjans emissioner av svavel och koldioxid härstammar från transporter och bränsleuttag. Emissionerna utgör dock endast ett par procent av vad motsvarande fossileldade anläggning skulle ge upphov till.

Emissioner vid förbränning och förgasning

Förbränning av bibränslen medför utsläpp av koldioxid, svaveldioxid, kväveoxider, stoft och kolväten. Emissionerna av stoft, svavel och kväveoxider är oftast i nivå med eller lägre än för fossila bränslen. Svavelemissionerna från bibränslen innebär i princip inget nettotillskott av svavel. Samma mängd svavel som bibränslet bundit under sin tillväxt tillförs åter naturen vid förbränningen. Förbränning av bibränslen innebär inget nettotillskott av koldioxid, vilket där-
emot kol och olja gör.

Emissionerna av kväveoxider är normalt så låga att de med god marginal klarar de riktvärden som riksdagen föreslagit. Bibränsleuttag och förbränning bör i stora delar av landet kunna fungera som en "sänka" för kväve. Uttaget innebär en kväveavlastning i de områden där bränslet tas ut. Eftersom totala utsläppet av kväveoxider endast utgör ca 10% av mängden kväve i bränslet blir nettoeffekten en kväveavlastning. Störst betydelse har detta i södra och sydvästra Sverige där kvävenedfallet är särskilt stort.

Utsläppen av kolmonoxid och kolväten är beroende av förbränningsteknik, bränslets egenskaper, bl a fukthalt och driftförhållanden. I små förbränningsanläggningar kan utsläppen av kolmonoxid och kolväten bli höga, särskilt om man tillämpar on/off-drift, dvs pannan regleras ner till minlast flera gånger per dygn. För att nå låga utsläpp krävs att bränslet har jämn och hög kvalitet och att anläggningen kan köras på relativt jämn last. Stora anläggningar har normalt låga utsläpp av kolmonoxid och kolväten; värdena ligger väl under tillämpliga riktvärden. Med erfaren driftpersonal, gott underhåll och jämn bränslekvalitet är förutsättningarna goda att nå tillräckligt låga emissioner av kolmonoxid och kolväten.

Omgivningspåverkan vid förbränning och förgasning

Stora anläggningar (> 10 MW) kan idag med marginal klara de emissionskrav som ställs på utsläpp till omgivande luft. Förutsättningarna är en väl fungerande förbränning utan driftstörningar, en effektiv rökgasrening samt hög skorsten. I små anläggningar (< 10 MW) kan dock problem uppstå med höga halter av kolväten och kolmonoxid i förbränningsgasen.

Vid lokalisering av en förbränningsanläggning bör hänsyn tas till buller från anläggning och transporter, damm samt större rök- och stoftutsläpp i samband med brand eller driftstörning.

Globala frågor

Nettoutsläppen av koldioxid vid förbränning av bibränslen är låga och på sikt försumbara under förutsättning att bibränsleproduktionen bedrivs genom ett uthålligt skogs- och jordbruk.

Ersättning av 1 TWh olja med bibränsle skulle innebära ett minskat nettoutsläpp av koldioxid med omkring 280 kton CO₂ vilket motsvarar ca 3% av Sveriges hela koldioxidutsläpp inom energiproduktionssektorn (el, värme och raffinaderier).

Förbränning av fasta bränslen i CFB-pannor är en teknik som ökar i användning, speciellt för bibränslen. Förbränning av kol i CFB-pannor ger låga emissioner av NO_x och SO_x men höga emissioner av dikväveoxid jämfört med annan förbränningsteknik. Trädbränslen ger avsevärt lägre värden.

Askåterföring kan påverka avgång av dikväveoxid från skogsmark genom att nitrifikation och denitrifikationsprocesserna får ändrade betingelser. Det är svårt att med dagens kunskap förutse hur detta kommer att påverka dikväveoxidavgången.

Restprodukter

Ca 150 000 ton "rena" bibränsleaskor från i huvudsak skogsindustri och värmeproduktion deponeras varje år. Askorna innehåller de mineralämnen som bränslet tagit upp under sin tillväxt och dess egenskaper att motverka försurning är ca 7 ggr högre än kolaskors och ca 1/3 av ren kalk.

Tillkommande bibränsleaskor från kraftvärmeproduktion kommer att blandas med kolaskor så länge som nuvarande energibesättning består.

Tungmetallhalterna i bibränslen är låga. Askhalten är också låg varför halterna i bibränsleaskor ofta är jämförbara med torv- och kolaskor. Av metallerna är det framför allt kadmium som bedöms vara gränssättande vid riskbedömningar. Detta gäller i synnerhet Salixaskor.

Salix förmåga att ta upp kadmium från åkermark skulle kunna användas för att sanera åkermark.

Halmaskor har relativt höga klorhalter.

Arbetsmiljö

Arbetsmiljön i samband med biobränslen innebär inga större problem. De som eventuellt uppstår kan relativt lätt åtgärdas. Tidigare var risken för att utsättas för damm och mikroorganismer stor, men genom bl a automatisering och inbyggnad av bränsletransportsystem kan risken minimeras. Vad gäller damm och buller kan dock reparatörer, underhålls- och städpersonal utgöra en riskgrupp.

Skogsarbetarna trivs i stort sett med sitt arbete, men kan få problem i framför allt rygg och nacke av en felaktig arbetsställning i skogsmaskinen. Egna företagare arbetar ofta under stress med långa arbetsdagar för att få ekonomi i verksamheten.

KUNSKAPSLUCKOR OCH FORSKNINGSBEHOV

I nedanstående uppställning anges de kunskapsluckor och behov av fortsatt eller ny forskning som denna studie har identifierat. Frågorna är inte av den arten att de hindrar en sansad utökning av bioenergianvändningen, men behöver besvaras för att kunna ta ställning till en större satsning. Därför kan en lämplig kontrollpunkt vara om ca 10 år.

Bränsle från skogen

- * Ökad kunskap behövs om långsiktiga förändringar av skogsmarkens produktionsförmåga och annan inverkan av upprepat helträdsutnyttjande genom:
 - fortsatt uppföljning av befintliga försök av produktionsförändringar,
 - matematisk modellering baserad på kunskap om enskilda ekosystems processer,
 - artificiella intensiv- eller stressförsök där kvantitativa förändringar av olika flöden kan åstadkomma system som motsvarar förändringar som annars skulle inträffa under längre tid,
 - att utreda om skillnaderna mellan konventionell stamvedsavverkning och helträdsutnyttjande i praktiskt skogsbruk överensstämmer med resultaten från experimentella studier och förutsättningarna i budgetberäkningar och modellering.
- * Empirisk verifiering av att helträdsutnyttjande ger de effekter på baskatjonförrådet som budgetberäkningar och modellering indikerar genom:
 - fortsatt uppföljning av befintliga försök kombinerat med artificiella intensiv- eller stressförsök.
- * Klargöra om emission av terpenener och isoprenener i samband med bränsletorkning ger upphov till marknära ozon.
- * Verifiering och kvantifiering av de kvävesänkor som kan erhållas vid uttag av skogsbränsle?

Askåterföring

- * Klargöra förutsättningarna för att genom kompensationsgödsling/askåterföring motverka de negativa förändringarna i markkemin (och på lång sikt markens produktionsförmåga) som uttag av bränsle ur skogen kan medföra.
 - uppföljning av befintliga och initiering av nya försök så att riktlinjer kan baseras på resultat från tillräckligt många olika ståndorter och klimatförhållanden.
- * Kan askåterföring i kombination med bränsleuttag minska kväveläckaget i bestånd som är kvävemättade?

Restprodukter

- * Karakterisering och behandling av askor från förgasning

Globala frågor

- * Klargöra hur förändrad markanvändning (uttag av skogsbränsle, kompensationsåtgärder etc) påverkar kolomsättningen i marken och emissionerna av växthusgaser.

Hantering och transport av biobränslen

- * Emissioner från fordon och maskiner i samband med skörd och uttag av biobränslen bör kartläggas bättre.

Arbetsmiljö

- * Effekter av damning och mikroorganismer vid hantering och lagring av biobränsle bör undersökas ur arbetsmiljösynpunkt.
 - Uppföljning av pågående projekt.

Produktion av bränsle på åkermark

- * Utlakning av kväve vid odling av energigrödor och Salix. Kvantifiering och jämförelse med dagens spannmålsodling.
- * Klarläggande av Salix funktion som näringsfilter vid placering i utströmningsområden för avrinningsvatten från åkermark
- * Klarglägga möjligheter att genom Salixodling avlasta jordbruksmark från kadmium.
- * Integrering av livsmedels- och energiproduktion på företags- och regional nivå med syfte att uppnå största möjliga miljönytta.

Övrigt

- * Fördjupade studier av acceptansfrågor, speciellt vad gäller askåterföring, bränsleuttag och landskapsbildspåverkan.

1. UPPDRAGET

Biobränslekommissionen tillsattes som en följd av den trepartiöverenskommelse om den framtida energipolitiken som träffades i början av 1991. Biobränslekommissionen skall lämna sitt slutbetänkande den 1 oktober 1992. Kommissionen skall enligt direktiven bl a "analysera de långsiktiga förutsättningarna för en ökad kommersiell användning av biobränslen samt lämna förslag till åtgärder för att stärka biobränslenas konkurrenskraft". En utgångspunkt för arbetet skall vara att "inventera de faktorer som idag försvårar en ökad användning av biobränslen". Kommissionen bör bedöma risken för såväl direkta som indirekta miljöeffekter av ökad biobränsleanvändning och utforma sina förslag med utgångspunkt i att de samlade negativa effekterna för miljön skall bli så små som möjligt".

Mot denna bakgrund har Vattenfall Energisystem AB fått i uppdrag att göra en sammanställning av befintlig litteratur och kunskap avseende miljö- och hälsoeffekter vid produktion, transport, lagring och förbränning/förgasning av biobränslen för energiändamål. En referensgrupp med deltagare från Naturvårdsverket, Nutek, Vattenfall, Naturskyddsföreningen, Statens lantbruksuniversitet, Institutet för miljömedicin och Biobränslekommissionen har lämnat synpunkter på föreliggande rapport samt bidragit med egna och andras kunskaper.

Vissa avgränsningar har gällt för uppdraget. Således behandlas ej följande områden i föreliggande rapport:

- vad gäller bränslen berörs ej slakteriavfall, biologiskt avfall och torv,
- förädling till drivmedel t ex metanol, etanol och vegetabilisk olja,
- effekter av anläggningar < 1 MW studeras ej,
- miljöeffekter av växthusgaser berörs ej.

2. INLEDNING

Rapporten är ett underlag till Biobränslekommissionens slutbetänkande. Målsättningen är, att trots den korta tid som stått till förfogande, kunna redovisa

- * en samlad bild av de hälso- och miljöeffekter som utnyttjande av biobränslen för energiproduktion orsakar eller kan komma att orsaka
- * vilka positiva och negativa miljöeffekter omställningen till odling av biobränsle på jordbruksmark respektive uttag av avverkningsrester ur skogen leder till
- * de emissioner som förbränning av biobränsle och biogas ger upphov till
- * vilka huvudproblemen är och vilka förslag som finns för att undvika dessa
- * en jämförelse med andra bränslen
- * göra en sammanställning av kunskapsluckor samt forskningsbehov.

Rapporten redovisar fakta och slutsatser i aktuell litteratur samt erfarenheter och kunskap genom kontakt med nyckelpersoner inom området och från pågående projekt och forskning.

Tyngdpunkten i arbetet har i första hand varit att belysa, sammanväga och så långt det varit möjligt, göra en värdering av de viktigaste frågorna. Övergripande analyser och ställningstaganden måste beakta inte bara miljö- och hälsoaspekter utan även ekonomi, försörjningstrygghet, etc varför detta lämnas till Biobränslekommissionen.

3. BIOBRÄNSLEN - EGENSKAPER FRÅN MILJÖ- SYNPUNKT

I detta kapitel beskrivs en del karaktäristika för biobränslen. Kapitlet behandlar tillgång och produktion, energiinnehåll, fukthalt och kemisk sammansättning. Dessa parametrar är alla viktiga från miljösynpunkt. Tillgången på biobränslen ger en uppfattning om hur mycket fossilt bränsle som kan ersättas och därmed minska emissionerna av bl a koldioxid. Energiinnehåll och fukthalt är viktiga parametrar vid transport och förbränning av biobränslen. Bränslets kemiska sammansättning ger information om det finns miljöfarliga ämnen som tungmetaller och klor i bränslet. Kväveinnehållet i bränslet påverkar också emissionerna av kväveoxider vid förbränning. Nedan beskrivs kortfattat några av de vanligaste biobränslena i Sverige.

Åkerbränslen

Energiskog:	Snabbväxande lövträd för energiproduktion. Salix har visat sig vara det lämpligaste trädslaget. Odlingen är mer jordbruk än skogsbruk med skörd vart fjärde till femte år. Avkastningen kan uppgå till omkring 12 ton TS/ha,år. Omloppstid 20-30 år.
Rörflen:	Ett snabbväxande energigräs. Det är en vallväxt med en liggtid av 3- 5 år. Avkastningen är omkring 9 ton TS/ha,år.
Lusern:	Vallgröda 5 års liggtid. Lusern är kvävefixerande, d v s tar upp kväve direkt från luften. Lusern kan användas som fastbränsle och till biogasproduktion. Avkastningen uppgår till omkring 9 ton TS/ha, år.
Halm:	Restprodukt från stråsädsodling. Avkastning omkring 3-4 ton TS/ha,år.

Trädbränslen

Avverkningsrester:	Grenar och toppar. Stubbar och rötter beräknas inte vara lönsamt att ta till vara men ingår i avverkningsresterna.
Ind. biprodukter:	Bark, flis och spån från sågverk och trädbearbetande industri samt bark och renseriavfall från massaindustrin. Massaindustrins lutar eller returpapper räknas inte in. Tillgången är helt beroende av industrins produktion. Idag står industrins biprodukter för ungefär hälften av det skogsbränsle som används. Utnyttjandegraden är hög.
Rundvirke:	Bränsle från stamved. Används idag i mindre skala av framför allt skogsägare. Kan eventuellt bli intressant i framtiden.

Andra biobränslen som kan bli aktuella är återvunnet bränsle och importerade bränslen. Återvunna bränslen som rivningsvirke, formvirke och kreosotbehandlat virke räknas inte till trädbränslena. Importerade bränslen kan komma att öka i framtiden. På kort sikt finns tillgång till träpellets från sågverksindustrin i USA och på längre sikt från sågverksindustrin i Baltikum. Redan idag importeras olivkross från medelhavsländerna. Olivkross är en restprodukt från olivoljetillverkningen.

3.1 Tillgång och produktion

Bränslen från åkermark

Tillgången av biobränslen från åkermark beror framför allt på hur stor åkerareal som kan avvaras från livsmedelsproduktionen och på de miljökrav som bör ställas i samband med odling av energigrödor och energiskog. På kort sikt bestäms tillgången av bränslepriset, dvs marknadskrafterna.

För odling av energigrödor som rörflen, lusern och rotfrukter är inte miljökraven begränsande.

Vid odling av energiskog på åkermark måste hänsyn tas till landskapsbilden och till naturskyddade områden och kulturminnesvårdens intressen. Alternativet att odla skog på åkermark framstår dock som sämre.

Tillgången på halm bestäms av produktionen av stråsäd och av hur mycket som måste lämnas kvar på åkern av markvårdsskäl.

I dagsläget bedöms ca 400 000 hektar vara tillgängligt för energiproduktion. Hur mycket energi det motsvarar beror på vilka energigrödor som väljs. Tabellen nedan visar hur mycket energi som skulle kunna produceras på den arealen beroende på vilken energigröda som väljs.

Energigröda	Rörflen	Salix	Lusern
Energi TWh/år	16	21	16

Tabell 3:1 Potentiell energiproduktion på 400 000 hektar åkermark.

Tillgången på överskottshalm beräknas motsvara omkring 10 TWh per år varav ca 2,5 TWh kan utnyttjas praktiskt. Det bör tilläggas att areal som i framtiden kommer att ställas om från odling av stråsäd till odling av energigrödor gör att tillgången på halmbränsle minskar. Om till exempel 400 000 ha konverteras från spannmålsodling till energiskogsodling så minskar tillgången på halmbränsle med omkring 1,5 TWh. Detta är baserat på att avkastningen för halm är 3 ton TS/ha, år och att 25 procent av överskottshalmen kan utnyttjas.

Långsiktigt beräknas ca 900 000 hektar kunna friläggas för odling av energiråvaror. Om hela den arealen används till energiskogsodling så motsvarar detta ca 45 TWh. En pågående utredning anger att den sammanlagda bränslepotentialen från jordbruket kan komma att bli 50-60 TWh baserad på 800 000 ha åkermark. Då har hänsyn tagits till utveckling inom växtförädling och odlingsområdet.

Skogsbränslen

Tillgången på skogsbränsle i Sverige efter sekelskiftet har utretts av bl a Skogsstyrelsen (EVB 89), SIMS, SLU och Statens Energiverk.

Osäkerheten vid bedömningen av tillgången av skogsbränslen är förknippade med hur stor del nettouttaget är av bruttotillgången, samt vilket energiinnehåll och fukthalt som antas vid omvandlingen från volymmått till energimått.

De senaste åren har ca 31 TWh skogsbränslen använts per år. Avverkningsrester är den typ som bedöms kunna öka mest.

Avverkningsrester		
1:a gallring	4,5	TWh
Övr. gallring	6,0	TWh
Slutavverkn.	18,5	TWh
Summa	29,0	TWh
Direkta bränsleavverkn.	13,0	TWh
Ind. biprodukter	16,0	TWh
Rivningsvirke	4,0	TWh
Summa totalt	62,0	TWh

Tabell 3:2 Tillgång av trädbränslen år 2010.

Källa: FUD 1991/18, Vattenfall utveckling och miljö.

Uppgifterna i tabellen är baserade på vad som är ekologiskt och ekonomiskt möjligt under förutsättning att det finns avsättning för bränslet. 62 TWh anses som en möjlig potential vid ett bränslepris av 150 kr/MWh och 55 TWh vid 115 kr/MWh. Uppgifter ur den pågående utredningen AVB 92 visar på större trädbränsletillgångar. Förutsättningarna för detta är att kompensationsgödsling av skogsmarken och ändrade rutiner vid gallringar leder till att en större mängd avverkningsrester kan tas ut.

Importerade biobränslen

Importerade biobränslen förekommer idag endast i begränsad omfattning på den svenska marknaden. Tillgången på lång sikt är svårbedömd. Den största potentialen bedöms finnas i Baltikum och i Ryssland. På kortare sikt finns betydande tillgångar i USA och Kanada i form av biprodukter från sågverksindustrin. Dessa biprodukter har idag ingen eller endast liten avsättning på hemmamarknaden.

Bränsle	Exportör	Potential (3 år)
Olivkross	Medelhavsländer	1-2 TWh
Pellets	USA, Kanada	10 TWh
Flis	Öststaterna	Stor på sikt

För att importerade biobränslen skall kunna anses vara miljövänliga bör man ställa samma krav som för inhemska bränslen vad gäller miljöhänsyn och ekologi vid produktion och hantering.

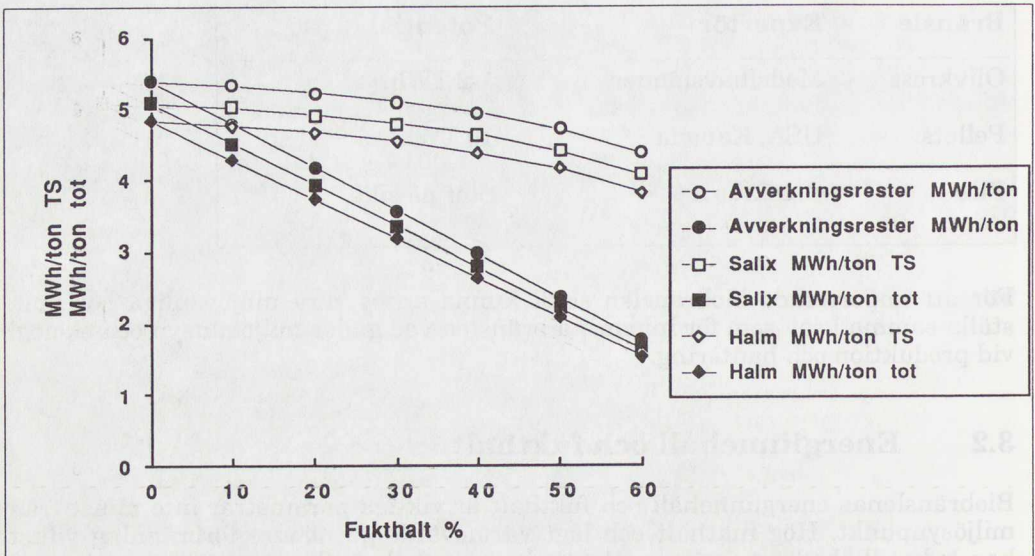
3.2 Energiinnehåll och fukthalt

Biobränslenas energiinnehåll och fukthalt är viktiga parametrar inte minst från miljösynpunkt. Hög fukthalt och lågt värmevärde ger sämre förbränning vilket kan leda till ökade emissioner. Fukthalten styr också till viss del temperaturen i förbränningsrummet. Detta kan påverka andelen oförbränt material i rökgasen och därmed också rökgasemissionen. Jämfört med andra bränslen har biobränslen relativt lågt energiinnehåll per viktsenhet. Energiinnehållet är beroende av bränslets kemiska sammansättning och av fukthalten. Nedan görs en jämförelse mellan olika typer av biobränslen och fossila bränslen. Vid lagring av biobränslen sjunker biobränslets kalorimetriska värmevärde, men eftersom bränslet samtidigt torkas så blir nettoeffekten oftast att det effektiva värmevärdet ökar efter lagring.

Biobränslen	Effektivt värmevärde		Fossila bränslen	
	<i>MWh/ton torrt (vått)</i>		<i>MWh/ton</i>	
Bark (50 % fukt)	5,4	2,4	Stenkol	7,5
Avverkningsrester (50 % fukt)	5,4	2,4	Eldningsolja 1	11,4
Träbriketter (10 % fukt)	5,4	4,8	Gasol	12,8
Energiskog (Salix 50 % fukt)	5,1	2,2	Motorbensin	11,9
Halm (10 % fukt)	4,8	4,3		

Tabell 3:3 Energiinnehåll hos olika bränslen, Effektiva värmevärden MWh/ton.
Källa Statens Energiverk 1989:R17.

Biobränslenas energiinnehåll försämras med ökad fukthalt. Diagrammet nedan visar hur värmevärdet sjunker med ökad fukthalt för Salix, avverkningsrester och halm. Om rökgaskondensering används i samband med förbränning, vilket är möjligt vid värmeproduktion, är fuktiga bränslen ingen nackdel eftersom energin i den fuktiga rökgasen då tas tillvara.



Figur 3:1 Effektiva värmevärdet för bibränslen som funktion av fukthalten.

Förädlade bibränslen som briketter, pellets och pulver är torrare och homogenera än oförädlade bränslen och därför bättre ur miljösynpunkt. Fukthalten för briketter och pellets är mellan 10-15% och för pulver mellan 3-5%. Detta ger bättre förbränning och mindre sotbildning. Risken för driftstörningar är också mindre med förädlade bränslen.

I vissa anläggningar kan det vara svårt att få bra förbränning med fuktiga bi-bränslen. Bränslet kan då blandas ut med annat bränsle som har högre värmevärde t ex kol, torv eller förädlad bibränsle. Det är då möjligt att få en bättre förbränning och minskade emissioner av kolmonoxid och oförbrända kolväten.

3.3 Kemisk sammansättning

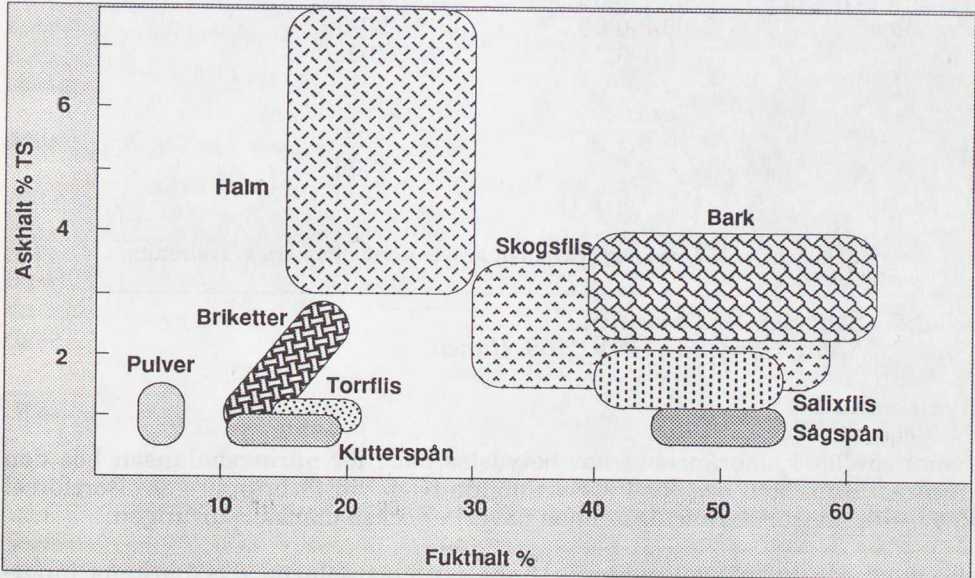
Bi-bränslen består i huvudsak av kol, syre och väte. Tabell 3:4 anger typvärden för halterna hos några olika bi-bränslen, kol och olja.

	<i>Avverkn. rest</i>	<i>Gran</i>	<i>Tall</i>	<i>Björk</i>	<i>Kol</i>
C	50,5	49,3	49,7	48,8	83,0
H	6,0	6,0	6,0	6,0	5,5
O	40,5	44,2	44,2	44,2	9
	<i>Olivkärnor</i>	<i>Bl. lövskog</i>	<i>Salix</i>	<i>Halm</i>	<i>Olja</i>
C	52,0	49,0	48,4	46,0	86,0
H	5,9	6,3	6,0	6,0	11,5
O	37,4	44,0	45,2	40,0	0,9

Tabell 3:4 Elementaranalys av huvudkomponenter (% av TS).

Ask- och fukthalt

Figur 3:2 anger ungefärliga intervall för olika bibränslenas ask- och fukthalt. Bränslenas askhalt och askans sammansättning behandlas utförligare i kapitel 9.



Figur 3:2 Biobränslenas ask- och fukthalt.

Svavelinnehåll

Svavelhalten i bränslet bestämmer hur stora svavelutsläppen maximalt kan bli vid förbränning. Efter förbränning återfinns den största delen av svavlet som svaveldioxid i rökgasen medan en mindre del hamnar i askan. Rökgasrening kan avsevärt minska svavelemissionerna.

Svavelhalten i biomassa är normalt låg. I områden med stort svavelnedfall är halterna något högre. Stamveden hos tall och gran har låg svavelhalt, 0,01-0,03% av TS. Kvistar och barr innehåller högre halter omkring 0,04-0,2% av TS. Halm innehåller generellt sett högre halter än skogsbränsle 0,1-0,3% av TS. Svavelutsläppet vid förbränning av ett biobränsle som innehåller 0,1% svavel blir omkring 60 mg svavel/MJ tillfört bränsle förutsatt att allt svavel i bränslet emitteras. Tabell 3:5 visar typiska intervall för svavelhalter i några bränslen.

	<i>% av TS</i>	<i>mg/MJ bränsle</i>
Stamved av tall	0,01	5
Avverkningsrester	0,02-0,08	10-50
Energiskog	0,03-0,05	20-30
Halm	0,1-0,3	60-180
	<i>vikt %</i>	
Eo1	0,1	25
Eo5	0,8	200
Kol*	1,0	400

* Förbränning av bränslen med hög svavelhalt kräver normalt extern svavelrening

Tabell 3:5 Svavelhalter i bränslen.
Källa: Gårdenäs, SNV 1708, Hanell.

Kväveinnehåll

Kväveinnehållet i bibränslena har betydelse både för näringsbalansen hos den producerande marken och för kväveoxidbildningen vid förbränningen. Bortförsl av kväve och andra växtnäringsämnen påverkar också markförsurningen.

De högsta kvävehalterna i växterna finns i tillväxtdelarna dvs barkens inner-skikt, barren och löven. Den rena stamveden har betydligt lägre kvävehalt. Kvävehalten hos bränslen från åkermark påverkas framför allt av gödslingen. Tabell 3:6 visar typiska kvävehalter hos skogsbränslen och bränslen från åkermark. Det bör påpekas att stora variationer förekommer i verkligheten.

Skogsbränslen, typvärden för kvävehalten i vikt % av TS			
	<i>Tall</i>	<i>Gran</i>	<i>Björk</i>
Stamved	0,05	0,05	0,05
Bark	0,3	0,5	0,4
Gren inkl. bark	0,4	0,6	0,7
Barr	1,1	1,0	-

Avverkningsrester (Stamved 30 %, Bark 5 %, Gren 51 %, Barr 14 %) har en kvävehalt av omkring 0,4 %.

Bränslen från åkermark, kol och olja, kvävehalter i vikt % av TS.

<i>Rörflen</i>	<i>Salix</i>	<i>Halm</i>	<i>Olivkärnor</i>	<i>Kol</i>	<i>Olja</i>
0,3 - 0,5	0,4 - 0,6	0,3 - 0,6	0,4- 1,1	1,5	0,3

Tabell 3:6 Kväveinnehåll i bibränslen.

Åkermarksbränslena uppvisar inga stora interna skillnader i kväveinnehåll. När det gäller skogsbränslena är det viktigt att notera den stora skillnaden i kväveinnehåll mellan barr och vedsubstans. Detta gör att kvävehalten hos avverkningsrester bestäms av dess sammansättning av olika träddelar. Genom att låta avverkningsrester torka på hygget före sammanförning och flisning kan kvävehalten sänkas eftersom de kväverika barren faller. Vissa bränsletyper från sågverksindustrin som sågspån och kutterspån uppvisar låga kvävehalter eftersom de härstammar från trädens veddelar.

Mineralinnehåll

Alkaliska ämnen som natrium och kalium kan vid förbränning ge upphov till beläggningar och korrosion vilket kan leda till driftsstörningar. Detta är ett problem framför allt vid elproduktion från biobränslen. Klor i bränslet kan också leda till besvärliga korrosionsproblem. Förbränning av klorhaltiga bränslen kan också leda till dioxinbildning. Här spelar dock förbränningsförhållandena stor roll, se vidare i kapitel 7.

Klor och mineralhalter g/kg TS, typvärden						
	Tall		Gran		Björk	
	Flis	Bark	Flis	Bark	Flis	Bark
Cl	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,24
Na	0,006	0,04	0,006	0,02	0,006	0,01
K	0,4	2,0	0,4	2,2	0,5	1,4
Ca	0,6	5,2	0,8	5,0	0,7	3,0
Mg	0,2	0,7	0,1	0,6	0,2	0,5
P	0,04	0,6	0,07	0,5	0,08	0,4
	Rörflen		Salix		Halm*	
Cl	4 - 6		0,1		3,5	
Na					0,7	
K	9 - 12		2 - 3		9	
Ca	1,1 - 1,3		2 - 4		3,5	
Mg	0,4 - 0,6		0,4 - 0,7		0,7	

* Gäller halm från stråsäd

Tabell 3:7 Mineralhalter i biobränslen.

Generellt sett ökar bränslenas innehåll av klor och alkali i ordningen lövträd < barrträd < Salix < halm < rörflen (sommarskördad). De höga klorhalterna som redovisas för rörflen och halm är till stor del förknippade med tillförseln av handelsgödsel. Kalium tillförs åkermarken i form av kaliumklorid vilket ger höga klorhalter i bränslena. Av denna anledning kan även Salix, gödslad med kaliumklorid, få högre klorinnehåll än vad som angivits i tabell 3:7. Vårskördad rörflen ger lägre halter av både kalium och klor. Halm från oljeväxter uppvisar högre halter av klor, kalcium och natrium.

Tungmetaller

Tungmetallinnehållet i askor från biobränsleledning behandlas i kapitel 9. Tabell 3:8 ger en översiktlig bild av tungmetallinnehållet i några olika bränslen. Det är anmärkningsvärt att notera de höga halterna av kadmium i *Salix*. *Salix* tar upp kadmium och vid förbränning hamnar det mesta i flygaskan. Flygaskan kan fångas upp med relativt enkel reningsteknik. Askkan kan sedan deponeras för att på så vis rena åkermarken från kadmium. I övrigt har bibränslena lägre tungmetallhalter än kol. Till skillnad mot kol och olja ger inte bibränslen något nytillskott av tungmetaller.

Tungmetallhalter i bränslen mg/kgTS				
	<i>Salix</i>	<i>Trädbränsle</i>	<i>Halm</i>	<i>Kol</i>
Cd	0,8 - 1,7	0,1 - 0,4	0,04 - 0,08	0,03 - 0,5
Cu	2 - 5	0,6 - 6	2 - 30	3 - 40
Pb	0,4 - 2	0,6 - 14	0,7 - 0,8	3 - 55
Zn	40 - 105	5 - 40	30 - 140	6 - 3000
As	-	0,04 - 0,4	-	0,5 - 2,7
Hg	-	0,01 - 0,02	0,03 - 0,04	0,1 - 0,2

Tabell 3:8 Tungmetaller i bibränslen och kol..

3.4 Referenser

Andersson R, Biobränslen från jordbruket, Naturvårdsverket, Rapport 3713, 1990

Axenbom Å, et al, Halm som bränsle för framtida elproduktion, Vattenfall Utveckling och Miljö, FUD-rapport 1991/44

Gärdenäs S, Alkali och klor i biomassa - ett problem vid elgenerering, Vattenfall Utveckling och Miljö, FUD-rapport 1991/40

Gärdenäs Sture, Vattenfall Utveckling AB, Personlig kontakt

Hanell Bengt, Vattenfall Energisystem AB, Personlig kontakt

Johansson J, Bränslekaraktärisering - Kväveföreningar, Vattenfall Utveckling och Miljö, FUD-rapport 1991/39

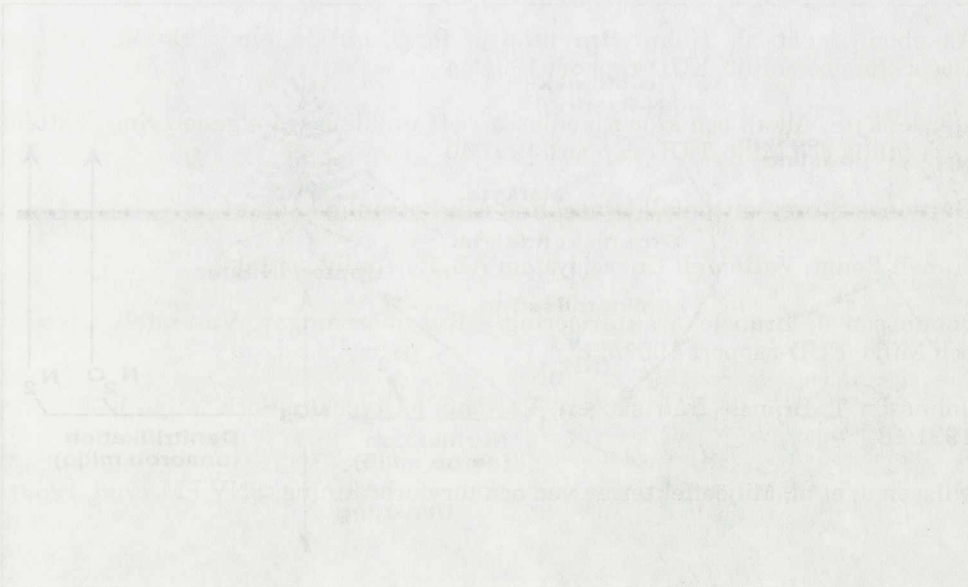
Johnsson T, Bränsle från skogen, Vattenfall Utveckling och Miljö, FUD-rapport 1991/18

Nilsson J, et al, Miljöeffekter av ved och torvförbränning, SNV PM 1708, 1983

Regionala bioenergibalanser, Statens Energiverk, 1989:R17

Sieurin Jan, Vattenfall Energisystem, Personlig kontakt

Trädbränsle 1987 - Tekniskläget Idag, Statens Energiverk



4. UTTAG AV BRÄNSLE FRÅN SKOGEN

Enligt Skogsstyrelsens Allmänna råd skall vissa marker undantas från helträdsutnyttjande, d v s att förutom stamved även ta ut avverkningsrester, vilket medför en begränsning för uttag av grenar, barr och toppar för energiändamål.

Skogen har i de områden där skogsbruk bedrivs och där bibränsleuttag kan vara aktuella genomgått stora förändringar under de senaste 100-150 åren. Bland annat kan pekas på omfattande skogsplantering, val av plantmaterial, en stor förändring av tillväxten och ändrad näringstillförsel på grund av atmosfärisk deposition.

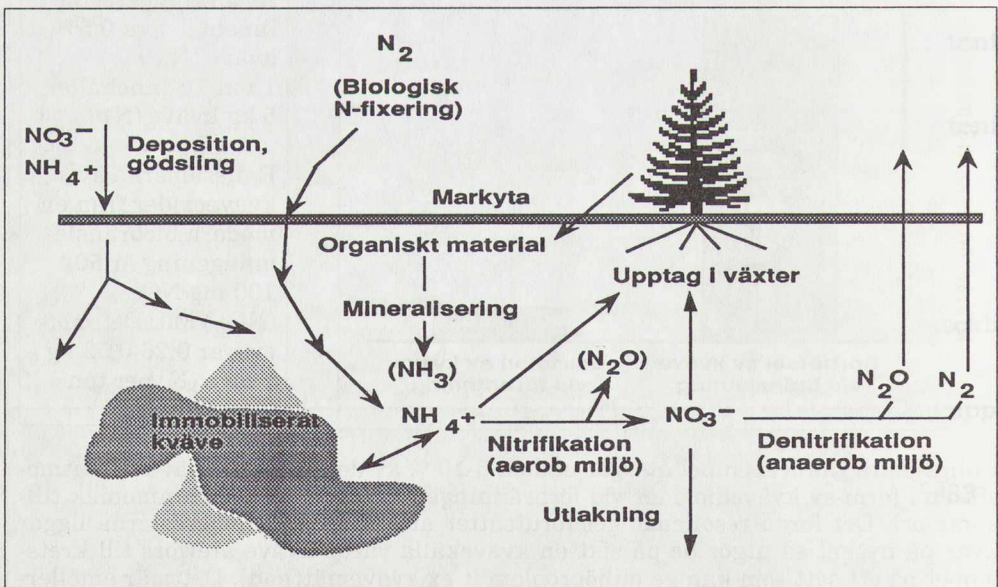
Biobränsleuttag kommer således att ske från skogar som redan är störda och inte befinner sig i ett naturligt tillstånd.

I kapitlet behandlas främst de skogsområden som nu är tillåtna för uttag av bi-bränsle.

4.1 Växtnäringstillgång

Kväve

Kväve är det ämne som normalt begränsar tillväxten i skogen. Överskott på kväve kan medföra markförsurning och eutrofiering (övergödning) av sjöar och vattendrag. Huvuddelen av kvävet i marken är organiskt bundet i mer eller mindre svårtillgänglig form. För att kunna tas upp av växterna måste kvävet föreliggas som lösta joner i form av nitrat eller ammonium. Figur 4:1 illustrerar kvävetets omvandlingsprocesser.



Figur 4:1 Kvävetets omvandlingsprocesser.

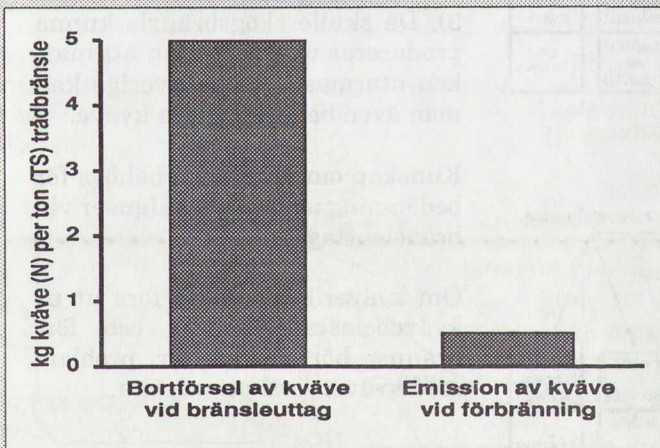
Huvuddelen av det kväve som träden tar upp lokaliseras till blad, bark, finrötter, kvistar och andra organ med kort livslängd. Dessa växtdelar tillförs så småningom marken som förna. Avverkningsrester kan också betraktas som förna.

Vid mineralisering av organiskt material frigörs kväve som ammoniak. Skogsmark är relativt sur och ammonium bildas snabbt. Ammoniumbildningen är pH-höjande ($\text{NH}_3^- + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$). Vissa bakterier kan utvinna energi genom att oxidera ammonium till nitrat (nitrifikation). Nitrifikationen sänker pH ($\text{NH}_4^+ - 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$). Bildat nitrat är mer utlakningsbenäget än ammonium. Processen gynnas av god tillgång till ammonium, syre och någorlunda högt pH. När kvävetillgången är stor ökar också den mängd kväve som omsätts och risken för nitratbildning ökar.

Andra bakterier kan vid brist på syre utnyttja syret i nitraten för att kunna utvinna energi ur organiskt material. Nitraten reduceras till dikväveoxid eller kvävgas (denitrifikation) ($\text{NO}_3^- = \text{NO}_2^- = \text{NO} = \text{N}_2\text{O} = \text{N}_2$).

Uttag av avverkningsrester - en kvävesänka?

Uttag och förbränning av avverkningsrester kan innebära en kväveavlastning i kväverika skogsekosystem jämfört med att låta avverkningsresterna ligga kvar i skogen. Vid förbränning avgår kvävet som är bundet i bränslet till största delen som kvävgas, endast en mindre del avgår som kväveoxider. Om avverkningsresterna istället får ligga kvar på hygget så ökar markförråden av kväve. I kvävebelastade områden ökar då risken för kvävemättnad och kväveläckage. Baserat på att avverkningsrester innehåller ca 200-480 kg N/ha i södra och mellersta Sverige så innebär uttag av avverkningsrester ett kväveuttag med 2-5 kg/ha, år förutsatt att 70% av avverkningsresterna kan tas ut och att en skogsgeneration är 80 år. Följande enkla räkneexempel får tjäna som illustration av resonemanget.



Avverkningsrester innehåller ca 0,5% kväve (N).
1 ton TS innehåller 5 kg kväve (N)

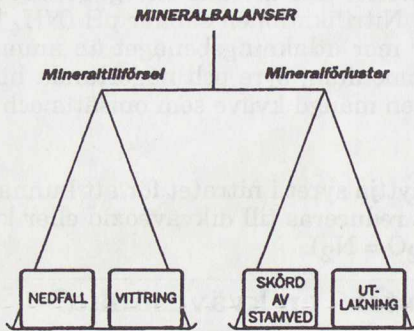
Emissionerna av kväveoxider från en modern biobränsleanläggning är 50-100 mg NO_x (NO_2)/MJ. Det motsvarar 0,26-0,52 kg kväve (N) per ton (TS) bränsle.

Enligt detta räkneexempel återgår endast 5-10 % av det uttagna kvävet till atmosfären i form av kvävedioxid vid förbränningen (dikväveoxid och ammoniak tillkommer). Det förda resonemanget förutsätter att om avverkningsresterna ligger kvar på hygget så utgör de på sikt en kvävekälla varur kväve återförs till kretsloppet på ett sätt som kan ge miljöproblem (t ex kvävemättnad). Detta är emellertid inte klarlagt men pågående forskning indikerar att det är så.

Mineraler

I figur 4:2 nedan illustreras de faktorer som påverkar mineralbalansen i skogen.

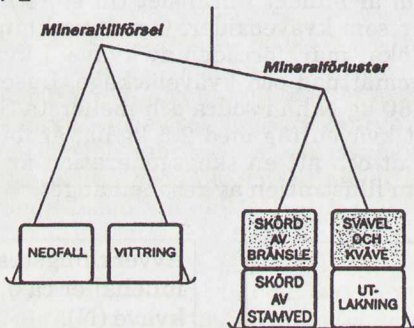
Figur 1



Marken tillförs mineraler genom nedfall och vittring. Mineraler går förlorade genom utlakning och vid skörd (figur 1).

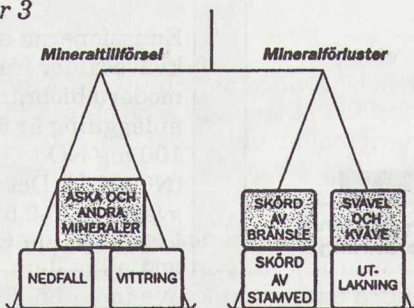
När döda träd bryts ned frigörs växtnäring. Om stamved, grenar etc. förs bort förloras dessa ämnen. Då man övergår från att skörda enbart stamved till att även ta ut grenar och toppar mer än fördubblas uttaget av växtnäring från skogen. Där syradepositionen dessutom är hög och vittringen låg, kompenserar inte vittringen för förlusterna. Detta är allvarligt i de försurade skogarna i södra Sverige (figur 2).

Figur 2



Om vedaskans mineraler återförs till skogsmarken motverkas risken för långsiktig mineralförlust (figur 3). Då skulle skogsbränsle kunna produceras uthålligt utan att marken utarmas. I norra Sverige kan man även behöva tillföra kväve.

Figur 3

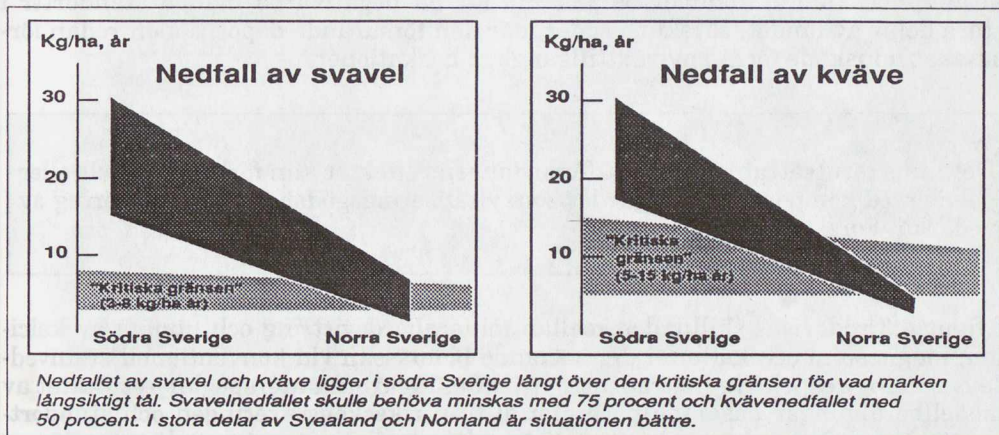


Kunskap om vittringen behövs för bedömning av mineralbalanser vid bränsleuttag.

Om kväverik biomassa förs ut ur kvävebelastade skogar och förbränns, bör risken för problem med kväveöverskott minska.

Figur 4:2 Källa: Bioenergi-Ekologi-Miljö, Anna Lundborg, stencil.

Luftföroreningarna och skogsbruket har lett till att skogsmarken i en stor del av Sverige är försurad. Brist på mineralnäringämnen kan tänkas uppstå inom en snar framtid.



Figur 4:3 Källa: Projekt Bioenergi. Underlag till resultatrapport december 1991.

Ca 20-25 kg svavel respektive kväve deponeras per hektar och år i skogsmark i sydvästra Sverige, medan nedfallet är mycket mindre i norra Sverige. Framst kvävet, men även en del av svavlet tas upp av växterna. Överskrider depositionen av svavel och kväve upptaget kan överskottet lakas ut och djupare markhorizont och vatten försuras. Utlakningen av sulfat och nitrat åtföljs av baskatjoner (Ca, Mg och K) som är viktiga växtnäringämnen.

Att förutom stamved ta ut avverkningsrester (grenar, barr och toppar) ger ungefär lika stor förlust av mineralämnen som enbart stamvedsuttag. Denna förlust är en biologisk betingad försurning som uppstår till följd av trädens upptag av baskatjoner.

De samlade försurningseffekterna av stamvedsavverkning och uttag av avverkningsrester är av samma storleksordning som effekterna av svavel- och kvävedepositionen, men proportionerna kan variera mellan olika bestånd.

Ett ökat biomassauttag, utan askåterföring eller motsvarande mineralämneskompensation, kan på sikt komma att leda till en utarmning av ett eller flera vitala näringsämnen. Detta kan då leda till att andra ämnen än kväve inom en eller ett par omloppstider kommer att begränsa tillväxten.

Det som avgör hur snabbt och hur stor utarmningen av växtnäring blir vid helträdsutnyttjande är om vittring, mineralisering och atmosfärisk deposition av baskatjoner snabbt nog kan ersätta förlusterna från det lättillgängliga växtnäringsförrådet.

Vittringen av berggrundsmaterial och mineralpartiklar i marken frigör nya bas-katjoner och neutraliserar de försurande ämnena. I stora delar av Sverige är dock vittringen inte tillräcklig för att kompensera förlusterna vid ett helträdsuttag. För konventionell stamvedsavverkning kan vittringen ensam ersätta växtnäring förlusterna av Mg och K, men inte av Ca. Om helträdsavverkningen genomförs konsekvent kommer kalciumbalansen att bli än mer negativ i hela landet. För magnesium och kalium kommer balanserna att bli negativa på många ståndorter i stora delar av landet, särskilt i söder, där den försurande depositionen redan förorsakat minskade förråd av växttillgängliga bas-katjoner.

Det finns förutsättningar för att försurningens effekter kan förhindras helt eller delvis med kompensationsåtgärder som vitaliseringsgödsling eller återföring av vedaska. Forskning pågår.

I figur 4:3 redovisas skillnaden mellan mineraljordsvittring och upptag av kalcium, magnesium och kalium i den växande biomassan vid konventionell stamvedsavverkning respektive helträdsutnyttjande. Figurerna återspeglar resultatet av modellberäkningar baserade på material från riksskogstaxeringen och ståndortskarteringen (se nedan) och utgår från att avverkningsresterna lämnas jämnt spridda på marken alternativt att all biomassa ovanför stubben tas ut vid helträdsutnyttjande.

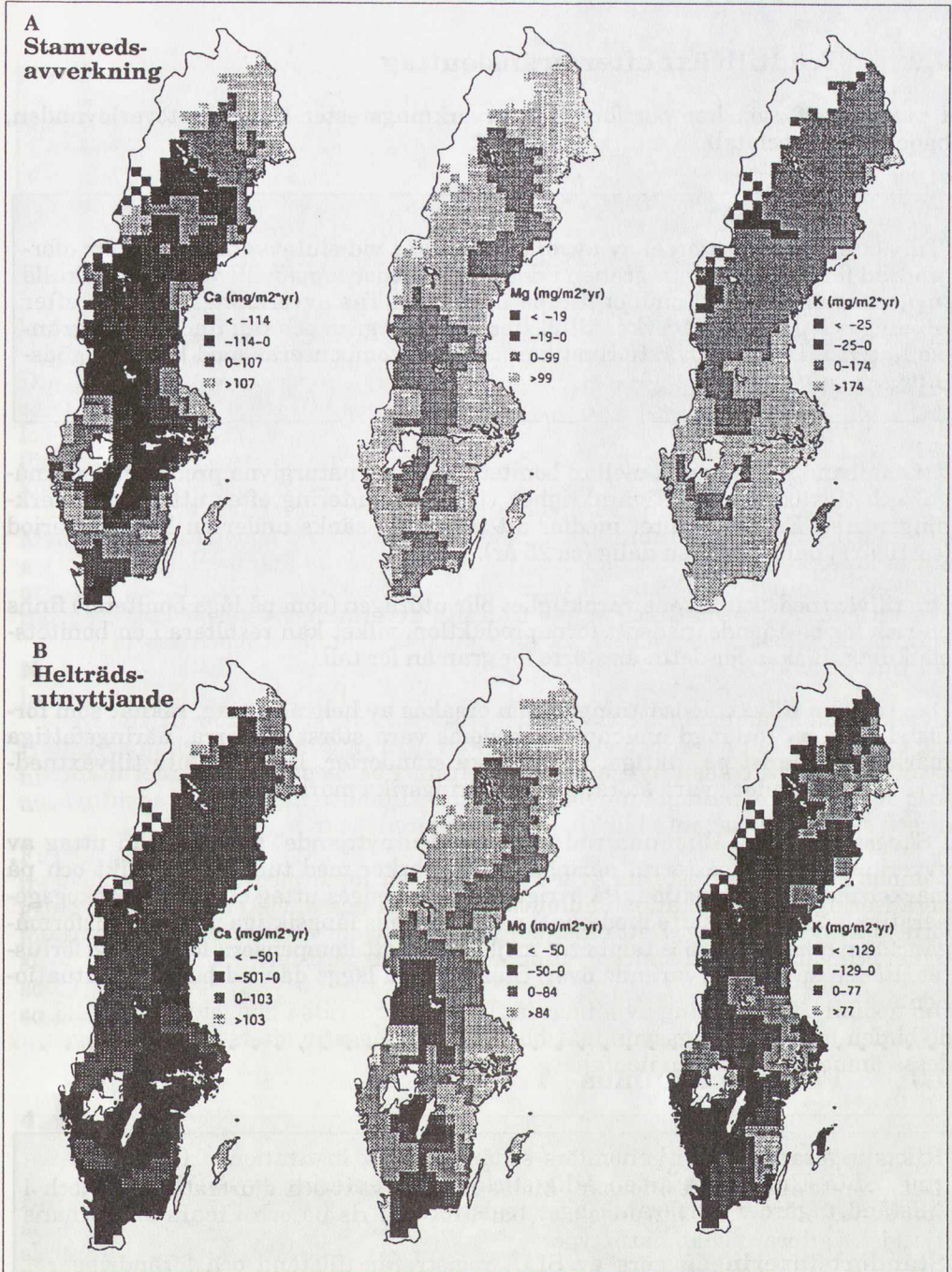
I verkligheten lämnas dock avverkningsresterna vid konventionellt stamvedsuttag för det mesta i högar och strängar. Vidare blir ca 30% av avverkningsresterna kvar även vid helträdsutnyttjande, vilket främst beror på att maskinerna inte får med sig allt. Sammantaget innebär detta att skillnaden mellan helträdsutnyttjande och stamvedsuttag inte blir så stor som figuren visar.

Lämnas avverkningsresterna kvar i högar och strängar medför detta en ökad mineralisering och nitrifikation i humustäcket under dessa, vilket leder till en starkt förhöjd kväveutlakning. Detta kan beror på skillnader i temperatur och markfuktighet och varierar med koncentration av avverkningsrester.

Om nedfall och utlakning av mineraler hade inkluderats i budgeten i figur 4:3 hade bilden ur växtnäringssynpunkt blivit än mer negativ eftersom utlakningen av dessa ämnen är större än nedfallet.

Riksskogstaxeringen genomförs sedan 1923 av institutionen för skogstaxering, SLU, Umeå. Det är en årlig stickprovsinventering av Sveriges skog där tillstånd, åtgärder och förändringar registreras.

Ståndortstaxeringen görs av SLU, registrerar tillstånd och förändringar i mark och vegetation på objektivet utlagda provtytor.



Figur 4:3 Balansen (kemisk vittring - växtnäringssupptag i trädbiomassa) mellan tillförsel och förluster av Ca, Mg och K vid konventionell stamvedsavverkning (A) respektive helträdsutnyttjande (B). Se kommentar i texten sid 26.

Källa: Olsson M m fl; Regional modelling of base cation losses from Swedish forest soils due to whole-tree harvesting.

4.2 Träd tillväxt efter bränsleuttag

I praktiska försök har bortförel av avverkningsrester ökat plantöverlevnaden, både för gran och tall.

Tillväxten efter bortförel av avverkningsrester vid slutavverkning förblir oförändrad för tallen, medan granen i det tidiga skedet tappar tillväxt. Detta skulle motsvara en förlängd omloppstid på 0,5-4,5 år. Tas avverkningsrester ut efter röjning och gallring påverkas tillväxten både för gran och tall under en begränsad period. Denna tillväxtförlust kan troligen kompenseras med hjälp av gödsling.

Ett samband tycks finnas mellan bonitet (markens naturgivna produktionsförmåga) och tillväxtförlustens varaktighet vid granplantering efter uttag av avverkningsrester. En bra bonitet medför att tillväxten sänks under en kortare period (ca 10 år) jämfört med en dålig (ca 25 år).

Om tillväxtnedsettningens varaktighet blir utdragen (som på låga boniteter) finns en risk för bestående, nedsatt förnaproduktion, vilket kan resultera i en bonitets-sänkning. Risken för detta är större för gran än för tall.

Den relativa tillväxtnedsettningen som orsakas av helträdsuttag, räknat som förlust i form av förlängd omloppstid, bedöms vara störst på torra, näringsfattiga marker och minst på fuktiga, näringsrika ståndorter. Den absoluta tillväxtnedsettningen kan dock vara störst på den näringsrika marken.

I Skogsstyrelsens "Allmänna råd för helträdsutnyttjande" avrådes från uttag av avverkningsrester på torra, näringsfattiga marker med tunt humusskikt och på marker med hög deposition. På övriga marker medges uttag en gång per skogs-generation. Råden har satts med hänsyn till markens långsiktiga produktionsförmåga. Hänsyn har dock inte tagits till möjligheten att kompensera för näringsförluster. Råden ses för närvarande över. Större tyngd läggs där vid baskatjonsituationen.

4.3 Förna och humus

Det översta marklagret, förnan, bildas av dött växt- och djurmaterial på och i marken. Det utgörs i huvudsak av barr, löv och ris på och i marken. Förnans tjocklek varierar i olika naturtyper.

När tillförelsen av färsk förna är liten minskar omsättningen och mängden mineraliserad växtnäring blir låg.

Humus är det som återstår när förnan brutits ned (humifierats) så långt att den förlorat sin ursprungliga struktur, dvs växt- och djurrester samt levande och döda mikroorganismer.

Humus är livsmiljö för markens flora av bakterier och svampar. Dessutom binder humus vatten, salter och näringsämnen. Humus bidrar till att upprätthålla markens produktionsförmåga.

Det årliga förnafallet varierar mellan ca 0,7- 5 ton/ha. Det extra biomassauttaget som helträdsutnyttjande innebär i form av toppar och grenar under en hel omloppstid varierar mellan ca 20-55 ton/ha. Förutom förnafall tillkommer också rotförna som kan vara av samma storleksmängd som den ovanjordiska förnan. Ett konsekvent bibränsleuttag skulle alltså motsvara ca 5-10 års förnafall.

Med avseende på mängden organiskt material i marken är det av större betydelse att upprätthålla en hög produktion och därmed ett stort förnafall, än att undvika att ta ut avverkningsrester. Risken för reducerat förnafall och därmed en långsiktig minskning av mängden humus i marken är störst vid låga boniteter.

Någon signifikant minskning av organiskt material i marken efter försök med helträdsutnyttjande har ej konstaterats.

Undersökningar av temperaturförhållanden på hyggen med eller utan avverkningsrester visar att det på kort sikt leder till större temperaturvariationer i markytan om avverkningsresterna skördas.

Fuktighetsförhållandena i skogsmarken påverkas sannolikt lite av helträdsutnyttjande, dock blir mark utan avverkningsrester förmodligen torrare på ytan på grund av högre instrålning. I ett längre perspektiv kan en minskning av markens förråd av organiskt material leda till att markens kapacitet att lagra vatten minskar. Detta kan dock undvikas om uttaget av avverkningsrester sker på ett sätt som inte leder till minskad skogsproduktion med försämrad förna-humustillstånd som följd.

4.4 Kompensationsåtgärder med aska, kalk och handelsgödsel

En utarmning av näringsämnen och eventuellt också organiska ämnen från skogsmarken på grund av helträdsuttag måste kompenseras på något sätt för att skogsbruket inklusive uttag av bränsle skall bli ekologiskt uthålligt. Dessutom krävs kompensation för den näringsutarmning som följer av syradepositionen.

Det finns två syften med kompensationsåtgärder, dels att direkt, på kort sikt motverka tillväxtnedsättning och dels att motverka en försämring av det markkemiska tillståndet som på sikt kan leda till sänkt produktionsförmåga. Det första åstadkommer man, under svenska förhållanden, i de flesta fall bäst genom en kvävegödsling, det andra genom baskatjontillförsel i form av aska eller handelsgödsel.

Kvävegödsling

Kvävegödsling är den traditionella formen av skogsgödsling då huvudsyftet är att öka tillväxten. Kväve är normalt det ämne som begränsar tillväxten. På senare år har skogsbruket avsevärt minskat kvävegödslingen. Ett skäl är att det atmosfäriska nedfallet ökat. Ett annat skäl är att vissa kvävegödselmedel är försurande. I Skogsstyrelsens Allmänna råd avråds från kvävegödsling i de södra delarna av Sverige.

I Norrland, där kvävedepositionen är låg, kan kvävegödsling bli aktuell som kompensation för minskad träd tillväxt p g a bränsleuttag.

Vitaliseringsgödsling

Vitalisering innebär att man vill öka trädens motståndskraft mot olika typer av stress (bl a luftföroreningar, surt nedfall, sjukdomar och torcka) och motverka mineralförluster och näringsobalans.

Vitaliseringsgödsling kan göras i samband med kalkning och de ämnen tillsätts som marken p g a försurningen fått brist på, vanligtvis Mg, K, P och olika mikro-näringsämnen. Försök pågår.

SNV kommer att utarbeta förslag och anvisningar om skogsvitalisering.

Oavsett om avverkningsrester tas ut eller ej har enligt ståndsorkarteringen ca 650 000 hektar skogsmark i södra Sverige så lågt pH, p g a den belastning som syradepositionen förorsakar, att de är i behov av att skyddskalkas eller vitaliseras.

Kompensationsgödsling och askåterföring

Kompensationsgödsling är i princip samma sak som vitaliseringsgödsling. Skillnaden är att kompensationsgödsling inte görs på grund av försurningen utan för att kompensera för näringsförluster till följd av biomassa uttag. Kompensationsgödsling kan ske med t ex handelsgödsel eller vedaska.

Vedaskan innehåller alla de viktiga näringsämnen (utom N). Den bör återföras främst som kompensation för bortförd biomassa, men kan effektmässigt ses som ett kombinationsgödselmedel (kalk och vitaliseringsgödsel i ett). Se vidare kapitel 10.

Kalkning

Kalkning görs för att motverka försurning p g a syradeposition och har inte någon direkt anknytning till biobränsleuttag. Storskaliga försök genomförs sedan några år i södra och västra Sverige i Skogsstyrelsens regi. Kalkningen är en åtgärd för att förhindra att skogen skadas ytterligare. pH-höjningen kan på vissa marker stimulera nitrifikationen och medföra nitratutlakning. Typisk sur barrskog med humusformen mår har dock måttlig benägenhet att nitrifiera. Kalkningen kan innebära förändringar på flora och fauna, men skulle ingen kalkning ske skulle det troligen ändå ske förändringar.

Övrigt

Genom att ståndortsanpassa både bränsleuttag och kompensationsåtgärd kan största möjliga hänsyn tas till markkemi, flora och fauna samt de olika marktypernas känslighet. Det gäller främst vid askåterföring/kompensationsgödsling inklusive kvävegödsling. Fördjupad kunskap krävs dock för att det skall bli praktiskt genomförbart.

Återföring av gröndelar, dvs småkvistar och barr i samband med skörden har också setts som en möjlighet att motverka höga förluster av växtnäring och organiskt material. En viktig förutsättning är att de fördelas jämnt över marken. Bränslet vinner i bränslevärde på att de kväverika småkvistarna och barren lämnas kvar i skogen, men verkkningsgraden vid gröndelsavskiljning/återföring är låg och det är en förhållandevis dyr åtgärd.

4.5 Flora och fauna

Uttag av avverkningsrester genom helträdsutnyttjande tillsammans med kompensationsåtgärder kan leda till effekter på floran; uteblivet skydd (mot uttorkning, temperaturextremer, minskad beskuggning) på hygget, minskad tillgång på substrat för framförallt nedbrytande svampar samt minskning av näringsämnen och organiskt material i marken.

Helträdsutnyttjande är positivt för vissa arter av kärlväxtfloran och negativt för andra. Bland annat gynnas lingen och blåbär samt gräs medan produktionen av hallon på hygget minskar. Helträdsutnyttjande innebär en ytterligare störning för floran i produktionsskogen och kan ha en mycket negativ effekt på lavar, mossor och nedbrytande svampar.

Om följande hänsyn tas bedöms helträdsutnyttjande bli acceptabelt för floran. (Kruuse, A; 1992; Skogsenergins konsekvenser för floran och för vissa naturvärden).

- mellan 10 och 30% av avverkningsrester av alla grovlekar lämnas på alla hyggen,
- avverkningsresterna bör inte tas ut förrän barr och löv har ramlat av,
- ädelskog och blandskogar med ädellöv undantas från helträdsutnyttjande,
- omkullblåsta träd, torrakor, enstaka lövträd och gamla träd lämnas på hygget.

Dessa hänsyn tas i princip redan i dagens skogsbruk.

För de flesta arter sker den avgörande förändringen av livsvillkoren som ett resultat av avverkningen som sådan, men ytterligare effekter till följd av uttag av avverkningsrester har noterats.

De djur eller växter som är beroende av döende eller död ved som livsmiljö eller föda kan hotas. Att lämna kvar stubbar och några hela träd är sannolikt viktigare än att lämna grenar.

Sammanfattningsvis är kunskapen om den inverkan som uttaget av avverkningsrester har på vanligt förekommande växtarter förhållandevis god, medan kunskapen om effekter på ovanliga arter och arter med speciella ståndortskrav eller livsvillkor är dålig.

Tas ovan nämnda hänsyn bör dock generellt sett inte uttag av avverkningsrester innebära stora risker för växter och djur.

4.6 Påverkan på landskapsbilden

Störst inverkan på landskapsbilden har slutavverkning med stora kalhyggen. Den extra påverkan som uttag av avverkningsrester innebär är marginell i sammanhanget.

Skogsbyn, små biotoper med löv- eller trädblandsskog, våtmarksskogor och sumpskogor bör bevaras både ur flora- och faunasynpunkt, men även för att de är viktiga ur estetisk synvinkel. En del av dessa bör kunna skötas och gallras så att både naturvärden och biobränsle kan erhållas.

Uttag av avverkningsrester har en positiv inverkan på landskapet. Skogen blir mer tillgänglig med tanke på rörligt friluftsliv och ser mindre "skräpig" ut.

4.7 Inblandning av lövträd

Inblandning av lövträd i skogsbruket är positivt ur flera aspekter. Lövträden ger en mindre försurning i markprofilens övre del jämfört med barrskog. Björkförna tillför markytan mer näringsämnen än många andra trädslag. Björkbestånden är dessutom rika på övrig vegetation som ger betydande förnatillskott. Lövträd ger mer rotförna och tillför således organiskt material även till markprofilens djupare delar.

I björkbestånd gynnas dagmaskar och andra markdjur. Björken har djupare rötter än t ex granen och tar upp mer mineral på djupare nivå. Följden blir att bas-kationer förs upp och tillförs markytan med förnan.

Produktionsmodeller där tillväxten hos enskilda träd relaterats till deras närmiljö har visat att granar växer bättre med björkar som närmsta konkurrent, jämfört med en omgivning med bara gran. Björk växer på motsvarande sätt bättre ju högre andel gran den har i sin omgivning. Lövträden kan också utnyttjas som frostskärm och ge möjlighet att odla gran på frostlänta marker.

Lövträden har en positiv inverkan på fauna och flora, den biologiska mångfalden ökar, men även ur naturvårdande synpunkt och påverkan på landskapbildningen.

En ökad andel av lövträd torde kunna mildra effekterna av uttag av avverkningsrester om lövträden skördas med urskiljning. Om lövträd får ökad betydelse som bränsle borde detta kunna medföra att lövträden ges större utrymme i skogen.

4.8 Miljömål för skogsbruket

Internationell verksamhet och internationellt samarbete inom skogsområdet har expanderat kraftigt under de senaste åren. Inte minst genom påverkan från olika miljöorganisationer har frågorna blivit aktuella för den internationella opinionen.

Den viktigaste pådrivande faktorn just nu är den förestående FN-konferensen om miljö och utveckling som hålls i Rio de Janeiro i juni 1992. Mycket tack vare FN-konferensen har skog och skogsbruk varit på dagordningen nästan varje gång som världens rikaste och mäktigaste länder (de sk G 7 staterna) har träffats under de senaste åren. FN-konferensen har också varit en av drivkrafterna i arbetet för en internationell skogskonvention.

Västvärlden har de senaste åren insett att det behövs mer djupgående internationellt samarbete när det gäller skog än att bara diskutera "avskogning" eller genom att göra särskilda protokoll om skog i konventionerna om biologisk mångfald

och klimatstabilisering. Från olika håll, bl a från Sverige, har det framförts förslag om att få till stånd en fristående, legalt bindande skogskonvention. En konvention som skulle handla om användning, bevarande, hushållning och utveckling av skog.

Ett övergripande mål med en skogskonvention skulle vara att åstadkomma en varaktigt uthållig användning, bevarande och utveckling av världens skogar inom ramen för en uthållig och rättvis samhällsutveckling. Skogsbruket skall därvid tillgodose nuvarande och framtida mänskliga behov av ekonomiska nyttigheter samt av ekologiska, sociala, kulturella och andliga värden.

För att nå dessa mål måste man försöka stoppa den nuvarande avskogningen och samtidigt medverka till att bevara den biologiska mångfalden och till åtgärder som medverkar till att stabilisera det lokala och globala klimatet. I industriländerna gäller det främst att radikalt minska luftföroreningarna och hejda den snabbt ökande försurningen för att därigenom avlägsna det nuvarande och framtida hotet mot skogen och markens långsiktiga produktionsförmåga.

Arbetet med en internationell skogskonvention är ännu i ett förberedande skede. Tidigast under år 1993 torde man påbörja reella förhandlingar.

En parlamentarisk kommitté, 1990 års skogspolitiska kommitté, genomför för närvarande en översyn av skogspolitikens mål och medel. I uppdraget ligger bl a att ge förslag till ett miljömål för skogsbruket och till en ny skogsvårdslagstiftning. Arbetet skall vara avslutat hösten 1992. En skogspolitisk proposition beräknas läggas fram för riksdagen under våren 1993.

Naturvårdsverket har tagit fram ett förslag på handlingsprogram för skogsbruket där bl a fyra övergripande miljömål för skogsbruket slås fast. Handlingsprogrammet kan ses som ett underlag till skogspolitiska kommitténs arbete.

- * Den brukade skogen måste ha en rik biologisk mångfald och en stor variation av naturtyper, biotoper och arter. Floran och faunan skall finnas i livskraftiga populationer.
- * Skogsmarkens naturliga produktionsförmåga och den hydrologiska balansen måste behållas och förluster av näringsämnen minimeras.
- * Referensområden med naturskog måste skyddas.
- * Fler skogsområden nedanför fjällskogarna måste skyddas. De skall representera landets olika skogstyper och vara tillräckligt stora för att bibehålla ursprungliga skogsekosystem.

Den grundläggande målsättningen med den nya skogsvårdslagen bör enligt Naturvårdsverket vara en hushållning med hela naturresursen skog.

Ett mer ståndorts- och naturvårdsanpassat skogsbruk där alternativa bruksmetoder bör användas i särskilt känsliga miljöer förespråkas, liksom längre omloppstider begränsning av markavvattning och skyddsdikning samt sanktioner vad gäller natur- och miljöhänsyn.

Handlingsprogrammet innehåller dessutom önskemål och krav på miljökonsekvensbedömningar innan nya brukningsmetoder införs i större skala.

4.9 Referenser

Albrektson A, Leijon B, Sinclair E, 1991, Plantöverlevnad och tillväxt efter helträdsutnyttjande - sammanställning av fältförsök, Rapport till Vattenfall

Brolin L, Johansson R, 1991, Projekt Bioenergi, Underlag till resultatrapport, Vattenfall

Kardell L, 1991, Skogsbruket och landskapsvården, Artikel 3/91 i Skog o Forskning

Kjerne I, 1992, Lagen har överlevt sig själv, Artikel Miljöaktuellt nr 1, Naturvårdsverket.

Kruuse A, 1992, Skogsenergens konsekvenser för floran och för vissa andra naturvärden, Utvärdering av nuvarande kunskap samt identifiering av kunskapsluckor, arbetshandling, Vattenfall

Lundborg A, 1990, Trädbränsle och Skogsekologi, Projekt Skogskraft Rapport nr 1, Vattenfall

Lundborg A, 1991, Bioenergi-Ekologi-Miljö, stencil

Lundborg A, personlig kontakt

Rosén K, 1991, Skörd av skogsbränslen i slutavverkning och gallring - ekologiska effekter, Meddelande nr 5-1991, Skogsstyrelsen

Rosén K, 1988, Skogsenergi eller fossila bränslen - en jämförelse ur försurnings-synpunkt, Naturvårdsverket rapport 3521

Skogen, skogsbruket och miljön, 1991, Handlingsprogram - arbetshandling, Naturvårdsverket

Skogsvitalisering, Program för Naturvårdsverkets försöksverksamhet med skogsvitalisering perioden 1990/91-1995/96

Svensson Sven A, Skogsstyrelsen, personlig kontakt

5. PRODUKTION AV BRÄNSLE PÅ ÅKERMARK

5.1 Växtnäringsläckage

Jordbrukets effektivisering och en mer koncentrerad djurhållning har lett till att stallgödselmängderna fördelas på en mindre areal och att växtnäringsläckaget ökat. Ökad användning av handelsgödselmedel samt odling av ettåriga grödor som lämnar marken obevuxen under höst och vinter bidrar också till ett ökat näringsläckage.

Mängden outnyttjat kväve har ökat och idag tar växterna bara upp hälften av det kväve som tillförs med gödseln. Studier visar att ingen ansamling av kväve sker i åkermarken. Alltså måste överskottet, ca 60 kg kväve per hektar och år, hamna i luft och vatten. I medeltal förloras ca hälften av detta kväve till olika vattensystem. Kväveläckaget är störst från djurintensiva gårdar med dålig hantering av stallgödsel.

Fosforgödslingen lämnar också ett överskott som inte följer med den skördade grödan. Fosfor lämnar dock inte marken i gasform som kvävet. Fosfor avrinner främst på markytan eller i sprickor i marken. Förlusterna blir därför störst i erosionsbenägna finkornsjordar och i kuperad terräng. Den oorganiska fosfor är långt mindre rörlig i marken, vilket medför att fosforutlakningen är ca 100 gånger lägre än kväveutlakningen. Fosforförrådet i den svenska åkermarken har således ökat kraftigt sedan handelsgödseln infördes, särskilt på de djurintensiva gårdarna.

Läckaget av kväve och fosfor är högst under höst och vinter, då växtnäringsupptaget är lågt och avrinningen är stor, och varierar mycket mellan år och mellan olika fält. Sandiga jordar läcker ofta dubbelt så mycket som leriga jordar. Vallgrödor läcker bara en fjärdedel jämfört med fält som bär spannmål, potatis eller oljevaxter.

Faktorer som klimat, jordart, djurhållning och förbrukning av handelsgödsel varierar mycket geografiskt sett vilket gör att även växtnäringsläckaget varierar inom landet. Kväveläckaget är störst i södra Sverige och avtar mot norr. Marken i västra Sverige läcker mer kväve än östra p g a rikare nederbörd. Inom jordbruksintensiva slättbygder utgör åkermarken den största kvävekällan för yt- och grundvatten, ofta mer än 75 procent av totalbelastningen. Åkermarkens totala fosforbidrag varierar mellan 20 till 60 procent. Jordbruket svarar för ca 60 procent av den totala kvävebelastningen på Västerhavet.

Nitratföroreningar av grundvatten är ett allvarligt problem i många jordbruksbygder. Utlakning av nitrat från marken är en långsam process. Att nitratavlasta djupare grundvatten tar lika lång tid (ofta mer än tio år) som att förorena.

Energigrödor för biogasproduktion

Att hålla marken bevuxen även vintertid, t ex genom en utökad vallodling och mer höstsådda växter, minskar kväveläckaget.

Biomassan från vallen kan utnyttjas för biogasproduktion och rötresten som växt-närings- och jordförbättringsmedel. Vallväxter kan ingå som ett naturligt inslag i växtföljden. Marken används då både till energi- och livsmedelsproduktion samtidigt som positiva effekter på marken erhålls.

Genom att utnyttja baljväxter på vallen, t ex lusern eller rödklöver, kan en kvävefixering ske som i flera fall täcker växtföljdens kvävebehov. Behovet av handelsgödsel minskar.

En övergång från konventionell odling till odlingssystem med "biogasgrödor" bör ha positiva effekter på näringsläckaget.

Energiskog

Försök med energiskog pågår sedan mer än 10-15 år på torvmark och jordbruksmark. Under senare år har intresset för odling på torvmark i stort sett upphört.

Odling av energiskog på *jordbruksmark* kräver normalt inga grundförbättrande åtgärder med undantag för jordbruksmark som inte utnyttjats för jordbruksgrödor på flera år och som fått växa igen. Då krävs någon form av bearbetning, ogräsbekämpning och i vissa fall också kalkning.

Effekterna på mark och vatten är relaterade dels till tidigare uppbyggt förråd av organisk substans i marken, dels gödslings- och bekämpningsåtgärder i själva odlingen. Erfarenheterna av miljöeffekter och odling på jordbruksmark är begränsade p g a den korta tiden som försöken med energiskogsodling har pågått.

Avdunstningen av vatten från energiskog är hög, dubbelt så stor som för vanliga jordbruksgrödor, vilket indikerar att framgångsrik energiskogsodling förutsätter starkt vattenhållande, lågt liggande jordar eller tillgång till vatten för bevattning. Avrinningen blir jämförelsevis låg. Energiskogens stora vattenkonsumtion leder till att markprofilen ned till minst 1 meters djup i det närmaste är tömd på upp-tagbart vatten vid höstens inträde, om bevattningen varit otillräcklig eller ej utförts alls.

Höga nitratmängder har uppmätts i markprofiler, dräneringsvatten och grundvatten vid tillämpning av intensiva produktionsmetoder. Det saknas ännu relevanta mätdata rörande växtnäringsläckage från mindre intensivt gödslad energiskog.

Teoretiskt sett bör dock kväveläckaget från energiskogsodlingar understiga läckage från traditionell jordbruksodling, dels därför att de ekonomiskt optimala gödslingsnivåerna ligger långt under de som används i redovisade studier, dels på grund att energiskogen konsumerar mycket vatten och håller marken kontinuerligt bevuxen.

Genom att förlägga energiskogsodling mellan åker och vattendrag förmodas energiskogen genom sin höga näringsupptagningsförmåga kunna suga upp överskott av kväve i det vatten som lämnar jordbruksmarken. Forskning pågår.

Energiskogen skulle således fungera som ett biologiskt filter och hindra läckage till yt- och grundvatten. Hur effektivt detta fungerar är ännu osäkert.

Salix tar upp mycket kadmium från marken. Odling och förbränning av Salix med deponering av flygaskan kan vara ett sätt att sanera marken på kadmium.

Skog på åker

Kväveläckage från skogsplanterad åker kan förväntas bli ca 50% lägre, efter det att beståndet och fältskiktet etablerat sig, jämfört med traditionella jordbruksgrödor. Eftersom marken kommer att ha en marktäckande vegetation året om blir avrinningen lägre jämfört med traditionell odling. Dessutom bör fosforförlusterna minska.

Direkta mätningar av växtnäringsläckaget från skogsplanterad åker har nyligen inletts.

På skogsplanterad åker kan nitratutlakningen förväntas vara förhöjd de första åren efter plantering. Detta skulle kunna bero på mineraliseringen. Ur det tidigare uppbyggda förrådet av organiskt material frigörs mer kväve än vad trädplanter och fältskiktsvegetation förmår utnyttja. Efter den inledande fasen av växtnäringsläckage kan utlakningen förväntas ligga på en lägre nivå under den efterföljande snabba tillväxtfasen. Jämfört med om samma mark använts till konventionellt jordbruk bör kväveutlakningen bli lägre. På genomsläppliga sandjordar minskar kväveutlakningen mer än på leriga jordar.

5.2 Återföring av restprodukter

Kadmiumföreningen av svensk åkermark är betydande till följd av främst atmosfäriskt nedfall och långvarig användning av kadmiumförorenade fosforgödselmedel. Målsättningen är att tillförseln av kadmium skall minska, både vad gäller atmosfäriskt nedfall och handelsgödsel (riktvärde 5 g/ton P).

Aska från t ex Salix innehåller ofta höga halter av kadmium och är olämplig att återföra till mark som används eller skall kunna återanvändas för livsmedelsproduktion.

Följande angivits i Naturvårdsverkets Miljöprogram för kadmium.

- Inga askor bör användas på mark för livsmedelsproduktion.
- Aska från förbränning av ved, bark och andra biomaterial (bioaska) samt torvaska kan användas för kalkning och gödsling av skogsmark och annan mark där man odlar annat än livsmedel (energiskog, energigrödor, industriråvaror etc).
- Aska från målat eller impregnerat virke bör dock inte användas.

Observera att med begreppet "annan mark" ovan avses inte jordbruksmark.

Den restprodukt som framställning av biogas ur energigrödor ger, innehåller viktiga växtnäringsämnen. En återföring av restprodukten möjliggör återcirkulation av växtnäring till jordbruket och minskar behovet av handelsgödsel på åkermarken.

För biogasproduktion kommer sannolikt samrötning med annat organiskt avfall, t ex slakteriavfall, eller avloppsslam att bli mest lönsamt. Krav bör ställas på det avfall som tillförs biogasprocessen om rötresten skall återföras till jordbruket. Med hänsyn till markens långsiktiga användning får avfallet och rötresten inte innehålla ämnen som är skadliga för marken eller för grödorna som odlas.

5.3 Åkermarkens mullinnehåll

Mull bildas i åkermarken då organiskt material tillförs marken genom kvarlämnade skörderester (halm, blast, rötter) och då markdjur dör.

Stallgödsel ger också tillskott av mullämnena. Mullhalten i matjorden på svensk åkermark varierar mellan 2-5 viktsprocent. Mängden mull ner till ca 30 cm djup är 70-200 ton/ha. På gårdar med vallodling och nötkreatur kan mullhalten vara dubbelt så hög som på gårdar där djur saknas och där spannmål dominerar.

Mullhalten bestämmer i hög grad markens produktionsegenskaper. God mulltillgång indikerar en produktiv mark.

En hög mullhalt blandat med minerogent material ger en lucker markstruktur och främjar infiltration och transport av vatten och syretillförsel till rötterna. Mullen förbättrar markens vattenhållande förmåga och gör den mindre känslig för packningsskador i samband med körning av tunga fordon. Dessutom är den viktig föda för markorganismer.

Vallodling gynnar mullhalten. Bortförsel av halm kan ge försämrad mullhalt.

Storskalig användning av halm kan orsaka brist på mullråämnen, särskilt på kreaturslösa spannmålsodlande gårdar. Vid skörd av halm som bränsle måste hänsyn tas till markens behov av organiskt material. Utveckling av odlingssystem med mellangrödor ökar möjligheterna att från mullhaltsynpunkt bärga halm som energiråvara.

Energiskogsodling liksom odling av vanlig skog på åker bör gynna markens humusinhåll jämfört med traditionell spannmålsodling.

Energiskogen tillför mer organiskt material till marken, i form av finrötter och blad, än vad en spannmålsgröda gör i form av skörderester. Jorden bearbetas bara en gång per omloppstid vilket kan öka humushalten.

5.4 Markförsurning och kalkning

Markförsurning kan definieras som en minskning av markens syraneutraliserande förmåga. När marken försuras minskar andelen baskatjoner (Ca, Mg, Na, K) och andelen syrakatjoner (H, Al) ökar. För att kompensera för försurning till följd av utlakning, skörd, surgörande gödselmedel och surt nedfall har jordbruket under många årtionden tillfört åkrarna kalk.

I tabell 5:1 redovisas beräkningar av skördeuttagets försurnande verkan kombinerat med beräkningar av försurning orsakad av övriga försurningskällor. Av tabellen framgår att sett som medeltal för landet orsakar utlakningen och kvävegödslingen tillsammans 70% av det totala behovet av underhållskalkning i jordbruket (174 CaO kg/ha och år).

Försurningskälla	CaO kg/ha och år	%
Utlakning	69	40
Surt nedfall	23	13
Grödans basöverskott	30	17
Kvävegödsling	52	30
Summa kalkbehov	174	100

Tabell 5:1 Jordbruksmarkens behov av underhållskalkning.
Källa: Eriksson & Bertilsson, 1982 och Beck-Friis & Bäckman, 1989, Medelvärden för hela landet.

Energiskogsodling leder till en markförsurning jämförbar med traditionell jordbruksproduktion. I en utvecklad energiskogsodling liksom vid traditionellt jordbruk kommer kalkning att vara en nödvändig återkommande åtgärd.

5.5 Växtföljd och kemiska bekämpningsmedel

Behovet av kemiska bekämpningsmedel i det traditionella jordbruket påverkas både av växtföljdens sammansättning och av gödslingsintensiteten.

Det svenska jordbruket kännetecknas av en allt större ensidighet och specialisering. En ökad andel gårdar med kreaturslös drift, mindre allsidig växtföljd med minskad vallodling och ökad ensidig spannmålsodling har medfört större problem med bl a ogräs och svampar. Detta har lett till ökat beroende av kemiska bekämpningsmedel i jordbruket.

En ökad odling av andra grödor än spannmål för energiändamål (t ex vall för biogas) skulle kunna ge växtföljdsfördelar som minskar behovet av bekämpningsmedel. Dessa grödor har dessutom ett sk förfruktswärde, en skördeste-grande effekt på efterföljande gröda.

De rester av bekämpningsmedel som påträffats i yt- och grundvatten förmodas främst bero på brister och vårdslöshet i hanteringen av preparaten. Rester av bekämpningsmedel i vatten påträffas främst i maj-juni i samband med ogräsbekämpningen.

Dagens kunskap om effekterna av bekämpningsmedel på ytvattens fauna och flora säger att inga bestående skador uppstår. Halterna anses också ligga flera tiopotenser under den nivå där hälsoeffekter befaras.

Det råder ännu mycket stor osäkerhet om behovet av kemiska bekämpningsmedel vid energiskogsodling. I samband med plantering av Salixsticklingar (vart 20:e år) krävs dock ogräsbekämpning.

Jämfört med odling av traditionella jordbruksgrödor är behovet av kemiska bekämpningsmedel vid energiskogsodling mindre, sett över en längre period (10-20 år).

Stora monokulturer av energiskog med korta spridningsavstånd mellan enskilda odlingar kan öka angreppet av svamp och insekter. Detta kommer dock av ekonomiska skäl sannolikt inte leda till användning av kemiska bekämpningsmedel.

5.6 Effekter på flora och fauna

Den omdaning av jordbrukslandskapet som skett till följd av det moderna jordbruket har lett till att många av de ur flora- och faunasynpunkt viktiga småbiotoperna och livsnödvändiga revir har försvunnit.

Odling av energiskog kan vara positivt både för flora och fauna om planteringen görs så att ett omväxlande landskap erhålls och småbiotoper bevaras.

Odling av energigrödor innebär inga större förändringar för floran jämfört med traditionell spannmålsodling.

Hänsyn bör tas till floran på angränsande marker då åker skall planteras med energiskog. Angränsande artrika småbiotoper t ex på åkerholmar, i vägrenar, åkerrenar och på naturbetesmark kan annars påverkas negativt.

Floran i en energiskog är kraftigt ogräsdominerad. En del mindre vanliga arter, från t ex skogs- och kärrmiljöer kan förekomma. Icke-åkermark med artrik eller särpräglad naturlig flora bör undantas från odling med energiskog. Kantzoner med träd och buskar liksom öppna diken i anslutning till energiskogen bör bibehållas för floran och faunans skull.

För det jaktbara viltet ger skog både skydd och föda. Energiskog och viss skogsplantering i slättbygder kan därför förväntas ge positiva effekter för viltet.

Inslag av lämpligt utformade och inpassade lövskogsdungar kan verka faunabefrämjande i slättbygder där utarmningen av landskapet ofta är långt framskriden.

Energiskogsodlingar kan ge föda och skydd åt diverse djur. Älg, rådjur och sork kan dock åsamka stora skador på unga energiskogsodlingar. Många fågelarter t ex fasan, kärrensångare och törnsångare gynnas av energiskogen medan andra sk öppnmarksarter, t ex lärkan, missgynnas.

Energiskogsodlingen får också en positiv effekt på den primitiva markfaunan, t ex dagmaskarna, genom att jorden inte bearbetas lika ofta som i normalt jordbruk. Detta gynnar dagmaskätande arter som t ex koltrast, igelkott och grävling.

5.7 Påverkan på landskapsbilden

Odling av traditionella jordbruksgrödor t ex vall för energiändamål innebär ett bibehållet öppet landskap och förändrar inte landskapsbilden jämfört med traditionellt odlande av jordbruksgrödor.

Odling av energiskog på åkermark förändrar dock landskapsbilden. Huruvida det berikar eller utarmar landskapet beror på var och hur man planterar. Nedan redovisas några hänsynstaganden som bör tas vid planering av energiskogsodling. Vid omfattande odlingar kan de dock vara svåra att uppfylla.

- * Odlingens storlek bör anpassas till landskapets skala. Lämpliga platser att odla på är sänkor, t ex vattensjuk åkermark, för att överblickbarheten i landskapet inte skall gå förlorad.
- * Anläggs planteringarna som smala ridåer i skiftesgränser och längs markvägar erhålls ett mer omväxlande landskap.
- * Energiskogsodlingar bör ej anläggas så att utsikten från större vägar, bebyggelse och andra utsiktspunkter i landskapet inskränks. Hänsyn bör tas till höjdförhållanden och bakomvarande kulissverkan. Både odlingar av energiskog och t ex gran i närheten av vägar kan försämra trafiksäkerheten p g a sämre sikt och mer klövvilt på vägbanan.

Att plantera skog, speciellt barrträd, på åkermark innebär en större påverkan på landskapet än energiskogsodling. Lövträd eller inblandning av lövträd ger ett luftigare intryck och ger större möjlighet till rörligt friluftsliv än enbart gran- eller energiskog.

Äldre kulturlandskap och historiska tidstypiska odlingslandskap bör undantas från odling av energiskog och övrig skog.

Såväl energiskog som skog kan bidra till en ökad mångformighet i utpräglade slättbygder.

5.8 Miljömål och odlingsrekommendationer

Naturvårdsverket har till utredningen om ett miljöanpassat energisystem satt upp en rad miljömål och miljörestriktioner för en framtida satsning på energigrödor från jordbruket.

- * Näringsläckaget från åker till yt- och grundvatten skall ej överstiga 5 mg N/l och 50 µg P/l som årsmedelvärde vid 300 mm avrinning.
- * Inga rester av bekämpningsmedel skall återfinnas i yt- och grundvatten.
- * Ingen påverkan av bekämpningsmedel får ske på områden utanför odlingen.
- * Endast sådana energigrödor som ökar livsrummet för jordbrukslandskapets flora och fauna skall odlas.
- * Aska får ej spridas på mark som används eller kommer att användas för livsmedelsproduktion.
- * Val av energigrödor och odlingens omfattning får ej ske så att äldre kulturmarker och landskapets karaktär går förlorad.
- * Odling av energigrödor skall stimuleras i slättbygder för att där bidra till att öka landskapets variationsrikedom.
- * För odling av vallväxter (lusern, energigräs) gäller inga miljörestriktioner utöver krav på en behovsanpassad användning av gödsel och bekämpningsmedel.
- * För odling av ettåriga jordbruksgrödor för energiändamål skall gälla de miljörestriktioner som följer regeringens proposition 1987/88:128, vilket bl a innebär skärpta regler för lagring och spridning av stallgödsel.
- * Uttag av biprodukter i livsmedelsproduktionen, t ex halm för energiändamål, måste ske med hänsyn till olika marktypers behov av återföring av skörderester.
- * Odling av skog eller energiskog får inte ske inom naturreservat och kulturminnen.
- * Odlingar bör ej anläggas så att utsikten från allmänna vägar, bebyggelse och andra utsiktspunkter i landskapet allvarligt inskränks.
- * Odlingsfria strandzoner lämnas i artrika och kulturminnesvärda områden och där en framkomlig strandzon behövs för det rörliga friluftslivet.

- * Odling av äldre kulturmarker och historiskt tidstypiska odlingslandskap undantas för odling liksom omgivningarna kring framträdande landskapselement. Återhållsam odling bör t ex gälla inom topografiskt tydligt markerade dalgångar omgivna av skog.
- * Den sammanhängande odlingsytans storlek skall anpassas till landskapets skala. Det innebär att stora odlingar kan medges i sydvästra Skånes slättlandskap men endast små i skogslandskapen.
- * Företräde skall ges åt odling i terrängens lågpunkter.

5.9 Referenser

Andersson R, 1990, Biobränslen från jordbruket- en analys av miljökonsekvenser, SNV rapport 3713

Brolin L, Johansson, R, 1991, Projekt Bioenergi, Underlag till resultatrapport, Vattenfall

Energiskog, 1990, Informationsbroschyr, Statens Energiverk

Johansson W m fl, 1991, Energigrödor för biogaseffekter på odlingsystemet, Jordbrukstekniska Institutet

Lundborg A, 1991, Bioenergi-Ekologi-Miljö, stencil

Lundborg A, 1992, personlig kontakt

Miljöprogram för kadmium, 1987, SNV Informerar

Skärbäck E, Svensson I, 1991, Energiskog - inverkan på landskapsbilden, delrapport 2, VBB VIAK

Thyselius L, et al, 1991, Biogas från jordbruket- En utredning om kunskap och forskningsfrågor, JTI

6. HANTERING OCH TRANSPORT

Biobränslen är en förnyelsebar energiresurs och ger inget nettotillskott vid förbränning av koldioxid och svavel. I samband med odling, skörd, transporter och eventuell förädling av bränslet förbrukas dock fossila bränslen. De emissioner som därvid uppkommer är inte är försumbara för helhetsbilden. Det här kapitlet försöker ge svar på frågorna:

- * Hur mycket fossilt bränsle går åt från källa till användning.
- * Hur stora emissioner ger det.
- * Hur mycket energi förbrukas i kedjan jämfört med hur mycket som utvinns.

6.1 Emissioner från maskiner och fordon i samband med bränsleuttag och skörd

Under den här rubriken diskuteras förbrukning av fossilt bränsle och emissioner för fyra aktuella biobränslen. Dessa är avverkningsrester, energiskog, rörfilen och halm.

Bränsleuttag från skogen

Bränsleuttag från skogen görs i huvudsak antingen som träddeklar vid gallring eller som trädrester vid slutavverkning. Träddeklar dominerar i norra delen av landet och trädrester i den södra.

Uttag av träddeklar innebär att träden inte kvistas i skogen utan bara kapas till längder som passar den fortsatta transporten.

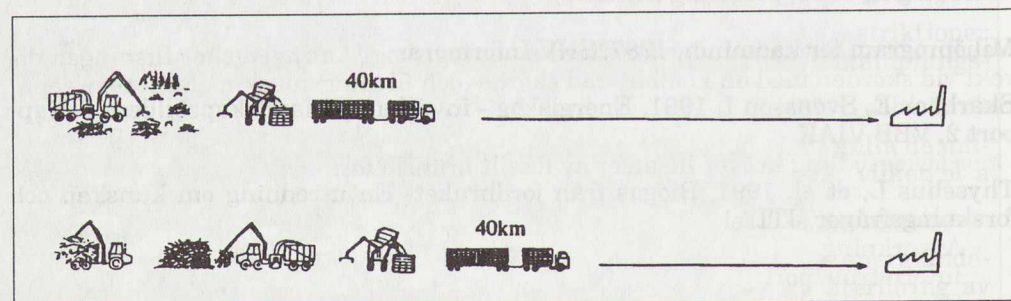


Fig 6:1 *Transportsystem för uttag av trädrester.*

För uttag av trädrester finns huvudsakligen två metoder. Antingen flisning direkt på hygget eller risskotning till bilväg och flisning där. Det senare alternativet erbjuder möjligheter till torkning på hygget genom lagring i täckt vält för att sänka fukthalten. En tredje metod där flisningen sker vid förbrukaren förekommer också.

Bränsleförbrukningen för de skogsmaskiner (skotare, flisare) som används vid uttag av trädrester är hög räknat per energimängd uttaget bränsle. Dieselförbrukningen i samband med uttag och flisning är flera gånger högre än för den efterföljande transporten till användaren. Detta beror framför allt på:

- * Dåligt lastutnyttjande.
- * Högre bränsleförbrukning vid terrängtransport.
- * Flisningen kräver mycket energi.

Emissionerna för en skogsmaskin (200 kW dieselmotor) som tar ut 20 m³s per timme och har en bränsleförbrukning på 30-40 l per timme blir enligt tabell 6:1

Emissioner från skogsmaskin						
Bränsleförbrukning 1,5-2 l/m ³ s flis						
NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	HC	Partiklar	
100-130	7-9	26-35	4800-6500	8-11	10-13	g/MWh flis
1 m ³ s = 0,84 MWh för avverkningsrester						

Tabell 6:1 Emissioner för bränsleuttag och flisning.
Källa: SNV 3756.

Osäkerheten i dessa siffror är stor, men det står ändå klart i den jämförelse som görs i avsnitt 6.4 att emissionerna från skogsmaskiner i samband med bränsleuttag utgör en väsentlig del av de totala emissionerna i samband med produktion av biobränslen.

Energiskog

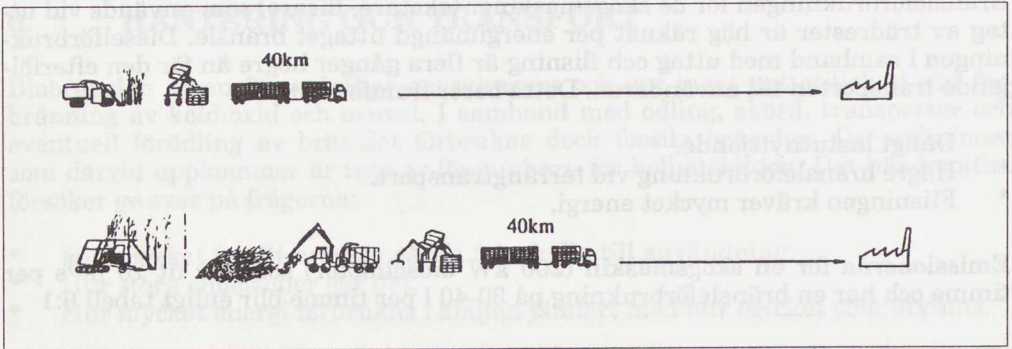
Det finns två huvudmetoder för skörd av energiskog. Antingen sker flisningen direkt vid skörden med en kombinerad skörde- och flisningsmaskin eller också separat vid avlägg.

Energiskogsodling kräver insatser av fossilt bränsle för:

- * Anläggning, skötsel
- * Avverkning
- * Intern transport
- * Flisning

Enligt uppgifter från SLU blir dieselförbrukningen för metoden med separat flisning på avlägg omkring 2,7 l/m³s.

Den kombinerade skörde- och flisningsmaskinen ger betydligt lägre dieselförbrukning.



Figur 6:2 Huvudmetoder för skörd och transport av energiskog.

Baserat på emissionsdata från SNV blir emissionerna för odling och skörd av energiskog räknat per producerad MWh flis som tabell 6:2 visar.

Emissioner vid odling och skörd av energiskog						
Bränsleförbrukning 2,7 l/m ³ s						
NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	HC	Partiklar	
200	13	53	10 300	21	23	g/MWh flis
1 m ³ s = 0,7 MWh för energiskogsflis						

Tabell 6:2 Emissioner från fossilt bränsle vid odling, skörd och flisning av energiskog.

Rörflen

Rörflen kan skördas antingen på sommaren eller på våren. Vårskörd av rörflen är en ny teknik som är under utveckling. Vårskördad rörflen ger mindre avkastning räknat som ton TS per hektar, men är i gengäld ett torrare och bättre bränsle som kräver mindre efterbehandling. Sommarskördad rörflen har en högre fukthalt och kräver därmed mer torkning. Följande moment kräver insatser med fossilt bränsle i samband med odling och sommarskörd av rörflen.

- * Jordbearbetning och sådd.
- * Skörd.
- * Vändning av materialet vid fälttorkning.
- * Strängläggning.
- * Uppsamling och balning.

JTI har uppskattat behovet av fossilt bränsle för dessa moment till 60-70 liter bränsle per hektar och år. Det motsvarar ca 1,6 liter diesel per producerad MWh rörflensbränsle. Baserat på emissionsdata för traktorer från SNV blir utsläppen för odling och skörd av rörflen som tabell 6:3 visar.

NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	HC	Partiklar
84	6	22	4300	9	10 g/MWh bränsle

Tabell 6:3 Emissioner av fossilt bränsle i samband med odling och skörd av rörlflen, räknat per MWh producerat bränsle.

Halm

Halm är en restprodukt från spannmålsodling och ger en avkastning av 2,5-3 ton TS per hektar och år. Den extra insats som går åt för att tillvarata halmen är förhållandevis liten jämfört med andra energigrödor. De enda moment som kräver insatser av fossilt bränsle är bärgning och interna transporter. JTI har uppskattat att dieselförbrukningen för dessa moment är omkring 10 liter/ha, år. Det motsvarar ca 0,7 liter diesel per producerad MWh halmbränsle. Baserat på emissionsdata för traktorer (SNV) blir utsläppen för tillvaratagande av halm som tabell 6:4 visar.

NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	HC	Partiklar
37	2	10	1900	4	4 g/MWh bränsle

Tabell 6:4 Emissioner av fossilt bränsle vid tillvaratagande av halm..

6.2 Transport av bibränslen

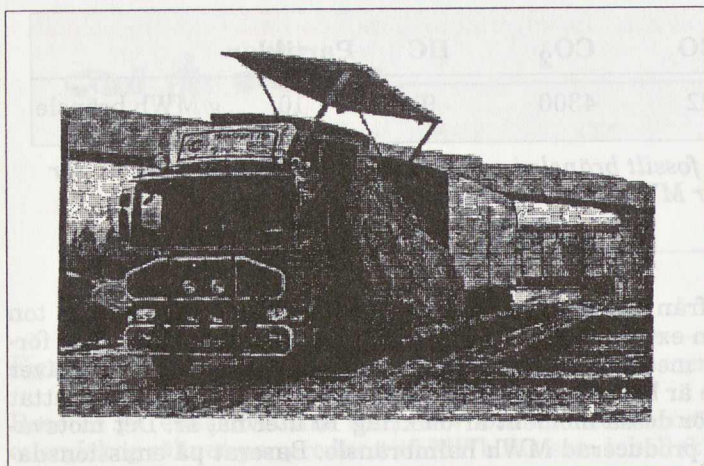
Miljöproblemen i samband med transport av bibränslen är i huvudsak förknippade med emissionerna från transportfordonen. Dessa emissioner härrör från dieselolja. I det här avsnittet görs en kvantifiering av emissionerna som sedan ställs i relation till övriga emissioner för bioenergikedjan. En total emissionsjämförelse görs också mellan bibränslekedjor och motsvarande fossilbränslekedjor.

Flis från trädrester och energiskog

Trädrester flisas i de flesta fall direkt på hygget eller vid avlägg. Därefter transporteras flisen vidare med containerfordon eller flislastbil.

Ett containerfordon med tre containrar fraktar normalt 90 m³s flis. En flislastbil fraktar upp till 120 m³s. Containerfordonen är mer flexibla.

Energiskog kan transporteras antingen som flis eller som lösa skott. Vid flis-transport används lämpligen containerfordon. Vid transport av lösa skott kan trä-drestfordon eller rundvirkesfordon användas.



Figur 6:3 Flisfordon.

Halm och stråbränslen

Stråbränslen transporteras i form av balar med traktor eller lastbil. Traktor är att föredra om transportavstånden är under 3-3,5 mil. Vid halmbärgning dominerar rundbalar och högdensitetsbalar. JTI uppger transportkapaciteten per lass till:

Traktor	9 ton/lass
Lastbil	14 ton/lass

Emissioner från tunga dieselfordon

Emissionerna från tunga dieselmotorer beror på motortypen och om fordonen har avgasrening med partikelfilter och katalysatorer. Tabell 6:5 anger emissioner för några generationer av tunga lastfordon.

Motortyp	NO _x	HC	CO	Partiklar
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
80-talets turbomotor	12,5	0,8	2,1	0,8
Dagens miljömotor	8,0	0,5	0,8	0,4
DSC 11 (Katalysator)	6,3	0,1	0,1	0,1

Tabell 6:5 Emissioner från tunga dieselmotorer (g / kWh axeleffekt).

Källa: Ekelund 1990.

Andra källor uppger liknande emissionsdata. För kvantifiering av emissionerna vid transport av biobränslen har i den här studien "dagens miljömotor" antagits vara representativ för 90-talets fordonsflotta.

Transporter av fossilt bränsle sker i huvudsak med fartyg. Nedan anges typiska emissioner för fartygstransport. Uppgifterna är baserade på 4-takts dieselmotor och 80% last.

	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂	Partiklar	
Fartygstransport	0,2	0,7	0,05	32	0,02	g/ton km

Tabell 6:6 Emissioner vid fartygstransport (g/ton km).

Transportavstånd

Emissionerna från fordon i samband med transport av biobränslen är beroende av avståndet. Avståndet är beroende av upptagningsområdet som i sin tur är beroende av värmeverkets storlek. Här ges några exempel.

Medelavstånd (mil)	Dieselförbrukning per vända* (l)	kg/vända*					
		NO _x	HC	CO	Part	SO ₂	CO ₂
4	38	1,3	0,08	0,13	0,07	0,23	104
5	48	1,6	0,1	0,16	0,08	0,29	130
6	58	2,0	0,13	0,2	0,1	0,35	156

Värdena är baserade på:

- Emissioner från "dagens miljömotor" tabell 6:5
- Specifik bränsleförbrukning 196 g/kWh producerad energi
- Densitet 0,84 kg/l
- Bränsleförbrukning 4,8 l/mil
- *Transportavstånd för en vända (tur och retur) = 2 x medelavståndet
- Lastvolym = 90 m³s flis
- CO₂ emission = 2,7 kg/l diesel

Tabell 6:7 Emissioner vid transport av flis.

6.3 Lagring

Biobränslen skördas eller tas ut vid tidpunkter som inte alltid följer växlingarna i energibehov. Bränslet behöver ofta lagras under längre eller kortare perioder.

Bränslet påverkas under lagringen genom kemiska och mikrobiella processer som bryter ner materialet. Med vilken hastighet och hur nedbrytningen sker, beror av lagringsförhållandena. Vid lagring under en längre tid kan en del substansförluster uppstå. Nedbrytningen beror av lagringstiden, mängden upplagrat material,

materialsammansättning och fukthalt vid uppläggning. Det är framför allt under den första lagringsveckan som nedbrytningen är störst. Energiförändringen hos det lagrade materialet beror av nedbrytningen (substansförlusten) och fukthaltsminskningen. Tabell 6:8 ger några exempel.

	Lag- rings- tid	Fukthalt efter lag- ring (%)	Sub- stansför- lust (%)	Energi- föränd- ring (%)
Vinteravverkade hyggesrester lagrade i 4 meter hög välda	maj-sept	40	1	+4
Sönderdelade färska hyggesrester lagrad i 60 m ³ stack i det fria	maj nov	50	20	-18
Flisade färska hyggesrester lagrade i 7 m hög opackad stack i det fria	juni- jan	30	8	-4

Tabell 6:8 Energiförändring och systemförlust vid lagring av hyggesrester i det fria. Källa: Träbränsle 1987.

Biobränslen har ofta en hög fukthalt efter uttag. Bränslvärdet hos materialet försämras om fukthalten är hög. Med ett torrt bränsle blir förbränningen effektivare, vilket medför att föroreningshalten i förbränningsgasen minskar. Det kan därför vara ändamålsenligt att lagra materialet.

Bränslets fukthalt i början av lagringstiden har mycket stor betydelse för temperaturutvecklingen och substansförlusten. Vid lagring av flis gäller att vid fukthalter under 35% blir substansförluster och temperaturstegring låga, men vid fukthalter över 40% blir de betydligt högre.

Om bränslet får torka utomhus krävs en lång lagringstid för att få ner fukthalten. Känsligheten för regn är dessutom stor. Hyggesrester torkar från ungefär 55% fuktighet i januari-mars till 40% i juni. I augusti börjar hyggesresterna bli fuktigare och i november kan fukthalten vara 50%.

En billig lagringsmetod vad gäller träbränsle är lagring i välda. Bränslet i form av hela grenar får torka på hygget eller skördeplatsen. Fördelarna är att den luftiga uppläggningsen av bränslet tillåter luften att ventileras väldan som därmed torkar. Detta leder till att tillväxten av mikroorganismer och därmed nedbrytningen minskar. För att skyddas mot regn kan väldan täckas med papp.

Under lagringen ökar värmen i det lagrade bränslet på grund av den aktivitet som pågår i materialet. Mikroorganismer bidrar till temperaturstegringen i intervallet 0-70 °C. Vid ogynnsamma förhållanden kan temperaturen bli så hög att materialet självantänder under inverkan av kemiska hydrolyseringsprocesser. Faktorer som inverkar på risken för självantändning är materialets fukthalt och syretillgång, mängden upplagrat material samt närvaro av pyrofora metaller (fungerar som katalysatorer). En hög permeabilitet hos det upplagrade materialet medför en bra genomluftning och bortventilation av den värme som bildas. Permeabiliteten ökar med större och jämnare bränslebitar.

Vid lagring under förhållanden där självantändning är möjlig finns risk för brand och explosioner. Det är viktigt med kontroll av lagringsutrymmen. Om brandrisken är stor bör inte materialet lagras under längre tid. Lagringsutrymmet bör tömmas med jämna mellanrum.

Träbränslen avger terpenener och isoprener under lagringen. I bark och kvistved är halten av terpenener högre än i trädets stamved. En större yta per volymsenhet, till exempel i samband med flisning, ökar avdunstningen av terpenener. En flisstack som lagras i en vecka emitterar cirka fyra procent av sitt ursprungliga terpeninnehåll.

Terpenener och isoprener är kolväten som ger bränslet dess karakteristiska och kraftiga skogsdoft. Den avgående mängden beror bland annat av materialets omfattning och sammansättning, trädslag, tid och temperatur.

Det kan ibland vara en fördel att låta bränslet lagras för att bli av med en så stor mängd terpenener som möjligt innan torkning i torkanläggning. I en torkanläggning kan det annars bli problem med för stora koncentrationer av terpenener. Flis från lövträd avger isoprener vilka kan påverka den marknära ozonbildningen. Detta är emellertid inte helt utrett och kvantitativa data saknas.

Terpenavgång vid lagring av flis

<i>Lagringstid</i>	<i>Terpenavgång (typvärden)</i>
1 vecka	0,4 kg terpenener/ton TS flis
4 månader	7,3 kg terpenener/ton TS flis

Lagring av halm kan ske utomhus med övertäckning på samma sätt som träbränslen, men bör helst ske inomhus. De rektangulära högdensitetsbalarna är väldigt känsliga för nederbörd medan rundbalar är mer motståndskraftiga mot nederbörd.

Vattenhalten i halm får maximalt uppgå till 18 procent vid lagring. Då är risken för mikrobiell verksamhet inte så stor. Vid skörd kan halm innehålla en vattenhalt mellan 15 och 60 procent. Halm kan ibland fälttorka, men vissa gånger är det nödvändigt att använda en tork för att få ett lagringsdugligt bränsle.

En fördel med självtorkning av halm är att regn lakar ur kloridjoner ur bränslet. Halm har en kloridhalt på ca 0,35 % av totalvikten. Enligt danska undersökningar kan den minskas till 0,13 % av halmens totalvikt.

Halm kan också lagras i form av briketter och pellets med en fukthalt på endast 12-15 procent. De är dock mycket fuktkänsliga och sväller om de kommer i kontakt med vatten.

Trä kan också lagras i form av briketter eller pellets. Fördelen är att mikroorganismer inte förökas i det torra materialet. Problemet med mögelsvamp och fortsatt nedbrytning upphör. Bränslet tar också mindre plats. Däremot är brandrisken mycket hög. Träbriketter dammar och kan dessutom vara svåra att släcka om de börjar pyra.

6.4 Totala emissioner från två hanteringskedjor

Förbränning av bibränslen ger inte något nettotillskott av svavel eller koldioxid till atmosfären. Övriga emissioner från bibränsleförbränning väntas också kunna hållas på en låg nivå om rätt förbrännings- och reningsteknik används. Men bibränsleanvändning kräver också transporter och hantering där fossilt bränsle förbrukas. I det här avsnittet görs en kvantifiering av de totala emissionerna för bibränslekedjan för två typfall. Emissionerna redovisas för tre steg i bibränslekedjan:

1. Emissioner från skogsuttag/odling/skörd.
2. Emissioner från transporter av bränsle och aska.
3. Emissioner från förbränning.

Bibränslenas miljöpåverkan bör också ses i perspektiv av de alternativa fossila bränslenas miljöpåverkan. Nedan görs en jämförelse mellan de två typfallen för bibränslen med motsvarande anläggningar eldade med fossilt bränsle. För en noggrann beskrivning av typfallen hänvisas till kapitel 7.

Typfall A: Fast snedrost 4,5 MW, Salixbränsle

	NO _x	SO ₂	Stoft	CO ₂	CO	HC	
Energiskogsodling	4,4	0,3	0,5	230	1,2	0,5	ton/år
Transport	0,4	0,1	<0,1	35	<0,1	<0,1	ton/år
Förbränning	9	(2)	16	0	1,0	0,1	ton/år
Summa	13,8	2,4	16,5	265	2,2	0,6	ton/år
	174	30	208	3346	28	8	mg/MJ _{br}

Värdena är baserade på

Producerad energi	18 GWh
Tillfört bränsle (22 GWh)	29 000 m ³ _s (Salix)
Antal transporter	335 st (bränsle 322 st + aska 13 st)
Transport avstånd	8 mil (2 x 4 mil)
Förbränning	Emissioner enligt kapitel 7. 0,1 % av tiden utgörs av dålig förbränning, se kapitel 7.

A ref: Oljepanna 4 MW, bränsle = eldningsolja 5

	NO _x	SO ₂	Stoft	CO ₂	CO*	HC*	
Transport (fartyg)	2,9	0,8	0,1	130	0,2	-	ton/år
Transport (lastbil)	0,1	<0,01	<0,01	7	<0,01	<0,01	ton/år
Förbränning	14,4	27,2	1,4	5860	-	-	ton/år
Summa	17,4	28,0	1,5	5997	-	-	ton/år
	220	354	19	75720	-	-	mg/MJ _{br}
Värdena är baserade på							
Producerad energi	18 GWh						
Tillfört bränsle	22 GWh = 2040 ton						
Bränsle	Eldningsolja 5; 0,94 ton/m ³						
0,94 ton/m ³	10,8 MWh/ton						
Fartygstransport från Nordsjön	2000 km						
Tankbil	55 stycken transporter (2 x 5 mil)						
Förbränning	Emissioner: NO _x 182 mg/MJ _{br} , SO ₂ 343 mg/MJ _{br} , stoft 19 mg/MJ _{br} .						
*Vissa data saknas							

Typfall C är en 40 MW anläggning av typen cirkulerande fluidbädd. En beskrivning av anläggningen finns i kapitel 7. Tabellen nedan ger en bild av de totala emissionerna för en bibränslekedja baserad på den anläggningstypen.

Typfall C: 40 MW CFB, trärestbränsle

	NO _x	SO ₂	Stoft	CO ₂	CO	HC	
Bränsleuttag	20	1,4	2,1	996	5,5	1,8	ton/år
Transport	4,4	0,8	0,2	355	0,4	0,3	ton/år
Förbränning	45	(12)	10	0	8,5	1,3	ton/år
Summa	69,4	14,2	12,3	1351	14,4	3,4	ton/år
	108	22	19	2108	22	5	mg/MJ _{br}
Värdena är baserade på							
Producerad energi	160 GWh = 576 TJ						
Tillfört bränsle	178 GWh (237 000 m ³ _S)						
Antal transporter	2730 st (bränsle 2640 st + aska 90 st)						
Transportavstånd	10 mil (2 x 5 mil)						
Förbränning	Emissioner enligt kapitel 7. 0,1 % av tiden utgörs av dålig förbränning, se kapitel 7.						

C ref: 40 MW CFB, kolbränsle							
	NO _x	SO ₂	Stoft	CO ₂	CO*	HC*	
Transport (fartyg)	11,9	3,1	0,3	530	0,8	-	ton/år
Transport (lastbil)	1,3	0,1	0,1	100	0,1	0,1	ton/år
Förbränning	43,6	64	10	62100	-	-	ton/år
Σ	56,8	67,2	10,4	62730	-	-	ton/år
	89	105	16	97893	-	-	mg/MJ _{br}
Värdena är baserade på							
Producerad Energi	160 GWh (576 TJ)						
Tillfört bränsle	178 GWh						
Bränsle	kol (7,5 MWh/ton)						
Transport	700 km (fartyg från Polen)						
Lastbil	790 stycken transporter (2 x 5 mil)						
Förbränning	Emissioner: NO _x 68 mg/MJ _{br} , SO ₂ 100 mg/MJ _{br} , stoft 15 mg/MJ _{br} .						
*Vissa data saknas							

- * Emissionerna för odling och skörd av energiskog och för uttag av trädrester är relativt höga. NO_x-emissionerna för dessa utgör ca 30% av den totala NO_x emissionen för hela bibränslekedjan. Vid skogsbränsleuttag beror detta på ett dåligt lastutnyttjande av fordonen. Fordonen som används till uttag av avverkningsrester har också högre specifika emissioner. Det beror på att de svenska avgaskraven hittills gällt för vägtrafiken.
- * Emissionerna från transport av bibränslen är små jämfört med de totala utsläppen för hela bibränslekedjan. NO_x-emissionen är under 10% av den totala emissionen.
- * En jämförelse av Typfall A (4,5 MW) med en motsvarande oljeeldad anläggning visar skillnader i framför allt tre emissionstyper. Stoftutsläppen blir högre i den bibränsleeldade anläggningen beroende på att endast enkel stoftrenings teknik har antagits för anläggningen. Detta går att åtgärda om bättre stoftrening införs. Nettoutsläppet av CO₂ för bibränslekedjan är endast omkring 4% av motsvarande fossilbränslekedja. Även svavelutsläppen är små för bibränslekedjan, 8-9% av fossilbränslekedjan om EO5 antogs vara bränslet.

En jämförelse av Typfall C 40 MW med en motsvarande koleldad anläggning visar på liknande resultat som fall A.

Jämförelse av totala emissioner för en bibränslekedja och en fossilbränslekedja				
CO ₂	SO ₂	NO _x	Stoft	
2	21	122	118	%

Tabell 6:9 Emissioner för en 40 MW bibränslekedja uttryckt i procent av vad motsvarande fossilbränslekedja skulle ge.

6.5 Energibalans för två hanteringskedjor

Hur stor del av bibränslenas energiinnehåll blir till nyttig energi i värmeverket? Det är en återkommande fråga i bibränslesammanhang. Hantering av bibränslen kräver energiinsatser för en rad moment, t ex skogsuttag/skörd, flisning och transport. Dessutom åtgår en del energi internt vid värmeverket för transportörer och dylikt. Energiåtgången beror av lokala förhållanden och av vilken typ av bi-bränsle som väljs. Den inledande frågan belyses bäst genom ett par räkneexempel. Räkneexemplen är baserade på typanläggning A och C som definieras i kapitel 7.

Typexempel A är ett 4,5 MW värmeverk med energiskog som bränsle. Bränsleåtgången är beräknad till 29 000 m³s flis per år vilket ger en värmeproduktion av 18 GWh per år. Detta genererar 335 st transporter av bränsle och aska. Den interna energiförbrukningen vid värmeverket antas vara 2%.

Fall A	m ³ diesel	MWh	% av prod värme
Producerad värme		1800	
Insatt energi			
Odling och skörd av energiskog	84	840	4,7
Transporter (bränsle och aska)	14	140	0,8
Intern energiförbrukning vid förbränningsanläggning	(2%)	360	2
Summa		1280	7,5

Typexempel C är en 40 MW CFB-panna som eldas med avverkningsrester. Anläggningen förbrukar årligen 237 000 m³s bränsle vilket genererar 2730 transporter

ter av bränsle och aska. Energiförbrukningen vid uttag och flisning av avverkningsrester har antagits vara 1,5 l diesel/m³s flis. Den interna energiförbrukningen vid förbränningsanläggningen antas vara 2%.

Fall C	m ³ diesel	MWh	% av prod värme
Producerad värme		160 000	
Insatt energi			
Uttag och flisning av skogsbränsle	320	3 200	2,0
Transporter (bränsle och aska)	131	1 310	0,8
Intern energiförbrukning vid förbränningsanläggning	(2%)	3 200	2,0
Summa		7 710	4,8

Resultatet av ovanstående beräkningar för två typiska biobränslekedjor visar att omkring 5-7 % av den producerade nyttiga värmeenergin går åt internt i bränslekedjan till och med värmeproduktionen i värmeverket.

6.6 Referenser

Axenbom Å, Kristensen D, Praks O, 1991, Halm som bränsle för framtida elproduktion - en sammanfattning av dagsläget, Vattenfall FUD-rapport 44 U(B)

Brunberg Bengt, Tillvaratagande av skogsbränsle som träddeklar och slutavverkningsrester, Vattenfall Bioenergi U(B) 1991/17

Ekelund Mats, Drivmedel från källa till användare. Vattenfall Utveckling AB, U(G) 1990/63

Nilsson Daniel, Bärning, transport, lagring och förädling av halm till bränsle, SLU rapport 150, 1991

Nyrén C, 1992, Miljöeffekter vid torkning av biobränsle, Examensarbete vid Miljö-
vårdscentrum, KTH

Sjöfartens miljöeffekter- En inventering med förslag till åtgärder, Sjöfartsverket, 1990

SNV 3756, Luftföroreningar från arbetsfordon, 1990

Staland P, et al, Transportsystem för biobränslen, Vattenfall FUD-rapport 1991/53

Trädränsle 1987 - Tekniskläget idag. Statens Energiverk, 1987

Törnqvist T, Jirjis R, 1990, Bränsleflisens förändring över tiden - vid lagring i stora stackar, Sveriges Lantbruksuniversitet, rapport 219

7. TEKNIK OCH EMISSIONER VID FÖRBRÄNNING OCH FÖRGASNING

7.1 Energiomvandling ur biobränsle

Den kemiskt bundna energin i biobränslen finns till största delen i de kemiska bindningarna i bränslets cellulosa och lignin.

Förbränningsreaktionerna är snabba oxidationsreaktioner med syre, vanligen hämtad ur luft. De omvandlar kemiskt bunden energi till värme i förbränningsgasen. Denna värme överförs i pannan till vatten som hetvatten eller ånga.

Förbränningen sker i steg. Bränslet uppvärms och torkar. Därefter avdrivs flyktiga kolväten som antänds och brinner. Den sista resten av bränslet utgörs av kol som långsamt brinner färdigt.

Vid förgasning väljer man att låta torkning och avdrivning av kolväten ske i en så gott som syrefri atmosfär. Man eftersträvar att skapa en så energirik brännbar gas som möjligt. En av de främsta fördelarna med förgasning av biomassa är att den rest som inte förgasas, charen, kan användas till att driva processen. Så sker i en fastbäddsreaktor då charen hamnar längst ner mot rosten samt i en cirkulerande fluidbädd då charen återförs till reaktorbottnen och förbränns.

Bränngasen eldas i direkt anslutna brännare eller kan kylas och avfuktas för att transporteras till separat förbränning. Förgasningen i synnerhet, men också förbränningen ger upphov till en mycket stor mängd organiska föreningar som inte finns i bränslet. Förutom kolmonoxid, väte och lätta kolväten som metan, etan och propan uppstår organiska föreningar med hög kokpunkt som kondenserar vid kylning av gasen. Dessa brukar kallas tjära och innehåller bl a ett mycket stort antal aromatiska kolväten och substituerade aromatiska föreningar med klor, svavel och kväve.

7.2 Förbränningsanordningar

I dagsläget eldas biobränslen huvudsakligen i tre typer av förbränningsanordningar.

Rost

Den äldsta och fortfarande vanligaste tekniken är att elda på roster. Rostereldning förekommer från vanliga villapannor upp till storleksordningen 50 MW_{th}.

Rosteldning finns av flera typer. En rost i sin enklaste form är ett galler som bränslet vilar på. Det som karakteriserar olika rosterkonstruktioner är dels hur bränslet tillförs, dels hur rostern är formad och om den är rörlig eller fast.

Rosteldningstekniken kännetecknas av hög drifttillgänglighet. Ofta leder rosteldning till stort luftöverskott vilken medför lägre verkningsgrad än för moderna tekniker. I bilaga 1 visas några typiska rostkonstruktioner.

Fluidbädd

Sedan slutet på 70-talet har fluidiserade bäddar (FB) byggts såväl för bibränslen som för kol och torv. FB-teknik finns av två typer - bubblande bäddar och cirkulerande bäddar (CFB).

FB-enheter byggs vanligen för större bränseffekt än 5 MW. Temperaturen i bädden är 800-900°C. Denna relativt låga förbränningstemperatur medför att utsläppen av kväveoxider ofta blir små. Vid svavelhaltiga bränslen ger kalkstenstillsats i bädden en effektiv svavelavskiljning.

FB-tekniken ger möjlighet att med små förändringar av ugnen elda flis, torv och kol i samma enhet. FB-tekniken beskrivs närmare i bilaga 2.

Pulvereldning

Torkat och finmalt bibränsle kan också eldas i brännare. Jämfört med eldning på rost och i FB är erfarenheterna från biopulvereldning begränsade. Tekniken har ännu inte funnit en större spridning, delvis beroende på bränslets högre framställningskostnad. Pulvereldning ger relativt sett hög flamtemperatur vilket kan innebära stora utsläpp av kväveoxider. Detta kan motverkas genom ändrad luftfördelning i brännaren.

7.3 Förgasning

Förgasning har sitt främsta intresse kopplat till elproduktion och till massaindustrins behov av bränsle till mesaugnar. En bränngas som kyls så att den blir fukt-fri och som renas från partiklar kan eldas i motorer, gasturbiner eller pannor på ett effektivare sätt än bibränslet självt.

Förgasningen utnyttjad på detta sätt kräver att rågasen renas från tjära, stoft, alkalimetaller och kväveinnehållande ämnen som ammoniak. Tjäran kan man bryta ner, "kracka", termiskt eller med hjälp av katalysatorer. Stoft samlas upp på filter efter viss kylning av gasen vid denna kylning fastnar också alkaliemetaller-na i stoftet. Ammoniakreningen är mer komplicerad och kräver vidare studier.

Förgasningstekniken är idag under aktiv utveckling. Den mest intressanta utvecklingslinjen innebär att gasen förbränns i en gasturbin eller i en förbränningsmotor. Båda dessa tillämpningar medger att elproduktion sker med högre elverkningsgrad än vid en konventionell ångcykel.

För att förgasningen skall bli effektiv krävs sannolikt att förgasningen sker under tryck. Det kommer också att krävas rening av gasen före förbränningen.

Förgasning vid atmosfärstryck och med direkt förbränning utan mellanliggande rening av gasen är idag kommersiell teknik. I Sverige finns tre förgasningsanläggningar byggda på CFB-principen där gasen förbränns i mesaugnar.

Vid ett av landets värmeverk finns en motströmsförgasare för värmeproduktion.

Förgasningstekniken beskrivs närmare i bilaga 3.

Både Vattenfall och Sydkraft arbetar med utveckling av trycksatt förgasning av bibränslen. Sydkraft har påbörjat utbyggnad av en demonstrationsanläggning i Värnamo. Vattenfall arbetar med förberedelser för en 160 MW_{th} demonstrationsanläggning. I båda fallen är slutmålet trycksatt bibränsleförgasning med elproduktion i kombicykel. Motivet för trycksatt förgasning och kombicykel är de goda möjligheterna till hög verkningsgrad för elproduktion, både vid kombinerad el- och värmeproduktion (kraftvärme) och enbart elproduktion (kondens).

Emissionerna från denna anläggningstyp väntas bli låga även om detta ännu inte är verifierat med mätdata. Förbränning i gasturbin ställer krav på en ren bränningsgas varför stoftutsläppen från anläggningen blir försumbara. Utsläppen av kolmonoxid och oförbrända kolväten väntas också bli låga. Svaveldioxidemissionerna blir låga eftersom bibränslen generellt innehåller låga halter av svavel. Förbränning av lågvärdig gas med ny gasturbinteknik förväntas ge små utsläpp av kväveoxider. Det råder dock en viss osäkerhet om emissionsnivån innan kvantitativa mätningar är genomförda. NO_x-bildningen antas framför allt härstamma ifrån bränslets kväveinnehåll. Om emissionskraven är hårda kan eventuellt extern NO_x-rening bli nödvändig.

7.4 Bestämmelser och riktvärden för utsläpp

Det regelsystem som gäller för bibränsleanläggningar är inte enhetligt. Därför uppvisar enskilda anläggningar mycket stora skillnader i sina utsläpps- och villkorsprofiler.

Ofta har exempelvis cellulosaindustrins bark- och fliseldade pannor lindrigare villkor än värmeverkens. För stoft kan detta innebära att en stor industripanna tillåts släppa ut 500 mg/m³n torr gas medan ett värmeverk endast tillåts ha stoftutsläppet 35 mg/m³n. Det bibränsle som eldas i anläggningar med avfallsvillkor får inte släppa ut mer stoft än 20 mg/m³n.

De flesta bibränsleanläggningar har endast emissionsvillkor för stoftutsläpp. Enskilda anläggningar har fått villkor även för kolmonoxid och kväveoxider. Endast i enstaka fall omnämns utsläpp av organiska föreningar och metaller i samband med tillstånd för bibränsleledning.

- För de minsta ugnstorlekarna tillämpas typgodkännande enligt Plan- och bygglagen (PBL).
- För anläggningar mindre än 10 MW föreligger endast anmälningsplikt till kommunens miljö- och hälsoskyddsnämnd.
- Tillståndsprövningen för den enskilda anläggningen enligt miljöskyddslagen sker hos länsstyrelsen för anläggningar mellan 10 och 200 MW.
- Större anläggningar prövas av koncessionsnämnden för miljöskydd.

För bibränsleledning finns idag riktlinjer för stoftutsläpp utfärdade av Naturvårdsverket.

	Anläggningsstorlek		
	0,5-3 MW	3-10 MW	> 10 MW
Tätort 1987-1990	250	100	35
Tätort från 1991	100	100	35
Utom tätort	350	350	35

Tabell 7:1 Riktvärden för stoftutsläpp ($\text{mg}/\text{m}^3\text{n torr gas } 13\% \text{ CO}_2$).

Riksdagen angav 1991 riktlinjer för kväveoxidutsläpp. Riktlinjerna är inte bränslespecifika utom för kol. De sammanfattas i följande tabell 7:2.

Nyanläggningar hela landet

- anläggningar över 500 MW	30 mg NO _x /MJ
- övriga koleldade anläggningar	50 mg NO _x /MJ
- övriga anläggningar med ett utsläpp över 300 ton NO _x /år	50-100 mg NO _x /MJ
- övriga anläggningar	100-200 mg NO _x /MJ

Fr o m den 1 januari 1995**Befintliga anläggningar med undantag av anläggningar i S, U, W, Y, Z, AC och BD län**

- anläggningar med utsläpp över 600 ton NO _x /år	50-100 mg NO _x /MJ
- övriga anläggningar	100-200 mg NO _x /MJ

Tabell 7:2 Riktlinjer för kväveoxidutsläpp.

7.5 Begränsning av utsläpp

Åtgärderna för att begränsa utsläppen från bibränsleeldningen är av två skilda slag:

- kontrollerad förbränning genom mätning, styrning och reglering ger möjlighet att begränsa utsläppet av kväveoxider, kolmonoxid samt kolväten och andra organiska föreningar,
- rening av rökgaser för exempelvis avskiljning av partiklar och längre gående NO_x-reduktion.

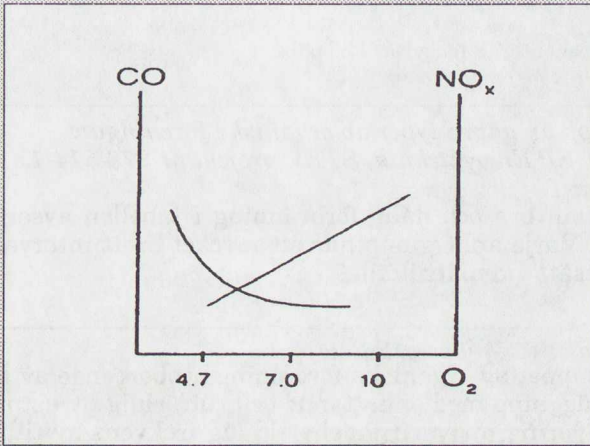
Förbränningskontroll

Biobränsleeldning sker idag vanligen utan generella krav på förbränningskontroll.

Genom den miljöavgift på utsläpp av kväveoxider som införts 1992 kommer emellertid många pannheter med mer än 10 MW bränseffekt att förses med fungerande mätsystem som gör det möjligt att mäta, styra och reglera förbränningen.

Detta förhållande kommer säkert att leda till minskade NO_x -utsläpp. Det är däremot inte givet att utsläppen av CO och organiska mikroföroreningar hålls på en låg nivå.

Bildningen av NO_x kan hållas tillbaka genom att minska syreöverskottet vid förbränningen. Med minskande syrehalt ökar emellertid risken för ofullständig förbränning, vilket bl a ger tar uttryck i form av ökad CO-halt.



Minskat luftöverskott leder till ökat utsläpp av CO men också till högre verkningsgrad. De flesta anläggningarna har inget uttalat krav på begränsning av CO-utsläppet. Konsekvenserna av detta blir en ekonomisk optimering som syftar till låga NO_x -utsläpp och hög verkningsgrad. För många bibränsleeldade enheter blir därvid CO-halten större än 1000 ppm.

För det bibränsle som eldas i avfallspannor är riktvärdet att CO-halten inte bör överstiga 100 ppm i syfte att hålla utsläppet av organiska föroreningar lågt.

Bibränsleanläggningar mindre än 10 MW har vanligen endast mätning av O_2 -halt. Luftflödena mäts ibland, men förbränningskontrollen är begränsad.

Utsläppet av organiska föreningar avgörs av förbränningskvaliteten. Tabell 7:3 visar skillnaden mellan utsläpp av några föreningar och ämnesgrupper vid dålig respektive kontrollerad förbränning.

Ämne	Dålig förbränning	Kontrollerad förbränning	Enhet
CO	4 700	10	mg/MJ
Metan	400	1	"
Eten	120	1	"
Fenol	250	1	µg/MJ
Bicykliska föreningar*	16 000	1	"
PAH*	22 500	0,1	"

* De ingående komponenterna redovisas i bilaga 4.

Tabell 7:3 Utsläpp av några typer av organiska föreningar.
Källa: SP Energiteknik, STEV-projekt nr 276-514-1.

Jämförelsen mellan bra och dålig förbränning i tabellen avser inte att redovisa absoluta värden. Varje anläggning har ett mycket brett intervall av föroreningar beroende på driftsätt vid mätillfället.

I princip är utsläppet av organiska föroreningar oberoende av anläggningsstorlek. En stor anläggning med omfattande och tillräcklig utrustning för mätning, styrning och reglering uppvisar emellertid låg frekvens av tillfällen med dålig förbränning. Vid en liten anläggning är driften ofta mer beroende av operatörsinsatserna.

Kväveoxider

Kväveoxider eller NO_x är samlingsnamnet för

- NO - kvävemonoxid
- NO₂ - kvävedioxid

NO_x-utsläpp omräknas alltid till NO₂ trots att utsläppet i skorstenen till huvuddelen utgörs av NO.

Dessutom finns flera andra kväveoxider som inte räknas in i NO_x-halten, t ex lustgas N₂O.

Kväveoxider bildas vid all förbränning där kväve och syre finns närvarande.

Vanligen skiljer man på tre bildningsvägar:

- *Termisk* NO_x bildas ur förbränningsluftens kväve. Styrande parametrar är temperatur och luftöverskott.
- *Bränsle* NO_x bildas ur det kväve som finns i bränslet. Luftöverskottet och uppehållstider är de parametrar som styr bildningen.
- *Prompt* NO_x bildas då luftens kväve reagerar med bränslets flyktiga beståndsdelar. Andelen prompt NO_x kan vanligen tillmätas liten betydelse.

Erfarenhetsmässigt kan man förutsäga nivån på NO_x -bildningen för varje bränsle- och eldningsteknik. Det är dock inte för närvarande möjligt att exakt beräkna utsläppet på grund av de många påverkande faktorerna. Viktiga sådana är bränslesammansättning, temperatur, uppehållstid och luftöverskott.

Tabell 7:4 visar typiskt intervall för NO_x -bildning för skilda bränslen och förbränningsanordningar.

Bränsle	Förbränningstyp	NO_x -bildning
		mg/MJ
Olja, Eo1	Brännare	50-100
Olja, Eo5	Brännare	150-250
Kol pulver	Brännare	200-400
Kol stycke	Wanderrost	100-200
Träflis	Pulver	100-200
Träflis	Roster	100-150
Träflis	FB	50-100
Torv	Roster	100-350
Torv	FB	50-250
Avfall	Roster	150-250
Avfall	FB	150-250

Tabell 7:4 Kväveoxidbildning för olika förbränninstekniker.

Genom drifttekniska åtgärder är det möjligt att reducera NO_x -bildningen till nivån 100 mg/MJ för rosteldade anläggningar. För FB-pannor kan nivån sänkas ner mot 50 mg/MJ. För att säkerställa lägre NO_x -utsläpp fordras införande av reningsteknik som selektiv katalytisk rening (SCR) eller selektiv icke katalytisk rening (SNCR). Båda dessa tekniker utnyttjar dosering av ammoniak eller urea till rökgasen för att uppnå NO_x -reduktion. Det fordras därmed noggrann processkontroll för att undvika utsläpp av tillsatserna.

Stoft

Vid förbränning av fasta bränslen följer alltid partiklar med rökgasen genom pannan. Dessa utgörs av dels sotpartiklar - ofullständigt förbränt organiskt material - dels av askpartiklar vilka innehåller mineral och tungmetalloxider. Partikelmängden är beroende av bränslets sammansättning, konstruktionen av eldningsutrustningen och förbränningskvalitén. Stofthalten som följer med rökgasen till omgivningen är därmed en funktion både av dessa faktorer och av den reningsutrustning som används. Den kan bestå av cyklonavskiljare, textila spärrfilter eller elektrofilter. Även våtskrubberanläggningar kan användas men de är mycket sparsamt utnyttjade för detta ändamål i Sverige. I bilaga 5 ges en närmare beskrivning av stoftavskiljare.

Cykloner

I cyklonavskiljare utnyttjas dynamiska krafter för avskiljning av partiklar. Tekniken är enkel och driftsäker. Garantier på rengashalter lägre än 300 mg/m^3 lämnas endast i undantagsfall.

Spärrfilter

Textila spärrfilter är en gemensam benämning på slangfilter, kassetfilter mm. Det avskiljande materialet är vanligen en duk utformad som väv eller nålat fibermaterial.

Rökgasen som leds genom filterduken måste vara fri från glödande partiklar. Annars förstörs funktionen. Stoftpartiklarna i rökgasen avskiljs i filtermaterialet och i den filterkaka som utbildas av partiklarna. Filterduken rensas periodiskt genom skakning, returluft eller tryckluftspulser.

Stoftavskiljningen i ett textilt spärrfilter är normalt oberoende av stoftbelastningen och stoftets kornstorlek. Stoftmängden som penetrerar uppgår till mindre än 10 mg/nm^3 så länge filterduken är intakt.

Elfilter

Elektrofiltret är den avskiljare som länge varit dominerande då låga stoftutsläpp eftersträfvats. Elfiltret är mycket driftsäkert men avskiljningsgraden är kraftigt beroende av rökgashastighet och stoftets sammansättning. För att säkerställa ett litet stoftutsläpp måste dimensioneringen ske efter det ögynnsammaste driftfallet som kan vara aktuellt för anläggningen.

Metallutsläpp

I avsnitt 3.3 redovisas innehåll av mineraler och tungmetaller i olika bibränslen. Vid förbränningen oxideras huvuddelen av dessa till oxider som delvis matas ut med bottenaskan. Beroende av eldningsanordning och driftsätt följer en andel av askan med rökgasen genom pannan som flygaska. Flera spårämnen speciellt, kvicksilver, arsenik, kadmium, bly och zink förgasas till stor del vid förbränningen. Vid rökgasreningen avkyls och kondenserar de på främst flygaskans minsta partiklar. Efter pannan, vid en rökgastemperatur lägre än 200°C, är huvuddelen av tungmetallerna bundna till partiklarna. Det är endast kvicksilver som till huvuddelen återfinns i ångform.

Tungmetallutsläppet från anläggningen är därmed beroende både av bränslets halt av tungmetaller och den stoftavskiljning som uppnås.

Tungmetallutsläppet från bibränsleeldning kan därmed endast anges som typvärden med ett brett intervall. Tabell 7:5 visar sådana typvärden hämtade från SNV PM 1708.

Ämne	Anläggningar > 10 MW		Anläggningar < 10 MW	Villapannor Ingen rening
	Stofthalt		Cyklonavskiljning	
	55 mg/MJ	15 mg/MJ	200 mg/MJ	
Arsenik	< 0.1	< 0.02	2-22	-
Kadmium	0.3-1	0.1-0.2	5-10	3-5
Koppar	9-21	3-5	21-37	1-30
Krom	7-15	1-4	4-48	2-5
Mangan	20-500	6-100	210-2900	9-95
Nickel	4-9	1-3	< 1	< 4
Bly	10-65	2-18	26-2100	20-125
Zink	55-630	11-170	550-2800	150-600
Vanadin	< 10	< 2	25	4-20

Tabell 7:5 Metallutsläpp, µg/MJ.

För kvicksilver gäller i princip att bränslets hela kvicksilvermängd avgår med rökgasen från anläggningen. Möjligen ger textila spärrfilter en mätbar avskiljning om stoftet innehåller oförbränt material.

7.6 Typanläggningar

För att åskådliggöra utsläppen från biobränsleledning har fyra verkliga anläggningar valts som beräkningsexempel.

- A Fast snedrost 4.5 MW
- B Rörlig rost, 12 MW
- C Cirkulerande fluidbädd, 40 MW
- D Cirkulerande fluidbädd, 165 MW

De valda exemplen är anläggningar för värmeproduktion. Anläggning D har även elproduktion. Samtliga exempel representerar 1980-talets tekniknivå.

Beräkningar av utsläppen baseras på mätdata dels från kontinuerliga mätningar, exempelvis prestandaprov och periodiska besiktningar, dels erfarenhetsmässiga bedömningar.

Anläggningsbeskrivningar

Anläggning A - Fast snedrost 4.5 MW

Hetvattencentralen består av oljepanna och en fastbränslepanna för fliseldning. Anläggningen togs i drift 1981.

Fastbränslepannan har en effekt på 4.5 MW. Eldningsutrustningen består av en vattenkyld fast snedrost.

För stoftrening finns ett småcyklonaggregat. Bottenaska och avskild flygaska utmatas vått till en gemensam askcontainer. De renade rökgaserna avleds genom en 50 meter hög skorsten.

Bränslet till anläggningen levereras med lastbil och tippas till en markficka på 600 m³.

Anläggningen övervakas och kan fjärrmanövreras från ett centralt kontrollrum på avstånd. Periodisk tillsyn sker på dagtid.

Anläggning B - Rörlig rost 12 MW

B är ett mindre värmeverk där basproduktionen sker med en 12 MW bibränsleeldad hetvattenpanna. I anläggningen ingår även el- och oljepannor. Anläggningen togs i drift 1985.

Bränslet utgörs av skogsbränsle som transporteras till anläggningen med bil och tippas till en markficka.

Förbränningen sker på en rörlig rost uppdelad i tre zoner för luftfördelning.

Hetvattenpannan är kompletterad med ekonomizer.

Stoftavskiljningen sker i elektrofilter.

Bottenaskan våtutmatas och samlas med flygaskan upp i en askcontainer.

Anläggningen är bemannad enbart under dagtid, vardagar. Övrig tid utövar personalen periodisk tillsyn.

Anläggning C - Cirkulerande fluidbädd 40 MW

C är en hetvattencentral med två CFB-pannor om vardera 40 MW. Anläggningen togs i drift 1984. Bränslet utgörs av skogsflis och industriflis.

Flisen lagras utomhus på asfalterad plan, varifrån den lastas till en mottagningsficka med en frontlastare. Flisen passerar sedan en kross och magnetavskiljare. Med bandtransportör och elevatör transporteras flisen till pannornas dagsilos.

Rökgasen från pannan renas från stoft i ett elektrofilter. Efter filtret leds rökgaserna ut i en skorsten med höjden 80 m. Avskild flygaska transporteras pneumatiskt till en asksilo. Vid utmatningen befuktas askan.

Förbrukat bäddmaterial och bottenaska transporteras också pneumatiskt till en asksilo. Askkan befuktas vid utmatningen från silon.

Anläggningen övervakas kontinuerligt av skiftgående personal.

Anläggning D - Cirkulerande fluidbädd 165 MW

D är en kraftvärmeanläggning där samtidig produktion sker av el och värme. Huvudproduktionsenheten för anläggningen är en flerbränsleeldad CFB-panna med följande huvuddata:

Kapacitet	165 MW _{th} (255 ton ånga/h)
Ångtemperatur	540°C
Ångtryck	15 MPa

CFB-pannan togs i drift 1989.

I pannan eldas skogsbränsle. Transporten till anläggningen sker med lastbil. Pannan är utrustad med elfilter för stoftrening och rökgaserna leds genom en 80 m hög skorsten.

Anläggningen övervakas kontinuerligt av skiftgående personal.

Jämförelsegrund

Jämförelsen av anläggningarnas miljöpåverkan sker mot bakgrund av att samma bränsle utnyttjas samt att de drivs vid nominell effekt under 4 000 timmar per år.

Bränslet utgörs av flis med följande data.

	Värde	Enhet
Värmevärde	0.75	MWh/m ³ _s
Fukthalt	50	%
Askhalt	2	%(TS)

Tabell 7:6 Bränsledata.

Transporterna av bränslen och restprodukter antas ge proportionell påverkan i form av buller, damm och avgaser.

Rökgasutsläppen beräknas med nedan redovisade emissionsfaktorer.

Bränsleförbrukning

För varje anläggning beräknas bränsleförbrukningen med den för anläggningen representativa verkningsgraden.

Anläggning	A	B	C	D	Enhet
Nyttiggjord effekt	4.5	12	40	165	MW
Verkningsgrad	83	89	90	91	%
Energiproduktion	18	48	160	660	GWh
Bränslemängd	28916	71910	237037	967033	m ³ s

Tabell 7:7 Typanläggningarnas bränsleförbrukning

Restprodukter

Mängden restprodukter beror dels av bränslemängd, dels av askans halt av oförbränt material och fukt.

I tabell 7:8 nedan redovisas de beräknade restproduktmängderna (i form av fuktig aska) för de fyra beräkningsalternativen. I de beräknade mängderna ingår både bottenaska och avskilt stoft från rökgasreningen.

Alternativ	ton
A	130
B	300
C	900
D	3 600

Tabell 7:8 Askproduktion.

Transporter

Det stora transportbehovet orsakas av bränsleleveransen. Lastvolymen för varje flistransport med släp har satts till 90 m³.

Asktransporter sker med lastbil som tar 10 ton.

Tabell 7:9 nedan visar det årliga transportbehovet av bränsle och aska. I tabellen ges också medeltransporter per dygn.

Alternativ	Årligt transportbehov	Antal transporter per dygn
A	335	2
B	830	5
C	2 730	16
D	11 100	66

Tabell 7:9 Transportbehov.

Utsläpp till luft

Damning från hanteringen av bränsle och aska ger ett bidrag till luftbelastningen.

Bränsle- och askhanteringsutrustningen är utformade så att de inte bidrar med störande damning. Påverkan beräknas vara proportionell mot antalet transporter. Se tabell 7:9.

Utsläppen med rökgasen är för stoft och därmed metaller beroende av verkningsgrad och typ av stoftavskiljare. Kväveoxidutsläppen i här aktuella anläggningar beror enbart av förbränningstekniken. Under huvuddelen av drifttiden är utsläppen av organiska föroreningar och CO låga men vid tillfällen med oregelbunden drift sker tillfälliga utsläpp av betydelse.

Emissionsfaktorer för de reglerade utsläppen av stoft, svavel och kväveoxider ges i tabellen nedan.

Anläggning	A	B	C	D	Enhet
Stoft	200	15	15	15	mg/MJb
Kväveoxid	110	140	70	50	"
Svavel	10	10	10	10	"

Tabell 7:10 Emissionsfaktorer.

De emissionsfaktorer som har valts för de olika alternativen bedöms vara genomsnittsvärden för en driftsäsong. Med ledning av emissionsfaktorerna och den årliga bränsleförbrukningen kan det totala årsutsläppet beräknas. Årsutsläppen har sammanställts i tabell 7:11.

Anläggning	A	B	C	D	Enhet
Bränsleenergi	22	54	178	725	GWh
Årsutsläpp av					
- stoft	16	3	10	40	ton
- kväveoxider	9	27	45	130	"
- svavel	1	2	6	26	"

Tabell 7:11 Årsutsläpp.

Då energiproduktionen självfallet är högre vid anläggningar med större effekt kan årsutsläppen inte direkt jämföras med varandra. I tabell 7:12 redovisas utsläppen per producerad energimängd.

Anläggning	A	B	C	D	Enhet
Producerad energi	18	48	160	660	GWh
Årsutsläpp av					
- stoft	890	60	60	60	kg/GWh
- kväveoxider	500	560	280	200	"
- svavel	60	40	40	40	

Tabell 7:12 Utsläpp per producerad mängd nyttig energi.

Metaller

Utsläppet av tungmetaller är direkt relaterat till stoftutsläppet. Enligt tabell 7:12 ovan är stoftutsläppet för anläggningen B, C och D lika eller 60 kg/GWh. För anläggning A med småcyklonaggregat är stoftutsläppet 867 kg/GWh.

Emissionsfaktorn för några metaller blir därvid enligt tabell 7:13.

Element	Stoftutsläpp 867 kg/GWh	Stoftutsläpp 60 kg/GWh
Arsenik	43	0.08
Kadmium	45	0.8
Koppar	130	16
Krom	95	8
Mangan	6930	220
Nickel	4	4
Bly	4870	36
Zink	7360	320
Vanadin	87	8

Tabell 7:13 Emissionsfaktorer för metallutsläpp (g/GWh).

Med ovan redovisade emissionsfaktorer och årlig energiproduktion erhålles följande årsutsläpp av metaller.

Anläggning	A	B	C	D	Enhet
Energiproduktion	18	48	160	660	GWh
Årsutsläpp					
- Arsenik	0.8	0	0	0.1	kg
- Kadmium	0.6	0	0.1	0.5	"
- Koppar	2.3	0.8	2.6	10.4	"
- Krom	1.7	0.4	1.3	5.2	"
- Mangan	125	11	35	144	"
- Nickel	0.1	0.2	0.6	2.6	"
- Bly	86	1.7	5.8	24	"
- Zink	133	16	51	211	"
- Vanadin	1.6	0.4	1.3	5.2	"

Tabell 7:14 Årsutsläpp av metaller (kg/år).

Organiska föreningar

Utsläppen av kolmonoxid och organiska föreningar är inte beroende av bränsle eller anläggning. Avgörande är istället hur stor frekvensen av okontrollerad förbränning är. Det är sannolikt att obemannade anläggningar ger väsentligt större utsläpp men det kan inte dokumenteras. Använder vi de emissionsfaktorer som redovisas i tabell 7:3 och anger dem i relation till nyttig energi blir utsläppen enligt tabell 7:15.

Element	Kontrollerad förbränning	Dålig förbränning	Enhet
CO	36	16 900	kg/GWh
Metan	3,6	1 140	"
Eten	3,6	430	"
Fenol	3,6	900	g/GWh
Bicykliska ämnen	3,6	57 600	"
PAH	0,4	81 000	"

Tabell 7:15 Utsläpp av organiska föreningar.

Även om andelen drifttid med dålig förbränning är kort kan den ge markanta bidrag till totalutsläppet. För att åskådliggöra betydelsen av detta anges hur medelutsläppet beror av andelen tid med dålig förbränning.

Element	Andel tid med dålig förbränning %				Enhet
	0	0.1	1	10	
CO	36	53	205	1 720	kg/GWh
Metan	3,0	4	18	147	"
Eten	3,6	4	8	46	"
Fenol	3,6	5	13	93	g/GWh
Bicykliska ämnen	3,6	62	580	5 763	"
PAH	0,4	81	810	8 100	"

Tabell 7:16 Specifikt utsläpp av organiska föreningar som funktion av andelen tid med dålig förbränning.

Det finns endast ett fåtal mätningar från biobränsleeldade anläggningar som visar betydelsen av förbränningskvaliteten och utsläppet av kloraromater.

Mätresultat från anläggning C kan tjäna som åskådliggörande exempel på både betydelsen av bränslekvalitet och förbränningskvalitet. Mätningen är gjord vid 25 MW last.

Element	Kontrollerad förbränning		Dålig förbränning		Enhet
	Industriflis	Skogsflis	Industriflis	Skogsflis	
CO ₂	14.5	14.4	14.9	14.7	vol-% tg
CO	16	14	125	215	ppm tg
Stoft	< 1	1	2	6	mg/m ³ *
Klorväte	42	5	36	2	mg/m ³ *
Kvicksilver	15	3	5	3	µg/m ³ *
Dioxiner**	0.07	0.07	0.9	0.5	ng/m ³ *

Tabell 7:17 Mätresultat från anläggning C.

* med m³ avses m³ norm torr gas vid 10% CO₂

** TCDD-ekvivalenter enligt Eadons modell

7.7 Framtiden

Ekonomiska överväganden och avsaknad av verkligt styrande emissionsvillkor har i avgörande grad styrt valet av dagens teknik för bibränsleeldning och därmed också utsläpp och miljöpåverkan från bibränslen.

Teknik som leder till att energiomvandlingen kan företas till radikalt lägre kostnadsnivå finns inte presenterad och kan därför inte förutses bli kommersiell under detta sekel.

En ökad energianvändning med bibränsle under 90-talet innebär därför att de förbränningstekniska lösningar som nu finns att tillgå måste utnyttjas.

Olägenheterna med transporter, lagring och hantering av bränslen och restprodukter är direkt proportionella mot den energimängd som produceras i varje anläggning.

Utsläppen med rökgaserna kan reduceras betydligt genom att förorda att dagens hjälpmedel och utrustning utnyttjas vid anläggningen. Avfallsförbränningen i Sverige har under perioden 1986 till 1992 visat att detta är möjligt, men givetvis till priset av en högre kostnad.

Kostnadsökningen får minst genomslag om energiomvandlingen sker i ett begränsat antal stora produktionsenheter.

Möjligheterna att reducera utsläppet är inte densamma för alla föroreningar. Följande åtgärder har stor betydelse:

- All operatörspersonal utbildas om förbränningen, utsläppens miljöpåverkan och möjligheterna till emissionsminskning.
- Varje produktionsenhet förses med kompletta mät-, styr- och reglersystem för kontrollerad förbränning.
- Jämfört med dagens utsläpp från bibränsleeldningen innebär åtgärderna att rökgasutsläppet av kolmonoxid, aromatiska kolväten, dioxiner, stoft och metaller kan minskas till mindre än en tiondel per energimängd. För kväveoxiderna minskar utsläppet inte så kraftigt. För att nå till en halvering av dessa utsläpp fordras externa åtgärder, t ex ureatillsats i ugnen.

8. OMGIVNINGSPÅVERKAN VID FÖRBRÄNNING OCH FÖRGASNING

Förbränning av bränslen för energiproduktion medför att en mängd ämnen släpps ut till omgivande luft, mark och vatten. Flera av dessa ämnen kan ge negativa effekter på miljö och hälsa.

Vid förbränning av biobränslen emitteras i stort sett samma ämnen som vid användning av fossila bränslen. Det är framför allt kväveoxider, svaveldioxid, partiklar, koloxid och kolväten som förtjänar närmare uppmärksamhet. Värt att notera är dels att svavelhalten är lägre i förbränningsgasen från biobränslen än från fossila bränslen, dels att detta svavel inte representerar ett nytillskott för miljön. Kolmonoxid och kolväten kan vara ett problem i framför allt små anläggningar.

Hur mycket som släpps ut av olika föreningar beror av förbränningsanläggningens storlek, hur den utformas, om den försetts med reningsutrustning och vilken kvalitet bränslet har.

8.1 Luftföroreningar

För att skydda mot hälsoeffekter av luftföroreningar och andra ämnen har Naturvårdsverket fastställt *riktvärden* d v s hur höga halter som kan tillåtas i områden där människor vistas. Korttidsmedelvärden ska skydda mot akuta irriterande effekter medan långtidsmedelvärden ska skydda mot föroreningar som kan ge skada på lång sikt. Percentiler anges ofta och innebär att halterna bör understiga ett visst värde en viss andel av tiden. Vid angivelse av 98-percentil bör riktvärdet underskridas under 98 procent av tiden, men under 2 procent av tiden (högst 88 timmar per halvår för timmedelvärdet) får man acceptera att det överskrids. Det kan ske vid till exempel ogynnsam väderlek då ett inversionsskikt ligger som ett lock över marken.

För en del ämnen som inte har riktvärden har IMM (Institutet för miljömedicin) rekommenderat *gränsvärden*. Vidare har ECE (FN:s ekonomiska kommission för Europa) fastställt *kritiska haltnivåer* för några luftföroreningar med hänsyn till effekter på växtlighet. (Se "Effekter på människa och växter".)

En övergång från individuell uppvärmning till fjärrvärme i större anläggningar medför en betydande miljöförbättring vad gäller luftföroreningar, oavsett vilket bränsle som används. Det framgår av undersökningar som gjorts bland annat inom projekten Kol-Hälsa-Miljö och Naturgas-Hälsa-Miljö.

En väl fungerande förbränning och rökgasrening är avgörande för vilka mängder och momentana halter av miljö- och hälsofarliga ämnen som släpps ut. Lokalt har även skorstenens höjd en stor betydelse för halterna i luften. Detta innebär att stora anläggningar har goda chanser att klara riktvärden och kritiska haltnivåer, medan mindre anläggningar inte har samma förutsättningar.

Nedan ges ett exempel på koncentrationer i utomhusluft i förhållande till SNVs riktvärden och bedömningsgrunder samt IMM:s förslag till gränsvärden. Jämförelsen gäller tre bibränsleeldade anläggningar av olika storlek. Den ena anläggningen är ett kraftvärmeverk med en tillförd effekt på 140 MW där spridningsberäkningar genomförts på ämnen enligt nedan. För de mindre anläggningarna (2 respektive 4,5 MW) har erfarenhetsmässiga överslagsberäkningar på luftkoncentrationer gjorts från uppmätta data. Anläggningen på 4,5 MW beskrivs även i kapitel 7.

Exempel på koncentrationer i utomhusluft från tre bibränsleeldade anläggningar i procent av SNVs riktvärden och bedömningsgrunder samt IMM:s förslag till gränsvärden.

Anläggningsbeskrivning och förutsättningar:

Fastbränslepanna (140 MW): Ett kraftvärmeverk med bibränsleförgasning och kombicykel som eldas med sågverksavfall, avverkningsrester och energiskogsflis. Skorstenen är 70 meter hög.

Fastbränslepanna (4,5 MW): Fastbränslepannan består av en fast snedrost för fliseldning och har en skorstenshöjd på 50 meter.

Fastbränslepanna (2 MW): Pannan består av en rörlig planrost som eldas med träbriketter. Slutförbränningen fungerar dåligt. Skorstenen är 20 meter hög.

Årligt utsläpp (vid drift ca 5000 timmar per år):

	Fastbränslepanna 140 MW ton/år (mg/MJ)	Fastbränslepanna 4,5 MW ton/år (mg/MJ)	Fastbränslepanna 2 MW ton/år (mg/MJ)
Svavel	25 (10)	0,8 (10)	0,4 (10)
Kväveoxider	130 (50)	9 (110)	1,3 (36)
Stoft	< 25 (10)	16 (200)	3,6 (100)
Koloxid	-	0,8 (10)	170 (4700)
Eten	-	0,004 (0,05)	4,3 (120)

Koncentrationsbidrag till utomhusluft i procent av riktvärden eller motsvarande.

SO ₂	< 0,2	< 0,2	1,5
NO ₂	< 0,8	< 0,2	5
Totalt suspenderade partiklar (stoft)	-	1	5
CO	-	< 0,003	12
Eten	-	0,01	250*

*) Vid jämförelse med ett gränsvärde på 0,6 µg eten/m³.

Inom IMM pågår diskussioner om ett nytt gränsvärde på 2 µg eten/m³.

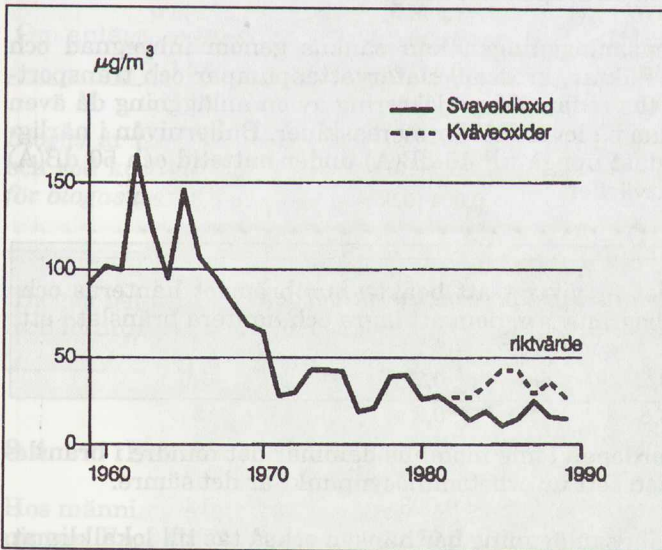
Det bör observeras att värdena representerar normal drift. Hänsyn bör tas till driftstörningar, då värdena kan överskridas och problem med framför allt kolväten, stoft och kolmonoxid kan erhållas. Driftstörningar är mer vanliga i bibränsleeldade anläggningar än i anläggningar för naturgas, kol eller olja. Oönskade föremål eller stora bränslefraktioner följer ibland med bränslet och sätter igen bränsleinmatningen, för att nämna ett vanligt exempel. Risken för driftstörningar är större ju mindre anläggningen är.

Emissionerna från förbränningen ger ett förhållandevis litet tillskott till luftens halter av svavel- och kväveoxider. Därmed blir också det lokala depositionstillskottet litet. Denna slutsats är vanlig då man analyserar inverkan av enskilda anläggningar. Utsläppen måste därför betraktas i ett större perspektiv, där bidragen från bibränslen betraktas i åtminstone en regional skala.

Bakgrundshalterna varierar kraftigt beroende på var i landet man befinner sig. Vintern 86/87 uppmättes av Institutet för vatten- och luftvårdsforskning regionala bakgrundshalter på 3-20 μg svaveldioxid/ m^3 , 2-8 μg kvävedioxid/ m^3 och 2-10 μg sot/ m^3 utanför tätorter. De lägre värdena gäller norra Sverige och de högre gäller södra Sverige.

I tätorterna var värdena högre av framför allt kvävedioxid, vilket till största delen beror på den täta vägtrafiken i tätorterna. Halterna av kvävedioxid varierade från strax under 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i till exempel Oskarshamn, Avesta och Kiruna till över 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Helsingborg, Göteborg, Örebro och Skellefteå, uttryckt som vinterhalvårsmedelvärden.

För svaveldioxid och sot bestäms haltnivåerna i tätorter till stor del av de regionala bakgrundshalterna, förutom i norra Sverige där de regionala bakgrundshalterna är låga och inte har lika stor betydelse för tätortsluften.



Figur 8:1 Medelvärdena av svaveldioxid och kväveoxider för vinterhalvår i centrala Göteborg.

Källa: Miljön. Sveriges Nationalatlas, 1991, SNV.

8.2 Lokalisering

Emissioner från förbränningsanläggningar kan tillsammans med utsläpp från annan industri och biltrafik samverka så att riktvärden och kritiska halter över-skrids lokalt vissa tider på dygnet.

Det är därför viktigt vid lokalisering av en förbränningsanläggning att undvika redan hårt emissionsbelastade områden, som t ex trafikerade leder. Ur luftförore-ningssynpunkt är alltså lokaliseringen av stor betydelse.

Biobränslen används ofta i fjärrvärmeanläggningar med placering nära konsu-menten. Det är då extra viktigt att ta hänsyn till lokala effekter som kan drabba de närboende.

Vid val av skyddsavstånd bör hänsyn tas till buller från anläggning och trans-porter, damning samt större rök- och stoftutsläpp i samband med brand eller driftstörning.

Vid lokalisering av en förbränningsanläggning för biobränslen bör man tänka på de många transportfordon som åker till och från anläggningen.

Det är viktigt att planera transportvägarna med hänsyn till närmiljön och mini-mera transportavstånden. För att reglera buller och avgaser kan transporterna begränsas till särskilda vägar eller till vissa tider på dygnet.

För längre transporter bör om möjligt järnväg väljas. Det är därför fördelaktigt om anläggningen placeras med järnvägsanslutning.

Bullernivån från förbränningsanläggningen kan sänkas genom inbyggnad och ljudisolering av till exempel fläktar, krossar, matarvattenpumpar och transport-band. Hänsyn till buller bör tas redan vid projektering av en anläggning då även krav på ljudgaranti kan ställas på leverantörer av maskiner. Bullernivån i närlig-gande bostadsområde får endast uppgå till 40 dB(A) under nattetid och 50 dB(A) under dagtid enligt SNVs riktvärden.

Ur damningssynpunkt är det viktigt att beakta hur bränslet hanteras och lagras. Risken för damning begränsas genom att lagra och hantera bränslet i ett slutet system.

Om bränslet från transportfordonen töms inomhus dammar det mindre i bränsle-anläggningens omgivning, men sett ur arbetsmiljösynpunkt är det sämre.

Vid placering av en förbränningsanläggning bör hänsyn också tas till lokalklimat, förhärskande vind, turbulens och utspädning för att nämna några viktiga exem-pel.

Vid lokalisering av en anläggning för biogasutvinning eller deponi för rötslam är det mycket viktigt att tänka på förhärskande vind eftersom lukten från anläggningen kan upplevas som obehaglig. Med tanke på luktproblemen bör inte en biogasanläggning eller deponi placeras nära bebyggelse. Transportvägar bör planeras.

8.3 Brand och explosion

I en *förbränningsanläggning för biobränslen* finns risk för självantändning och brand. Flis kan självantända i lager, transportband kan upphetas och dammexplosioner kan uppstå på heta ytor eller nära gnistor. Redan vid projektering av en anläggning bör man tänka på frågor som installation av brandskyddsutrustning, medel för att reducera risken för brandspridning, olycksberedskap m.m. Dagens moderna anläggningar har automatiska brandlarm direkt kopplade till närmaste brandstation. Känsliga detektorer sitter i lager och längs transportband för bränslet. Sprinklersystem löser ut om brand uppstår.

Bränslet bör lagras så kort tid som möjligt vid förbränningsanläggningar. Om risk för brand föreligger bör lagret tömmas på allt material. Det kan exempelvis inträffa under driftstopp då bränslet blir liggande. I lagerutrymmen bör det finnas automatiska system som hela tiden matar ut det äldre bränslet först.

Regelbunden rengöring i anläggningen är viktig för att få bort bränsledamm, som annars kan orsaka brand eller explosioner.

Om anläggningen sköts bra kan riskerna för brand minimeras.

Biogas är på grund av sitt innehåll av metan brandfarligt. Noggranna kontroller och god kontakt med den lokala räddningstjänsten eftersträvas vid *anläggningar för biogasutvinning*.

Biogas betraktas som brandfarlig vara och omfattas därför av krav enligt lagen och förordningen om brandfarliga och explosiva varor.

8.4 Effekter på människor och växter

Hos människan är det i första hand andningsorganen som påverkas av luftföroreningar. En del ämnen kan även tas upp i blodet via lungorna eller magtarmkanalen för att spridas till andra organ och ge effekter där. Vissa ämnen anses kunna ge upphov till cancer eller mutagena effekter även i mycket små doser. Stark lukt kan ge obehagskänslor.

För växterna är det framför allt ozon som har betydelse, där de föreskrivna kritiska halterna redan överskrids lokalt.

En genomgång av hur olika ämnen som kan ingå i förbränningsgasen från en förbränningsanläggning påverkar människa och växter i höga halter ges nedan.

Kväveoxider

Kväveoxider bildas vid förbränning, i huvudsak som kvävemonoxid. Kvävemonoxiden oxideras så småningom till kvävedioxid som anses skadligare för människa och växter. Bidraget från förbränning är litet i jämförelse med utsläpp från den ökande vägtrafiken.

Kvävedioxid (NO_2) är en vävnadsirriterande gas som påverkar lungfunktionen och slemhinnorna i lufttrör och lungor. Gasen kan tränga djupt ner i lungorna och bland annat försämra ciliernas funktion, vilket innebär ett sämre försvar mot virus och bakterier. Den luftvägssammandragande effekten av kvävedioxid gör att astmatiker är speciellt känsliga.

Låga halter av kväveoxider som tas upp genom bladens klyvöppningar kan användas som näringskälla för växten. Kvävedioxid tas upp betydligt effektivare av växterna än kvävemonoxid. Eftersom kväve utgör näring för växterna kan överskott medföra ekologiska förändringar i ekosystemet. Kväveoxider bidrar också indirekt till markförsurningen. Vid förbränning av bibränslen släpps endast en liten del av den ursprungliga kvävemängden i bränslet ut.

Det är främst i kombination med svaveldioxid, ozon och andra föroreningar som kvävedioxid kan ge effekter på växter. Det kan ske vid halter omkring $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid halter över $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket är långt över vad bibränsleförbränning ger upphov till, kan kvävedioxid ensam ge effekter. Halten av kvävedioxid utanför tätort är inte av den storleksordningen att skador på växter behöver befaras.

Av stor betydelse är kväveoxidens inverkan på bildandet av fotokemiska oxidanter, till exempel ozon, aldehyder, väteperoxid och peroxacetylnitrat (PAN) som kan ge toxiska effekter. Dessa bildas i atmosfären då kväveoxider och kolväten reagerar med varandra under solljusförhållanden.

Medelvärde	Riktvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Entimmes medelvärde (98-percentil för vinterhalvår)	110
Dygnsmedelvärde (98-percentil för vinterhalvår)	75
Vinterhalvårsmedelvärde (aritmetiskt medelvärde)	50

Tabell 8:1 Riktvärden för kvävedioxid med hänsyn till hälsoeffekter (SNV 1990).

Medelvärde	Kritisk haltnivå ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$)
Årsmedelvärde	30

Tabell 8:2 Kritiska haltnivåer för kvävedioxid på växter (ECE 1988).

Svaveldioxid

Svaveldioxid (SO_2) är en vattenlöslig gas som ger irritation i de övre luftvägarnas slemhinnor. Gasen kan kondensera på partiklar i luften och oxideras till svavelsyra och sura sulfater.

Förekomsten av partiklar i luften förstärker de negativa hälsoeffekterna av svaveldioxid.

En kortvarig exponering för höga halter svaveldioxid kan leda till ökat luftvägs- motstånd. En längre exponering för halter i storleksordningen $100\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kan ge risk för kronisk bronkit och nedsatt lungfunktion. Det är framför allt hos barn och personer med astmatiska problem som effekter observerats.

Hos växterna tas svaveldioxid i likhet med andra gaser upp genom klyvöppningarna. En hög halt av svaveldioxid kan hos många växter medföra att klyvöppningarna stängs med påföljd att fotosyntesen hindras.

Känsligheten för svaveldioxid varierar starkt mellan olika växtarter. Lavarna är en särskilt utsatt grupp vilkas känslighet studerats mycket. De saknar klyvöppningar och tar upp föroreningar över hela sin yta.

Ofta kan svaveldioxid i kombination med ozon, kvävedioxid eller hårt klimat förvärra effekterna. Svaveldioxid medverkar också indirekt till markförsurningen.

I dag utgör svaveldioxidhalterna i våra tätorter ett mindre hälsoproblem än tidigare. Utsläppen har minskat genom bland annat en övergång från individuell olje- och koleldning till eluppvärmning eller till fjärrvärme med höga skorstenar, minskad svavelhalt i bränslet samt bättre reningsteknik. Biobränslen innehåller mycket små mängder svavel och ger därför inte upphov till några betydande utsläpp av svaveldioxid. Inget nettoutsläpp sker.

Medelvärde	Riktvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Entimmes medelvärde (98-percentil för vinterhalvår)	200
Dygnsmedelvärde (98-percentil för vinterhalvår)	100
Vinterhalvårsmedelvärde (aritmetiskt medelvärde)	50

Tabell 8:3 Riktvärden för svaveldioxid med hänsyn till hälsoeffekter (SNV 1990).

Medelvärdetid	Kritisk haltnivå ($\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$)	Markanvändningskategori
Årsmedelvärde	20	Skogar
Årsmedelvärde	20	Naturlig vegetation
Årsmedelvärde	30	Grödor
Dygnsmedelvärde	70	All vegetation

Tabell 8:4 Kritiska haltnivåer för svaveldioxid på växter (ECE 1988).

Ozon

Marknära ozon bildas i atmosfären genom reaktioner mellan kväveoxid och kolväten under inverkan av solljus. Det är en kraftigt oxiderande gas som kan reagera med vävnader. Gasen kan nå ända ner till lungblåsorna på grund av dess låga vattenlöslighet. En ökad känslighet för infektioner och irritation av ögon och andningsorgan kan vara tecken på ozonpåverkan.

Växter anses vara känsligare för ozon än människor. Ozon kan ensamt eller i kombination med svaveldioxid eller kvävedioxid ge allvarliga effekter på växtligheten, bl a synliga bladskador och tillväxtminskning.

Ozon bildas framför allt under sommarhalvåret. Riktvärden och kritiska haltnivåer kan då överskridas lokalt. Tillskottet av ozonbildande ämnen från förbränning är dock som lägst sommartid.

Timmedelvärde 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(får överskridas högst 1 gång per månad)

Tabell 8:5 Rekommenderat gränsvärde för ozon med hänsyn till hälsoeffekter (IMM).

Medelvärdestid	Kritisk haltnivå ($\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$)	Markanvändnings- kategori
1-timmarsmedelvärde	150	Samtliga
8-timmarsmedelvärde	60	Samtliga
7-timmarsmedelvärde (9.00-16.00) under vegetations- säsongen (1 april-30 september)	50	Samtliga

Tabell 8:6 Kritiska haltnivåer för ozon på växter (ECE 1988).

Kolmonoxid

Kolmonoxid (CO) adsorberas snabbt i lungan och tas upp i blodet, där det binds till det syretransporterande ämnet hemoglobin. Blodets förmåga att transportera syre till kroppen försämras. Den försämrade syreförsörjningen i hjärnan kan upplevas som trötthet och minskad reaktionsförmåga. Allvarliga följder som medvetlöshet kan uppstå vid inandning av höga halter. Vid lägre halter går den akuta effekten tillbaka efter några timmar i kolmonoxidfri luft.

Medelvärde	Riktvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
8 timmars medelvärde (98-percentil för vinterhalvår)	6000

Tabell 8:7 Riktvärde för kolmonoxid med hänsyn till hälsoeffekter (SNV 1990).

Partiklar

Partiklar kan bestå av sot, damm, små metallfragment med mera. De hälsoeffekter som kan uppstå beror av storlek, form, sammansättning och vilka ämnen som finns adsorberade på partiklarna. Små partiklar tränger djupare ner i lungorna och anses därför hälsofarligare än de större. De små partiklarna har också större yta per volym- eller viktprocent, vilket gör att de kan adsorbiera mer av olika skadliga ämnen, som till exempel kolväten. Partikelhalten anges på olika sätt, men ur hälsosynpunkt är halten respirabla partiklar ett bra mått. Det anger grovt sett halten av partiklar med en diameter mindre än 15 µm.

Sot bildas vid ofullständig förbränning och kan bli ett problem om förbränningsprocessen inte fungerar som den ska.

För växter kan sot bli ett problem i mycket höga halter då det hindrar ljusflödet till växten eller sätter igen klyvöppningarna. Påverkan av partiklarna beror av vad som sitter adsorberat på partikelns yta.

Medelvärde	Sot (µg/m ³)	Totalt suspenderade partiklar *) (µg/m ³)	Respirabla partiklar *) (µg/m ³)
Dygnsmedelvärde (98-percentil för vinterhalvår)	90	110	110
Vinterhalvårsmedelvärde (aritmetiskt medelvärde)	40	50	50

*) Endast bedömningsgrunder

Tabell 8:8 Riktvärden med hänsyn till hälsoeffekter (SNV 1990).

Kolväten

Kolväten är ett samlingsnamn för ett stort antal organiska föreningar som bildas vid ofullständig förbränning. Bland dessa finns många kända cancerframkallande ämnen. Tunga kolväten som exempelvis polycykliska aromatiska kolväten (PAH) förekommer till största delen bundet till partiklar. Av de tunga kolvätena är bens(a)pyrén bäst undersökt. Även utsläpp av flyktiga kolväten, som t ex eten kan medföra cancerrisker. Utsläpp av cancerogena ämnen kan ha betydelse på lång sikt även vid låga doser, eftersom det samlade upptaget under en livstid avgör cancerrisken storlek.

För växter är inte kolväten i sig själv någon risk. Det är deras medverkan till ozonbildning som är viktig att tänka på. Även växternas egen produktion av kolväten i form av terpenor och isoprenor medverkar till ozonbildningen, då de avges såväl från växande skog som under torkning eller lagring av bränslet.

Bens(a)pyrén	0,0001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Eten	0,6* $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabell 8:9 Rekommenderade gränsvärden med hänsyn till hälsoeffekter **) (IMM)

- * Diskussioner pågår enligt personligt meddelande från IMM att höja gränsvärdet för eten till 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ** Kan teoretiskt ge upphov till cancerrisk i storleken 1 cancerfall på 100 000 individer vid inandning under livstid (låg risknivå).

Dioxiner

Dioxiner är stabila och kan anrikas i näringskedjorna. Inandning ger ett mycket litet intag av dioxiner. Det är framför allt intag via fisk eller modersmjölk som har betydelse.

De effekter som kan uppträda av dioxinpåverkan är reproduktionsstörningar, försämrat immunförsvar samt cancer.

Giftigheten av dioxiner relateras till en mycket giftig dioxinförening, TCDD. Ett högsta tolerabelt intag av dioxiner för människa är 35 picogram per kg kroppsvikt och vecka (enligt IMM).

Biobränslen innehåller normalt tillräckligt mycket klor för att dioxiner ska kunna bildas vid förbränning. Därför bör såväl förbränningsanläggning som rökgasrening utformas på ett sätt som förhindrar utsläpp till omgivningen.

8.5 Referenser

Alvarez de Davila E, IVL, 1992, En studie av arbetsmiljön vid deponigasutvinning, sortering av sopor och hantering av miljöfarligt avfall

Ansökan om tillstånd enligt Naturresurslagen att bygga och driva Brofjordens kraftstation, 1989, Vattenfall rapport

ECE, 1988, Critical Levels Workshop, Final Draft Report, Bad Hartzburg, United Nations Economic Commission for Europe.

Grennfelt P, 1987, Svaveldioxid, kvävedioxid och sot i svensk tätortsluft 1986-1987, IVL rapport

Johansson R m fl, Naturgas-Hälsa-Miljö, 1984, Vattenfallrapport

Nyrén C, 1991, Miljöeffekter vid torkning av biobränsle, Examensarbete i Miljövärdsteknik, KTH

Miljön, Sveriges Nationalatlas, 1991, SNV

Plats för arbete - omgivningspåverkan, 1982, Socialstyrelsen, Statens naturvårdsverk meddelande 4, Statens planverk rapport 60 del 5

Retzner L, 1991, Deponigas drifterfareheter, Svenska Renhållningsverksföreningen rapport 7

Rödén J m fl, Kolets hälso- och miljöeffekter, 1983, Vattenfall, Projekt Kol-Hälsa-Miljö

Thyselius L, jordbrukstekniska avdelningen, Uppsala, 1992, Personlig kontakt

Victorin K m fl, 1990, Hälsorisker till följd av vedförbränning, SNV rapport 3732

Victorin K, 1991, Hälsoeffekter av luftföroreningar i utomhusluft, IMM rapport 2

9. RESTPRODUKTER

9.1 Askproduktion

Biobränslen, i huvudsak skogsbränslen, motsvarande 60 TWh tillförd energi nyttjades i Sverige under 1990. Användandet gav upphov till 200 000 ton biobränsleaska. Som jämförelse förbrukades 15 TWh energikol vilket gav 400 000 ton kolaska.

Massaindustrin står för 60% av biobränsleanvändningen. Biobränslen är direkt och indirekt energikälla för många processer i en massafabrik. Från sulfatmassa-tillverkning fås t ex vid förbränning av returlutar en aska som i huvudsak återfinns i "grönlutslammet". Slammet är uppblandat med kalk vilket medför att den hanterad askmängd fördubblas. Totalt uppskattas slammängden till 140 000 ton varav ca 70 000 ton är biobränsleaska. I massafabriker finns också barkeldade pannor för elproduktion, uppvärmning och torkning av trädbränsle.

Nyttjandet av biobränslen inom sågverk och övrig industri samt i värme- och kraftvärmeverk svarar för 20% av tillförd bioenergi. Av en total fjärrvärmeproduktion under 1990 på 40,7 TWh kom 3,6 TWh från bränsleflis.

Återstående biobränsleutnyttjande utgörs av vedeldning för uppvärmning av småhus. Eftersom askan, totalt ca 50 000 ton, sprids lokalt i små mängder är det ej ekonomiskt att samla in den.

Kol används i ökande omfattning tillsammans med biobränslen i fastbränsleanläggningar av flera orsaker. Kol är idag det billigaste bränslet för elproduktion eftersom denna ej belastas med koldioxidskatt. I kraftvärmeanläggningar används därför biobränslen till fjärrvärmeproduktion och kol till elproduktion. Vidare är kolets högre värmevärde ofta en förutsättning för att uppnå full effekt i en anläggning. Kol används även som lastutjämnings- och reservbränsle samt vid ojämn biobränslekvalitet som hjälpbränsle för att ge en stabil förbränning, dvs bättre emissionsdata.

Uppskattningsvis 50% av flisen till värme- och kraftvärmeverk eldas tillsammans med torv eller kol. Totalt deponeras ca 16 000 ton biobränsleaskor som är mer eller mindre uppblandade med andra askor. Den totala mängden av dessa blandaskorna är betydligt större.

Biobränsleanvändning och askproduktion under 1990 ges i tabell 9:1.

Användare	Tillförd energi (TWh/år)	Biobränsleaskor		
		Totalt (ton/år)	Kommer- siellt till- gängliga (ton/år)	Uppblan- dade (kol/torv) (ton/år)
Massa- och pappersindustrin				
Förbränning av returlutar.	28	70 000	70 000	
Förbränning av bark, spån mm	8	32 000	28 000	4 000
Sågverksindustrin				
Förbränning av bark, spån mm	7	28 000	24 000	4 000
Övrig industri				
Förbränning av bark, spån mm	1	4 000	4 000	
Värme- och kraftvärmeverk				
Förbränning av flis, bark, spån mm	4	16 000	8 000	8 000
Enskilda				
Vedeldning för uppvärmning	12	50 000		
Summa:	60	200 000	134 000	16 000

Tabell 9:1 Produktion av biobränsleaskor i Sverige 1990.

Källa: NUTEK, m fl.

En uppskattning av de totala askmängderna som produceras vid förbränning av 1 TWh bränsleflis, halm resp kol framgår av tabell 9:2. I jämförelsen antas andelen oförbränt material vara 20% för samtliga bränslen.

Bränsle	Effektivt värmevärde (MWh/t TS)	Askhalt i bränslet exkl oförbränt (vikt-% TS)	Mängd ren aska (kton/TWh)	Andel oförbränt (%)	Total askmängd (ton/TWh)
Skogsflis	5,4	2	3,7	20	4 600
Bark	5,4	3	5,6	20	6 900
Halm	4,7	4	8,5	20	10 600
Stenkol	7,5	13	17,3	20	21 700

Tabell 9:2 Askproduktion från förbränning av 1 TWh flis, bark, halm resp kol.

Biobränslen ger således jämfört med kol betydligt mindre mängd aska per producerad energienhet. Detta innebär lägre kostnader vid deponering. Om vedaskan i framtiden återförs till skogen blir skillnaden i "deponiproblem" ännu större.

9.2 Karakterisering av askor

Askhalt

Mineralaskhalten räknat som andelen i vikt-% av torrt bränsle utan föroreningar som återstår vid fullständig förbränning är låg för biobränslen jämfört med kol. Variationer i askhalter för skogsbränslen finns mellan olika träslag och för olika delar av trädet. Högst är askhalten i trädet växande delar som blad/barr, bark och grenar, se tabell 9:3

Trädslag	Mineraldelen i skogsbränsle		
	Björk (vikt-% av TS)	Tall (vikt-% av TS)	Gran (vikt-% av TS)
Stamved	0,4	0,4	0,6
Stambark	2,2	2,6	3,2
Grenar	1,2	1,0	1,9
Blad/barr	5,5	2,4	5,1

Tabell 9:3 Mineralaskhalter i nyfällda småträd.(södra Finland).

Källa: Hakkila & Kalaja enl Eriksson och Börjesson, 1991.

I praktiken blir mängd aska och slagg som fås från biobränslen större än mineraldelen i bränslet. I restprodukten återfinns nämligen också föroreningar som grus mm från skörd och hantering av bränslet. Mängden föroreningar minskar vid förädling av bränsle till pellets, träpulver etc. Variationerna i askhalter inklusive föroreningar för olika bränslen visas i tabell 9:4.

Bränsle	Totala askhalter exkl oförbränt	
	Variation (vikt-% av TS)	Typvärde (vikt-% av TS)
Skogsbränslen (tall och gran)		
Flis	0,5-3,6	2
Pellets, briketter	0,5-3,0	1
Träpulver	0,5-1,6	1
Bark	1,5-4,0	3
Åkerbränslen		
Halm	3-10	4
Salix	1-3	2
Rörflen	3-5	4
Andra fastbränslen		
Torv	1-8	3
Kol	5-15	13

Tabell 9:4 Askhalter i fastbränslen exklusiv oförbränt material.

Källa: Handbok bioenergi, 1989; Holmroos, 1991.

I den totala askmängden från bibränsleproduktion ingår även en viss resthalt av oförbränt bränsle p g a ofullständig förbränning. Andelen oförbränt styrs i huvudsak av bränslet och förbränningstekniken. Variationerna kan även vara stora mellan anläggningar där samma teknik och bränsle nyttjas. Uppmätta värden på halter oförbränt i vikt-% av total askhalt, inklusive föroreningar ges i tabell 9:5.

Förbrännings- teknik	Bränsle	Oförbränt i flygaska			Oförbränt i bottenaska		
		Ant anl	Variation (vikt-% av TS)	Medel (vikt-% av TS)	Ant anl	Variation (vikt-% av TS)	Medel (vikt-% av TS)
Rosteldning	Flis	7	6-75	31	5	6-60	23
	Bark	4	3-20	14	4	1-43	20
Fluidiserande bädd (CFB)	Flis	2	1-6	4			

Tabell 9:5 Andelen oförbränt material i skogsbränsleaskor.

Källa: Holmroos, 1991; Eriksson och Börjesson, 1991.

I många fall ökar en totala askmängden ytterligare genom att vatten tillsätts för att undvika dammbildning eller för släckning av aska.

Asktyper

Restprodukter från större förbränningsanläggningar kan uppdelas i bottenaska och flygaska. Bottenaskan som tas ut från eldstadens botten innehåller ihopsintrad eller smält aska (slagg) samt bränslets föroreningar och oförbränt bränsle. Förbränning i fluidiserande bädd medför även att en del av bäddmaterialet medföljer med bottenaskan.

Flygaska består av utbrända stoftpartiklar samt en del oförbränt kol (sot) som följt med rökgaserna och avskiljts i någon typ av rökgasreningsutrustning. Variationerna i fördelningen av total askmängd mellan flyg- och bottenaska för olika förbränningstekniker framgår av tabell 9:6.

Förbrännings- teknik	Rökgasre- ningsmetod	Stoft utsläpp (mg/Nm ³)	Flygaska (%)	Botten- aska (%)	Kommentar
Rosteldning (> 1 MW)	Cyklonfilter	<300	10-30	70-90	
	Spärr- eller elfilter	<10	30-60	40-70	
Fluidiserande bädd FB (> 5 MW) CFB (> 10 MW)	"	<10	75-95	5-25	
	"	<10	75-95	5-25	Huvuddelen av flygaskan återförs till eldstaden
Pulvereld- ning	"	<10	80-90	10-20	Värden för kol.

Tabell 9:6 *Fördelning av askmängder för olika förbränningsmetoder.*
Källa: STEV, 1989: R25 m fl.

Effekter av rökgasrening

För stoftavskiljningen vid fastbränsleanläggningar används oftast multicykloner vid mindre anläggningar och spärrfilter eller elfilter i stora anläggningar. Installation av effektivare stoftrening av rökgaserna innebär att mängden flygaska ökar.

I anläggningar som använder bibränslen med hög fukthalt kan det vara intressant att kondensera rökgasernas vattenånga för utvinning av energi. Rökgaskondenseringen utförs normalt efter stoftavskiljningen och påverkar därför ej askkvaliteten men ger ett förorenat spillvatten. Vid kondenseringen avskiljs vattenlösliga föroreningar i rökgasen som saltsyra, svavelsyra, organiska syror m m att från rökgasen. Samtidigt kan halten av t ex tungmetaller, klorerade dioxiner och benz(a)pyren i rökgaserna sänkas med 70-90%. (Källa STEV, 1989: R27.)

Svavelhalten i biomassa är i allmänhet under 0,5 vikt-% av torrsubstansen. Biobränsleanläggningarna behöver därför ej förses med avsvavlingsutrustning. För att möjliggöra blandeldning med mer svavelhaltiga bränslen krävs dock avsvavlingsteknik. Med fluidiserande-bädd teknik kan avsvavlingen göras genom direkt kalkinmatning till bädden. Pulver- och rosteldning kräver däremot avsvavlingsutrustning. Avsvavlingstekniken ger normalt en gipsliknande restprodukt.

Kväveoxidhalterna (NO_x) vid biobränsleeldning är normalt så låga att någon speciell reningsanläggning ej är nödvändig. För blandeldade anläggningar med kol eller avfall kan NO_x-reduktions teknik bli aktuell. Använd teknik är i första hand förbränningstekniska åtgärder. För högre reduktionsnivåer krävs katalytisk avskiljning. Tekniken innebär att en viss resthalt av ammoniak eller urea kan återfinnas i askan.

9.3 Analys av askor

I restprodukten från biobränslen återfinns de mineraler, mikronäringsämnen och övriga spårämnen som biobränslet tagit upp under sin tillväxt (kap. 3).

Biobränsleaskor är jämfört med kolaskor fattiga på glasbildande komponenter, som SiO_2 och Al_2O_3 . Istället finns högre halter av mer eller mindre lösliga och starkt alkaliska metalloxider, karbonater, fosfater och alkalialter. Detta innebär att en stor del av framförallt flygaskan är lätt lakbar. För nyttiggörandet av askans mineralinnehåll vid kalkning, jordförbättring eller gödsling är detta positivt.

Tungmetallhalterna i biobränslen är låga jämfört med kol. Skillnaden i askan är mindre eftersom biobränslenas låga askhalt gör att anrikningsfaktorn blir större. Metallhalterna i flygaska är normalt högre än i bottenaska. Detta beror förenklat uttryckt på att flera tungmetaller har tendenser att förflyktas i eldstaden varefter de adsorberas till flygaskans små partiklar med stor yta. Särskilt gäller detta kadmium, zink och bly medan kvicksilver ofta följer med rökgaserna utan att fastna på askpartiklar.

Skogsbränsleaskor

De viktigaste mineralkomponenterna i askan är Ca, Mg och K. Höga Si-halter kan bero på att biobränslet förorenats med jord vid hanteringen eller att en del av sandbäddmaterialet vid fluidbäddförbränning har följt med askan. Alla de uppräknade makroämnena utom Na och Al betraktas som oumbärliga för skogsträden. En sammanställning av ett antal analyser av makroelement i flis- och barkaska från två källor redovisas i tabell 9:7.

	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	P	Si	S
	(vikt-% av TS)									
Flis (*)										
medel	14,5	1,6	4,9	0,7	1,5	1,1	1,0	0,9	9,0	1,0
min-max	3,7-29	0,4-2,9	1,6-10	0,2-1,3	0,3-4,4	0,3-9,7	0,1-1,9	0,2-1,7	2,5-22	<0,1-3,4
Bark (*)										
medel	14,2	1,7	3,9	1,0	2,9	1,6	0,9	0,6	14,6	1,0
min-max	2,5-32	0,2-6,7	1,3-15	0,1-3,6	0,2-6,8	0,3-5,6	0,2-5,9	0,1-0,9	0,9-31	<0,1-6,5
Flis,bark mm (**)										
median	27,7	2,4	3,0	0,4	1,6	1,0	1,2	1,2	9,3	
min-max	9,2-55	1,0-5,3	1,1-12	0,2-1,6	0,1-2,2	0,1-2,7	0,4-2,3	0,2-3,1	5,5-19	

Tabell 9:7 Sammanställning av makroelement i vedaska.

Källa: Holmroos, 1991 (*); Eriksson och Börjesson, 1991 (**).

Askan innehåller förutom makroelement även viktiga mikronäringsämnen som B, Cu och Zn samt giftiga tungmetaller utan känd biologisk funktion som Cd, Hg och Pb. Livsnödvändiga mikronäringsämnen ger också gifteffekter om koncentrationen blir för hög.

I tabell 9:8 redovisas ett antal mätningar av spårämnen i flygaska och bottenaska från flis och barkförbränning. Även äldre analyser på blandade biobränsleaskor från Sverige och Finland ingår. Som jämförelse anges halter i kolaskor från Kol-Hälsa-Miljö utredningen.

Typ av aska		As	B	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		(mg/kg TS)								
Flygaska		*	*	*	**	*	**	**	*	*
Från flis	medel/ median	9	290	10	60	120	0,09	30	180	2000
	min-max	0,99-24	<150-555	<1-24	38-1600	36-350	0,059-4	20-4100	<25-365	71-10000
Från bark	medel/ median	14	350	20	60	150	0,09	30	210	2800
	min-max	1,8-74	<150-535	5,9-78	38-1600	82-325	0,059-4	20-4100	57-1250	
Bottenaska										
Från flis	medel/ median	7	290	4	40	130	0,04	40	130	1000
	min-max	1,6-28	195-465	<1-24	23-63	49-190	0,001-0,05	17-240	<25-565	49-3700
Från bark	medel/ median	11	200	3	40	80	0,04	40	120	1000
	min-max	<1-57	<150-505	<1-23	23-63	44-240	0,001-0,05	17-240	<25-480	120-6100
Jämförelse - kolaskor										
Referenskolaska (KHM, 13% askhalt)		30		2	80	100		80	100	200
Flygaska	min-max	2,3-1700	5-3000	0,01-250	3,6-7400	30-3000	<0,01-80	1,8-800	3,1-1800	14-1300
Bottenaska	min-max	1-250	42-300	0,01-<250	3,4-270	0,01-720	<0,01-2	10-700	1-250	<8-1800
		(* Holmroos, ** Rudling, obs medianvärde för ett antal blandade biobränsleaskor)								

Tabell 9:8 Sammanställning, spårelement i flyg- och bottenaska.

Källa: Holmroos, 1991; Rudling enl Eriksson och Börjesson, 1991; KHM, 1983.

Askors lakningsegenskaper beror på dess kemiska uppbyggnad och metallernas förekomstform. Egenskaperna styrs av förbränningstekniken och bränslet. En jämförelse mellan utlakningen av makroelement och spårelement (tungmetaller) i flygaska från kol- och trädbränsle visas i figur 9:1.

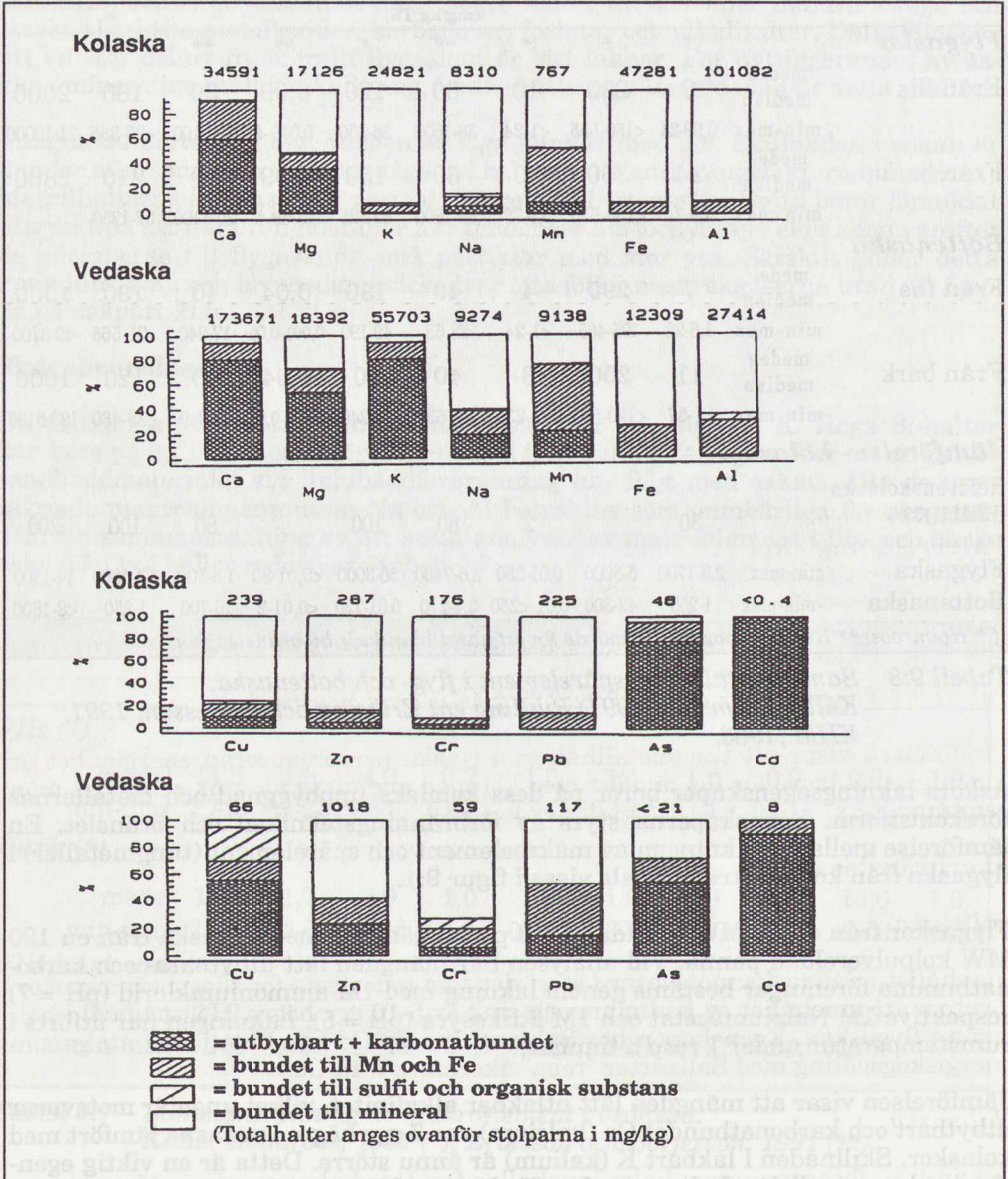
Flygaskor från en 50 MW fliseldad CFB panna jämförs med flygaska från en 120 MW kolpulvereldad panna. Vid analysen har mängden lätt utbytbara- och karbonatbundna föreningar bestäms genom lakning med 1M ammoniumklorid (pH = 7) respektive 1M Natriumacetat och 1M ättikssyra (pH = 5). Lakningen har utförts i rumstemperatur under 1 resp 5 timmar.

Jämförelsen visar att mängden lätt utlakbar alkalinitet, vilket ungefär motsvarar utbytbar och karbonatbundet Ca (kalcium) var 7 ggr högre i vedaska jämfört med kolaskor. Skillnaden i lakbart K (kalium) är ännu större. Detta är en viktig egenskap vid eventuell återföring av aska till skogs- och åkermark.

Vidare framgår att:

- * Kadmium är mycket lösligt i vedaska med nära 100% lakbara fraktioner. Rörligheten avtar i serien Cd > Cu > As > Zn > Pb > Cr.

- * Vedaska innehåller höga halter av Zn men den tillgängliga fraktionen är förhållandevis låg (25%). Risken för toxiska effekter bedöms ej som stor.
- * Krom är mycket hårt bundet i vedaska och torde därför inte orsaka ekologiska effekter. Även ca 50% av blyet är bundet i otillgänglig form.



Figur 9:1 Fördelningen av makroelement och spårelement på olika förekomstformer.
Källa: Lee, 1991.

Tungmetallhalter i vedaska per energienhet

En uppskattning av tungmetallmängderna i flyg- och bottenaska per enhet producerad värme visas i tabell 9:9. Jämförelse görs mellan bibränsleanläggningar av typ A och C från kapitel 7 och en kolpulverpanna. Medel och medianhalterna av spårämnen i botten- och flygaska från tabell 9:8 har använts.

Förbrännings teknik	Rest- Prod. prod energi (ton/år)(GWh/år)	As	B	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		(g/GWh)								
Fast snedrost- flis (4,5 MW, cyklon 200 mg stoff/MJ, n=0,83)	18									
Askor totalt	130	56	2100	44	340	900	0,4	265	1100	9700
Från flygaska (35%)	45	23	700	25	150	300	0,2	75	450	5000
Från bottenaska (65%)	85	33	1400	19	190	600	0,2	190	600	4700
Stoftutsläpp (enl kap 7)	16	43	-	45	95	130	-	4	4900	7400
CFB-flis (40 MW, spärr/elfilter 15mg stoft/MJ, n=0,90)	160									
Askor totalt	900	48	1600	50	315	690	0,5	180	950	10100
Från flygaska (80%)	720	41	1300	45	270	540	0,4	135	800	9000
Från bottenaska (20%)	180	8	300	5	45	150	0,0	45	150	1100
Stoftutsläpp (enl kap 7)	10	0	-	1	8	16	-	4	36	320
Pulvereldning - kol (40 MW, spärr/elfilter 15mg stoft/MJ n=0,90)	160									
Askor totalt										
KHM ref kol med 13% askhalt	3100	600	-	40	1600	2000	-	1600	2000	4000

Tabell 9:9 Tungmetaller halter i aska per producerad energienhet.

Jämförelsen visar att tungmetallhalterna i aska per producerad energienhet är genomgående lägre för flis jämfört med kol med undantag för zink och i viss mån kadmium.

Åkerbränsleaskor

Salixaska

Innehållet i Salixaska motsvarar i stort det som redovisats för skogsbränsleaskor, förutom att innehållet av kadmium och zink är 5-10 ggr högre. Högst blir Cd-halterna i flygaskan. Egenskapen hos Salix att ta upp Cd kan bli ett sätt att genom energiskogsodling med Salixarter "rena" åkermark från Cd.

Halmaska

Askor från förbränning av halm innehåller förutom halmens mineralämnen organiska föroreningar som tillkommit vid skörd, transport, lagring och hantering samt oförbränt organiskt material i form av sot.

Halmaskans dominerande beståndsdelar är kiseldioxid (SiO_2), kaliumoxid (K_2O) och kalciumoxid (CaO), varav kiseldioxid vanligen är den största komponenten. Mängden av kiseldioxid varierar dock inom mycket vida gränser. För stråsådes-halm finns angivelser på mellan ca 20 och 80% av askinnehållet. Tungmetallerna i askorna är genomgående lika låga eller lägre än askor från flis och bark.

Halm och i viss mån rörflen innehåller 3 - 3,5 promille klor. Vid förbränning av klorrikt bränsle kan dioxin bildas vid dålig förbränning. Klorret kommer bl a från gödsling med KCl.

Askans kemiska innehåll vid inaskning på laboratorium ges i följande tabell.

Typ av halmaska	SiO_2	K_2O	CaO	P_2O_5	SO_3	Na_2O	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	N	S	Cl
	(vikt-% TS)											
Stråsåd												
Medel	52,0	18,0	8,6	2,5	3,0	2,1	2,7	0,7	0,5	0,4	1,2	2,7
min	21,0	11,0	4,7	1,5	0,3	0,2	1,3	0,1	<0,1	0,3	0,5	0,4
max	79,0	24,0	14,4	3,5	4,4	10,4	3,8	3,5	1,9	0,6	2,0	8,1
Oljevaxter												
Medel	32,0	12,0	18,7	1,9	3,0	1,7	1,6	3,2	1,8	0,7	1,2	0,9
min	9,0	4,0	6,7	0,7		0,7	0,9	1,1	0,6	0,5	0,4	0,2
max	70,0	19,0	27,3	2,7		2,7	2,3	5,7	3,5	0,8	1,8	1,6
	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn							
	(ppm)											
Stråsåd												
Medel	0,02	40	0,01	70	110							
min	0,01	<10	<0,01	<20	60							
max	0,06	70	0,01	120	200							
Oljevaxter												
Medel	0,05	60	0,01	40	110							
min	0,01	40	0,01	20	70							
max	0,17	90	0,02	70	200							

Tabell 9:10 Halmaskans kemiska sammansättning.

Källa: Ivarsson E & Nilsson enl. Axenbom, 1991; SNV 1990.

Askor från förgasningsteknik

Tekniken att genom uppvärmning av bränsle med begränsad syretillförsel få en brännbar gas är välkänd (pyrolys). Erfarenheterna av användningen av bibränsle i förgasningsprocessen för storskalig energiproduktion är begränsad. Inom massaindustrin finns dock fungerande anläggningar (se pkt 9.3 om Värö Bruk). För storskalig elproduktion är två olika koncept på förgasning av bibränslen under utveckling. De baseras båda på fluidiserande bäddteknik.

Kunskaperna om restprodukterna från förgasning av bibränslen är bristfälliga. Egenskaperna styrs till stor del av vald teknik. Utifrån processtekniken kan en

del generella antaganden göras. Eftersom förgasning av biobränslen görs i en kemiskt reducerande miljö i motsats till konventionell förbränning som är en oxidationsprocess ökar potentialen för bildandet av gasformiga metallföreningar. Vid nedkylningen av rökgaserna avsätts en del av dessa på flygaskan. Metallerna i askan kommer till stor del att föreligga i grundtillstånd eller vara lätt oxiderade. Sulfidbidningen av metallerna blir troligtvis begränsad eftersom bränslets svavelhalt är låg. Detta i kombination med hög restkolhalten i askan kan innebära att flygaskor från förgasning blir mer lättlakade än andra biobränsleaskor. Om kalk tillsatts i processen kommer flygaskan även att innehålla halvkalcinerad dolomit.

Analyser av förgasningsaskor antyder att bottenaskan liknar bottenaska från en vanlig flispanna med skillnaden att kolhalten blir högre. För CFB-pannor fås ingen separat flygaska utan denna tas ut som en blandad bottenaska.

Radioaktivitet i askor

Tillståndshandlingen för askor med joniserade strålning styrs av strålskyddslagen (SFS 1988:220). Statens strålskyddsinstitut (SSI) kan meddela föreskrifter och ange gränsvärden för handlingen.

Torv har förmåga att anrika naturligt förekommande radioaktiva nuklider. SSI gav 1990 ut ett förslag på strålskyddsregler för energiproduktion från torv. Enligt förslaget skall i en tillståndsansökan för brytning och förbränning ingå mätning i ett inaskat torvprov av uran-238, uran-235, radium-226, bly-210, polonium-210 och cesium-137.

En undersökning av biobränsleaskor har påbörjats inom SSI. Uppmätt radioaktivitet i biobränsleaska utgörs huvudsakligen av cesium-137 som härrör från antropogen verksamhet. Uran och radium tas däremot ej upp av växter i någon större omfattning. Halter av cesium-137 i bark och ved från områden som drabbats av Tjernobyl-nedfall har uppmätts till 1800 resp 180 Bq/kg (becquerel = sönderfall per sekund). För opåverkade områden är halterna 15 resp 3 Bq/kg. Eftersom askhalten är låg i biobränslen avger askan högre strålning. En ökning med en faktor 20 för flygaska och 3 för bottenaskan har uppmätts. Vid hantering av aska har SSI angett gränssättande koncentration för cesium -137, motsvarande en individdos på 0,1 mSv per år, till 8 000 Bq/kg. Problem med höga cesiumhalter i askor efter Tjernobyl är övergående eftersom halveringstiden är ca 30 år.

9.4 Hantering av restprodukter

Restprodukterna från förbränning av biobränslen kan antingen deponeras eller nyttiggöras. Biobränsleaskor hanteras idag med likartad teknik som aska från förbränning av kol och andra fastbränslen. Detta innebär normalt att flyg- och bottenaskor deponeras tillsammans och att de befuktas för att minska problem med damning vid transport och hantering. Deponering bör ske på sådant sätt att utlakningen av salter, tungmetaller och vissa organiska ämnen till grundvatten och vattendrag ej påverkar miljön. För deponering av mer än 50 ton/år krävs tillstånd enligt miljöskyddslagen. För mindre mängder räcker det med en anmälan.

Ett sätt att nyttiggöra askan är att använda dess innehåll av viktiga näringsämnen och pH-höjande egenskaper för att ge uthållig biomassaproduktionen på skogsmark. Från forskarhåll råder enighet om att askcirkulation, förutsett att den sker på lämpligt sätt, är en riskfri åtgärd. Metallerna i vedaska är inte "nya" utan cirkulerar mellan mark, träd och aska i ett kretslopp. Samma mängd metaller skulle ligga kvar i skogen om man inte tagit ut bränslet. Askåterföring behandlas ingående i kap. 10.

Myndigheternas syn på biobränsleaskor och dess möjliga användningsområden i framtiden kännetecknas av försiktighet. Det är i första hand risken för en "okontrollerad" spridning av tungmetaller som kan motivera en restriktiv inställning till återanvändningen. Askåterföringen till skogsmark anses minst problematisk. På SNV förbereds ett policybeslut om återföring av vedaskor till skogsmark. Skogsstyrelsen undersöker även konsekvenserna för skogen om ingen vitalisering utförs samt ansvarar för att ta fram Allmänna råd för kalkning av skogsmark i samråd med SNV.

Några exempel på askhantering vid skogsindustri och värmeverk redovisas nedan.

Värö Bruk AB - Södra Skogsägarna

Anläggningen producerade 1991 ca 250 000 ton blekt sulfatmassa. Förbränning och förgasning av biobränslen ger processånga för drift av två ångturbiner för elproduktion samt för produktion av värme för torkning av barkbränsle och uppvärmning av lokaler. Totalt producerades 1991 ca 230 GWh värme och 160 GWh el. Elproduktion täckte 2/3 av årsbehovet.

Av energiproduktionen kom 70 % från en 50 MW barkpannan som eldas med barkrester och sågspån. Pannan används huvudsakligen vintertid varför bränslet lagras under övriga delar av året. Under 1991 gav barkpannan ca 6 000 m³ aska som deponerades på en tipp inom fabriksområdet. Lakvatten från deponiområdet tas om hand i ett reningsverk inom anläggningen.

Tack vare varma vintrar och viss överkapacitet på bränsle finns planer på att torka och pelletera barken. Man tänker i så fall utnyttja befintlig bränsletorkkanläggning, vilket skulle ge ett bränsle med ca 10% fukthalt.

En CFB-förgasaren på 36 MW producerar brännbara gaser från bark och sågspån som används för att bränna "mesa" i mesaugnen och för torkning av bark. Även tallbeck som är en biprodukt från massatillverkningen med ett värmevärde på 90% av eldningsolja, används till mesaugnen. Askproduktionen från CFB-förgasaren var för 1991 endast 300 m³ p g a av driftstörningar. Mängden för ett normalår är ca 1000 m³. Askkan är analyserad och godkänd av Kontrollföreningen för alternativ odling (KRAV-godkänd). Restprodukten säljs som jordförbättringsmedel och några avsättningsproblem har man inte haft. (KRAV märkningen följer ej Naturvårdsverkets rekommendationerna för kadmium.)

Övrig "askproduktion" inom anläggningen utgörs av aska från förbränning av returlutar som i huvudsak återfinns i grönlutslammet. Vid kokning av vedråvara fås biprodukten svartlut som indunstas och bränns till en kemikaliesmältan som benämns grönlut. Efter upplösning i vatten och behandling med släckt kalk er-

hålls en fällning som kallas mesa samt restprodukten grönlutslam som till hälften utgörs av kalk. Slammet deponeras i dagsläget på egen tipp. Mesan tvättas och avvattnas först och bränns sedan för att återvinna kokkemikalien vitlut.

STORA Feldmühle Hylte AB

I anläggningen producerades 1989 ca 93 000 ton oblekt sulfitmassa, 112 000 ton slipmassa samt 176 000 ton massa från returpapper. Produktion av processånga sker i tre barkpannor på sammanlagt 70 MW som även kan eldas med naturgas.

Dessutom finns en CFB-panna på 50 MW som kan eldas med många olika bränslen inklusive bark, torv, processlam från returpappershanteringen, pressat bioslam från reningsverket samt kol och olja.

Under 1991 gav CFB-pannan drygt 18 000 ton flygaska (torrvikt) samt en mindre del bottenslagg. Av flygaskan härrör ca 50 % från returpappersvärta, 30% från avloppsslam, 15% från trädbränsleanvändning och resten är i huvudsak kolaskor. Vid förbränningen av slam minskar volymen med 90% vilket avsevärt reducerar deponeringskostnaderna.

Askorna deponeras i huvudsak på en avskild del av en kommunal tipp. Vid driftstörningar på panna får man även deponera slammet direkt på samma tipp. Ett försök pågår med att använda askorna som bärlager vid vägbyggnad. Totalt 2500 ton restprodukter har använts till två vägar inom anläggningen.

Örebro Energi AB

El- och fjärrvärme produceras från bibränslen, torv och kol i en CFB-panna på 165 MW. Under 1990 utgjorde bibränslena 15% av tillförd energi, torv ca 35% och resten var kol. Koldioxidskatten från 1991 innebar en ökad användning av bibränslen och torv till värmeproduktion medan kol användes till elproduktion. Av total askproduktionen under 1991 på ca 17 000 ton utgjorde kolaska ca 20 %. Någon uppdelning av de olika askorna görs ej utan allt samdeponeras på ett eget deponiområde. Arbete pågår för att hitta lämpliga användningsområden för askan.

9.5 Referenser

Axenbom Å (red), 1991; Halm som bränsle för framtida elproduktion - en sammanfattning av dagsläget, Vattenfall Bioenergiprojektet, Projektrapport U(B) 1991/44

Brolin L, Johansson R, 1991, Projekt Bioenergi, Underlag till resultatrapport, Vattenfall

Eriksson & Börjesson, 1991, Vedaska i skogen - en litteraturstudie, Vattenfall Bioenergiprojektet, Projektrapport UB 1991/46

Eriksson & Eriksson, 1989, Askhalt i flygaska ifrån sex trädbränsleeldade värmeverk, SLU, stencil

- Holmroos S, 1991, Karakterisering av vedaska, Vattenfall Bioenergiprojektet, Underlag till kommande rapport, projektnr U(B) 90 184
- Klingberg T (red), 1991, Aska från biobränsle - Hinder eller tillgång, Statens Energiverk, Projektrapport TB 91/1
- Lee Y-H, 1991, Chemical speciation of major elements and trace metals in solid wastes, IVL-rapport, B1024
- Nilsson J, 1991, Vedaska och skogens vitalitet- en nödvändighet eller ett miljöhot, Opublicerat material, Vattenfall Bioenergiprojektet
- NUTEK, 1991, Energiläget i siffror
- SNV, 1987, Allmänna Råd 87:2, Fastbränsleeldade anläggningar 500kW-10MW
- SNV, 1987, Miljöprogram för kadmium
- SSI, 1990, Torv och strålskydd- förslag till strålskyddsregler för energiproduktion från torv, SSI-rapport 90-15
- STEV, 1989, Regionala bioenergibalanser, Underlagsrapport 1989:R17
- STEV, 1989, Restprodukthantering, Rapport 1989:R25
- STEV, 1989, Rök-gaskondensering vid förbränning av skogsbränsle och torv, Rapport 1989:R27
- Timm B, Nilsson J, 1983, Miljöeffekter av ved- och torvförbränning, SNV PM 1708 Meddelande

10. ASKÅTERFÖRING

10.1 Askåterföring till skogen

Bortförel av biomassa samt syradeposition leder till näringsförluster i skogsmarken. I många områden är vittring och atmosfärisk deposition av mineralämnen otillräcklig som kompensation. Återföring av aska eller andra lämpligt sammansatta gödselmedel kommer därför bli en förutsättning för att kunna ta ut biomassa från vissa marker om den långsiktiga produktionsförmågan skall upprätthållas.

Målet för askåterföring till skogen kan vara antingen att:

- * kompensera för hela biomassauttaget eller
- * kompensera för det extra uttaget av biobränsle eller
- * kompensera för utlakning eller
- * kompensera för hela näringsförlusten (utlakning+ biomassauttag) under en skogsgeneration eller
- * återställa marken till ett visst tillstånd ur näringssynpunkt, vitalisera.

Fördelarna med att återföra vedaskan som kompensation för bortförd biomassa är bl a att;

- växtnäringskretsloppet i viss mån slutes
- askan innehåller Ca, Mg och P, men även K och flera mikronäringsämnen som tas upp av växterna
- askan innehåller mycket små mängder kväve och svavel, som i en stor del av landet tillförs skogen i överskott via luftföroreningar
- askan blir en resurs istället för ett deponeringsproblem.

Vedaska har en kalkverkan motsvarande 150-450 kg CaO/ton aska och ger vid tillförel i fält önskade effekter på markkemin. pH och basmättnad stiger, först i ytliga horisonter, senare i djupare led och kan således motverka försurning av mark. Näringsämnena tränger ner snabbare än vid kalkning.

Askans syraneutraliserande förmåga är beroende av bl a markens egenskaper, främst halterna av humus och lera, och askans löslighet.

För att kompensera för biomassauttag krävs givor på ca 1-3 ton aska/ha. Vid givor på ca 3 ton/ha beräknas en varaktighet på 20-50 år uppnås. Med en giva på 2-5 ton aska/ha, som krävs för att uppfylla alla ovan nämnda mål, ökar pH i humuslagret med 0,5-1,5 enheter. pH bör inte höjas över 5-5,5, då bl a mykorrhizasvamparna kan påverkas negativt.

Askan bör tillföras marken i granulerad form för att undvika akuta chockeffekter som kan bli ett resultat av askans höga pH-värde (pH 11-13) och koncentration av lösliga salter och tungmetaller.

Det är i första hand markbiologiska processer och vissa markdjur i mårskiktet som är känsliga.

Askans upplösningstid på olika marker är viktig att känna till för bedömningen av var askan behövs och hur mycket som skall spridas. Genom att ställa krav på granuleringen är det möjligt att anpassa askans upplösningshastighet och därmed frigörelsen av vedaskans innehåll. Olika strategier kan användas;

- upplösning på 5 år, om man vill ha snabb effekt,
- upplösning på ca 10 år, vilket motsvarar den tid det tar för hyggesrester att förmultna,
- upplösning på ca 30 år, vilket motsvarar den tid under vilken behovet av näringstillförsel är särskilt stor i ett nyanlagt bestånd.

Sett på kort sikt är det osäkert om återföring av aska till fastmarker leder till positiva eller negativa effekter för tillväxten. Försöksresultaten är ej entydiga. Både minskad och ökad tillväxt har noterats. Den kortvariga tillväxtnedläggning som uppmätts i samband med kalktillförsel beror på att mikroorganismerna konkurrerar om kvävetillgången. Kväve är vanligtvis en begränsande produktionsfaktor i skogssystem.

Målsättningen med återföring av vedaska är dock i första hand att vitalisera marken och möjliggöra en långsiktig produktionsförmåga, att öka trädens motståndskraft mot stresspåverkan och skapa förutsättningar för biologisk mångfald.

På torvmark leder ofta tillförsel av aska till en avsevärd ökning av tillväxten hos träden. Troligtvis beror detta på en ökad mineralisering av torven och på tillförsel av bristämnen P, K och B.

Efter förbränning av biomassa återfinns huvuddelen av biomassans tungmetaller i askan. Askgödsling med 2-5 ton/ha leder på kort sikt till en ökning av markens innehåll av extraherbara tungmetaller med 10-100%. Halterna som då återfinns i marken ligger normalt under lägsta kända effektnivåer. Erfarenheter från inblandning av flygaska i jordbruksmark (KHM slutrapport) visar att askans lätt extraherbara tungmetaller redan efter några veckor väsentligen överförs till markens svårtillgängliga förråd. Till viss del bör detta förlopp också ske i skogsmark med aska från biomassa, vilket är ytterligare en försäkran att de negativa effekterna sannolikt är försumbara.

Om aska återförs motsvarande den mängd som tagits ut som bibränsle (ca 0,5-1 ton aska/ha) motsvarar det samma mängd tungmetaller som annars skulle tillförts marken vid förmultning av avverkningsrester.

Genom att ställa specifika krav på askan samt var och hur ofta askåterföring får ske kan risken för negativa effekter av tungmetalltillförsel minimeras. Änger kraven maximala mängder tungmetaller som får tillföras utesluts därmed askor med höga metallhalter (t ex från rivningsvirke). Särskilda krav bör ställas på aska från blandbränslen (biomassa + kol/torv/lättolja).

Askåterföring bör ske ståndortsanpassat. Naturtyper med känslig vegetation (bl a lavrika marker) bör utredas särskilt innan aska tillförs. Då marker med liten mängd humus tillförs aska bör försiktighet iakttas. Askgödsling bör undvikas på områden med känsliga eller sällsynta växter.

Askgödslingens effekter på yt- och grundvatten är på lång sikt sannolikt liten. Kort tid (varaktighet någon månad) efter askgödsling har det lokalt noterats förhöjd halt av t ex kadmium i markvatten. De förhöjda halterna kan antingen bero på utlösning från askan eller frigörelse från markpartiklarna genom jonbyte med kalciumjoner och andra katjoner, som frigörs ur askan.

På vissa marker kan högt pH öka kvävemineriseringen, d v s nedbrytning av det organiska kvävet i förna och humusskikt till ammonium. pH-höjningen kan stimulera nitrifikationen och medföra nitratutlakning. Risken för nitratutlakning är störst på grovkorniga jordar i kvävebelastade marker med låg C/N-kvot.

I de flesta svenska skogsmarker bör inte den pH-höjning som askan ger medföra någon påtaglig risk för nitrifikation och/eller nitratutlakning. Vissa områden i södra Sverige med hög kvävedeposition kan utgöra undantag.

För att undvika avgång av ammoniak till atmosfären och för att motverka nitrifikation bör spridning av ogranulerad vedaska ej ske samtidigt med gödsel innehållande ammonium .

Den pH-höjning som askgödslingen medför i marken förbättrar förutsättningarna för dagmaskar. Vissa forskjutningar i artsammansättning har noterats (t ex småringmaskar). Förändringarna är av samma typ och omfattning som efter andra åtgärder i skogen.

Effekter på floran är liten vid användning av granulerad aska, mindre än efter t ex kalhuggnings, markberedning och kvävegödsling.

Syftet med asktillförsel är bl a att vitalisera marken och därmed bryta en negativ utveckling som innebär att mindre syratåliga arter försvinner. Ogranulerad aska kan ha mycket skadlig verkan på lav- och mossarter. Vegetationsförändringarna kan bli kraftiga och ej önskvärda om aska eller kalk tillförs marker som har hög nitrifikationspotential.

Återföring av aska medför sammanfattningsvis små ekologiska risker om erforderliga hänsyn tas. Givan bör ej överstiga 3-5 ton/ha under en 25-årsperiod.

Den största osäkerheten vad gäller askåterföringens negativa effekter tycks vara inverkan på kväveomsättningen och kopplad till detta mykorrhizautvecklingen.

Naturvårdsverket arbetar för närvarande med en policy för återföring av aska. Restriktioner gällande askans innehåll av tungmetaller, lämpliga givor och rekommendationer för ståndortsanpassning samt eventuellt undantag av asktillförsel på vissa marker kommer att presenteras.

På nästa sida sammanfattas kända och tänkbara effekter av askgödsling samt förslag till lämpliga åtgärder för att undvika negativa effekter. (Källa: Nilsson J, 1991. Vedaska och skogens vitalitet - en nödvändighet eller miljöhot.)

Kända och tänkbara effekter av askgödsling samt förslag till lämpliga åtgärder för att undvika negativa effekter

PÅVERKAN	ÅTGÄRDER
<p>Tillväxt</p> <p>Liten omedelbar positiv tillväxteffekt på fastmark och i vissa fall risk för lägre tillväxt i början på vissa marker. Positiv tillväxt på lång sikt.</p>	<p>⇒ Fortsatt uppföljning genom forskning.</p>
<p>Tungmetaller</p> <p>Normalt ej risk för långsiktiga ekologiska störningar, medan kortvariga effekter kan förekomma. Höga halter i askan i kombination med känsliga marker kan dock ge störningar.</p>	<p>⇒ Använd granulerad aska. Använd ej aska med höga halter av tungmetaller t ex från impregnerat eller färgat virke; virke från förorenade delar av Europa. Undvik de känsligaste markerna.</p>
<p>Salteffekt och surchock</p> <p>Kortvarigt kraftigt förhöjda salthalter och pH-sänkning i marklösningen. Effekterna är av samma omfattning som vid kalkning och gödsling.</p>	<p>⇒ Använd granulerad aska.</p> <p>⇒ Studera hur surchockernas omfattning och varakighet kan motverkas eller hävas.</p>
<p>Effekter på flora och fauna</p> <p>Vissa lavar och mossor kan helt slås ut om pulverformig aska används.</p>	<p>⇒ Använd granulerad aska.</p>
<p>Liten påverkan i vanlig skogsmark, men risk för massutveckling av vissa kväveälskande arter på kväverik mark eller i områden med hög kvävedeposition (=Hyggeseffekt).</p>	<p>⇒ Undvik att återföra aska till områden med sällsynta växter och där risken för "hyggeseffekt" är påtaglig.</p>
<p>Effekter på nitrifikation</p> <p>Liten effekt på nitrifikation, utom möjligen vid spridning på kalhyggen och näringsrika marker.</p>	<p>⇒ Använd ej aska på kväve- och näringsrik mark. Fortsatt forskning krävs. Sprid inte aska och ammoniumgödsel samtidigt.</p>
<p>Bakterier och svampar</p> <p>Små effekter för populationer som helhet men artförskjutningar sker.</p>	<p>⇒ Använd granulerad aska.</p> <p>⇒ Använd ej aska med för höga tungmetallhalter.</p>
<p>Markdjuren</p> <p>Daggmaskar gynnas, medan vissa andra markdjur missgynnas. Nya populationsjämvikter etableras, men processerna störs inte långsiktigt.</p>	<p>⇒ Använd granulerad aska.</p>
<p>Växthusgaser</p> <p>Liten effekt (troligen).</p>	<p>⇒ Forskning bör ske.</p>
<p>Utlakning</p> <p>Liten effekt.</p>	<p>⇒ Använd granulerad aska. Undvik att sprida direkt i vatten. Lämna randzon vid bäckar och sjöar.</p>

10.2 Referenser

Eriksson J, Börjesson P, SLU, 1991, Vedaska i skogen, En litteraturstudie, Vattenfall

Kruuse A, 1991, Skogsenergins konsekvenser för floran och för vissa andra naturvärden, Utvärdering av nuvarande kunskap samt identifiering av kunskapsluckor, arbetshandling, Vattenfall

Nilsson J, 1991, Vedaska som vitaliseringsmedel - en nödvändighet eller ett miljöhot, Stencil, Vattenfall.

Rosén K, SLU, 1991, Skörd av skogsbränslen i slutavverkning och gallring - ekologiska effekter, Meddelande nr 5-1991, Skogsstyrelsen m fl.

Skogen, tidning utgiven av Skogsindustrierna

Timm B, Naturvårdsverket, Personlig kontakt

11. GLOBALA FRÅGESTÄLLNINGAR

Det här kapitlet tar upp globala frågeställningar som rör växthusgaser och gaser som påverkar ozonskiktet. Växthusgaserna kan delas in i två grupper. Dels de gaser som har direkt påverkan och dels gaser som har indirekt påverkan på växthuseffekten. Här behandlas de gaser som har direkt påverkan. Dessa är CO₂, N₂O och CH₄.

För att kunna jämföra växthuseffekten hos olika gaser har man utarbetat en standard av så kallade GWP-faktorer (Global Warming Potential). Av dessa framgår hur mycket en viss gas bidrar till växthuseffekten jämfört med koldioxid. Faktorerna är baserade på utsläpp av 1 kg gas och dess storlek beror av gasernas förmåga att absorbera IR-strålning och av deras livslängd i atmosfären. Faktorerna finns framtagna för olika tidsperspektiv. Väljs ett kort tidsperspektiv får gaser med kort uppehållstid i atmosfären relativt sett större betydelse. Tabellen nedan anger GWP-faktorer för två tidsperspektiv, uppskattad medellivslängd i atmosfären och den globala årliga haltökningen.

Gaser med direkt påverkan			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Livslängd år	120	10	150
Årlig haltökning %	0,4	1,1	0,2-0,3
GWP 20 år	1	63	270
GWP 100 år	1	21	290

Tabell 11:1 GWP-faktorer baserade på utsläpp av ett kilo gas relativt koldioxid.
Källa: IPCC.

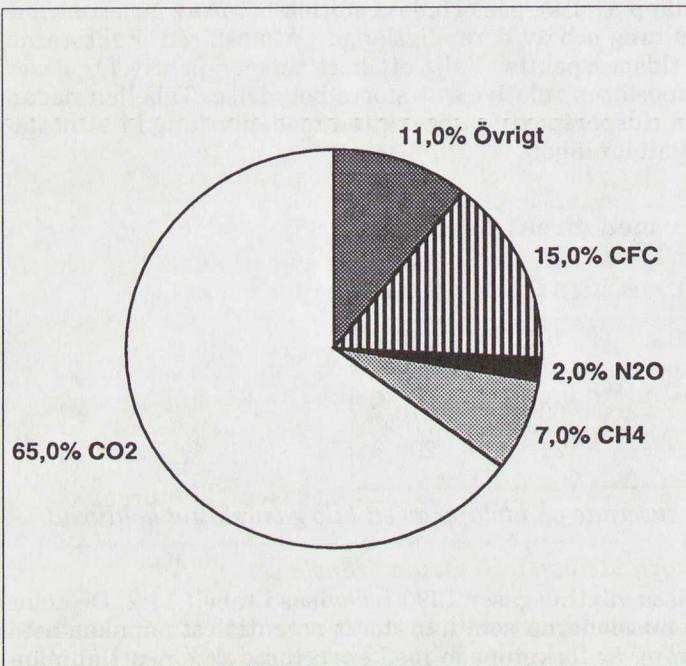
De svenska utsläppen av vissa växthusgaser 1990 redovisas i tabell 11:2. De delar av de svenska växthusgasemissionerna som har störst potential att minska med en ökad biobrännslanvändning är förknippade med energiproduktionen i allmänhet och fjärrvärmeproduktionen i synnerhet.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	
Totalutsläpp	59 100	460	15	1 060	390	kton
Energiprod.	8 700	2,4	1,3	7,0	17	kton
- fjärrvärme	5 755	0,9	1,1	5,7	13,7	kton
Industri	12 085	4,0	1,9	25,3	245	kton
Hushåll	6 064	10,2	0,5	71,2	12,7	kton

Tabell 11:2 Utsläpp av växthusgaser i Sverige 1990 (SNV 4011).

Fjärrvärmeproduktionen bidrar med omkring 10% av Sveriges totala utsläpp av koldioxid. Inom fjärrvärmesektorn finns stor potential till ökad bibränsleanvändning och därmed minskade koldioxidutsläpp. Detsamma gäller i viss mån även för industrisektorn som står för en ännu större del av koldioxidemissionerna. Inom pappers- och massaindustrin är emellertid användningen av bibränslen redan stor. Hushållssektorn uppvisar höga utsläpp av metan. Detta beror huvudsakligen på vedeldning i små villapannor med dålig förbränning. SNV rekommenderar att sådan individuell eldning bör begränsas genom övergång till gemensamma uppvärmningssystem.

En omräkning av de svenska totalutsläppen av växthusgaser till koldioxidekvivalenter visar att koldioxid står för den största delen.



Figur 11:1 Utsläpp av växthusgaser i Sverige räknat som koldioxidekvivalenter. Skogs- och jordbrukets biologiska processer är undantagna.

För att minska utsläppen av koldioxid har en koldioxidskatt införts i Sverige. Olika avgiftskonstruktioner har även diskuterats inom EG, bl a ett förslag med en energi- och en koldioxidkomponent. Tabell 11:3 jämför den svenska koldioxidskatten med EG-kommissionens förslag.

	öre/kg CO ₂	öre/liter olja
Sveriges koldioxidskatt	25	75
Svenskt förslag 1992, Industri	8	23
Svenskt förslag 1992, övrig marknad	32	95
EG förslag från och med 1993	4	11
EG förslag från och med 2000	13	38

Tabell 11:3 Koldioxidbeskattning i Sverige och EG-förslag.

11.1 Koldioxid

Koldioxidhalten i atmosfären är idag omkring 350 ppm(v). Det är ca 25% högre jämfört med den förindustriella nivån. För närvarande ökar koldioxidhalten i atmosfären med 0,4% per år enligt ovan vilket gör att koldioxid troligen står för 60% av den nuvarande ökningen av växthuseffekten.

Förbränning av fossilt bränsle står för den största delen av nettoutsläppet av koldioxid. Tabell 11:4 anger de specifika koldioxidutsläppen för några fossila bränslen.

Olja	280 kg CO ₂ /MWh bränsle	2,8 kg CO ₂ /liter olja
Kol	365 kg CO ₂ /MWh bränsle	2,7 kg CO ₂ /kg kol
Naturgas	200 kg CO ₂ /MWh bränsle	1,9 kg CO ₂ /m ³ (naturgas)

Tabell 11:4 Specifika koldioxidutsläpp från fossila bränslen.

Om 1,0 TWh olja kan ersättas med biobränsle så motsvarar det ett minskat nettoutsläpp av koldioxid av 280 kton CO₂ eller 3% av Sveriges hela CO₂-utsläpp inom energiproduktionssektorn (el, värme och raffinaderier).

Sveriges koldioxidutsläpp 1990 var fördelade enligt tabell 11:5.

Elproduktion	1,5
Fjärrvärme	5,8
Raffinaderier	1,5
Industri	13,1
Transporter	23,5
Bostäder m m	10,3
Industrins processutsläpp	3,6
Summa	59

Tabell 11:5 CO₂ - utsläpp 1990 för Sverige (Mton CO₂).

Sveriges nettokoldioxidsänka är omkring 40 Mton CO₂ vilket motsvarar 68% av de totala antropogena utsläppen. Den har sitt ursprung i ökning av biomassan, torvtillväxt och sedimentation i vattendrag. För närvarande är tillväxten i den svenska skogen större än avverkningen vilket innebär att kolförrådet ökar. På kort sikt innebär detta att det sker en ackumulation i den svenska skogen. På 25-30 års sikt, då avverkningen nått ifatt tillväxten kommer ackumulationen att minska eller upphöra.

Biobränslen och koldioxid

Nettoutsläppen av koldioxid vid förbränning av biobränsle är låga och på sikt försumbara. Detta gäller under förutsättning att biobränsleproduktionen bedrivs genom ett uthålligt skogs- och jordbruk.

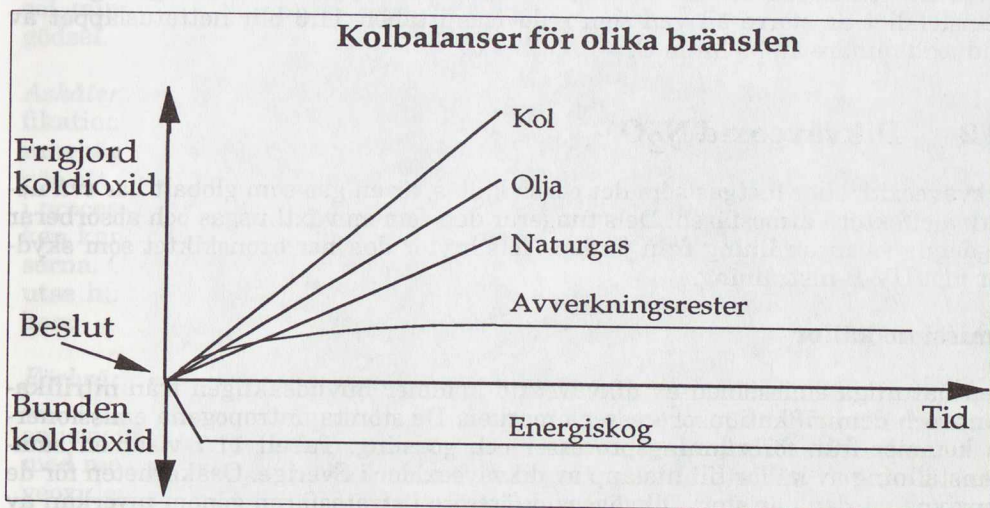
Anledningen till att nettoutsläppen av koldioxid är försumbara på sikt är att den mängd kol som tillförs atmosfären vid förbränningen ingår i naturens kretslopp och tidigare har tagits upp i biomassan. Även om biomassan inte förbränns så avger den efter en tid större delen av sitt kolinnehåll som koldioxid genom naturlig nedbrytning. Alltså innebär förbränning av biobränslen på sikt inget nettotillskott av koldioxid.

Effekten vid övergång till biobränslen blir dock på kort sikt ett nettoutsläpp av koldioxid. I ett längre tidsperspektiv blir nettoutsläppet av koldioxid vid förbränning av fossilt bränsle avsevärt större än vid biobränsleförbränning.

En ökning av skogsarealen i Sverige på t ex omställbar åkermark bidrar till ackumulationen av koldioxid under den första skogsgenerationen (50-100 år). Odling av energigrödor eller energiskog leder till en direkt bindning av koldioxid från atmosfären i ny biomassa. Förbränning av energigrödor eller energiskog från åkermark leder därför inte till något nettoutsläpp av CO₂, snarare en minskning, vars storlek är beroende på hur stora mängder kol som kan lagras i växterna på åkermarken. Om den lagrade mängden kol är större vid odling av energigrödor och energiskog än vid spannmålsodling blir resultatet en temporär koldioxidsänka.

Figur 11:2 ger en illustration av det ovan förda resonemanget. Koldioxidbalanserna i figuren är inte kvantitativa men ger en schematisk bild av koldioxidutsläppen

på längre sikt för olika bränslen. Koldioxidbalanserna är baserade på en kontinuerlig användning av en konstant energimängd varje år.



Figur 11:2 Kolbalanser för olika bränslen vid kontinuerlig användning av en konstant energimängd varje år. Källa: Lundborg 1992.

Vid spannmålsodling kan dränerade organogena jordar förlora upp till 10-20 ton CO_2/ha , år till följd av oxidation. Det är den årliga bearbetningen av jorden som stimulerar koldioxidavgången. Denna oxidation skulle förmodligen upphöra om marken istället användes för odling av energiskog.

Tabell 11:6 ger exempel på ett scenario för produktion av 50 TWh per år med fossilt bränsle och biobränsle.

Ackumulerat kolutsläpp vid produktion av 50 TWh energi per år (totalt under angiven tidsperiod)			
År	Fossilt bränsle	Biobränsle	
20	80	36	Mton C
100	400	32	Mton C
300	1200	32	Mton C
500	2000	32	Mton C
Fossilt bränsle består av		50 TWh från olja	
Biobränslet består av		40 TWh från avverkningsrester	
		8 TWh från energiskog	
		2 TWh från energigrödor	

Tabell 11:6 Ackumulerat utsläpp av koldioxid (räknat som kol) ur ett längre tidsperspektiv. Källa: Eriksson 1992.

För bibränslefallet upphör marginalutsläppet av koldioxid, räknat per år, efter första avverkningen och är sedan lika med noll. Om andelen energiskog i bi-bränslefallet är större än vad som redovisas i tabell 11:6 blir nettoutsläppet av koldioxid mindre än 36 Mton C.

11.2 Dikväveoxid N₂O

Dikväveoxid, eller lustgas som det också kallas, är en gas som globalt har två negativa effekter i atmosfären. Dels fungerar den som en växthusgas och absorberar utgående värmestrålning från jorden, dels bryter den ner ozonskiktet som skyddar mot UV-B-instrålning.

Emissionskällor

Den naturliga emissionen av dikväveoxid kommer huvudsakligen från nitrifikations- och denitrifikationsprocesser i marken. De största antropogena emissionerna kommer från förbränningsprocesser och gödsling. Tabell 11:7 visar en sammanställning av källor till utsläpp av dikväveoxider i Sverige. Osäkerheten för de uppgivna värdena är stor. Dikväveoxid förstörs i stratosfären genom inverkan av solljuset och genom kemiska reaktioner med syreatomer. Under vissa omständigheter kan vatten och mark även fungera som sänkor för atmosfärisk dikväveoxid.

Naturliga källor	kton N ₂ O	Antropogena	kton N ₂ O
Skog och övrig mark	21,8	Gödselanvändning	8,1
Jordbruksmark	5,8	Eutrofiering	2,5
Våtmark	4,4	Atmosfärisk deposition	8,2
Sötvatten	3,1	Stationär förbränning	3,8
Hav	5,3	Industri	2,7
		Deponier, reningsverk	0,6
Summa	40,4	Summa	25,3

* Utsläpp från trafiksektor tillkommer, data saknas

Tabell 11:7 Källor till N₂O-utsläpp i Sverige (kton N₂O-N).
Källa: SNV 4011 och AMBIO.

N₂O-källor som påverkas av ökad bibränsleanvändning

Gödselanvändningen utgör en stor del av de antropogena N₂O-utsläppen i Sverige. Odling av bibränsle på åkermark kräver generellt sett mindre gödselanvändning än odling för livsmedelsproduktion. Omställning av åkermark till bi-bränsleproduktion borde således leda till minskade N₂O-utsläpp.

Avgången av dikväveoxid från handelsgödsel beror av många faktorer som jordmån, klimat och gödseltyp. Storleken på avgången varierar mellan mycket låga halter och upp till två procent. Ammoniumgödselmedel avger mest och nitratgödsel minst mängd N_2O . Dessutom fås N_2O -utsläpp vid produktion av handelsgödsel.

Askåterföring på skogsmark påverkar avgången av dikväveoxid. I markens nitrifikations- och denitrifikationsprocesser bildas en del dikväveoxid. Askåterföring innebär ett näringstillskott till marken samtidigt som pH höjs. Näringstillskottet gör att nitrifikationen i marken ökar, men samtidigt minskar andelen bildat N_2O i processen till följd av markens högre pH. Högre salt- och tungmetallhalter i marken kan leda till ökad N_2O -bildning vid nitrifikations- och denitrifikationsprocesserna. Osäkerheten rörande storleken av dessa effekter gör att det är svårt att förutse hur askåterföring kommer att påverka avgången av dikväveoxid från marken.

Förbränning av fasta bränslen i CFB-pannor (Cirkulerande Fluidicerad Bädd) har för kväverika bränslen visat sig ge höga emissioner av N_2O . Rapporterade emissioner från mätningar i CFB-pannor ligger i intervallet 6-64 mg N_2O -N/MJ med medelvärdet 40 mg N_2O -N/MJ. För andra förbränningstekniker ligger dikväveoxidemissionerna på lägre nivåer mellan 0,3-31 mg N_2O -N/MJ med medelvärde 3,2 mg N_2O -N/MJ. De högsta N_2O -emissionerna har observerats för vid förbränning av kol, torv och blandbränslen (t ex kol och flis). Ren skogsflis ger betydligt lägre emissioner. Mätningar i svenska CFB-pannor visar på värden omkring 10 mg N_2O -N/MJ eller ännu lägre. Baserat på de angivna emissionsmedelvärdena så skulle 1 TWh bibränsle ge ett utsläpp av 36 ton N_2O -N i en CFB-panna och 12 ton N_2O -N vid annan typ av förbränning. Detta bör ställas mot att koleldning i motsvarande CFB-panna skulle medföra utsläpp på 144 ton N_2O . Det råder dock osäkerhet om de angivna medelvärdena är representativa för bibränslen.

11.3 Metan

Tabell 11.8 visar de viktigaste emissionskällorna för metan i Sverige.

Metanutsläpp	kton CH ₄ Osäkerhetsintervall	
Våtmarker*	2 200	1100-4200
Kustområden*	220	70-660
Sjöar och floder*	90	45-180
	<hr/> 2 510	
Deponier, reningsverk	300	250-420
Djur	120	80-180
Industriprocesser	1,5	?
Förbränning		
Stationär	17	?
Transporter	20	?
	<hr/> 460	

Tabell 11:8 Naturliga och antropogena utsläppskällor av metan i Sverige 1990. Källa SNV 4011 och *AMBIO.

Den största utsläppskällan av metan är våtmarker som ensam står för nästan tre fjärdedelar av totala metanutsläppen i Sverige. Förbränning är den källa som framför allt kan tänkas påverkas av en ökad biobränsleanvändning. Idag står förbränningsprocesser för omkring 1% av de totala metanutsläppen. Den största delen av dessa utsläpp härrör från trafiken. Den resterande delen kommer från stationär förbränning varav biobränsleförbränning utgör den största delen. Det är framför allt små pannor med dålig förbränning som ger utsläpp av metan. SNV anger att metanutsläppen från biobränsleledning inom hushållssektorn, mestadels små villapannor, är ca 10 kton per år vilket motsvarar 60% av utsläppen från all stationär förbränning.

Metanavgången från mark påverkas av två faktorer dels emissionen och dels metanoxidationen. Båda dessa påverkas positivt av jordbrukets omställning. Minskningen av antalet nötkreatur leder till minskade metanemissioner. Ökningen av vallarealen i stället för öppen växtodling ger en mindre ökning av metanoxidationen.

11.4 Referenser

Bioenergy and the Greenhouse Effect, NUTEK B:1991:1, Proceedings of a Seminar

Eriksson H, Sources and Sinks of Carbon Dioxide in Sweden; Ambio vol 20 No 3-4, May 1991

Kalander K, Gustafsson K et.al., Emission av koldioxid från antropogena källor i Sverige

Kruise F, et.al, Energy policy in the Greenhouse: Earthscan publ. Ltd London; 1990

Lundborg Anna, Vattenfall AB, personlig kontakt

Robertsson K, Emissions of N₂O in Sweden - Natural and Anthropogenic Sources; Ambio vol 20 No 3-4, May 1991

Svensson B, Sources and Sinks of Methane in Sweden, Ambio Vol 20 No 3-4, May 1991

Växthuseffekten, Orsak, verkan och möjliga åtgärder; SNV 1989

Växthusgaser och Energiproduktion, åtgärder mot klimatförändringar, KVM meddelande 1991

Växthusgaserna - utsläpp och åtgärder i internationellt perspektiv, SNV rapport 4011, 1991

12. ARBETSMILJÖ

Biobränslen kräver många och varierande arbetsinsatser innan energi kan utvinas. De risker som finns i samband med dessa var vanligare förr. I dag är de relativt lätta att åtgärda och innebär inga större problem. Nedan följer en beskrivning av arbetsmiljön vid de olika arbetsmomenten och de effekter som kan uppstå vid hög exponering av ämnen som finns inom biobränslehanteringen. De hygieniska gränsvärden som anges överskrids sällan.

12.1 Bränsleuttag

Uttag av biobränslen sker oftast maskinellt, vilket innebär att arbetaren tillbringar större delen av arbetsdagen i en maskin eller traktor.

Maskinens *ergonomiska utformning* har stor betydelse för att undvika arbets-skador. De problem som arbetaren upplever är i stort sett likartade vad gäller de olika maskiner som används för uttag av olika slags biobränslen och även vid uttag av massaved och sågtimmer.

Besvär i form av belastnings- och vibrationsskador är relativt vanliga. Det är framför allt skuldror, nacke, axlar, armar, rygg och knän som kan råka illa ut. Ofta beror det på en låst arbetsställning med statisk belastning. Förarhytten är ibland trång och reglagen kan vara obekvämt placerade eller trögrörliga. Vibrationer i förarhytten kan förekomma. I vissa arbetsmoment tvingas föraren till en vriden arbetsställning för att hålla uppsikt bakåt.

I många fall kan situationen förbättras genom att variera arbetställning. Manöverutrustningen bör utformas och placeras ergonomiskt riktigt med låga manöverkrafter. Förarstolen bör vara höj-, sänk- och svängbar. En väl fungerande klimatanläggning samt en stöt- och vibrationsdämpad förarhytt förbättrar arbetarens situation. Det bör dessutom finnas filter för tilluften och vara övertryck i hytten för att hindra damm och avgaser att tränga in.

Maskinerna ger ifrån sig mycket *buller*, men i förarhytten håller sig bullernivån oftast strax under gränsvärdet 85 dB(A). Hörselskydd bör användas. Genom att ständigt vistas i buller ökar risken för hörselskador. Föraren kan bli trött och irriterad.

I samband med maskiner finns alltid risk för *olyckor*. Det handlar då oftast om kläm-, skär- och brännskador som kan uppstå vid reparation eller rengöring av maskinens delar.

Manuellt arbete är sällan förekommande. Motorsågen kan dock behövas vid till exempel småskaligt röjnings- eller gallringsarbete. Arbetaren besväras då av kraftigt buller och avgaser. Olyckor med motorsågen kan inträffa.

Inom skogsbruket arbetar många små entreprenörer med egna maskiner. De arbetar ofta ensamma och långt från bebyggelse under långa arbetsdagar.

Utöver den vanliga arbetsdagen, som ofta innebär betydligt mer än åtta timmar, tillkommer restid och reparationer av maskiner. Det kan upplevas som *stressigt* att få leveranserna att stämma så att den dyra maskinparken utnyttjas maximalt. Stressen kan öka olycksrisken.

De flesta skogsarbetare trivs med sitt arbete, men många tycker att familjelivet blir lidande på grund av de långa arbetstiderna. Lönsamheten anses inte vara god. Det är svårt att få verksamheten att gå ihop om investeringen i maskinell utrustning varit dyr. Långa arbetsdagar blir en nödvändighet för ekonomins skull.

12.2 Hantering av biobränslen

De olika bränslenas karaktär varierar, men ur arbetsmiljösynpunkt innebär ofta hanteringen av dem likartade problem. De dammar och utgör grogrund för mikroorganismer.

Hanteringen av bränslet sker ofta under automatiserade förhållanden. Arbetaren kommer sällan eller endast kortvarigt i kontakt med det.

Vid av- respektive pålastning virvlar *dammet* upp och höga dammhalter uppstår runt lastfordonen. Exponeringen är dock kortvarig och i fordonen finns filter för tilluften. Föraren reglerar lastningen inifrån lastbilshytten, men kan exponeras mer påtagligt om han exempelvis manuellt måste skotta undan flis som inte hamnar i tippfickan eller bryta loss bränsle som fastnat eller frusit fast i lastcontainrarna.

En mer påtaglig exponering för damm och dess beståndsdelar utsätts reparatörer, underhålls- och städpersonal för. De kan ibland vara tvungna att vistas en längre tid i dammiga lokaler. För att underlätta vid längre arbetsperioder i till exempel lagerutrymmen töms utrymmet på bränsle. Det är viktigt att använda sig av skyddsmask i dessa situationer.

Det finns flera hygieniska gränsvärden (*) för damm. Exponeringen av organiskt damm får högst uppgå till 5 mg/m^3 luft medan det totala dammet får uppgå till högst 10 mg/m^3 luft i arbetsmiljö. Gränsvärdet för trädam eller träflisdamm är 3 mg/m^3 luft.

(*) Hygieniska gränsvärden för arbetsmiljö är satta av Arbetskyddsstyrelsen för att skydda mot hälsoeffekter av för hög exposition under cirka 8 timmar per dag och 40 timmar per arbetsvecka.

De fina *partiklarna* i dammet kan ge en mekanisk retning i luftvägarna, men den största hälsoriskerna utgörs av *mikroorganismer*. De små mängder av *spårelement* (bly, kadmium, koppar etc) som kan finnas i dammet och dess påverkan på hälsan är ännu oklara. *Kvarts* (kristallin kiseldioxid) finns i mycket små mängder. Risken för att få stendammlunga bedöms vara liten. Gränsen för hälsorisk har satts vid 0,1 mg respirabelt kvarts/m³ luft.

Mikroorganismer trivs i fuktig och varm miljö. Hantering och lagring av bränslet har stor betydelse för hur stora halterna av mikroorganismerna blir.

Det är framför allt mögelsvamparna och deras sporer som kan ge upphov till problem. Halterna av dessa håller sig ofta omkring 10⁷ - 10⁹ cfu/m³ (***) luft vid halm- och träflishantering. Dessa halter har visat sig ge effekter på i övrigt friska arbetare vid hantering av mögelpåverkat material under en längre tid. Något hygieniskt gränsvärde för mikroorganismer finns inte i Sverige.

Mögelsvampsporererna är respirabla och följer lätt ner i lungornas yttersta för-greningar. Där kan de ge upphov till allergisk alveolit. Det är en överkänslighetsreaktion vid upprepad hantering av mögelpåverkat material och påminner om influensa eller lunginflammation. Sjukdomens förlopp kan bli långdraget med permanent nedsättning av lungfunktionen som följd.

Mindre allvarliga akuta reaktioner i form av feber, frossa, muskel- och ledvärk kan uppkomma efter en kort tids exponering av höga halter mikroorganismer.

Bakterier kan avsöndra gifter som kallas endotoxiner. Man har studerat effekterna av *endotoxiner* i djur- och humanförsök genom inandning av damm innehållande bakterier samt utvärdering av fysiologiska reaktioner i olika arbetsmiljöer med höga endotoxinhalter.

Akuta besvär som feber, andnöd eller astmaliknande symtom anses vara resultat av endotoxinpåverkan. Rethosta, trötthet och sänkning av lungfunktionen förekommer vid exponering för lägre halter. Vid långvarig exponering kan kronisk bronkit utvecklas.

För endotoxiner har en forskargrupp vid Institutionen för Hygien vid Göteborgs Universitet föreslagit ett riktvärde på 0,02 µg/m³ respektive 0,1 µg/m³ som medelvärde för en hel dags exponering i samband med avloppsarbete. De två riktvärdena grundar sig på halter vid vilka olika besvär kan uppträda. Vid en halt av 0,02 µg/m³ kan kronisk bronkit utvecklas och vid en halt av 0,1 µg/m³ finns risk för ökat andningsmotstånd.

(**) cfu=coloni forming units, kolonibildande enheter

Vissa mögelarter kan också bilda gifter, så kallade *mykotoxiner*. De är farliga att få i sig via mat, men risken för att de ska spridas via luft är dåligt känd.

I övrigt kan arbetare uppleva besvär i form av torrhet, kontakteksem och slemhinneirritation vid dammexponering.

Trä avger *terpener*. Det är terpenerna som ger den karakteristiska skogsdoften hos träbränsle. Tillsammans med formaldehyd, som också avges, men i mycket små mängder, kan lukten upplevas besvärande nära en anläggning för torkning av träbränsle om läckage förekommer.

Terpener är fettlösliga och ansamlas i fettrika vävnader. De kan lätt upptas genom huden och ge effekter som irritationer på hud och slemhinnor, kontakteksem och försämrad lungfunktion. Gränsvärdet för arbetsmiljö har satts till 150 mg terpen/m³ luft, vilket troligen inte uppnås vid biobränslehantering eftersom arbetaren inte vistas nära torken.

12.3 Framställning av biogas

Vid framställning av biogas finns framför allt tre riskmoment:

- Risk för explosion på grund av gasblandning vid läckage av biogas.
- Risk för förgiftning vid höga halter av svavelväte i biogasen.
- Risk för syrebrist på grund av bildade gasers undanträngning av luftens syre.

Biogas består till största delen av *metan* som inte är giftigt, men mycket explosivt och kan därför medföra brandrisk.

Svavelväte är en färglös, mycket giftig gas med en karakteristisk lukt. Vid lägre halter kan symtom som trötthet, huvudvärk och irritation i luftvägarna inträda. Högre halter kan ge risk för lungödem. Det hygieniska gränsvärdet för svavelväte har satts till 10 ppm. Vid reparation kan det ansamlas höga halter av svavelväte i låga punkter, typ rörgravar.

Om personalen iakttar de säkerhetsföreskrifter som finns i en anläggning för biogasframställning är riskerna inte så stora. Utrustning som larmar vid höga gashalter eller temperatur- och tryckvariationer. Driftstörningar, underhållsarbeten och driftdata rapporteras dagligen. Lukten kan dock vara besvärande.

12.4 Förädling/Förbränning

Arbetsmiljön i anläggningar för förädling eller förbränning av biobränslen är dåligt kartlagd. Genom att processerna är automatiserade är det svårt att säga i vilken grad arbetaren påverkas av risker i samband med biobränslen. Provtagning och mätning behövs för att kunna dra några riktiga slutsatser.

På IVL i Stockholm, sektionen för kemikalier och arbetsmiljö, pågår just nu ett projekt där de undersöker arbetsmiljön vid hantering av biobränslen före förbränning. I projektet ingår litteraturstudier, en sammanställning av svenska och utländska undersökningar i ämnet, kontakt med de företagshälsovårdscentraler som är knutna till företag med hantering av biobränslen samt stationära och personburna mätningar vid varje del i bränsletransportkedjan.

Mätningarna ska omfatta totaldamm, totalantal bakterier, mögelsvampar och endotoxiner. De ska genomföras på nedan angivna processdelar/arbetsplatser:

- * Mottagning/tippning
- * Bränsletransportsystem till pannan
- * Sikt, kross, silo
- * Bränslelager

Projektet beräknas vara klart i juli 1992 och ska omfatta anläggningar på 1 MW och större.

I en anläggning för förbränning av biobränslen finns ett flertal starkt bullrande processdelar.

Ljudnivåer över 85 dB(A) kan uppnås intill kvarnar, krossar, såll, matarvattenpumpar, fläktar för förbränningsluften, rökgasfläktar, fläktar för flygaska, kompressorer mm. Redan vid projektering av en ny anläggning bör hänsyn tas till buller.

Damm kan förutom vid lagerlokaler och tippningsplats för bränsle även vara ett problem i samband med bränsletransport till pannan. Åtgärder för att minska dammexponeringen längs bränsletransportkedjan kan vara att kapsla in transportörer, täta in- och utmatningar till kross eller silos och placera punktutslag vid omlastningspunkter.

I pannrummet ligger dammhalterna under det hygieniska gränsvärdet, men driftstörningar kan ge högre halter. I anläggningar som använder sand till pannor med fluidiserad bädd kan risk finnas för bildande av finkornigt damm som kan innehålla α -kvarts och kristobalit.

Förbränningsaskan är ytterligare en damningsrisk. Inbyggnad och punktutslag kan förhindra spridningen. På många anläggningar befuktas askan. Från till exempel grovcykloner, elfilter eller spärrfilter transporteras askan till silos eller containrar. Vid rengöring, reparations- eller underhållsarbete av transportörer kan risk för kontakt med askdammet uppstå. För att underlätta vid dessa arbeten bör tillräckligt med utrymme finnas kring transportörer och maskiner. Skyddsutrustning bör användas. Servicearbete som kräver arbete med händerna över axelhöjd bör undvikas.

I pannrummet utförs viss övervakning av pannans funktion bland annat genom inspektionsluckor. Placeringen av dessa luckor bör göras så att arbetet kan utföras i en bekväm arbetsställning. Manluckor i pannan bör göras så stora som möjligt så att operatörer med nödvändigt material bekvämt kan ta sig in och ut vid reparationsarbete.

Temperaturen på en arbetsplats bör hålla sig mellan 18 och 22°C beroende på arbetarnas rörelsemönster. Vid till exempel matarvattenpumpar och panntopp kan värmebelastningen vara hög. Om en panna kräver manuell urslaggning medan den är i drift exponeras operatören för mycket höga temperaturer.

12.5 Restprodukthantering

Aska

Askpartiklar är genomgående mycket fina med lång uppehållstid i luft (dagar). Askan dammar kraftigt. Den alkaliska askan kan vid hudkontakt ge en frätande effekt. Ögon och slemhinnor kan irriteras.

Innehållet av tungmetaller som arsenik, kadmium och bly är relativt lågt och borde inte utgöra någon större hälsorisk.

Tömning av flygaska vid en förbränningsanläggning sker ofta med en bulkbil som fylls på från en silo. Om kranen på silon måste öppnas manuellt finns risken att askan dammar ut.

I en granuleringsanläggning är processen vanligtvis sluten med utsug. Problem med askan kan uppstå i samband med lagring och transport. Öppna lager dammar mer än förvaring i storsäck.

Granulerad aska är lättare att hantera än ogranulerad lös aska. En granulerad aska av god kvalitet dammar inte lika mycket och har inte samma frätande effekt som en lös aska.

Skogsgödsling med granulerad aska kommer troligen med traktor eller helikopter. Vid tömning av aska till traktor eller till helikopterns bunge från transportfordon kan risk för damning föreligga om askan ska tömmas manuellt ur säckar eller via slang som blåser ut askan från bulkbilen.

Vid försök med gödsling av åkermark med aska blöttes askan till 40-50% fuktighet och kördes ut med en vanlig gödselspridare. Då undviks problemet med damm under spridningen, men risken för damning finns istället under tillblandningen.

För närvarande deponeras askan. Även då kan den utgöra en arbetsrisk. Få undersökningar i ämnet finns att tillgå, men jämförelse med deponier för kolflygaska kan göras. Arbete nära askan förekommer vid framför allt transport och packning då askan bör fuktas för att hindra damning.

Bioslam

Gödslingmed bioslam sker effektivast med slangspredare i växande gröda. Fastare slam sprids som vanligt gödsel med gödselspredare. I stort sett skiljer sig inte slamspridningen från konventionell gödsling. Lukten från rotat slam är kännbar, men inte besvärande.

12.6 Referenser

Alvarez de Davila E, IVL, 1992, Projektbeskrivning bioenergi-arbetsmiljö samt personlig kontakt

Axenbom Å m fl, 1991, Halm som bränsle för framtida elproduktion - en sammanfattning av dagsläget, Vattenfall rapport 44

Blomquist G m fl, 1980, Bestämning av diasporhalten i luft vid några fliseldningsanläggningar, Arbetarskyddsstyrelsen rapport 28

Blomquist G m fl, 1983, Hälsorisker orsakade av mikroorganismer i samband med storskalig hantering av träflis, Arbetarskyddsstyrelsen rapport 16

Blomquist G m fl, 1984, Hälsorisker orsakade av mikroorganismer i samband med storskalig hantering av träflis, Arbetarskyddsstyrelsen rapport 34

Brunberg B, 1991, Tillvaratagande av skogsbränsle som träddelar och slutavverkningsrester - system, maskiner, metoder och kostnader, Vattenfall rapport 17

Dahlberg M, Mattson P-A, 1990, Pilotstudie av grävmaskiner i Hälsingland, Bygghälsan, Gävle

Davner L, 1991, Tidskrift Skogen, nr 5, sid 34-36, Sveriges skogsvårdsförbund

Falk T, Sala International, 1992, Personlig kontakt

Hansson J-E, 1987, Förarmiljön i skogsmaskiner, Arbetarskyddsverket rapport 19

Jonson T, Vattenfall Utveckling och miljö, 1992, Personlig kontakt

Leksell I m fl, 1991, Luftvård, kapitel 5, Hälsoeffekter av luftföroreningar

Malmberg P m fl, 1988, Akut toxisk alveolit och allergisk alveolit hos lantbrukare, Arbetsmiljöinstitutet rapport 15

Mikroorganismer som arbetsmiljöproblem, 1983, Arbetarskyddsfonden rapport 2

Nyrén C, 1991, Miljöeffekter vid torkning av biobränsle, Examensarbete i Miljövärdsteknik, KTH

Retzner L, 1991, Deponigas drifterfarenheter, Svenska Renhållningsverksföreningen rapport 7

Staland P, Westerberg D, 1991, Transportsystem för biobränslen, Vattenfall, rapport 53

Thyselius L, Jordbrukstekniska avdelningen, Uppsala, 1992, Personlig kontakt

Victorin K m fl, 1990, Hälsorisker till följd av vedförbränning, SNV rapport 3732

Blomquist G m fl, 1988, Hälsorisker orsakade av miljöorganismer i samband med atomkraftig hantering av brädda. Arbetsvetenskapliga rapport 1988:10

Blomquist G m fl, 1984, Hälsorisker orsakade av miljöorganismer i samband med atomkraftig hantering av brädda. Arbetsvetenskapliga rapport 1984:10

Blomquist G m fl, 1980, Bestämning av dispersaliteten i luft vid några försöksanläggningar. Arbetsvetenskapliga rapport 1980:10

Blomquist G m fl, 1983, Projektbeskrivning hänsynsriktad på personlig kontakt. Arbetsvetenskapliga rapport 1983:10

Blomquist G m fl, 1981, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1981:10

Blomquist G m fl, 1982, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1982:10

Blomquist G m fl, 1983, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1983:10

Blomquist G m fl, 1984, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1984:10

Blomquist G m fl, 1985, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1985:10

Blomquist G m fl, 1986, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1986:10

Blomquist G m fl, 1987, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1987:10

Blomquist G m fl, 1988, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1988:10

Blomquist G m fl, 1989, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1989:10

Blomquist G m fl, 1990, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1990:10

Blomquist G m fl, 1991, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1991:10

Blomquist G m fl, 1992, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1992:10

Blomquist G m fl, 1993, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1993:10

Blomquist G m fl, 1994, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1994:10

Blomquist G m fl, 1995, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1995:10

Blomquist G m fl, 1996, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1996:10

Blomquist G m fl, 1997, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1997:10

Blomquist G m fl, 1998, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1998:10

Blomquist G m fl, 1999, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 1999:10

Blomquist G m fl, 2000, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2000:10

Blomquist G m fl, 2001, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2001:10

Blomquist G m fl, 2002, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2002:10

Blomquist G m fl, 2003, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2003:10

Blomquist G m fl, 2004, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2004:10

Blomquist G m fl, 2005, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2005:10

Blomquist G m fl, 2006, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2006:10

Blomquist G m fl, 2007, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2007:10

Blomquist G m fl, 2008, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2008:10

Blomquist G m fl, 2009, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2009:10

Blomquist G m fl, 2010, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2010:10

Blomquist G m fl, 2011, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2011:10

Blomquist G m fl, 2012, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2012:10

Blomquist G m fl, 2013, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2013:10

Blomquist G m fl, 2014, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2014:10

Blomquist G m fl, 2015, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2015:10

Blomquist G m fl, 2016, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2016:10

Blomquist G m fl, 2017, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2017:10

Blomquist G m fl, 2018, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2018:10

Blomquist G m fl, 2019, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2019:10

Blomquist G m fl, 2020, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2020:10

Blomquist G m fl, 2021, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2021:10

Blomquist G m fl, 2022, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2022:10

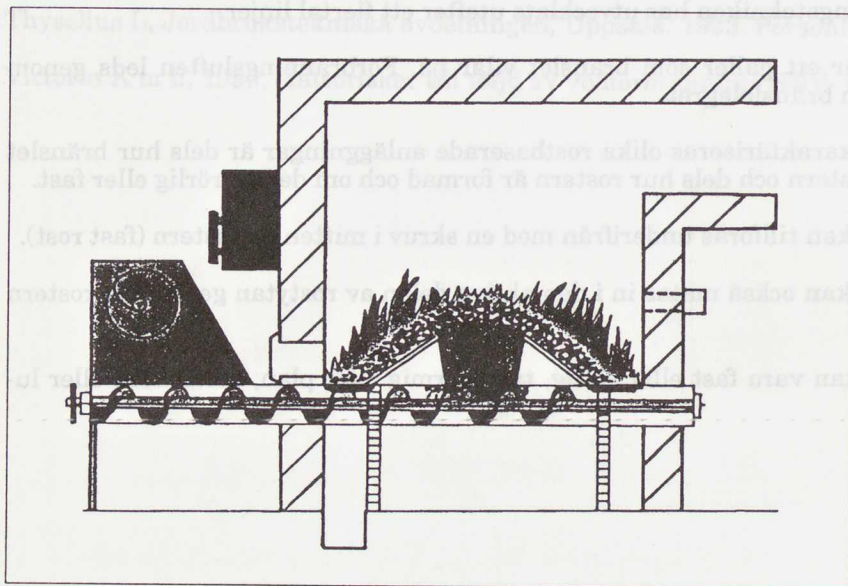
Blomquist G m fl, 2023, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2023:10

Blomquist G m fl, 2024, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2024:10

Blomquist G m fl, 2025, Hälsa och sjukdom vid förtäring av råttkorv. Arbetsvetenskapliga rapport 2025:10

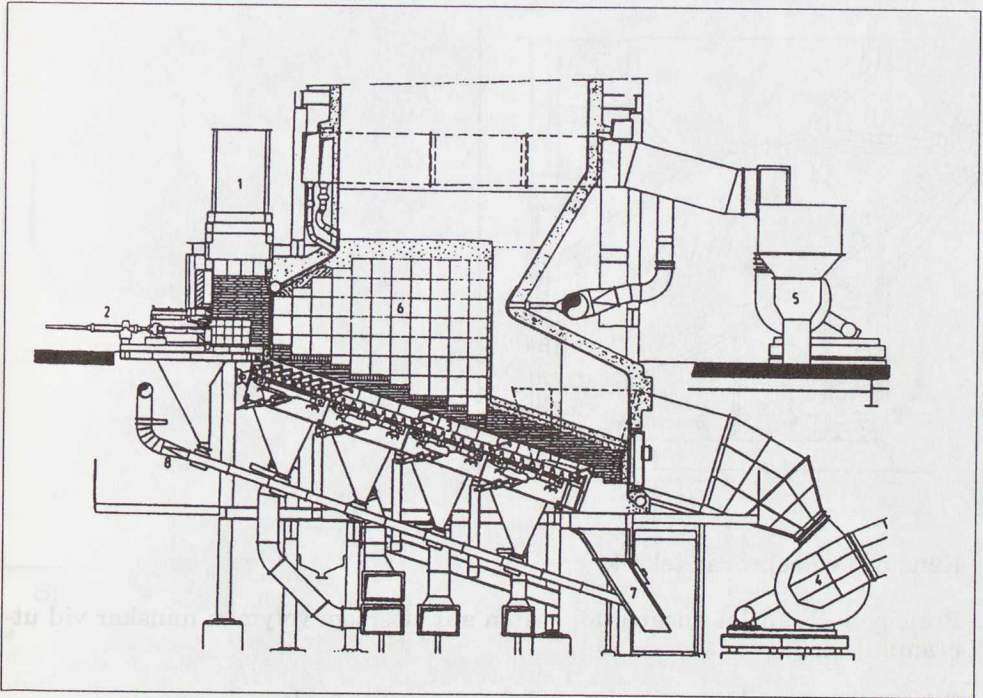
ROSTELDNING

- * Rosteldningstekniken har utvecklats utefter ett flertal linjer.
- * En rost är ett galler som bränslet vilar på. Förbränningsluften leds genom rosten och bränslelagret.
- * Det som karakteriseras olika rostbaserade anläggningar är dels hur bränslet tillförs rostern och dels hur rostern är formad och om den är rörlig eller fast.
- * Bränslet kan tillföras underifrån med en skruv i mitten av rostern (fast rost).
- * Bränslet kan också matas in i den aktiva delen av rostytan genom att rostern är rörlig.
- * Rostern kan vara fast eller rörlig, trappformig eller plan, horisontell eller lutande.

Fast rost

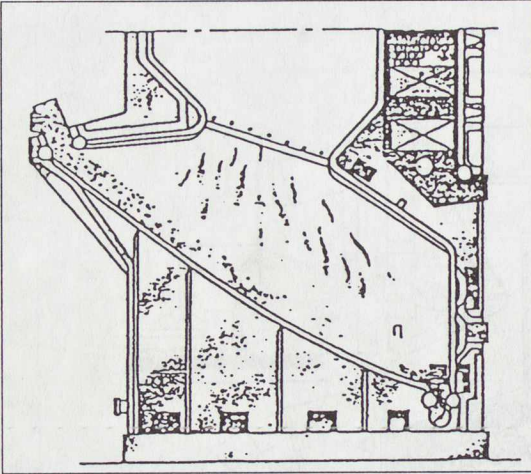
- * Enkel och robust teknik. God tillgänglighet.
- * Måttlig verkningsgrad.
- * Låg eldytbelastning.
- * Begränsade möjligheter att styra förbränningsförloppet.
- * Uraskning oftast manuell.
- * Begränsat bränsleval.

Rörlig snedrost



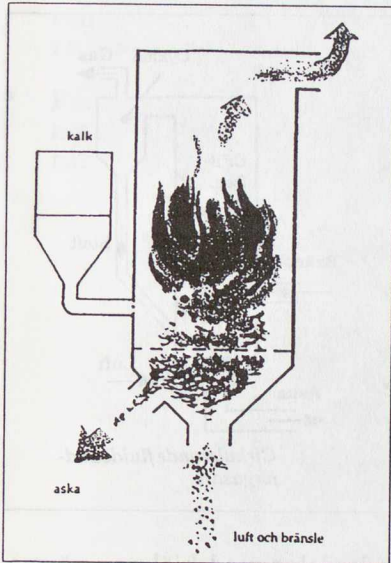
- * Rörlig snedrost är av den mest bränsleflexibla rostertypen.
- * Rostern kan sektionindelas så att olika delar rör sig olika.
- * Även luften kan sektionindelas till olika rostersektioner.
- * Därmed nås god utbränningsgrad och bättre miljöprestanda än fast planrost.
- * Automatisk uraskning.
- * Välbeprövad teknik.

Fast snedrost

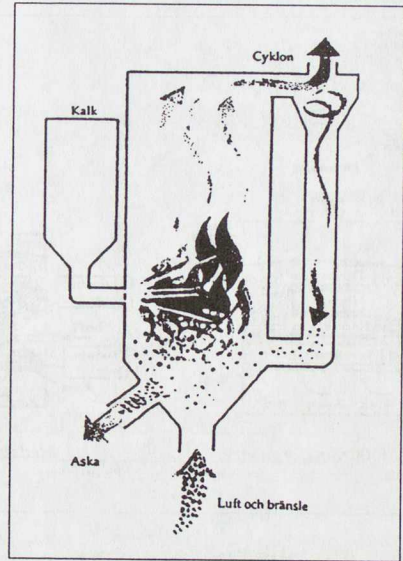


- * Känd och välbeprövad teknik.
- * Principen - bränslet hasar utför rosten allt eftersom volymen minskar vid utbränningen.
- * Tekniken kräver ett homogent och väldefinierat bränsle.
- * Få rörliga delar. Bra tillgänglighet.
- * Konkurrerar prismässigt bra vid större anläggningar.
- * Automatisk uraskning.

FLUIDISERADE BÄDDAR



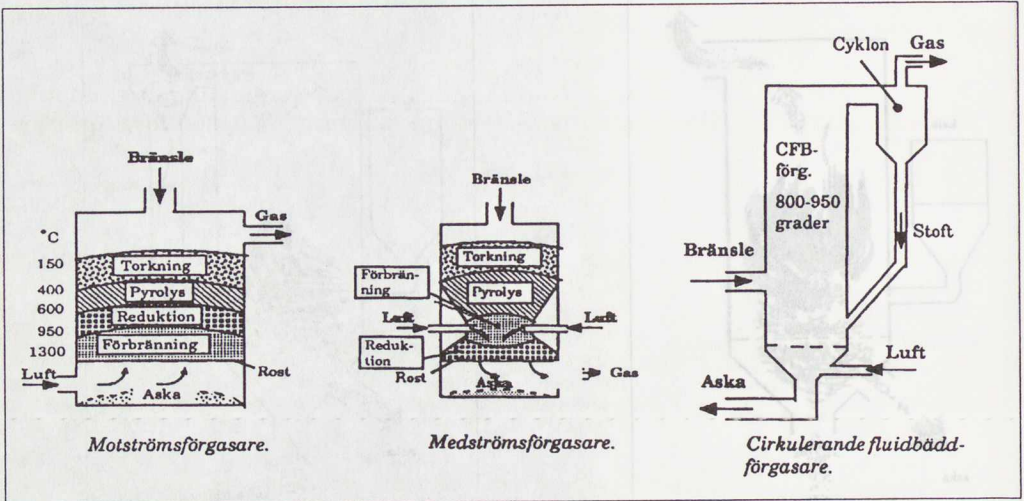
Stationär fluidiserad bädd



Cirkulerande fluidiserad bädd

- * I en panna med fluidiserad bädd blandas bränslet med inert material, t ex sand, aska. Förbränningsluften blåses in i botten av bädden.
- * Endast några procent av bädden utgörs av bränsle. De inerta materialet fungerar som "värmelager" och ger en jämn temperatur.
- * Förbränningen sker utan flammor vid förhållandevis låg temperatur, 800-900°C, jämfört med andra tekniker där temperaturen är 1000-1600°C.
- * Låga förbränningstemperaturer ger låga kväveoxidemissioner.
- * I en stationär fluidiserad bädd blåses luften in med måttlig hastighet, så att bädden luckras upp och beter sig som en vätska (fluidiserar).
- * I en cirkulerande bädd blåses luften in med så hög hastighet att en del av bäddmaterialet (och bränslet) rycks med. Materialet avskiljs i en cyklon och återmatas till bädden.
- * Den stationära fluidbäddens begränsningar är dåliga dellastegenskaper och lösningen till ett bränsle.
- * Cirkulerande fluidbädden är bränsleflexibel och är enkel att lastreglera.
- * En speciell typ av fluidiserad bädd är PFBC (Presurized Fluidized Bed Combustion) eller trycksatt fluidiserad bädd.
- * Trycket i förbränningen höjs till 10-20 gånger atomosfärstrycket. Avsikten med trycksättningen är att minska utrymmesbehovet samt att ge möjlighet att ansluta en gasturbin för elproduktion.

FÖRGASNING



* Förgasning är en process där fast material sönderdelas med hjälp av värme och syre för att producera en brännbar gas.

* Den stora skillnaden mellan förgasning och förbränning är att luftmängden (syret) vid förgasning är mycket mindre än vad som skulle behövas vid fullständig förbränning av bränslet.

* Exempel på produktgasens sammansättning: (vol-%, torr gas)

-	Kväve	50-54 %
-	Koldioxid	9-12 %
-	Koloxid	20-22 %
-	Metan	2-3 %
-	Väte	12-15 %

* De vanligaste förgasartyperna är:

- motströmsförgasare
- medströmsförgasare
- cirkulerande fluidbäddförgasare

Se figurerna ovan.

* Vid motströmsförgasaren bildas stor del av gasen i de övre zonerna. Den utgående gastemperaturen är låg, kring 100°C, och gasen har hög tjärhalt.

* Produktgasen i medströmsförgasaren passerar den heta förbrännings- och reduktionszonerna. Den utgående gasen har hög temperatur 300-600°C och tjärhalten är relativt låg.

- * Förgasningstekniken är idag under aktiv utveckling. Den mest betydelsefulla utvecklingslinjen innebär att gasen förbränns i en gasturbin eller i förbränningsmotor. Båda dessa tillämpningar medger att elproduktion sker med högre elverkningsgrad än konventionell ångcykel.
- * För att bli effektiva kommer i sådana anläggningar förgasningen sannolikt att ske under tryck. De kommer också att kräva rening av gasen före förbränningen.

Ingående komponenter i bicykliska föreningar och PAH.

Bicykliska föreningar

Naftalen
2-Metylnaftalen
1-Metylnaftalen
Bifenyl

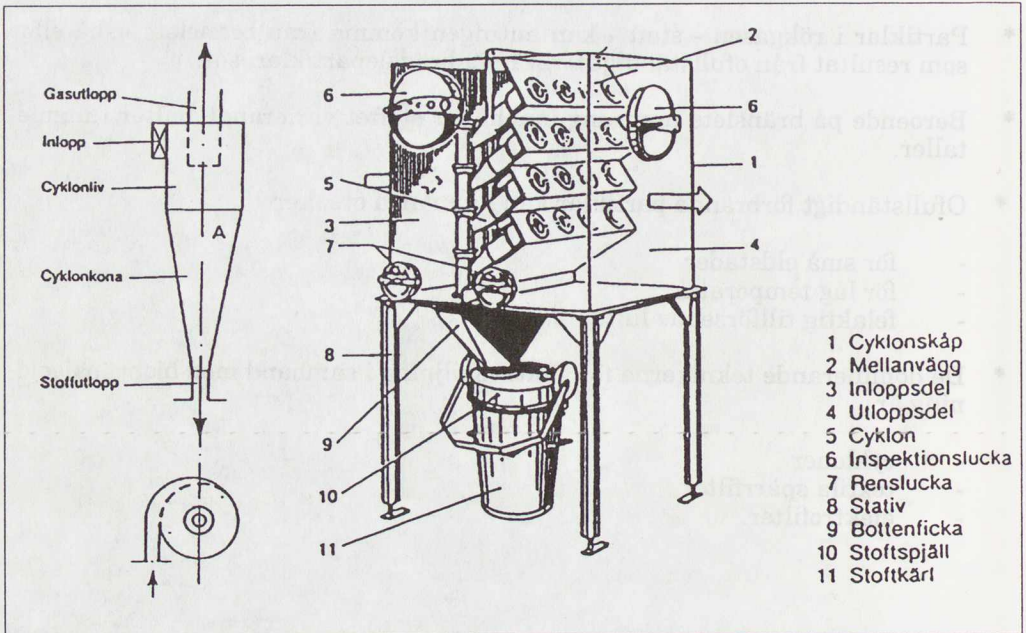
Identifierade PAH

Acenaftylen
Acenaften
Fluoren
2-Metylfluoren
1-Metylfluoren
Fenantren
Antracen
3-Metylfenantren
2-Metylfenantren
2-Metylantracen
4,5-Fimetylfenantren
4-och/eller 9-Metylfenantren
1-Metylfenantren
Fluoranten
Benz(e)acenaftylen
Pyren
Etyl-metyl-fenantren
Benzo(a)fluoren
Benzo(b)fluoren
4-Metylpyren
2-Metylpyren/Metylfluorantren
1-Metylpyren
Benzo(ghi)fluoranten
Benzo(c)fenantren
Cyclopenteno(cd)pyren
Benz(a)antracen
Chrysen och Trifenyl
Benzo(b)fluoranten
Benzo(j)fluoranten
Benzo(k)fluoranten
Benzo(e)pyren
Benzo(a)pyren
Perylen
Ineno (1,2,3-cd)pyren
Dibenz(ach/ah)antracener
Benzo(ghi)perylen
Antantren
Coronen

STOFT

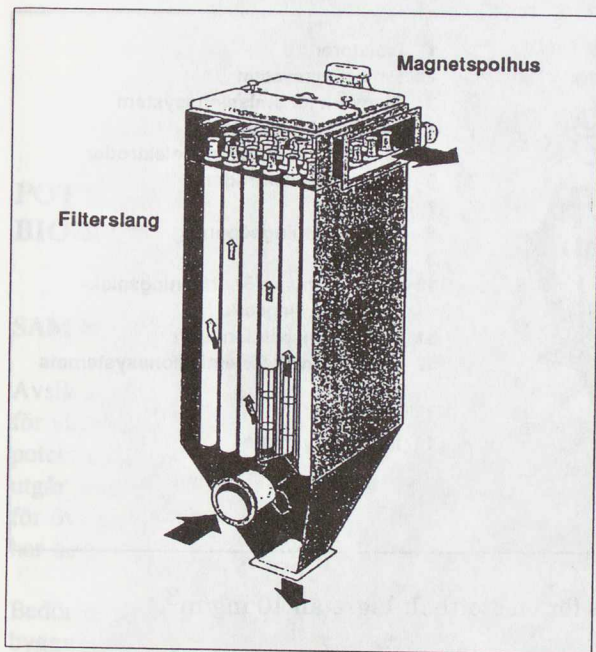
- * Partiklar i rökgasen - stoft - kan antingen komma från bränslets aska eller som resultat från ofullständigt förbrända bränslepartiklar, sot.
- * Beroende på bränslets ursprung innehåller stoftet varierande halter tungmetaller.
- * Ofullständigt förbrända partiklar kan ha många orsaker
 - för små eldstäder
 - för låg temperatur
 - felaktig tillförsel av luft.
- * De dominerande teknikerna för stoftavskiljning i samband med biobränsleledning är
 - cykloner
 - textila spärrfilter
 - elektrofilter.

Cyklonavskiljare



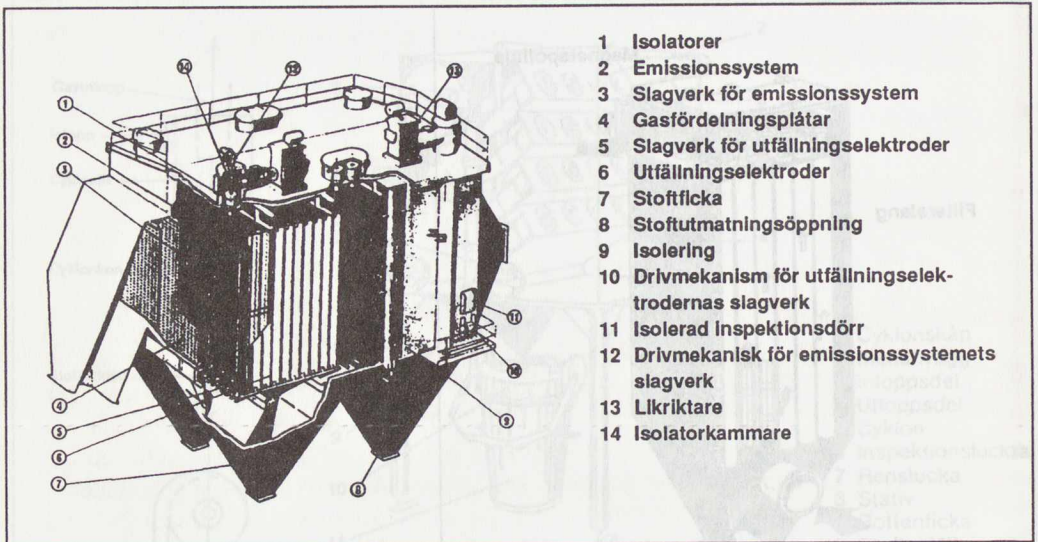
- * I cyklonavskiljare utnyttjas dynamiska krafter för avskiljning av partiklar.
- * Trots optimering har cyclonen dålig avskiljningsgrad för partiklar < 5 mm.
- * Avgörande för avskiljningsgraden är halten flygaska i rökgasen och rågasstoffets partikelstorlek.
- * Halten flygaska beror på bränslets karaktär, val av eldningsutrustning, kapacitetsreglering, underhåll etc.
- * Garantier på rengashalter lägre än 300 mg/m^3 lämnas endast i undantagsfall.
- * Ger förhållandevis högt tryckfall.
- * Enkel, billig och driftsäker konstruktion.

Textila spärrfilter



- * Användningen av textila spärrfilter har ökat markant sedan 1970-talet. Det finns flera skäl till detta
 - hög avskiljningsgrad även för partiklar < 2 mm. Klarar lägre rengashalter än 10 mg/m^3
 - partikelavskiljningsgraden är oberoende av belastningen.
- * Väsentliga faktorer för filterfunktion vid biobränsleledning är:
 - filterbelastning d v s gashastighet genom filtermaterialet. Ökad filterbelastning ökar partikelpenetrationen.
- * Filterbelastningen dimensioneras normalt för ca 100 m^3 rökgas per m^2 filteryta
 - risk för hög gastemperatur och för att glödpartiklar når textilmaterialet
 - tillsyn, skötsel och underhåll är viktiga.
- * Använda textilmaterial är
 - * polyakrylnitrit (Dralon)
 - * aramid (Nomex)
 - * polytetrafluoreten (Teflon)
- * Filtermaterialet kan vara format som kassetter eller slangar.
- * Rensningen av filtret sker med tryckluftsstötar i kassetter eller slangar.

Elektrofilter



- * Elektrofilter kan dimensioneras för en stofthalt lägre än 10 mg/m^3 .
- * Generellt kan sägas att elektrofilter har en mycket hög driftsäkerhet.
- * Elektrofilter används i huvudsak vid anläggningar större än 10 MW, beroende på kostnadsskal.
- * Avskiljningsgraden i ett elektrofilter beror av många parametrar t ex
 - rågasstoffet
 - partikelstorlek
 - elektriska egenskaper t ex resistivitet
 - stoftkoncentration
 - rågasens fukthalt
 - gashastighet i elektrofiltret
 - elektrofiltrets storlek, total utfällningsyta, antal filtersystem.
- * Elektrofiltret kännetecknas av att tryckfallet över filtret är lågt och den har låg känslighet för höga gastemperaturer.

POTENTIAL FÖR PRODUKTION AV VÄRME OCH EL MED BIOBRÄNSLE

SAMMANFATTNING

Avsikten med denna PM är att presentera en bedömning av den största tänkbara potentialen för värme och el baserad på biobränslen till år 2010. Denna potential har jämförts med den potentiella tillgången på bränsle. Bedömningarna av den potentiella energiproduktionen utgår från att man i första hand ska generera kraftvärme och mottryck. Även potentialen för övrig konvertering av befintlig kapacitet för fjärrvärme och massa- och pappersindustrin har bedömts.

Bedömningen täcker hela fjärrvärmesektorn och massa- och pappersindustrin. Övriga byggnader och industrier behandlas endast med avseende på dagens användning av biobränsle.

Den potentiella elgenereringen med ny kraftvärme och nytt mottryck är 5,0 respektive 5,4 TWh. I båda fallen har antagits att man gör utbyggnaden med VEGA-teknik som är större än 20 MW värmelast. Antalet anläggningar är 26 respektive 20 stycken. Enligt Värmeverksföreningen kan fjärrvärmesektorn komma att byggas ut med upptill 20 % till år 2010. En stor del av denna tillbyggnad kan komma att anpassas till kraftvärme.

Idag används cirka 33 TWh biobränsle i samtliga branscher, exklusive massaindustrins lutar. Den potentiella användningen av biobränsle för tillkommande kraftvärme och mottryck är cirka 15 TWh utgående från dagens värmeunderlag. Konvertering av befintlig kapacitet till biobränslen kan potentiellt omsätta ytterligare 35 TWh bränsle. Den totala potentiella användningen är således cirka 83 TWh bränsle.

Potentialen för tillgängliga bränslen år 2010 bedöms här vara 75 TWh. Potentiell användning och tillgång är således av samma storleksordning. Potentialen för bränsletillgången är närmare relaterad till verkliga förutsättningar än potentialen för användning. Det är därför troligt att det i praktiken kommer att finnas bränsle över för annan efterfrågan. Den pågående omarbetningen av skogstaxeringen förväntas visa på betydligt större potential för biobränslen än denna bedömning.

I mälardalen kan det komma att uppstå brist på biobränsle.

En viktig begränsning för bedömningarna har varit att bara ta med sådana förutsättningar som med stor sannolikhet kommer att gälla under tiden fram till år 2010.

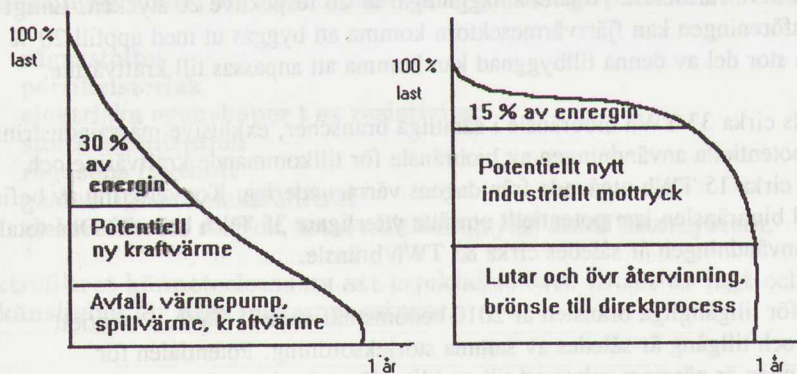
DEFINITION AV POTENTIAL

Med potential menas i denna PM den största möjliga utbyggnad respektive konvertering som kan göras. Bedömningarna har gjorts med utgångspunkt i vad som är tekniskt möjligt att genomföra i stor skala till år 2010. Vissa ekonomiska hänsyn har också tagits. Genom att undersöka värmeunderlagen mer i detalj är det möjligt att förbättra bedömningarna. Potentialen kommer då sannolikt minska.

En viktig begränsning för dessa bedömningar har varit att bara ta med sådana förutsättningar som med stor sannolikhet kommer att gälla under tiden fram till år 2010. Förhoppningsvis kommer bedömningarna därmed att behålla sin giltighet under längre tid. Dessutom kan varje läsare lättare komplettera med egna förutsättningar.

Potentialen för ny kombinerad värme- och kraftproduktion har två tekniska begränsningar. Dels bör topplasten mötas med ren värmeproduktion av reglertekniska skäl. För fjärrvärmenäten antas topplasten vara 30 % av energibehovet och för industrin 15 %. Dels måste det återstående värmebehovet kunna rymma en anläggning som ger minst 20 MW fjärrvärme eller processånga. Drifttiden för kraftvärme antas vara 4 500 och för industriellt mottryck 6 500 timmar, räknat som ekvivalenta fulllasttimmar (utnyttjningstid).

Potentialen för ny kraftvärme är ekonomiskt begränsad av dagens befintliga baskapacitet. Denna kapacitet kommer troligen att vara konkurrenskraftig till år 2010. Befintliga kraftvärmeanläggningar kommer att köras fullt ut innan man bygger ut ny kraftvärme i stor omfattning.



Figurerna visar hur förutsättningarna för olika produktionssätt ser ut för kommunal kraftvärme (till vänster) och industriellt mottryck (till höger).

Tekniska prestanda för nya kraftvärmeanläggningar antas vara ungefärligen desamma som för VEGA:

Elverkningsgrad	42 %
Totalverkningsgrad	84 %
Alfa	1,0

Potentialen för konvertering till bibränslen av övriga värmebehov har gjorts översiktligt utifrån vad som är tekniskt möjligt att genomföra med avseende på reglerbarhet. Det ekonomiska kriteriet att dagens baslast kommer att finnas kvar till år 2010 gäller även för denna potential.

POTENTIALEN I FJÄRRVÄRMENÄTEN

Dagens användning av bibränslen för fjärrvärme är 3,9 TWh. Potentialen för ytterligare användning är med dagens värmeunderlag:

	El	Fjärrvärme	Bränsle
Ny kraftvärme med bio	5,0	5,0	11,9
Bef kraftvärme konv t bio	6,3	14,7	22,2
Bef värme konv t bio	-	1,2	1,3
Summa	11,3 TWh	20,9 TWh	35,4 TWh

Ovanstående potential för ny kraftvärme har följande sammansättning:

	El	Fjärrvärme
20 - 40 MW fjärrvärme	15	1,9
40 - 60	7	1,5
60 -	4	1,6
Summa	26 st	5,0 TWh fjärrvärme

Fjärrvärmeproduktionen kan komma att öka med 6 - 8 TWh till år 2010 enligt Värmeverksföreningens "Enkät 91". En stor del av utbyggnaden antas ske med hjälp av ny kraftvärme. En avancerad gissning är att 3 TWh kan komma att bli värmeunderlag för kraftvärme. Med detta antagande får potentialen följande utseende:

	El	Fjärrvärme	Bränsle
Ny kraftvärme med bio	8,0	8,0	19,0
Befintl kraftvärme konv t bio	6,3	14,7	22,2
Befintl värme konv t bio	-	1,2	1,3
Ny värme med bio	-	2,0	2,2
Summa	14,3 TWh	25,9 TWh	43,7 TWh

POTENTIALEN I MASSA- OCH PAPPERSINDUSTRIN

Dagens användning av bibränslen i massa- och pappersindustrin är 7,2 TWh. Potentialen för ytterligare användning är med de värmeunderlag och energibehov som fanns 1988 och 1989:

	El	Processvärme	Bränsle
Nytt mottryck med bio	5,4	5,4	12,9
Mesaombränning konv t bio	-	1,6	1,6
Summa	5,4 TWh	7,0 TWh	14,5 TWh

Det förutsätts i tabellen ovan att bibränsle kommer att bli konkurrenskraftigt och att det därför är huvudsakligen är fossila bränslen som kommer att ersättas av den nya mottryckskapaciteten.

Den befintliga kapaciteten för mottrycksgenerering av el antas kunna försörjas med förbränning av lutar.

Ovanstående potential för ny kraftvärme har följande sammansättning:

20 - 40 MW ånga	9	1,4
40 - 60	7	2,2
60 -	4	1,8
Summa	20 st	5,4 TWh ånga

REGIONAL FÖRDELNING AV BEHOV OCH TILLGÅNG

Potentialen för tillgången på bibränslen år 2010 bedöms vara 75 TWh. Dagens användning är 33 TWh bränsle exklusive massaindustrins lutar. Den potentiella tillkommande användningen av bibränsle för fjärrvärme och massa- och pappersindustrin är 50 TWh bränsle. I en figur i bilaga 4 jämförs tillgången på bränsle med potentiell användning. Man kan utläsa vilka regioner som skulle kunna få brist respektive överskott på bränsle. Det bör observeras att den potentiella användningen som anges ej ska betraktas som förväntad. Den sannolika förbrukningen eller efterfrågan är väsentligt lägre.

I mälardalen finns uppenbar risk för brist på bibränsle. I övrigt visar denna relativt grova analys inte på någon regional obalans mellan tillgång och efterfrågan.

- Bilaga 1. Potential för kraftvärme baserad på bibränsle
- Bilaga 2. Potential för industriellt mottryck baserat på bibränsle
- Bilaga 3. Tillgång och efterfrågan på bibränsle

Jackie Bergman, UB
1992-03-23

POTENTIAL FÖR KRAFTVÄRME BASERAD PÅ BIOBRÄNSLEN

SAMMANFATTNING

Avsikten med denna PM är att beskriva den största tänkbara potentialen för utbyggnad av kraftvärme, dvs kombinerad produktion av fjärrvärme och elkraft i de svenska fjärrvärmesystemen. Hänsyn har tagits till befintliga basproduktionsanläggningar. Bedömningarna är gjorda utifrån Värmeverksföreningens statistik för 1990.

Dessutom har en bedömning gjorts av potentiell användning av biobränsle i befintliga kraftvärmeverk och värmeproduktionsanläggningar..

Det tillgängliga värmeunderlaget för ny kraftvärme baserad på biobränslen är 5,0 TWh fjärrvärme i 26 fjärrvärmenät. Med $\alpha = 1$ och totalverkningsgraden = 0,84 blir elproduktionen 5,0 TWh och bränsleförbrukningen 12 TWh. Genom en eventuell utbyggnad av fjärrvärme i landet kan kraftvärmeunderlaget komma att öka till 8 TWh, motsvarande bränslebehov är 19 TWh. En utbyggnad kommer också att ge ytterligare behov av biobränsle för ren värmeproduktion i nya anläggningar.

Om elkraften får ett marknadsvärde som är signifikant högre än fjärrvärmens, kan man förvänta sig att befintliga kraftvärmeverk på 2,1 GW el tas i drift. Om de körs 3 000 timmar fullast kommer de att producera 6,3 TWh el och behöva en bränslemängd motsvarande 22 TWh. ($\alpha = 0,45$ och totalverkningsgraden = 0,90.) Denna potential kan teoretiskt konverteras till biobränsle.

Övriga potentialer för ytterligare biobränslen i fjärrvärmenätens befintliga produktionsanläggningar bedöms vara 1,2 TWh fjärrvärme, motsvarande 1,3 TWh bränsle.

Sammantaget innebär detta att potentialen för ytterligare användning av biobränslen i fjärrvärmesammanhang skulle kunna ge cirka 11 TWh el och ge avsättning för 35 - 42 TWh bränsle år 2010.

Användningen av träbränsle i fjärrvärmesammanhang under 1990 var 3,5 TWh och av torv 2,6 TWh.

ARBETSGÅNG

Avsikten med denna PM är att presentera en bedömning av den största tänkbara potentialen för ny kraftvärme i de svenska fjärrvärmesystemen med hänsyn till befintliga

basproduktionsanläggningar. Bedömningarna är huvudsakligen gjorda med hjälp av Värmeverksföreningens statistik för 1990.

Dessutom har en bedömning gjorts av potentiell användning av biobränsle i befintliga kraftvärmeverk och värmeproduktionsanläggningar..

Bedömningarna är gjorda individuellt för landets anläggningar. De redovisade relationerna för en specifik anläggning gäller färför inte för den nationella balansen.

Ny kraftvärme

De processer för kraftvärme som anses vara av intresse i detta sammanhang har en minsta storlek som motsvarar 20 MW fjärrvärme. Mindre anläggningar bedöms få för hög specifik anläggningskostnad och för lågt elutbyte. De fjärrvärmenät som är av intresse måste därför kunna ha avsättning för åtminstone 20 MW fjärrvärme med en utnyttningstid om 4 500 timmar.

Om utvecklingen av nya processer lyckas kan det även bli intressant att bygga kraftvärmeverk som är mindre än 20 MW fjärrvärme. Potentialen i befintliga fjärrvärmenät för dessa mindre anläggningar är mycket begränsad. Anläggningar i denna storleksklass kommer dessutom troligen inte att byggas av Vattenfall. Därför har denna potential utelämnats i detta sammanhang.

Förbrukningssiffrorna för 1990 har justerats upp till normalår. För att beräkna potentialen för ny kraftvärme har respektive näts årsförbrukning sedan reducerats med de produktions sätt som med stor sannolikhet kan antas kvarstå av reglertekniska eller ekonomiska skäl:

- Topplasten bör även i framtiden mötas med någon typ av värmepanna. Topplasten antas vara 30 %.
- Vissa befintliga produktionsanläggningar kommer med stor sannolikhet att ta hand om baslasten av rent ekonomiska skäl. De är avfall, värmepumpar, spillvärme och kraftvärme.

Den resterande nettopotentialen måste vara minst 90 GWh fjärrvärme (20 MW*4 500 h) i respektive fjärrvärmenät för att det ska kunna vara motiverat att bygga ny kraftvärme baserad på biobränslen.

Kapaciteten i de befintliga anläggningar som nu svarar för baslasten kommer att ändras med tiden. Men det är svårt att idag säga om den kommer att minska eller öka. Följande anläggningstyper för basproduktion finns idag och kommer sannolikt att finnas kvar år 2010:

- Av hushållsavfallet går idag 4 TWh till förbränning. Ytterligare 4 TWh hushållsavfall och 7 TWh industriavfall skulle kunna eldas. Även om man sorterar avfallet. är det troligt att större delen av värmevärdet stannar i den brännbara

fraktionen. Men nya bestämmelser om förpackningar kan komma att påverka både avfallsmängd och bränslets värmevärde.

- Värmepumpar är en av de tekniker som idag är mest intressanta för nyanläggning. Även om elpriset ökar markant kommer det att vara ekonomiskt att hålla dem i drift. Livslängden kan göras mycket lång med begränsad reinvestering.
- Spillvärmepotentialen är inte fullt utnyttjad. Utbyggnad kräver en realprisökning för energin. Anslutningar mellan fjärrvärmenät och industri kan byggas ut för leveranser åt båda håll.
- Befintlig kraftvärme kommer med ökade elpriser att vara baskapacitet. Den kan delvis konverteras till biobränsle. Se separata avsnitt nedan.

En viss utbyggnad av fjärrvärmen förutses enligt Värmeverksföreningens "Enkät 91". Hur mycket av denna eventuella utbyggnad som kan medföra ny kraftvärmekapacitet kan man bara gissa sig till.

Befintlig kraftvärme

Om elkraften får ett marknadsvärde som är signifikant högre än fjärrvärmens kan man förvänta sig att befintliga kraftvärmeverk kommer att tas i drift fullt ut. Den installerade kapaciteten är 2,1 GW. Om biobränsle kommer att vara konkurrenskraftigt gentemot fossila bränslen finns ett incitament för konvertering av kraftvärmeverken. Den genomsnittliga utnyttjningstiden för de befintliga kraftvärmeverken kommer att bli lägre än för nytillkommande anläggningar. Anledningen är att de har konkurrens av senare tillkommen baskapacitet. I vissa fall kan utnyttjningstiden bli låg beroende på att det finns mer än en kraftvärmeanläggning i nätet. Andelen fossilt bränsle för kraftvärmeproduktion var 80 % under 1990.

Befintlig värmeproduktion

Den övriga befintliga kapacitet för värmeproduktion som kan tänkas konverteras till biobränslen består dels av de värmeunderlag som ovan visat sig vara för små för att motivera ny kraftvärme, dels övrig värmeproduktion som idag är baserad på kol, eldningsolja, gasol, torv och el.

RESULTAT

Ny kraftvärme

Ny kraftvärme skulle kunna producera 5 - 8 TWh el. Motsvarande behov av bränsle är 12 - 19 TWh.

Den totala fjärrvärmeenergin är under ett normalår ca 41 TWh fjärrvärme ut från produktionsanläggningarna. För att komma fram till den största möjliga potentialen för ny kraftvärme med dagens förutsättningar, har följande reduceringar gjorts:

Avfall, hyttgas mm	4,8
Värmepumpar	6,6
Spillvärme & hetvatten	3,7
Värme från kraftvärme	14,7
Spetslast och mindre än 90 GWh	<u>6,2</u>
	36,0 TWh producerad fjärrvärme

De nät som har ett återstående behov som är större än 90 GWh fjärrvärme motsvarar således tillsammans 5,0 TWh värme. Med $\alpha = 1$ och totalverkningsgraden = 84 % kan man producera 5,0 TWh el och behöver 12 TWh bränsle.

Den del av potentialen som finns inom Vattenfalls områden är 3,5 TWh fjärrvärme som distribueras i 16 nät. Inom övriga områden distribueras 1,5 TWh i 10 nät. Följande storleksfördelning gäller för hela landets anläggningar:

20 - 40 MW fjärrvärme	15 st nät	sammanlagt 1,9 TWh fjärrvärme
40 - 60 "	7 " "	" 1,5 "
60 - "	4 " "	" 1,6 "

Samtliga nät i gruppen med de största näten ligger i Vattenfalls områden.

Prognoser för framtida utbyggnad av fjärrvärme gjordes av kommunerna under 1991. Slutsatsen blev att 6 - 8 TWh kan komma att byggas ut till år 2010. En stor del av den eventuella utbyggnaden antas ske i form av kraftvärme. Samtidigt finns en betydande reservkapacitet för värmeproduktion som medför att man inte utan vidare kan summera den framräknade potentialen om 5,0 TWh med tillkommande utbyggnad. En avancerad gissning är att det tillgängliga värmeunderlaget för kraftvärmeproduktion kan komma att öka med 3 TWh till 8 TWh år 2010. Motsvarande förbrukning blir 19 TWh bränsle med $\alpha = 1$ och totalverkningsgraden 84 %. En utbyggnad kommer också att ge ytterligare behov av biobränsle för ren värmeproduktion i nya anläggningar.

Befintlig kraftvärme

Konvertering av befintlig kraftvärme som ger 6,3 TWh el kan omsätta 22 TWh bränsle.

Om befintliga kraftvärmeverk körs fullt ut och dessutom konverteras till biobränslen antas här att man skulle kunna producera 2,1 GW under 3 000 ekvivalenta fullasttimmar. I denna utnyttjningstid har hänsyn tagits till att 80 % är fossilbaserad, att senare tillkommen produktionskapacitet begränsar utnyttjandet och att en liten del av kapaciteten kommer att skrotas före år 2010. Med $\alpha = 0,45$ och totalverkningsgraden = 90 % skulle dessa anläggningar kunna producera 6,3 TWh el och skulle behöva 22,2 TWh bränsle.

En del av de befintliga kraftvärmeverken kommer att falla för åldersstrecket under de närmaste 20 åren. Men produktionsanläggningars livslängd förefaller numera vara betydligt längre än tidigare. Anledningen kan vara att verkningsgraden inte längre kan förbättras som tidigare och att underhållstekniken har utvecklats. Med dagens höga anläggningskostnader är det motiverat att göra relativt stora ombyggnader för renovering och bränslekonvertering istället för att bygga en helt ny anläggning. En översiktlig bedömning visar att mindre än 0,1 av totalt 2,1 GW installerad elkapacitet är så gammal att den med större säkerhet kan antas bli helt avställd före år 2010.

Befintlig värmeproduktion

Konvertering av övrig befintlig värmeproduktion till biobränsle kan ge 1,2 TWh fjärrvärme och omsätta 1,3 TWh bränsle.

Övrig potential för ytterligare biobränslen i fjärrvärmensätens befintliga produktionsanläggningar är en del av det som ovan kallats "spetslast och mindre än 90 GWh". Det är värmebehov som inte är topplast, inte är blockerade av baskapacitet eller redan försörjs med biobränsle. Tillsammans motsvarar dessa behov 1,2 TWh fjärrvärme och 1,3 TWh bränsle. Vid ytterligare utbyggnad av fjärrvärme kan denna potential komma att öka. Om ny småskalig teknik för kraftvärmeproduktion blir kommersiellt tillgänglig kan denna potential utnyttjas för kraftvärme.

Användningen av träbränsle i fjärrvärmesammanhang under 1990 var 3,5 TWh och av torv 2,6 TWh.

Jackie Bergman, UB
1992-03-24

POTENTIAL FÖR INDUSTRIELLT MOTTRYCK BASERAT PÅ BIOBRÄNSLE

SAMMANFATTNING

Avsikten med denna PM är att beskriva den största tänkbara potentialen för utbyggnad av industriellt mottryck, det vill säga kombinerad produktion av värme och elkraft inom industrin. Bedömningarna har gjorts med hjälp av statistik från 1988 och 1989.

Det praktiskt tillgängliga underlaget för tillkommande mottrycksproduktion av el är max 5,4 TWh ånga i 20 anläggningar. Värmeunderlag med signifikant omfattning finns sannolikt endast i massa och pappersindustrierna. Som minsta anläggningsstorlek har antagits 20 MW processånga.

Om ny teknik för mottrycksgenerering kan åstadkomma $\alpha = 1$, blir elgenereringen också 5,4 TWh. Med totalverkningsgrad = 0,84 blir den totala bränsleförbrukningen cirka 12,9 TWh.

Inom massa och pappersindustrin finns även en potential för konvertering till biobränslen som inte ger möjlighet till samtidig elgenerering. Potentialen för konvertering är 1,6 TWh bränsle.

Förbrukningen av träd- och barkbränsle i skogsindustrin var cirka 7,2 TWh under 1988. Om biobränslen blir konkurrenskraftiga och får ett starkt ökat utnyttjande är det möjligt att det huvudsakligen är fossila bränslen som ersätts av ny mottryckskapacitet. Det totala potentiella behovet av biobränsle motsvarar med detta antagande:
 $12,9 + 1,6 + 7,2 = 21,7$ TWh bränsle.

MASSA- OCH PAPPERSINDUSTRIN

Arbetsgång

Avsikten med denna PM är att presentera en bedömning av den största möjliga potentialen för industriellt mottryck. Först görs en genomgång av vilka värmeunderlag som det finns processer för att utnyttja, idag eller inom de närmaste 15 - 20 åren. Detta värmeunderlag kallas här för den teoretiska potentialen.

Därefter reduceras denna potential med vad som drifttekniskt är möjligt att konvertera med hänsyn till rimliga utnyttjandetider och anläggningsstorlekar. Detta värmeunderlag kallas här för den **praktiska potentialen**.

Ute i den krassa verkligheten finns måhända ytterligare begränsningar beroende på detaljerad processanpassning, lönsamhetskrav m m. Författaren av denna PM har ej haft ambitionen att ta hänsyn till dessa begränsningar.

Underlag

Resonemangen i denna PM bygger på två oberoende sammanställningar av energiförbrukningen i massa- och pappersindustrin.

Skogsindustriernas rapport "Energiförbrukning i massa- och pappersindustrin 1988" ger en samlad bild av den totala energiförbrukningen i denna branch. Man kan också utläsa fördelningen mellan energi som används för ångvärme, elgenerering respektive direkt i processer (t ex mesaombränning).

Kraftsams utredning "Elanvändningen inom industrin, 1989" ger underlag för att bedöma storleken av respektive anläggning och vilken nettopotential som finns inom respektive anläggning efter reduktion för de värmeunderlag som har tekniska begränsningar för konvertering till mottrycksgenerering baserad på biobränslen.

Det finns 222 företag i landet som har en elförbrukning som är större än 30 GWh per år. Av dessa har 166 st (75 %) svarat på Kraftsams enkät. Den höga svarsfrekvensen är en indikation på att underlaget är relativt representativt för de större industrier som är av intresse i detta sammanhang.

Kraftsams utredning behandlar 43 massa- och pappersanläggningar medan Skogsindustrins statistik omfattar 110 anläggningar. Men skillnaden i den beskrivna energimängden mellan rapporterna är betydligt mindre. Kraftsam har redovisat cirka 84 % av den bränsleförbrukning, mängd lut och mottrycksproduktion som Skogsindustrierna omnämner. Det antas här att det främst är de mindre anläggningarna som inte har svarat på Kraftsams enkät. Dessa skulle till stor del ha sorterats ut av tekniska skäl. Kraftsams underlag bör därför med viss korrigering kunna vara tillförlitligt för bedömning av den praktiska potentialen.

Teoretisk potential

Nedan följer en sammanställning från "Energiförbrukning i massa- och pappersindustrin", konverterad till TWh bränsle:

	Ånga till process	Ånga till mottrycksel	Direkt till process	Totalt
<u>Externt</u>				
Olja	3,8	0,6	1,5	5,9
Kol	0,9	0,3	-	1,2
Gasol	-	-	0,2	0,2
El	1,6	-	-	1,6
Övrigt	2,8	-	0,7	3,5
<u>Internt</u>				
Diverse	0,4	-	0,7	1,1
Bark och flis	6,0	-	0,4	6,4
Lut	<u>26,7</u>	<u>2,4</u>	<u>-</u>	<u>29,1</u>
	42,2	3,3	3,5	49,0 TWh bränsle

Kol redovisas som att det endast användas för mottrycksel medan bark och flis ser ut att utnyttjas för ren ånggenerering. I verkligheten används båda bränslegrupperna i båda tillämpningarna. Orsaken till redovisningen kan vara bokföringstekniska eller skattetekniska skäl. Denna uppdelning påverkar ej bedömningarna i detta sammanhang.

En del av posten "Övrigt" är köpt biobränsle.

Potentialen för nytt industriellt mottryck baserat på biobränslen kan delas upp mellan:

- **Processångpannor.** Detta värmebehov skulle kunna tillgodoses med mottrycksanläggningar som ger ett högt slutbyte. Lut och diverse är huvudsakligen intern återvinning och kan ej ersättas med andra bränslen. De värmebehov som återstår för konvertering är de som försörjs med olja, kol, el samt bark och flis.
- **Mottrycksångpannor.** Dessa anläggningar skulle kunna ersättas av nya som ger ett högre slutbyte. Med samma resonemang som ovan beträffande lut, utgörs potentialen för konvertering av olja och kol. Befintlig kapacitet producerade cirka 2,8 TWh el under 1988 och 1989. Utnyttjningstiden var cirka 7 000 timmar.

Uppdelningen mellan ren ångproduktion och produktion av ånga för mottrycksgenerering av el är i denna PM gjord med antagandet att alfa är 0,3.

Det finns också en potential för konvertering till biobränslen utan elgenerering av de "direktprocesser" som idag förbrukar olja och gasol. Denna potential består huvudsakligen av mesaombränning, 1,2 TWh bränsle. Flingtorkning och papperstillverkning förbrukar ytterligare 0,2 TWh bränsle vardera. Den totala potentialen är således 1,6 TWh bränsle.

Den potential som kan anses teoretiskt möjlig för konvertering är således:

	Process- ångpannor	Mottrycks pannor ånga el		Direkt till process	Totalt
Olja	2,0	1,8	0,6	1,4	5,8
Kol	0,1	0,8	0,3	-	1,2
Gasol	-	-	-	0,2	0,2
El	1,6	-	-	-	1,6
Bark och flis	<u>6,0</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>6,0</u>
	9,7	2,6	0,9	1,6	14,8 TWh bränsle

Den teoretiska potentialen för konvertering till mottrycksproduktion motsvaras av $9,7 + 2,6 + 0,9 = 13,2$ TWh bränsle. Den teoretiska potentialen för konvertering till biobränslen utan elgenerering är ytterligare 1,6 TWh bränsle.

Praktisk potential

Arbetet med att beräkna den praktiska potentialen för respektive anläggning innehåller delvis samma moment som föregående beskrivning av den teoretiska potentialen.

Den praktiska potentialen är en del av respektive anläggnings energiförbrukning för ånggenerering. Topplasten måste mötas med processångpannor av bland annat reglertekniska orsaker och en del av bränsleförbrukningen utgörs av intern återvinning som ej kan konverteras. Den återstående energiförbrukningen måste ha en viss minimistorlek för att vara av intresse:

- Den topplast som bör tas av processångpannor uppskattas till 15 % av årsbehovet. I en parallell studie om kommunal kraftvärme antas att 30 % är sådan topplast. Energi som går direkt till processer motsvarar 7 % i genomsnitt. Liksom för bedömningen av den teoretiska potentialen ovan för den totala energiförbrukningen, måste vi här reducera varje anläggnings användning av bränsle som kommer från intern återvinning. Kraftsams underlag är i detta avseende inte lika detaljerat som Skogsindustriernas, men slutresultatet bedöms efter avstämning ändå som tillräckligt säkert.
- Storleken på respektive värmeunderlag efter reduktioner bör vara större än 132 GWh bränsle. Denna minimistorlek motsvarar en mottrycksanläggning som ger 20 MW ånga under 6 000 timmar per år.

Den praktiska potentialen enligt Kraftsams statistik visar sig vara 5,8 TWh bränsle i 19 anläggningar. För korrigerig med avseende på att statistiken endast omfattar 85 % av branschens energiförbrukning bör en viss uppräknig göras. Med tanke på att det sannolikt är i första hand de mindre anläggningarna som inte har besvarat Kraftsams enkäter, antas att värmeunderlaget endast ska räknas upp med 5 %. Slutresultatet blir då 6,0 TWh bränsle (5,4 TWh ånga) i 20 anläggningar. Om ny teknik för mottrycksgenerering kan åstadkomma

alfa = 1, blir även elgenereringen 5,4 TWh. Med totalverkningsgrad = 0,84 blir den totala bränsleförbrukningen i nya mottrycksanläggningar cirka 12,9 TWh.

Den genomsnittliga anläggningsstorleken är 45 MW processånga om man antar att utnyttjningstiden är 6 000 timmar. Storleksfördelningen är:

20 - 40 MW ånga	9 st	sammanlagt 1,4 TW ånga eller el
40 - 60 "	7 "	" 2,2 "
60 - "	4 "	" 1,8 "

Inom massa- och pappersindustrin finns även en potential för konvertering till biobränslen som går direkt till processen och därför inte ger möjlighet till samtidig elgenerering. Potentialen för denna konvertering är 1,6 TWh bränsle.

Förbrukningen av träd- och barkbränsle i skogsindustrin var cirka 7,2 TWh under 1988. Om biobränslen blir konkurrenskraftiga och får ett starkt ökat utnyttjande är det möjligt att det huvudsakligen är fossila bränslen som ersätts av ny mottryckskapacitet. Det totala potentiella behovet av biobränsle motsvarar med detta antagande:
 $12,9 + 1,6 + 7,2 = 21,7$ TWh bränsle.

Befintliga anläggningar för mottryck kan till större delen försörjas med lutar. Viss del av kapaciteten kommer att bytas ut av åldersskäl och kan då ersättas med VEGA.

ÖVRIG INDUSTRI

Övriga industri har mycket begränsad potential för mottrycksproduktion. Kraftsams enkätsvar från de industrier som förbrukar mer än 100 GWh bränsle är 88 st. Av dessa är 43 st massa- och pappersindustrier. Två industrier faller bort pga att de har en väsentlig del av sin försörjning från fjärrvärme och därför redan tagits med i den parallella utredningen om kraftvärmepotentialen. Resterande industrier beskrivs nedan.

Följande industrier passar inte för industriell mottrycksproduktion:

Kemisk industri	13 st
Jord och stenvaruindustri	4
Järn, stål och metallframställning	<u>15</u>
	32 st

De återstående elva industrierna är:

Järnmalmsbrytning	4 st	1,4
Livsmedel, dryck och tobak	3	0,5
Trävaruindustri	2	0,4
Verkstadsindustri	<u>2</u>	<u>0,4</u>
	11 st	2,7 TWh bränsle

Den praktiska potentialen för dessa industrier är svår att bedöma utan ytterligare analys av hur bränslena används m m. Det förefaller ändå helt säkert att den potentialen för industriell mottrycksproduktion är försumbar inom de industri typer som inte är massa- och pappersindustrier. Den värmeproduktion med biobränslen som kan komma att förverkligas för övrig industri behandlas ej i denna PM.

Pot:	
på 1	
Pot:	
på 7	
Samt	
BIO	
Aver	
Ripr	
Brän	
Tota	
Den	
BIO	
Dags	
ans	
brän	
San	
frans	
Kon	
Hel	
finst	
Pot	
invär	
virsk	
Skiv	

Jackie Bergman
Tomas Jonsson
Sture Gärdenäs
1992-04-14

Bilaga 3

TILLGÅNG OCH EFTERFRÅGAN PÅ BIOBRÄNSLE

(exkl massaindustrins lutar)

BRÄNSLETILLGÅNGAR

Den totala biobränslepotentialen på 2010-talet, efter ekologisk hänsyn, är beräknad till:

Avverkningsrester (inklusive brännved till villapannor)	35,1 TWh
Biprodukter från skogsindustrin (spån, bark)	18,1 TWh
Bränslen från åkermark (salix)	15,7 TWh
" (rörflen)	0,8 TWh
" (halm)	5,0 TWh
Totalt	74,7 TWh

Fördelningen på bränsleslag och geografiskt område framgår av figurerna 1 och 2.

Förutsättningar för beräkning av bränsletillgångarna år 2010 och källhänvisningar

Skogsbränsletillgångarna är beräknade av Skogsstyrelsen och är redovisade i "Energivirkesberäkningar 1989 (EVB 89)" samt i Stevs rapport "Regionala bioenergibalanser" 1989 : R17 som utgör underlag för utredningen "Ett miljöanpassat energisystem".

Mängden avverkningsrester är beräknade utifrån en årlig avverkning av industrived på 70 milj m³ sk (skogskubikmeter = hela stammen med bark) dvs i överensstämmelse med dagens nivå. Ekologisk hänsyn är tagen. Däremot finns inga ekonomiska restriktioner.

Brännved för användning i enskilda fastigheter förväntas utnyttjas i ungefär samma omfattning som idag.

Bilaga 3

Produktionen av biprodukter sker i huvudsak som idag med en blygsam ökning vid sågverk och massaindustri. Virkesimporten är i stort oförändrad, dvs 7 milj m³ fub (fast under bark)/år.

För jordbrukets bränslen är uppgifterna hämtade från Lantbruksstyrelsens PM 1991-04-05 och SLU Rapport 386.

Potentialen för energiskog bygger på en odlad areal på 310 000 ha och en medelproduktion på 11 tTS (ton torrsustans)/ha,år.

Potentialen för rörfen bygger på en odlad areal på 20 000 ha och med en medelproduktion på 7 tTS/ha,år.

Samtliga angivna bränslepotentialer för åkermark är osäkra.

BIOBRÄNSLEANVÄNDNING (1988)

Averkningsrester (inklusive brännved till villapanor)	17,9 TWh
Biprodukter från skogsindustrin (spån och bark)	15,0 TWh
Bränsle från åkermark	0,3 TWh
Totalt	33,2 TWh

Den regionala förbrukningen samt fördelningen på bränsleslag framgår av figur 3.

BIOBRÄNSLEANVÄNDNING 2010

Dagens användning av biobränslen är 33 TWh bränsle. Den potentiella tillkommande användningen av biobränslen för värme- och kraftvärmeproduktion år 2010 är 35 TWh bränsle. Motsvarande för massa- och pappersindustrin är 15 TWh bränsle.

Sammansättningen av denna potential, dagens användning och potentiell tillgång på bränslen framgår av figurerna 4 och 5.

Kommentarer

Heltäckande sammanställningar över regional biobränslekonsumtion finns inte. Däremot finns uppgifter på hur mycket biobränsle olika förbrukarkategorier använder.

Förbrukning av spån och bark i sågverken i landet är 6,4 TWh/år. Den regionala användningen av spån och bark för sågverkens egen bränslekonsumtion har baserats på virkesförbrukningen.

Skivindustrin och övrig industri använder 2,4 TWh enligt STEV ´s uppgifter.

Massaindustrin eldar 5,7 TWh bark och 1,5 TWh avverkningsrester.

Förbrukningen av brännved för uppvärmning av småhus uppgår till 12 TWh/år. Den regionala användningen har fördelats proportionellt mot virkestillgången i respektive region.

I fjärrvärmesektorn används 3,9 TWh. Uppgiften har hämtats i STEV 's rapport 1989:R17. Blockcentraler etc förbrukar 0,5 TWh biprodukter och 0,5 TWh avverkningsrester.

0,3 TWh energi hämtas från jordbruket. Den regionala fördelningen är uppskattad.

POTENTIAL FÖR YTTERLIGARE TILLGÅNG PÅ BIOBRÄNSLE

Avverkningsrester (inklusive brännved till villapannor)	17,2 TWh
Biprodukter från skogsindustrin (spån och bark)	3,1 TWh
Bränslen från åkermark (salix)	15,7 TWh
(rörflen)	0,8 TWh
(halm)	4,7 TWh
Totalt	41,5 TWh

Slutsatser

Utnyttjandet av energi från jordbruksmark (främst energiskog) och avverkningsrester från skogen kan öka väsentligt (ytterligare ca 36 TWh) enligt gjorda prognoser. För båda sortimenten råder emellertid betydande osäkerhet huruvida dessa kvantiteter kan produceras/levereras till rimliga priser. Att ta tillvara avverkningsrester från "det sista hygget" blir förmodligen en kostsam operation.

Industriella biprodukterna från skogsindustrin (spån och bark) är till stor del utnyttjade redan idag. Ytterligare 3 TWh finns.

I region 4 dvs Västsverige och 6 - Värmland - är den ointecknade bränsletillgången som högst. Även i östra Götaland - region 2 och 3 - finns det en betydande utnyttjad potential.

SKOGSTILLGÅNGAR OCH SKOGSBRÄNSLEPOTENTIAL I EUROPA

För denna PM har det bedömts som mest intressant att presentera biobränsle-potentialen för de baltiska staterna, Polen, Tjeckoslovakien samt EG-länderna.

Någon specifik sammanställning som berör bibränslepotentialen har inte påträffats i litteraturen utan grunddata från andra skrifter har nyttjas (Forest Potentials and Policy Implications: A Summary of a Study of Eastern and Western European Forests by the International Institute for Applied Systems Analysis, Nilsson).

Uppskattningen av skogsbränslepotentialen, som får anses mycket grov, utgår från den avverkade virkesvolymen (år 1987) för respektive land/område. Mängden avverkningsrester (toppar och grenar) och biprodukter (bark och spån) är beräknade utifrån antagna omräkningstal. (1 m³ virke ger 0.4 MWh avverkningsrester och 0.1 MWh biprodukter för avsalu).

	Baltikum	Polen	Tjeckosl	EG	Tot
Avverkning (milj m ³ /år)	19	27	21	109	
Avverkn rester (TWh/år)	7,6	10,8	8,4	43,6	
Biprodukter (TWh/år)	1,9	2,7	2,1	10,9	
Tot skogsbränsle potential (TWh/år)	9,5	13,5	10,5	54,5	88

Diskussion

Den avverkning som angivits ovan kan för flertalet länder /områden antas vara möjlig att uthålligt vidmakthålla eller till och med öka. För Polen och Teckoslovakien bedöms avverkningsnivån sjunka (pga problem med försurning och sänkt tillväxt).

Skogsbränsletillgångarna kan tänkas öka ytterligare. I vissa länder finns betydande arealer av skog som ej lämpar sig för industriellt utnyttjande (blandlövskogar i Baltikum, döda skogar i Östeuropa, klen gallringsskog som "saknar" industriell avsättning i Irland, U.K. och Danmark). Dessa tillgångar kan emellertid antas vara tillgängliga endast under en begränsad period.

Dagens användning av skogsbränsle i form av avverkningsrester och extern förbrukning av biprodukter (bark och spån) är mycket begränsad i de angivna länderna/områdena. Någon statistik finns dock inte upprättad.

Någon reduktion för ekologisk eller ekonomisk hänsyn vad gäller bränsletillgångarna har inte gjorts.

POTENTIAL I EUROPA FÖR BRÄNSLEN FRÅN JORDBRUKSMARK

I EG bedöms överskottsarealen vara mycket omfattande. 10 - 20 miljoner ha jordbruksmark nämns som omställbar. Om den ytan utnyttjas för energiproduktion skulle den ge cirka 500 TWh/år.

POTENTIAL FÖR BIOBRÄNSLEANVÄNDNING I USA

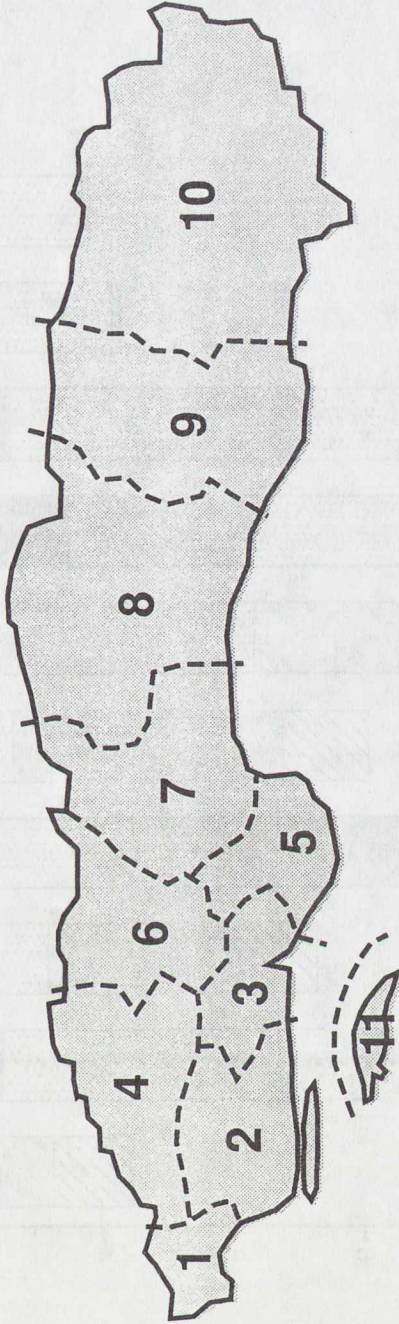
I USA finns (1987) 171 miljoner ha åker, 238 miljoner ha betesmark och 296 miljoner ha skogsmark (Sv skog 23 milj ha). 55% av skogsmarken ägs av privata. (Proceedings from "Energy from Biomass and Wastes" 1991). Under den senaste 30 års perioden har arealen åkermark ökat medan betesmarken har reducerats. Skogsmarksarealen förväntas öka. Det finns en betydande potential för energiskogsodling (forskare anser att 20 milj ha kan vara möjligt - för Sv nämns siffran 3-400 000 ha).

1987 avverkades i USA 521 milj m³ vike (Skogsstatistisk Årsbok 1990, Skogsstyrelsen) vilket betyder att det produceras uppskattningsvis ca 200 TWh avverkningsrester och 50 TWh industriella biprodukter för avsalu.

I rapporten "Electricity from Biomass", Department of Energy, redovisas biobränslepotentialen för USA. År 2000 stipulerar man att nästan 300 TWh biobränsle kommer att användas för elproduktion. Man bedömer att den siffran ökar till 600 TWh år 2010. I samma rapport anges att förgasningstekniken är en förutsättning för att biobränslen ska bli konkurrenskraftiga.

Sammanfattningsvis kan sägas att skogsbränsletillgångarna är betydande i USA (300 TWh/år). Energi producerad på åker och betesmark kan bli högst avsevärda (800TWh).

REGIONINDELNING



Bilaga 3

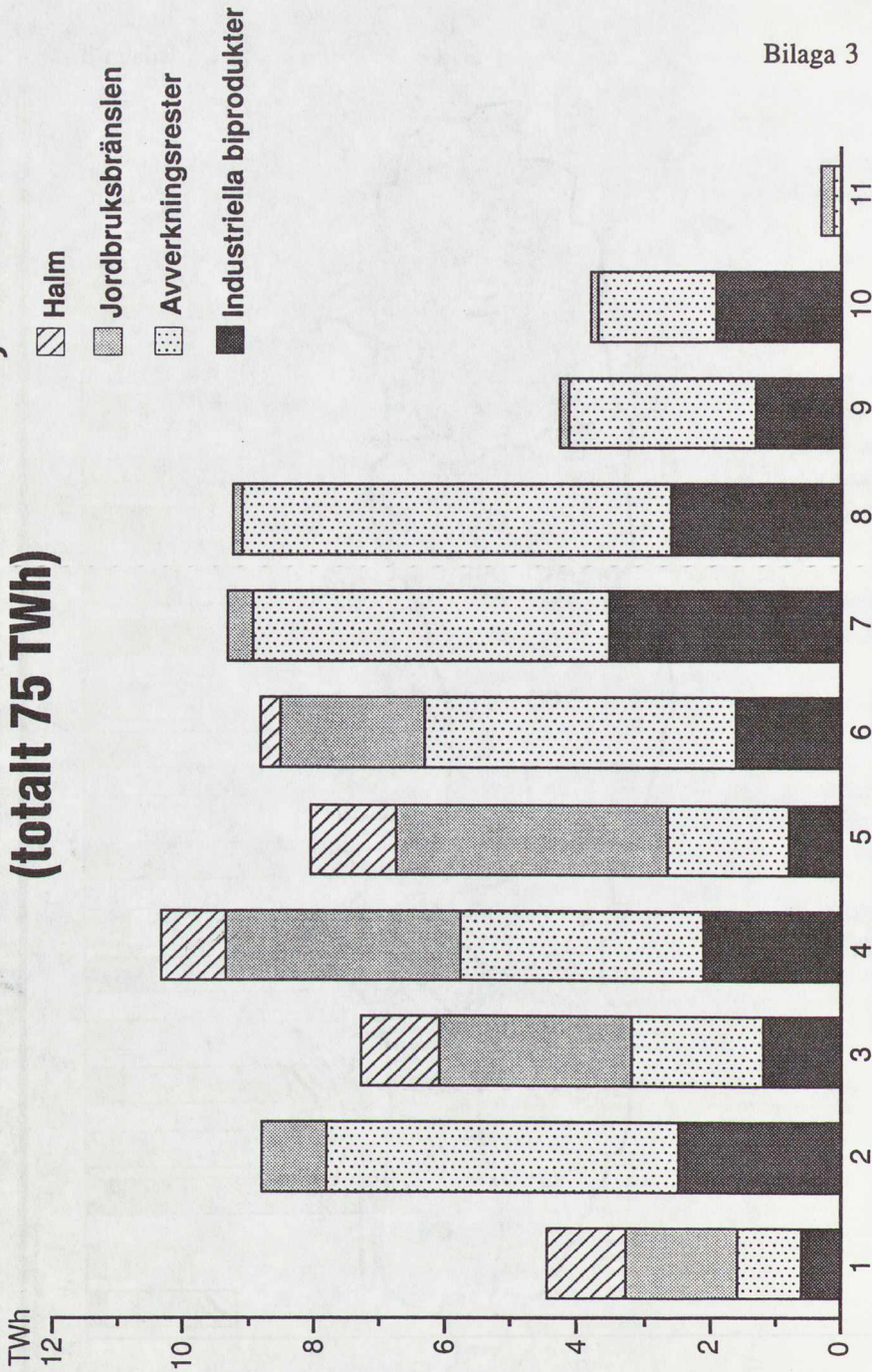
Fig 1

U:\LB\Ate\jkr-lln\6-U2003\26 sv\h\2003

BIOENERGI

VATTENFALL

POTENTIELL TILLGÅNG PÅ BIOBRÄNSLEN, ÅR 2010 (totalt 75 TWh)



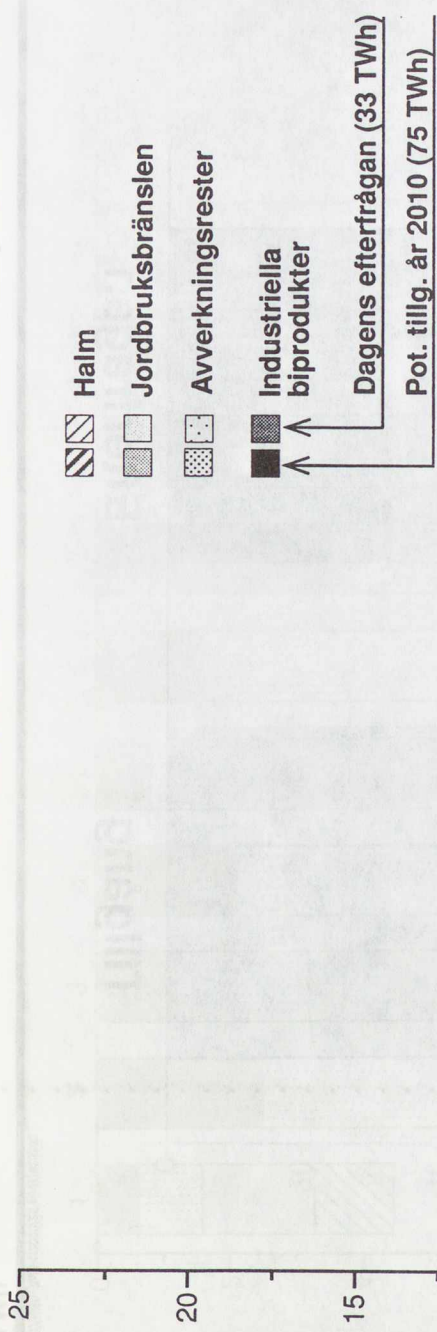
Bilaga 3

U-IB/Areför-lin(e-L200923 sv/wf)020003



POTENTIELL TILLGÅNG OCH EFTERFRÅGAN

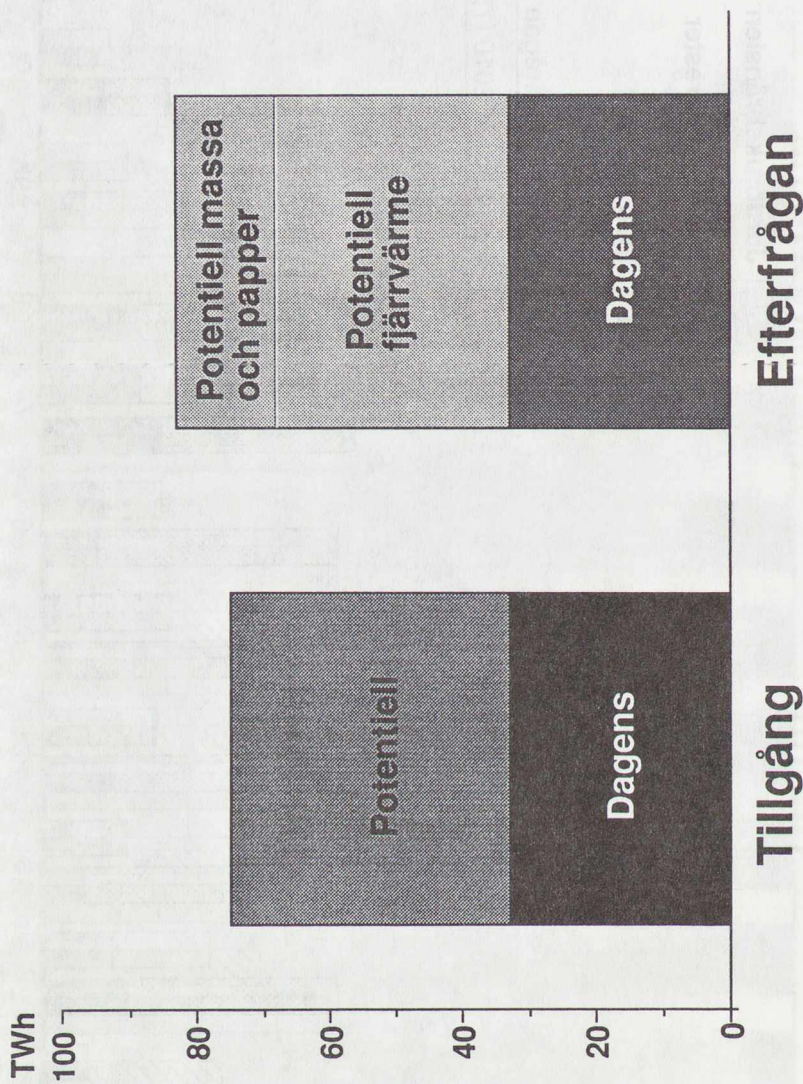
TWh



Bilaga 3

U.L.B./Anafjel/lin/c-L201002/24/c sw/1/020103

POTENTIELL TILLGÅNG OCH EFTERFRÅGAN, ÅR 2010



Bilaga 3

U:\B\A\elfin-line-L200325 s\WH\920303

BIOENERGI

VATTENFALL



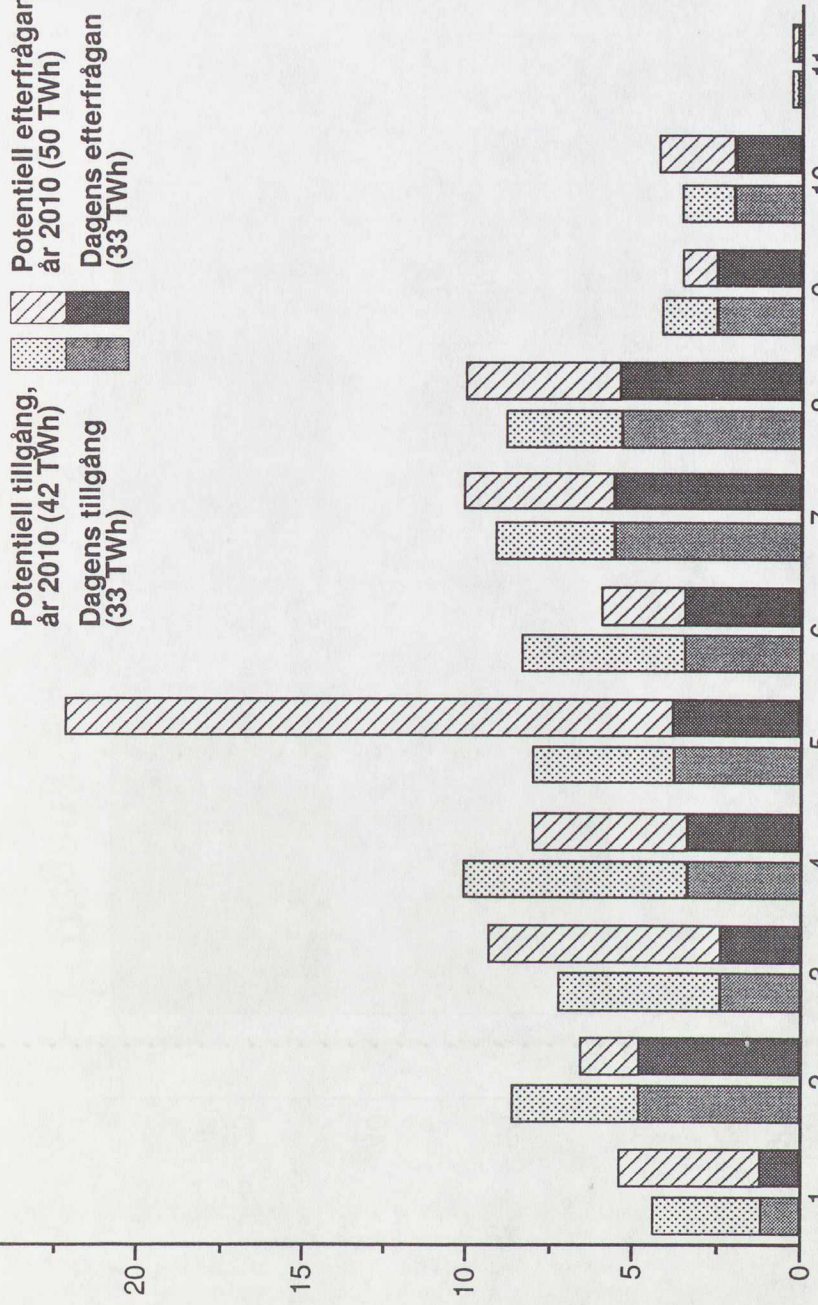
Fig 4

POTENTIELL TILLGÅNG OCH EFTERFRÅGAN, ÅR 2010

TWh
25
20
15
10
5
0

Potentiell tillgång,
år 2010 (42 TWh)
Dagens tillgång
(33 TWh)

Potentiell efterfrågan,
år 2010 (50 TWh)
Dagens efterfrågan
(33 TWh)




Bilaga 3

U-LE/Matjen-llrj6-U5003246 swV1920303

BIOENERGI



Fig 5

Uppdrag/Identifikation	Datum	Rapport nr
1247	1992-04-21	MKS-92/42
Titel och författare		
<p>Biobränslekommissionen</p> <p>UNDERLAGSRAPPORT EMISSIONER FRÅN TORVELDNING</p> <p><u>Jan Bergström</u></p>		
HUVUDINNEHÅLL		
<p>Miljökonserterna har på uppdrag av Biobränslekommissionen sammanställt tillgängligt underlag om emissionsdata vid torveldning. I huvudsak baseras sammanställningen på Statens Energiverks utredning om Torv Hälsa Miljö. Övrigt tillgängligt material inskränker sig i huvudsak till mätningar av stoft-, svavel- och kväveoxider inom ramen för anläggningarnas gällande kontrollprogram.</p>		
<p>Nyköping i april 1992</p>  <p>Jan Bergström</p>		

INNEHÅLL

		<u>Sid</u>
1	INLEDNING	3
2	TORVBRÄNSLET	4
2.1	Referensbränsle	7
2.2	Torvproduktion och hantering	8
3	ENERGIOMVANDLING UR FASTA BRÄNSLEN	10
3.1	Torvförbränning i Sverige	10
3.2	Anläggningstyper	11
3.3	Förgasning	12
4	BESTÄMMELSER OCH RIKTVÄRDEN FÖR UTSLÄPP	13
5	BEGRÄNSNING AV UTSLÄPPEN	15
5.1	Förbränningskontroll	15
5.2	Kväveoxider	17
5.3	Svavel	18
5.4	Stoft och spårelement	19
6	DAGENS UTSLÄPP	23

1992-04-21

1 INLEDNING

Biobränslekommissionen har uppdragit åt Miljökonsulterna att med ledning av dåvarande Statens Energiverks utredning (1985:2) av förbränningen av torvbränslen och de senare uppgifter som finns att tillgå sammanställa en underlagsrapport med emissionsdata för torveldning.

Energiverkets utredning som betecknas Torv Hälsa Miljö (THM) visade förhållandena i mitten av 80-talet då förväntningen om en väsentligt ökad torvförbränning fanns. I utredningen anges att torvanvändningen i början av 90-talet kan komma att uppgå till 5 TWh/år. Utbyggnaden av förbränningskapaciteten för att motsvara detta har också skett men bl a svavelskatten medför att torv nu används som huvudbränsle endast vid ett begränsat antal värmeverk. Torv som förstahandsbränsle ger endast 1 TWh värme för närvarande.

De undersökningsresultat som finns att tillgå från anläggningarna efter THM-utredningen inskränker sig till i huvudsak NO_x-begränsande insatser och mätningar av stoft, svavel och kväveoxider inom ramen för gällande kontrollprogram.

1992-04-21

2 TORVBRÄNSLET

Torvmarker som kan utnyttjas för att producera bränsle innehåller betydande mängder energi. THM beräknade tillgången betydligt större än 3 000 TWh. En storskalig användning av torv innebär att bränsle med mycket skilda egenskaper från miljösynpunkt kommer att användas.

Torven har bildats i syrefattig miljö genom inverkan av bakterier, svampar och kemiska föreningar på döda växtdelar. I torvmarkerna förekommer partier med skilda slag av torv. I mossar är huvudinslaget vitmossor och i kärr främst startorv. Torvens nedbrytningsgrad och ålder leder till skilda humifieringsgrad allt från nästan opåverkade växtdelar till fullständigt nedbruten substans som i stort sett saknar iakttagbara växtdelar.

Torvens värmevärde räknat på torr askfri substans varierar inom ett begränsat intervall 20-22 MJ/kg. Avgörande för torvbränslets värmevärde är därför fukthalt och askandel.

Anrikningen av svavel, metaller och kväve i torven karakteriserar dess egenskaper som bränsle. Dessa är mycket skilda för olika torvmarker.

I en del områden av Sverige förekommer generellt förhöjda svavelhalter i torven. Det kan bero på att i området föreligger:

- sulfidmineraliseringar i berggrunden,
- jordlagren innehåller lättvittrade svavelhaltiga alunskiffer,
- sulfidhaltiga leror.

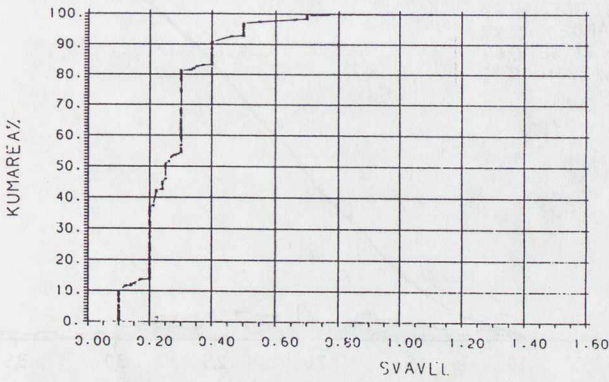
Svavelhalten är också beroende av torvmarkens bildningsmiljö och varierar i många fall avsevärt med läget i myren såväl i horisontal- som vertikalled.

Sedan THM-utredningen har Sveriges Geologiska Undersökningar kompletterat de genomförda undersökningarna om svavel i bränsletorv. Ytterligare 3643 ha torvtäcksareal har undersökts. Totalt representerar statistiken om svavel i torvbränsle nu 13 462 ha torvtäcksareal.

1992-04-21

De kompletterande undersökningarna innebär en obetydlig jämkning av aritmetiska medelvärdet för svavelhalten till 0.27 %. Standardavvikelse 0.14 %.

Svavelhaltens fördelning mot objektens kumaktiva areal framgår av figur 1.



Figur 1

Fördelning av svavel i torvsubstans mot kumulativ täcktsareal. (Svavel i bränsletorv SGU 1988.)

Varje analysvärde representeras av ett kryss i kurvan. Man kan då från kurvan se att många värden är avrundade till en tiondels procentenhet.

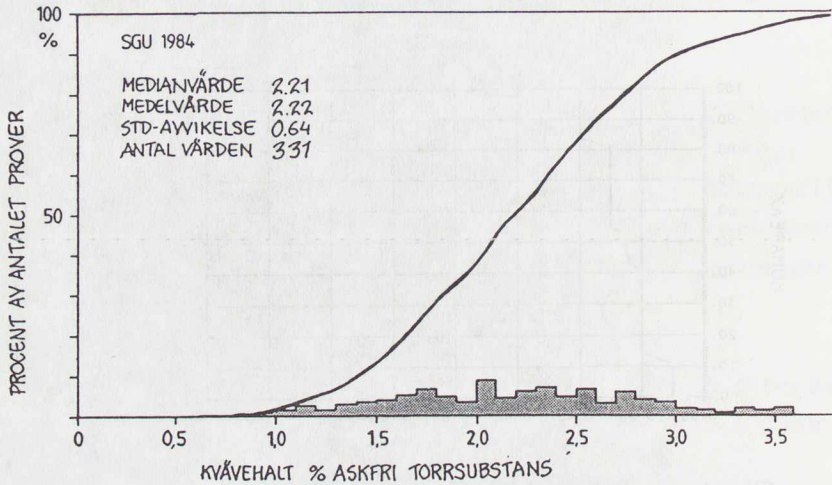
Att dra några slutgiltiga slutsatser om hur mycket torvbränsle som kommer att vara över eller under ett specifikt svavelhalt är knappast meningsfullt med hänsyn till de fel som mätvärdena innehåller.

Utgår man ifrån ett gränsvärde för svavelutsläpp på 0.10 g s/MJ motsvarar detta en svavelhalt i torven på ca 0.20 %. Svensk standard för svavelbestämning i biobränslen tillåter en avvikelse mellan 2 olika laboratorier på ± 0.10 procentenheter.

Då kan man ur kurvan utläsa att i sämsta fall kommer ca 5 % av landets torvtäckter vara under gränsvärdet och i bästa fall klaras gränsvärdet av ca 70 % av täckterna.

1992-04-21

Kväve i bränslet påverkar det NO_x -utsläpp som uppstår vid förbränningen. Kväve i torv härstammar främst från växternas proteiner. Detta kväve anrikas under torvbildningen och leder till ett stort intervall i torvens kvävehalter, figur 2 visar detta.



Figur 2

Kvävehalter (Kjeldahl) i lövkärrtorv/starrtorv från hela Sverige.

Spårelement och tungmetaller finns också anrikad i torvmarkerna. Torven har som de flesta humushaltiga jordarterna stor förmåga att absorbera spårelement. Ofta är halten direkt korrelerad till humifieringsgraden d v s metallhalten stiger med ökande humushalt i torven.

Betingelser för anrikningen av spårelementen är mycket komplexa och kan variera kraftigt inom en myr och mellan olika myrar. Därför är variationen av olika tungmetaller mycket stor såväl horisontellt och vertikalt. Endast genom representativ provtagning i en torvtäkt kan bränslets spårelementhalter anges. Förekomsten av spårelement i de svenska torvmarkerna sannolika för bränsleproduktion redovisas i tabell 1, hämtad från THM.

Tabell 1

Spår-elementhalter i svenska torvmarker. Analyser av 154 generalprov.

		Medianvärde µg/MJ vid 6% aska och 21 MJ/kg torrsub- stans	
Arsenik	As	60	
Kadmium	Cd	6	
Kobolt	Co	90	
Krom	Cr	290	
Koppar	Cu	570	
Kvicksilver	Hg	0,6	<i>Omräkningsfaktor</i>
Molybden	Mo	100	
Nickel	Ni	240	1 µg/MJ motsvarar
Bly	Pb	100	ca 0,02 ppm av
Rubidium	Rb	100	torrsubstans
Strontium	Sr	1 470	
Torium	Th	100	
Uran	U	100	
Vanadin	V	280	
Zink	Zn	480	
Wolfram	W	30	

2.1 Referensbränsle

Torv är inte ett enhetligt bränsle. Variationerna är stora vad gäller både värmevärde, fukthalt, aska, svavel, kväve och spår-element. THM har därför valt ett referensbränsle byggt på ett subjektivt vägt medelvärde från analyser på samma sätt som KHM valde ett referenskol. Tabell 2 visar huvudsammansättningen och tabell 3 dess spår-element.

1992-04-21

Tabell 2 och 3

Referensbränsle – torv

Fukthalt ^a	%	0	15 ¹	40 ²	50 ¹
Värmevärde effektivt					
MJ/kg (inkl. aska)		21	17,5	11,5	9,2
Askhalt ^b	%	6			
Svavelhalt ^b	%	0,25			
Flyktiga beståndsdelar ^b	%	67			
Kolhalt ^c	%	58			
Vätehalt ^c	%	6			
Syrehalt ^c	%	34			
Svavelhalt ^c	%	0,26			
Kvävehalt ^c	%	1,5			

Spårelementhalter

Kolumn A. THM referenstorvbränsle
 " B. Medianvärde i generalprover från 154 myrar avsedda för torvbränsleproduktion.
 " C. Referenskol i projekt Kol-Hälsa-Miljö (KHM)

Element		A	B	C
		THM referenstorvbränsle	Generalprov Medianvärde	KHM referenskol
		µg/MJ	µg/MJ	µg/MJ
Arsenik	As	(2,2) 105	60	150
Beryllium	Be	(0,2) 10	–	40
Kadmium	Cd	(0,2) 10	6	10
Kobolt	Co	(1,7) 80	90	150
Krom	Cr	(6,0) 285	290	400
Koppar	Cu	(11,0) 525	570	400
Kviksilver	Hg	(0,06) 3	0,6	4
Nickel	Ni	(5,0) 240	240	400
Bly	Pb	(5,0) 240	100	500
Selen	Se	(1,0) 50	–	60
Torium	Th	(2,0) 95	100	120
Uran	U	(2,5) 120	100	50
Vanadin	V	(5,0) 240	280	900
Zink	Zn	(10,0) 475	480	1000

^a Procent av totalvikt^b Viktprocent av torvsubstans (inkl aska)^c Viktprocent av brännbar substans¹ Avser briketter och pellets² Avser stycketorv³ Avser frästorv

Anm. Kolumn A. Värderna inom parentes är haltangivelser i ppm av torvsubstans. Dessa har omräknats till µg/MJ med referenstorvens effektiva värmevärde 21 MJ/kg torvsubstans.

2.2 Torvproduktion och hantering

Torvtäkten som öppnas för bränsleproduktion planeras för många års användning. Under produktionsåren frilägg torven successivt, vanligen med frästorv eller stycketorvmetoder. Torven torkas av sol och vind på fältet från 80–85 % fukthalt ner till 35–50 % fukthalt. Dessa ytutvinningsmetoder är starkt påverkade av väderleksförhållandena.

Vid Uppsalas torvtäkt i Sveg har man utvecklat och byggt upp ett torkningsförfarande för torven som minskar väderberoendet.

1992-04-21

Torvtransporterna sker till anläggningen med järnväg eller vanligen med lastbil.

Mottagningsstationer, lagring och bränsleberedning vid anläggningarna är individuellt utformade. Torvhanteringen kan i en del arbetsmoment leda till höga dammhalter. Vattenbegjutning och slutna transportsystem anpassas individuellt för att undvika olägenheter, brandrisker och dammexplosioner.

1992-04-21

3 ENERGIOMVANDLING UR FASTA BRÄNSLEN

De tekniker som finns att tillgå för att omvandla den bundna energin i fasta bränslen är principiellt de samma oavsett bränsle. Den kemiskt bundna energin är lagrad främst i kolvätebindningen i bränslet. Fasta bränslen rangordnas energimässigt efter ålder, biobränsle, torv, brunskol och stenskol. Med åldern ökar värmevärdet med bundet kol och väte. Syrehalten i bränslet minskar liksom dess andel flyktiga beståndsdelar.

Förbränningsreaktionerna är snabba oxidationsreaktioner med syre, vanligen hämtad ur luft. De omvandlar kemiskt bunden energi till värme i förbränningsgasen. Denna värme överförs i pannan till vatten som hetvatten eller ånga. Förbränningen sker i steg. Bränslet uppvärms, torkar och därefter avdrivs flyktiga kolväten som antänds och brinner. Den sista resten av bränslet utgörs av kol som långsamt brinner färdigt.

Vid förgasning väljer man att låta torkning och avdrivning av kolväten ske i en så gott som syrefri atmosfär. Man eftersträvar att skapa maximal mängd brännbar gas i minsta möjliga syrefria gasvolym. Ofta låter man luftens syre bränna upp kolresten i bränslet. Så sker i motströms förgasare. Man väljer en luftmängd som ger det syre som behövs för att utveckla den värmemängd som fordras för att förånga fukten och förgasa bränslets organiska substans. Den bränningsgas som lämnar förgasaren innehåller huvuddelen av bränslets energi i kemiskt bunden form. Bränningsgasen eldas i direkt anslutna brännare eller kan kylas och avfuktas för att transporteras till separat förbränning. Förgasningen i synnerhet men också förbränningen ger upphov till en mycket stor mängd organiska föreningar som inte finns i bränslet. Förutom kolmonoxid, väte och lätta kolväten som metan, etan, propan uppstår organiska föreningar med hög kokpunkt som kondenserar vid kylning av gasen. Dessa brukar kallas tjära och innehåller ett mycket stort antal bl a aromatiska kolväten och substituerade aromatiska föreningar med klor, svavel och kväve.

3.1 Torvförbränning i Sverige

Det var 1990, 17 st värmeverk som har torv som första bränsle. Totalt förbrukade de torv motsvarande 1 TWh värme. Ytterligare ett antal anläggningar använder torv periodvis eller tillsammans med andra bränslen. Den totala

1992-04-21

torvförbrukningen motsvarar 2.6 TWh. I huvudsak svarar värmeverken för torvanvändningen.

3.2 Anläggningstyper

Torv eldas i tre typer av förbränningsanordningar. De är pulvereldning, förbränning i rosterugnar och i fluidiserade bäddar (FB).

Pulvereldning sker enbart i två anläggningar, Uppsala och Jönköping, men de har stor energiproduktion och är därför betydelsefulla. Uppsala producerade 1990, 550 GWh genom torveldning. Båda anläggningarna är konverterade från kolpulvereldning. Pulvereldning kan ske med god förbränningskvalitet, låga luftöverskott och därmed hög verkningsgrad. Att pulvereldning främst sker i stora anläggningar är knutet till kostnaderna för utrustning och drift av torknings- och malningsutrustningen av torven.

Rosteldningen är gammal teknik som förbättrats så att hög driftsäkerhet och god funktion uppnås. Rostugnen finns i alla storlekar och särskiljs genom att hur bränslet tillförs rosten och hur den är utformad. Det finns både fasta och rörliga roster, horisontella och lutande. Några olika rostertyper beskrivs i bilaga 1.

Rostens uppgift är att transportera bränslet så att det torkar och förbrinner och så att askan matas ut. För de minsta anläggningarna med fasta roster måste uraskningen ske manuellt. Rosten svarar också för att fördela förbränningsluften. Huvuddelen av förbränningsluften – primärluften – tillförs genom rosten. Rosten är indelad i zoner för torkning, förbränning och slutförbränning. Primärluftens fördelning till de olika rosterzonerna ställs in ofta manuellt, beroende på den aktuella bränslekvaliteten. Tillförsel av sekundär och eventuellt tertiärluft – i eldstaden ovan rosten har avgörande betydelse för utbränning av partiklar och gaser.

Rosteldningstekniken är känd för sin goda drifttillgänglighet och sin robusta uppbyggnad. Driftstörningar härrör sig sällan från själva rosten utan, beror oftast på utomliggande system, bränslehantering, rökgasrening och transport av restprodukter.

1992-04-21

Två typer av fluidicerade bäddar används vid torveldning, den bubblande och den cirkulerande fluidicerade bädden (CFB). En kort beskrivning av de båda teknikerna ges i bilaga 2. Temperaturen i bädden vid fluidicerad förbränning är inom intervallet 800–900°C. Denna relativt låga temperatur är gynnsam ur emissionssynpunkt vad gäller kväveoxider. Genom att tillsätta kalksten till bädden avskiljs betydande andel av svavlet i torven.

3.3 Förgasning

Förgasningstekniken är idag under aktiv utveckling. Den mest betydelsefulla utvecklingslinjen innebär att gasen förbränns i en gasturbin eller i en förbränningsmotor. Båda dessa tillämpningar medger att elproduktion sker med högre elverkningsgrad än vid konventionell ångcykel.

För att bli effektiva kommer i sådana anläggningar förgasningen sannolikt att ske under tryck. De kommer också att kräva rening av gasen före förbränningen.

Förgasning vid atmosfärstryck och med direkt förbränning utan mellanliggande rening av gasen är idag kommersiell teknik men det finns endast en liten motströmsförgasare som delvis utnyttjar torv som bränsle.

1992-04-21-21

4 BESTÄMMELSER OCH RIKTVÄRDEN FÖR UTSLÄPP

Torveldade förbränningsanläggningar prövas enligt miljöskyddslagen. Anläggningar mindre än 10 MW är inte prövningspliktiga utan anmälan sker till kommunen. Anläggningar mellan 10–200 MW prövas av länsstyrelsen. Det innebär att de flesta anläggningar har individuella tillstånd och villkor som kan skilja betydande genom regionala överväganden. Endast de största anläggningarna har prövats av koncessionsnämnden för miljöskydd.

För torveldning gäller svavellagen. Den innebär för närvarande att svavelutsläppet inte får överstiga 190 mg/MJ bränsle.

Naturvårdsverkets riktvärden för stoftutsläpp är underlag för bedömningen vid den individuella prövningen. De är inte specifika för torvbränsle.

Riktvärden för stoftutsläpp (mg/m³ n torr gas 13 % CO₂)

	Anläggning 0,5–3 MW	Anläggning 3–10 MW	Anläggning > 10 MW
Tätort 1987–1990	250	100	35
Tätort från 1991	100	100	35
Utom tätort	350	350	35

Riksdagen angav 1991 riktlinjer för kväveoxidutsläpp framgent.

* Riktlinjerna är inte bränslespecifika utom för kol. De sammanfattas i följande tabell.

1992-04-21

Riktlinjer för kväveoxidutsläpp

Nyanläggningar hela landet

– anläggningar över 500 MW	30 mg NO _x /MJ
– övriga koleldade anläggningar	50 mg NO _x /MJ
– övriga anläggningar med ett utsläpp över 300 ton NO _x /år	10–100 mg NO _x /MJ
– övriga anläggningar	100–200 mg NO _x /MJ

*Befintliga anläggningar med undantag av anläggningar i S, U, W, Y, Z, AC och BD län.**Fr o m den 1 januari 1995*

– anläggningar med utsläpp över 600 ton NO _x /år	50–100 mg NO _x /MJ
– övriga anläggningar	100–200 mg NO _x /MJ

För torveldningen finns inga generella begränsningar av oförbränt kolmonoxid eller organiska mikroföroreningar. Inte heller metallutsläppen begränsas av generella riktlinjer. Enskilda anläggningar har i några fall ålagts begränsningar vid prövningen enligt miljöskyddslagen.

1992-04-21

5 BEGRÄNSNING AV UTSLÄPPEN

Torveldningen innebär att rökgaserna som lämnar ugnen innehåller stoftpartiklar av så stor mängd att de alltid måste avskiljas. Denna flygaska innehåller också de tungmetaller som finns i torven.

Bränslets svavel avgår till dominerande del som SO_2 i rökgasen i det fall man inte vidtar åtgärder för att binda svavlet. Torvens kväve ger upphov till kväveoxider i rökgasen och vid pulvereldning ger också förbränningsluftens kväve och syre ett bidrag till av kväveoxider.

Förbränningen är inte så fullständig att man undgår mätbara mängder av kolmonoxid och organiska mikroföroreningar i rökgasen. För alla dessa föroreningar finns hjälpmedel och teknik att begränsa utsläppen till den nivå som samhället fastställer för anläggningen och därmed är berett att betala för energin.

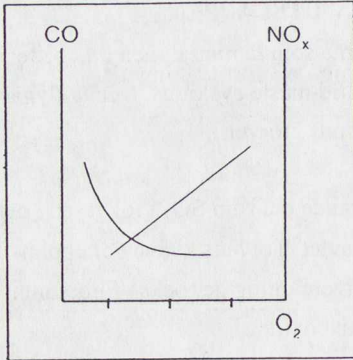
5.1 Förbränningskontroll

Dagens torveldning har inga generella krav eller riktlinjer som innebär att kontrollerad förbränning ur miljösynpunkt fordras. För de flesta anläggningar är det ekonomiskt optimerad drift som gäller.

Genom den miljöavgift på utsläpp av kväveoxider som införts 1992 kommer emellertid samtliga pannheter med mer än 10 MW bränsleeffekt att förses med fungerande mätsystem som gör det möjligt att mäta, styra och reglera förbränningen. Avgiften ger ett tydligt incitament för att optimera förbränningen till låga NO_x -utsläpp och det kommer säkert att ge resultat. Avsaknaden av begränsningar i den halt CO och organiska föreningar som anläggningen kan drivas med kan dock innebära att dessa utsläpp ökar.

Det beror på den generella motsättning som råder mellan NO_x och CO som båda är funktion av luftöverskott. Figur 3 visar att ett minskat NO_x -utsläpp kan erhållas genom att minska luftöverskottet.

1992-04-21



Figur 3

CO- och NO_x-halter som funktion av O₂-halt.

Minskat luftöverskott leder emellertid också till ökat utsläpp av CO och därmed organiska föroreningar. Väljer man för en anläggning ett ekonomiskt optimerat energiuutnyttjande och minimera utsläppet av kväveoxider kan utsläppet av CO bli på nivån över 1 000 ppm. Det innebär ur miljösynpunkt en dålig förbränningskvalitet.

Torveldade anläggningar mindre än 10 MW har vanligen endast mätning av O₂-halt. Luftflödena mäts ibland men förbränningskontrollen är begränsad.

Utsläppet av organiska mikroföroreningar är inte styrt av bränslet utan avgörande är förbränningskvaliteten. Följande tabell visar skillnaden mellan utsläpp av några föreningar och ämnesgrupper vid kontrollerad och dålig förbränning. Förekomsten av klorerade föreningar i rökgasen är givetvis beroende av bränslets klorhalt.

1992-04-21

Utsläpp av några typer av organiska föreningar.

	Kontrollerad Förbränning	Dålig förbränning	Enhet
CO	10	900	mg/MJ
Bensen	5	7000	µg/MJ
Naftalen	<1	2500	"
PAH	0.1	1200	"
Klorerade aromater	<0.1	5	"

Referens KHM TR:56.

Jämförelsen mellan bra och dålig förbränning i tabellen avser inte att redovisa absoluta värden. Varje anläggning har ett mycket brett intervall av föroreningar beroende på driftsätt vid mättillfället.

Genomgående är utsläppet oberoende av anläggningsstorlek. Den stora anläggningen med omfattande och tillräcklig utrustning för mätning, styrning och reglering uppvisar emellertid liten frekvens av tillfällena med dålig förbränning jämfört med den lilla anläggningen vars drift är helt beroende av operatörsinsatserna.

5.2 Kväveoxider

Vid förbränningen bildas kväveoxider (NO_x) i form av främst kväveoxid (NO). En liten andel vanligen mindre än 5 % är kvävedioxid (NO_2). Dessa benämns NO_x och beräknas som NO_2 då utsläppen anges. Utöver dessa kväveoxider finns mätbara mängder av ytterligare ett antal kväveoxider i rökgasen t ex lustgas (N_2O).

Kväveoxider bildas vid all förbränning. Vanligen skiljer man på tre bildningsvägar:

- Termisk NO_x bildas ur förbränningsluftens kväve. Styrande parametrar är temperatur och luftöverskott.
- Bränsle NO_x bildas ur det kväve som finns i bränslet. Luftöverskottet och uppehållstider är de parametrar som styr bildningen.

1992-04-21

- Prompt NO_x bildas då luftens kväve reagerar med bränslets flyktiga beståndsdelar. Andelen prompt NO_x har liten betydelse.

Erfarenhetsmässigt kan man förutsäga nivån på NO_x-utsläppet för varje bränsle- och eldningsteknik. Det är inte för närvarande möjligt att exakt beräkna utsläppet på grund av de många påverkande faktorerna. Viktiga sådana är bränslesammansättning, temperatur, uppehållstid och luftöverskott.

De högsta uppmätta NO_x-utsläppen från torveldning brukar uppstå vid pulvereldning. Utsläppsnivåer i intervallet 200–400 mg/MJ har redovisats. För rosteldade och FB-anläggningar är motsvarande utsläpp i intervallet 50–250 mg/MJ tillfört bränsle. Det gäller innan aktiva insatser genomförts för att minska utsläppen genom driftoptimering och förbränningstekniska åtgärder.

För att säkerställa utsläppsnivåer lägre än 100 mg/MJ är det i de flesta anläggningar nödvändigt att införa dosering av urea eller ammoniak i eldstaden eller externa reningsmetoder som selektiv katalytisk rening (SCR).

5.3 Svavel

Mängden svaveloxider som bildas är till största delen beroende av svavelhalten och hur svavlet är bundet i torven. Askhalten och sammansättningen får också betydelse för hur mycket svavel som binds i askan. Svavelbindningen i askan kan uppgå till 15 % av svavelmängden.

För rosteldade anläggningar ger kalktillsats med bränslet begränsad effekt medan kalkstenstillsats i FB-pannor ger mycket god effekt och upp till 90 % av svavlet kan bindas. Kalkstenen behöver tillsättas med överskott och låga svavelutsläpp ökar därmed den mängd restprodukter som uppstår. Det är dock marginella transportmängder men leder till ökat deponibehov av restprodukter.

För pulvereldning och rosteldning ger torvens svavelhalt en direkt relation till utsläppet av svaveldioxid så vitt inte rökgasavsvavling utnyttjas. Rökgasavsvavling med kalkslurry i våta eller våttorra system är kommersiell teknik, men tillämpas främst för koleldning. Det våttorra systemet innebär att kalkslurry doseras till rökgasen med en anpassad vattenmängd så att rökgasen

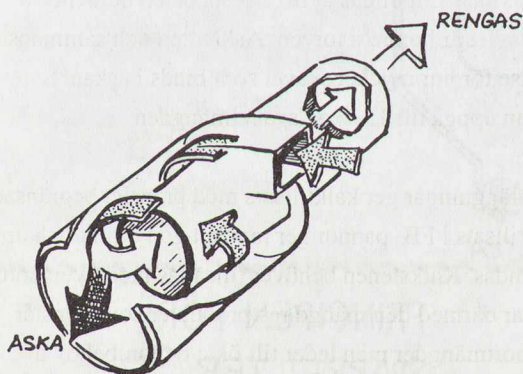
förmår förånga allt vatten. Reaktionsprodukterna avskiljs därefter som torra partiklar i elektrofilter eller textilt spärrfilter.

5.4 Stoft och spårelement

Utsläppet av stoft från torveldning beror huvudsakligen på valet och dimensioneringen av utrustningen för stoftavskiljning. Eftersom alla tungmetaller utom kvicksilver avskiljs som partiklar eller är bundna till partiklar blir för dessa utsläppen direkt beroende av förekomsten i torven och stoftutsläppet.

Stoftavskiljningen sker i dagens anläggningar i tre skilda typer av utrustningar beroende av anläggningsstorlek och kravnivå.

Cykloner är den enklaste typen av stoftavskiljare som fortfarande används i små anläggningar. Cyklonen utnyttjar dynamiska krafter för avskiljning av fasta partiklar. Trots optimering av cyklonkonstruktionen är avskiljningsgraden i cykloner dålig för partiklar mindre än 5 μm . Avgörande för avskiljningsgraden är halten flygaska i rökgasen och rågasstoftets partikelstorlek.



PRINCIPEN FÖR CYKLON

Figur 4

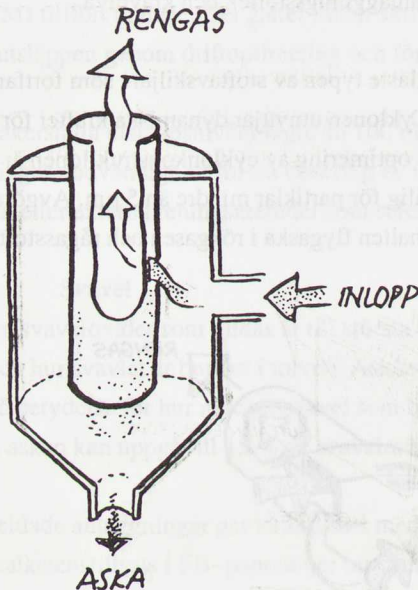
Principen för cyklon.

För att förbättra avskiljningen arrangeras batterier med cykloner med liten diameter. Dessa avskiljare kallas småcyklonaggregat eller multicykloner beroende på tillverkare.

De ger i många fall stoftutsläpp större än 175 mg/MJ tillfört bränsle och kan vid sotning och andra driftstörningar ge mer än tiofalt högre stoftutsläpp.

Spärrfilter har under senare år installerats vid fastbränslecdade anläggningar i en ökad omfattning. Det finns flera skäl till detta.

- hög avskiljningsgrad, även för partiklar mindre än 2 μm ,
- partikelavskiljningen är oberoende av belastningen.



PRINCIPEN FÖR SPÄRRFILTER

Figur 5

Principen för spärrfilter.

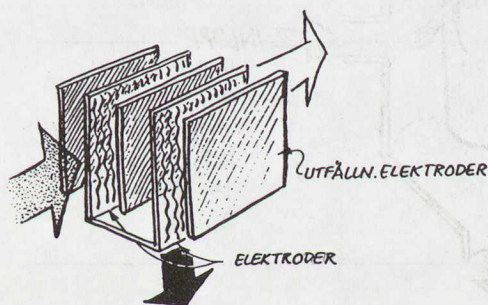
Eftersom textilmaterialet är känsligt för höga temperaturer, erosion och rök-
gasens syrainnehåll måste ständig uppmärksamhet ägnas åt eventuella textil-
skador som i regel föranleder kraftiga utsläppsökningar. Vid fungerande
textilfilter kommer stofthalten att ligga under 15 mg/MJ tillfört bränsle.

De kan med framgång användas vid alla anläggningar med god förbränningskontroll.

Elektrofilter har sedan många år använts för rening av rökgaser från fastbränsleeldade anläggningar och då även torvledade anläggningar. Elektrofilter har mycket hög driftsäkerhet. Elektrofilter kan dimensioneras för en stofthalt i rengasen lägre än 15 mg/MJ tillfört bränsle.

Stoftutsläppet varierar med pannbelastning, bränslekvalitet, panntyp, driftsätt och hur elektrofilter är dimensionerat.

Flygaska från torveldning är lättare att avskilja än flygaska från koleldning. Därtill är stofthalten i rågasen mindre. Från dimensioneringssynpunkt innebär detta att filtret kan göras betydligt mindre för torv än för kol vid samma utsläppskrav.



PRINCIPEN FÖR ELFILTER.

Figur 6

Principen för elfilter.

Emissionen av spårelement är beroende av halten i torven, varje ämnes benägenhet att förångas, förbränningsmetod och stoftavskiljning. Förångningen medför även att en anrikning av ämnet sker på mindre stoftpartiklar genom att ångan kondenserar under rökgasens kylning. Denna anrikning av spårelement på de mindre partiklarna har verifierats.

1992-04-21

Resultatet från THM-mätningarna tyder på att det förutom för kvicksilver och halogenerna sker en avskiljning av spårelement i stoftavskiljningsutrustningen som i stort sett motsvarar totalavskiljningsgraden för stoft.

Kvicksilver avskiljs i varierande grad mellan 0 och 50 % i stoftavskiljningsutrustningen beroende bl a på stoftavskiljningsgraden. Vid anläggningar med textila spårfilter kan avskiljningen av kvicksilver bli bättre genom adsorption på aktiva ytor i stoftet.

Spridningsintervallet för metallutsläppet är mycket stort, tabellen nedan ger dock typvärden för torveldning vid olika stoftutsläpp.

Tabell 3

Metallutsläpp, µg/MJ.

Metall	Cyklonavskiljare Utsläppsnivå 200 mg/MJ	Elfilter, spårfilter Utsläppsnivå 55 mg/MJ
Arsenik	120	9-35
Kadmium	19	0.2-3
Krom	30	4-5
Nickel	6	0.7-6
Bly	1180	19-174
Kvicksilver	5	2

1992-04-21

6 DAGENS UTSLÄPP

Många av de anläggningar som använder torv idag gör det som bränsle-blandningar främst med biobränsle. De utsläpp som därmed uppstår i rökgasen är helt beroende av bränsleblandningen och ger ingen information om torveldningen i sig.

Uppdateringen av torveldningen visar att förhållandena i det närmaste är desamma som redovisas i THM 1985. Pulver- och rosteldade anläggningar ger upphov till det svavelutsläpp som motsvarar torvens svavelhalt med en mindre bindning av svavel i askan.

Utsläppet av kväveoxider bearbetas nu med kraft och de mätvärden som finns från 1991 är sannolikt reducerade idag genom att NO_x-avgiften införts.

Stoftutsläppet är helt beroende av den utrustning som finns installerad.

Tabell 4 visar en sammanställning av mätdata från genomförda mätningar under 1990 och 1991 för några torveldade anläggningar.

Tabell 4

	Torvförbrukning 1990 GWh	Mätresultat från senaste periodiska besiktning och mätkampanjer			
		CO ₂ % tg	Stoft	Svavel mg/MJ	Kväveoxider (NO ₂) mg/MJ
Rost	Endast prov	12-16	--	96	145-340
CFB	30	12.8	20	107	130
CFB	2	14.3	2	49	58
FB	92	14.1	--	71	136
FB	49	15.2	<1	60	150
FB	41	11.5	--	70	240
Pulver	550	15.2	0.6	93	213
Pulver	65	15.7	8	131	190

Utsläppet av organiska föroreningar finns inte redovisat i någon mät rapport som vi tagit del av under de senaste åren. Därför kan inte utsläppen redovisas.

1992-04-21

En uppskattning blir också helt individuell för varje anläggning.

Avgörande är, hur stor är frekvensen av okontrollerad förbränning. Det är sannolikt att små och obemannade anläggningar ger väsentligt större utsläpp men det kan inte dokumenteras. Ett exempel på betydelsen av kortvariga driftstörning eller tillfälliga utsläpp ges i följande tabell. 1 % av drifttidens med dålig förbränning kan öka medelutsläppet av tex naftalen 100 gånger.

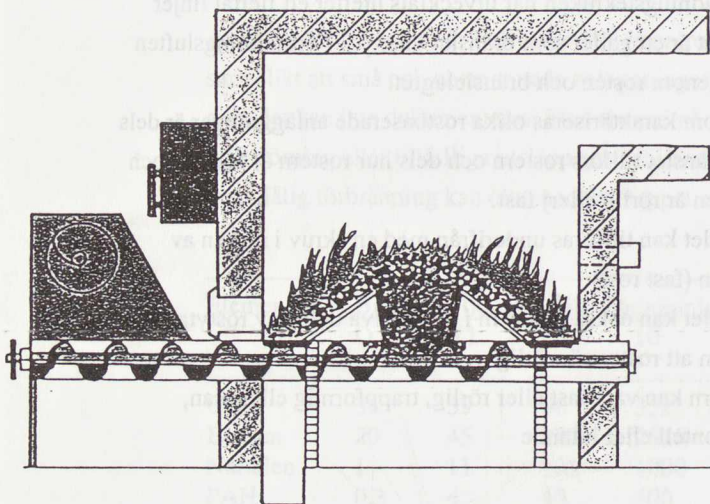
Element	Bidrag av tid med dålig förbränning %				Enhet
	0	0.1	1	10	
CO	36	39	68	352	kg/GWh
Bensen	20	45	270	2518	g/GWh
Naftalen	1	11	101	1000	"
PAH	0.3	4	40	400	"

1992-04-21

ROSTELDNING

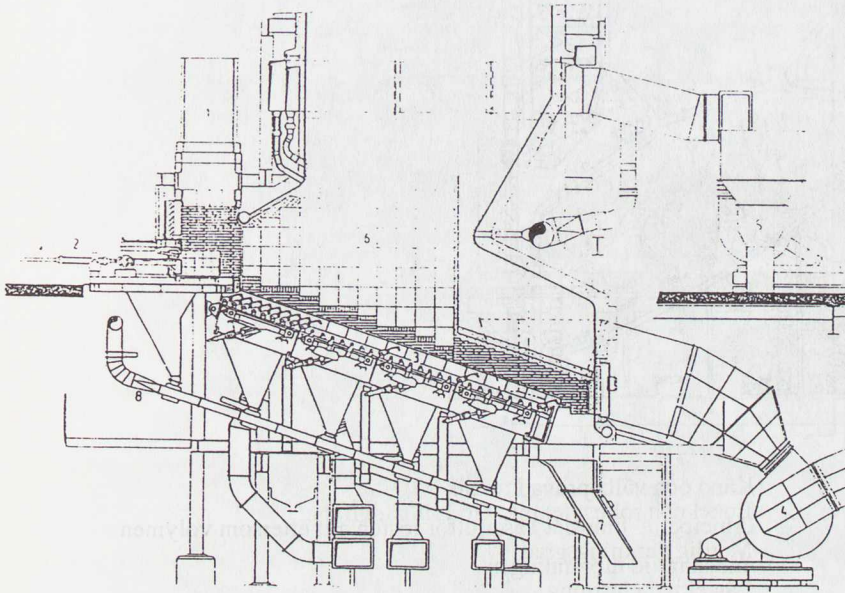
- * Rosteldningstekniken har utvecklats utefter ett flertal linjer
- * En rost är ett galler som bränslet vilar på. Förbränningsluften leds genom rosten och bränslelagret.
- * Det som karakteriseras olika rostbaserade anläggningar är dels hur bränslet tillförs rostern och dels hur rostern är formad och om den är rörlig eller fast.
- * Bränslet kan tillföras underifrån med en skruv i mitten av rostern (fast rost)
- * Bränslet kan också matas in i den aktiva delen av rostytan genom att rostern är rörlig
- * Rostern kan vara fast eller rörlig, trappformig eller plan, horisontell eller lutande

Fast rost



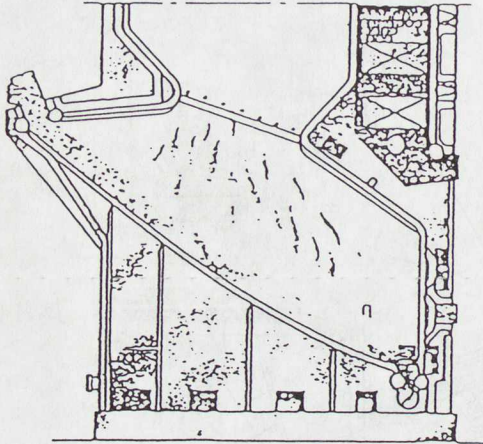
- * Enkel och robust teknik. God tillgänglighet
- * Måttlig verkningsgrad
- * Låg eldytbelastning
- * Begränsade möjligheter att styra förbränningsförloppet
- * Uraskning oftast manuell
- * Begränsad bränsleval

Rörlig snedrost



- * Rörlig snedrost är av den mest bränsleflexibla rostertypen
- * Rostern kan sektionindelas så att olika delar rör sig olika
- * Även luften kan sektionindelas till olika rostersektioner
- * Därmed nås god utbränningsgrad och bättre miljöprestanda än fast plan rost
- * Automatisk uraskning
- * Välbeprövad teknik

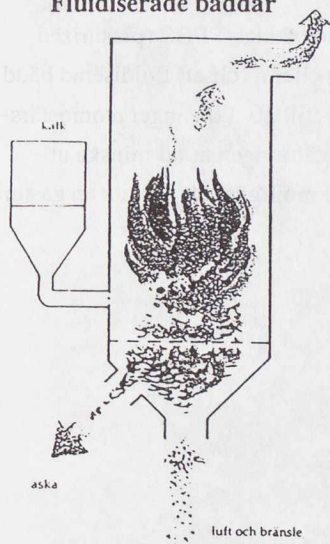
Fast snedrost



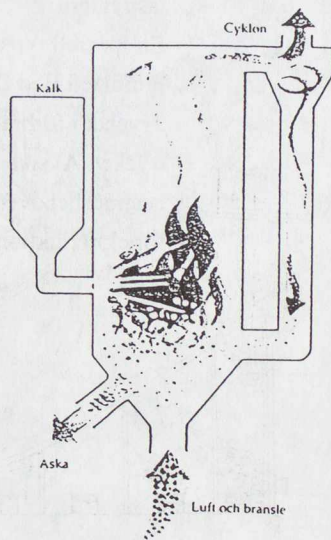
- * Känd och välbeprövad teknik
- * Principen – bränslet hasar utför rosten allt eftersom volymen minskar vid utbränningen
- * Tekniken kräver ett homogent och väldefinierat bränsle
- * Få rörliga delar, bra tillgänglighet
- * Konkurrerar prismässigt bra vid större anläggningar
- * Automatisk uraskning

1992-04-21

Fluidiserade bäddar



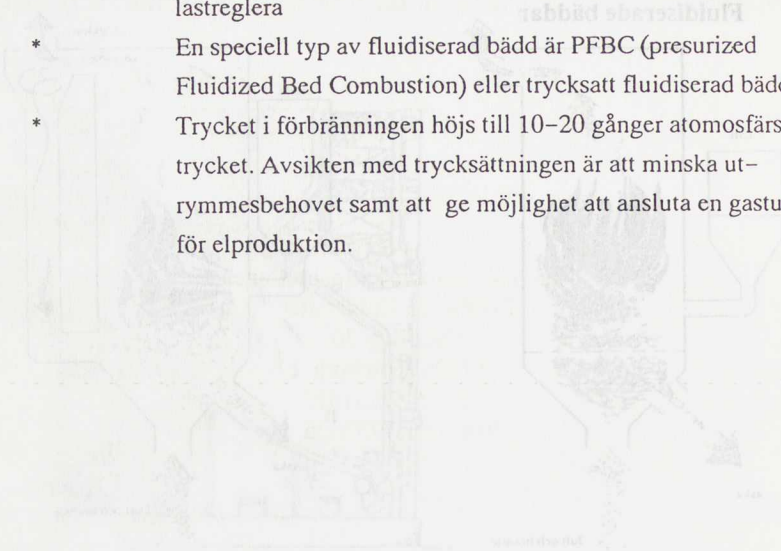
Stationär fluidiserad bädd



Cirkulerande fluidiserad bädd

- * I en panna med fluidiserad bädd blandas bärnslet med inert material, ex sand, aska. Förbränningsluften blåses i botten av bädden
- * Endast några procent av bädden utgörs av bränsle
- * De inerta materialet fungerar som "värmelager" och ger en jämn temperatur
- * Förbränningen sker utan flammor vid förhållandevis låg temperatur 800–900°C. Jämfört med andra tekniker där temperaturen är 1000–1600°C.
- * Låga förbränningstemperaturer ger låga kväveoxidemissioner
- * I en stationär fluidiserad bädd blåses luften in med måttlig hastighet, så att bädden luckras upp och beter sig som en vätska (fluidiserar)
- * I en cirkulerande bädd blåses luften in med så hög hastighet att en del av bäddmaterialet (och bränslet) rycks med. Materialet avskiljs i en cyklon och återmatas till bädden.
- * Den stationära fluidbäddens begränsningar är dåliga dellast-egenskaper och låsningen till ett bränsle

- * Cirkulerande bluidbädden är bränsleflexibel och är enkel att lastreglera
- * En speciell typ av fluidiserad bädd är PFBC (presurized Fluidized Bed Combustion) eller trycksatt fluidiserad bädd
- * Trycket i förbränningen höjs till 10–20 gånger atmosfärstrycket. Avsikten med trycksättningen är att minska utrymmesbehovet samt att ge möjlighet att ansluta en gasturbin för elproduktion.



Cirkulerande fluidiserad bädd

Stationär fluidiserad bädd

Samhällsekonomiska aspekter på bioenergins konkurrenskraft

April 1992

Thomas Sterner¹
 Nationalekonomiska Institutionen
 Göteborgs Universitet
 Viktoriag 30
 41125 Göteborg
 Tel 031 7731377
 Fax 031 7731326

INNEHÅLL

1.1	Introduktion	2
1.2	Den Perfekta Marknaden	3
1.3	Marknadsimperfektioner i energimarknaderna	5
2.1	Att värdera miljöeffekter	6
2.2	En översikt av tidigare empiriska studier	8
3	Bioenergi i Sverige: De mest relevanta frågorna	10
3.1	Bioenergi och utsläpp av koldioxid	10
3.2	Kväve, tungmetaller, stoft med flera miljöproblem	15
3.3	Beredskap, sysselsättning, handelspolitik mm	16
4	Slutsatser samt förslag till vidare forskning	20

Tabellbilaga

Litteraturförteckning

¹Stort tack till Håkan Wahlberg som varit forskningsassistent på detta projekt. Håkan har framförallt ansvarat för tabellbilagan samt skrivit delar av kapitel 2.

1.1 Introduktion

Syftet med denna rapport är att diskutera vissa frågeställningar kring bioenergens samhälleliga konkurrenskraft eller enkelt uttryckt huruvida bioenergi borde subventioneras av samhällsekonomiska skäl. Bakgrunden är den miljöförstöring eller de risker som konventionell energiförsörjning för med sig och den obalans som uppkommer i samband med kärnkraftens avveckling. Av betydelse i sammanhanget är också det överskott som uppstått i de areella näringarna och den generella omvandling av ekonomin som pågår med exempelvis en ökad europeisk integration. I en tid av avreglering kunde man kanske tro att även detta skulle lämnas till marknadskrafterna men dessa fungerar inte automatiskt när det finns betydande externa effekter.

Miljöaspekterna är centrala därför att praktiskt taget all energiomvandling medför miljö och/eller säkerhetsproblem. En av de största kraftkällorna, kärnkraften orsakar så allvarliga problem för säkerhet och miljö att det lett fram till principbeslut om total avveckling. De fossila bränslena leder också till många svåra miljöproblem varav växthuseffekten kommit att dominera debatten alltmer på sistone. Även här har Riksdagen gjort vissa utfästelser om att begränsa användningen och eventuellt kan kraftigare styrmedel komma att sättas in i framtiden. Som bekant för även en vidare utbyggnad av vattenkraften med sig miljöproblem. Det är naturligt att vi, i första hand, söker internalisera miljökostnaderna i konsumentpriset för att marknadskrafterna därigenom skall styra resursallokeringen i riktning mot det samhällsekonomiskt optimala. I de fall detta inte sker måste även så kallade "second-best" lösningar såsom subventioner diskuteras.

Den osäkerhet som drabbat jordbruket och skogsbruket beror, med viss förenkling, på ett överskottsutbud som bottnar i det tidigare ordningen då sektorn skyddades från importkonkurrens. Tanken att använda överskottsresurser från dessa sektorer i form av biobränsle och därmed, samtidigt, ersätta energikällor som skapar miljöproblem ter sig onekligen lockande och är en av orsakerna till intresset för biobränsle, se exempelvis SOU 1989:83, särskilt bilaga 5. Det är dock sällan man kan uppnå flera politiska mål med ett enda instrument och uppenbarligen finns här olika aktörer som har ekonomiska intressen och som därmed kan tänkas överdriva fördelarna med biobränslen.

En av fördelarna med den decentralisering som marknadsekonomin medför är att man normalt inte, från politikernas eller myndigheters sida, behöver bekymra sig om konkurrenskraften hos enskilda produkter, företag eller branscher. När man hävdar att en verksamhet är önskvärd men inte tillräckligt konkurrenskraftig måste det i så fall bero på att marknaden inte fungerar som avsett. Som de senaste årens debatt tydligt påvisat är skattefinansiering en samhällsekonomiskt dyr och ofta ineffektiv lösning. Innan man föreslår att en viss verksamhet subventioneras i en form eller annan måste man därför nogta utreda källan till (och omfattningen av) eventuella marknadsmisslyckanden.

Om det inte fanns några marknadsmisslyckanden skulle inte denna rapport behövas: enskilda aktörer alltifrån jordbrukare till småföretagare, verkstäder och åkerier och ända till de stora kraftbolagen skulle fatta beslut som automatiskt gav en samhällsekonomiskt optimal allokering av resurserna. Tyvärr finns det dock många källor till marknadsmisslyckande på de marknader vi skall diskutera här.

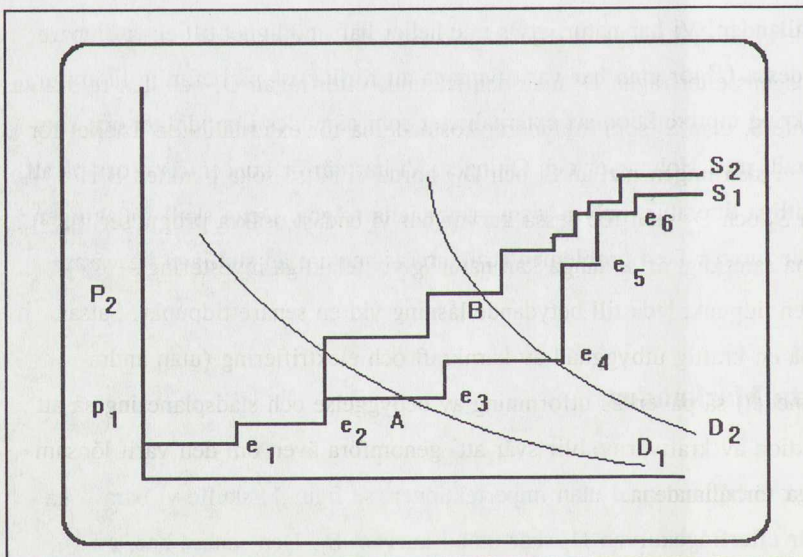
Uppdraget att skriva om vissa samhällsekonomiska aspekter åt biobränslekommissionen har präglats av den starka tidspress under vilken kommissionen arbetat. Exempelvis har vi inte haft tillgång till kommissionens bedömningar av ekonomiska, tekniska eller miljömässiga förhållanden. Vi har naturligtvis inte heller haft möjlighet till egna djupare efterforskningar i dessa frågor utan har varit tvungna att förlita oss på befintlig litteratur, främst den litteratur kring elproduktionens externaliteter som nämdes i uppdraget och som förknippas framförallt med Hohmeyer och Ottinger. Vi har därför koncentrerat oss på att, utifrån denna befintliga litteratur, belysa vissa principiella frågor. Detta skall följaktligen ses som en förstudie inom vilken problemen struktureras snarare än slutligen besvaras.

1.2 Den Perfekta Marknaden

På en perfekt statisk energimarknad utan imperfektioner, se figur 1, skulle vi bara söka efter punkten A där efterfrågekurvan D_1 skär utbudskurvan S_1 . Den senare har, av pedagogiska skäl, ritats som om den bestod av linjära segment e_i som visar marginalkostnaden för olika energikällor, där exempelvis den befintliga vattenkraften är

billigast. På verkliga energimarknader uppstår typiskt ett flertal problem som komplicerar analysen. En av dessa är de geografiska variationerna. För bioenergin kan även små geografiska variationer medföra betydande skillnad i såväl avkastning som transportkostnader och därmed konkurrenskraft. Medan ett fliseldat kraftvärmeverk kan vara lönsamt på ett ställe kan det vara en felsatsning på en annan. Samma sak gäller biogas, energigräs mm. mm. Det är just denna typ av variation i omständigheterna som gör att man bör låta marknaden avgöra när så är möjligt. Generella skrivbordskalkyler kan inte ersätta den lokala detaljkännedomen som varje enskilt projekt behöver. Dessutom varierar andra variabler av betydelse såsom marknaden för jordbruksvaror, massaved eller timmer från år till år och dessa kan kullkasta förutsättningarna för en lönsamhetskalkyl.

I stället för att försöka bedöma generellt den samhällsekonomiska lönsamheten för olika energiprojekt inskränker vi oss därför till att diskutera olika projekts specifikt samhällsekonomiska kostnader (och intäkter) dvs de externaliteter som orsakas och som eventuellt bör bli föremål för någon typ av motverkande styrmedel.



Figur 1 Utbud och efterfrågan på energi

1.3 Marknadsimperfektioner i energimarknaderna

Ett villkor för optimalitet i ekonomin är bland annat att det inte finns marknadsimperfektioner i form av t. ex. externaliteter, odelbarheter, monopol eller liknande konkurrensbegränsning eller public goods; vidare måste man anta att det råder "perfect foresight" (fullständig information om framtiden eller existensen av en fullständig uppsättning framtida marknader).

Energi efterfrågan är oftast en efterfrågan härledd ifrån andra behov såsom ljus eller värme och de teknologier som används (för transport, uppvärmning, belysning eller t ex kraftdistribution) gör att anpassning av såväl efterfrågan som utbud tar mycket lång tid. Därmed kan efterfråge- och utbudskurvor på kort respektive lång sikt få helt olika utseende. Till detta kommer betydande skalfördelar och odelbarheter som gör att marknaden lätt blir låst vid en teknologi och har svårt att gradvis glida över i en annan. Denna tendens förstärks av kraftig osäkerhet om teknologiska möjligheter (och eventuella kostnader) i framtiden för nya teknologier (fusion, solceller, supraledning, batterier etc). Kort sagt är antagandet om "perfect foresight" aldrig helt uppfyllt och just för energimarknaderna är det ett ovanligt realistiskt antagande.

I figur 1 medför detta att den relevanta efterfrågekurvan när vi diskuterar ett nytt kraftverk inte är dagens efterfrågan D_1 utan den framtida efterfrågan D_2 och den relevanta utbudskurvan är inte S_1 utan S_2 som inkluderar kostnaderna för externaliteter. Istället för att söka punkten A i skärningen mellan S_1 och D_1 borde vi alltså söka punkten B i skärningen mellan S_2 och D_2 men för dessa kurvor har vi endast osäkra prognoser. Eftersom ledtiderna samtidigt är så långa kan naturligtvis felaktiga investeringsbedömningar vid en tidpunkt leda till betydande låsning vid en senare tidpunkt. Satsar man exempelvis på en kraftig utbyggnad av kärnkraft och elektrifiering (utan andra motverkande styrmedel) så påverkas utformning av bebyggelse och stadsplanering så att en senare introduktion av kraftvärme blir svår att genomföra även om den varit lönsam vid de ursprungliga förhållandena.

De viktigaste externa effekterna av vår nuvarande energiförsörjning är olika former av

miljöförstörelse som givetvis borde avspeglas genom miljöskatter men i dagsläget finns istället ett system av beskattning (och i vissa fall subventioner!) som har tillkommit som resultat av många andra hänsyn än de specifikt miljömässiga. Det finns ingen anledning att tro att dessa är korrekta miljöskatter. Detta innebär i vårt förenklade diagram att vi egentligen befinner oss på S_2 men tror vi är på S_1 vilket leder till överinvestering och för låga priser överlag i energisektorn. Därmed kan man slå fast att den situation vi har att analysera på energimarknaderna i högsta grad kan betecknas som "second-best".

2.1 Att värdera miljöeffekter

Produktion av energibärare² såsom bensin eller elektricitet ger upphov till externaliteter vid olika steg i "bränslecykeln": från gruvan för kol och uran eller oljefälten (särskilt i känsliga miljöer såsom off-shore), transportererna när det gäller olja, från konvertering av bränslet (tvättning av kol, tillverkning av UF₆, destillation av olja mm), transformering av energi (kraftverk eller raffinaderier), transport av energibäraren och till användning av energi (eldning i villapanor) samt till sist vid omhändertagande av avfall/rester (aska, radioaktiva rester och t o m rivning av kärnkraftverk).

Det bör i princip vara möjligt att monetarisera de flesta externaliteter. Problem kan dock uppstå därför att det saknas information, därför att kostnaderna varierar starkt i tid och rum eller på grund av andra principiella mätproblem. De rent naturvetenskapliga kausalitetsförhållandena är oftast mycket komplicerade och svåra att analysera. Till detta kommer svårigheterna förknippade med ekonomisk värdering men att ignorera dessa externa kostnader är detsamma som att sätta deras värde till noll och därför är en grov approximation oftast bättre än inget värde alls.

Miljökostnaden är det värde som samhället sätter på den skada eller risk som miljöeffekten ger upphov till och kan mätas som den summa samhället är villigt att betala för

² Ekonomer talar ibland om "produktion" av energibärare eller av energi när den fysikaliskt korrekta termen torde vara omvandling eller dylikt.

att undvika skadan (WTP = "Willingness To Pay") eller kräver som kompensation (WTA = "Willingness To Accept"). Huruvida man bör använda WTP eller WTA har att göra med vem som skall anses ha äganderätten till den miljöresurs det gäller vilket för kollektiva varor ofta är problematiskt. Att praktiskt mäta exempelvis betalningsvilja genom enkäter är förenat med stora praktiska och principiella svårigheter och resultaten blir därmed oundvikligen behäftade med en viss osäkerhet.

När man praktiskt bestämmer miljörisakens ekonomiska värde kan man utgå från antingen kostnaden för att förhindra effekten eller kostnaden för den åstadkomna skadan (skadekostnaden). Då marknadspriser existerar kan dessa användas (t ex minskat fiske som följd av vattenföroreningar, sjukvårdskostnader, reparations-kostnader förorsakade av korrosion mm) men för många naturresurser och miljövärden är detta omöjligt. Man måste då antingen förlita sig på contingent valuation (enkäter då man frågar folk om deras värdering) eller använda närbesläktade marknader antingen för komplementära varor såsom fastigheter eller rekreationsresor när det gäller naturupplevelse eller försäkringsmarknader för risker, eller eventuellt konstruerade, experimentella, marknader.

De senaste åren har det skett en hel del forskning kring värdering av miljö och stora metodologiska framsteg har noterats. Trots det känns de flesta metoder något otillräckliga då vi ställs inför mycket komplexa frågeställningar såsom de samlade miljöeffekterna från vår oljehantering. Egentligen borde man ta med hela kedjan från oljefältet till slutlig användning, men även om vi bara koncentrerar oss på förbränning av en enda produkt så bildas ett otal kemiska emissioner till luften och en enda av dessa såsom NO_x kan skada hälsan på människor, ha komplicerade lokala effekter på växt och djurliv och dessutom ha regionala effekter i form av sur nederbörd och globala effekter på ozonbildning. Var och en av dessa effekter för var och en av ämnena är en svår uppgift och skall man försöka värdera en helhet såsom "oljans externaliteter" inom ramen för ett mindre forskningsprojekt blir man oundvikligen tvungen att förlita sig på tidigare uppskattningar eller mycket schablonartade metoder. I detta förprojekt väljer vi att begränsa oss till en översikt över vissa tidigare studier och kan konstatera att dessa i sin tur i allmänhet bygger på mycket grova antaganden. För det mesta har enkla skattningar använts såsom uppskattade dödsfall multiplicerat med en schablonsiffra i kronor per liv. Ibland då det

funnits lämpliga värderingsstudier (exempelvis baserade på contingent valuation) har dessa värden använts istället.

2.2 En översikt av tidigare empiriska studier

Tabellerna 1-12 ger exempel på beräknade externa kostnader i olika studier. Tab 1 & 3-5 är från Ottinger (1990) medan 6,7,9 & 10 är från Hohmeyer (1990), tab 2, 8 och 11 har andra källor medan tabell 12 är vår sammanfattning. Metoder, kvalitet och även omfång av de effekter som studeras varierar mellan studierna. Samtliga studiers resultat är uttryckta som kostnader i öre per kWh elektricitet och det uttalade syftet, åtminstone för Ottinger och Hohmeyer, är just att bedöma elproduktionens externa kostnader.

En av faktorerna som påverkar resultaten är utsläppskoefficienterna som naturligtvis beror på utrustningen och därför varierar från land till land och har en tendens att vara lägre i modern utrustning. Detta förklarar exempelvis det låga värde som ges av Burrington för kolkraft (se tab 10 och 12). En annan faktor är värderingen av olika utsläpp såsom SO_x , NO_x , CO, CO_2 och partiklar i sig. Tabell 1a sammanfattar ett antal sådana värderingar och illustrerar att värderingen för ett ämne kan lätt variera med en faktor 10 och att till och med rangordningen mellan ämnen kan uppfattas som olika. Observera att svenska avgifter på 3000 öre/kg för svavel och 4000 öre/kg för NO_x framstår som ganska höga jämfört med värdena i tabell 1a. Tabell 2 ger dock ännu högre norska värderingar från den norska motsvarigheten till miljöavgiftsutredningen.

Det bör betonas att effekterna av de flesta föroreningar är mycket olika på olika ställen och att varierande bedömningar av externaliteter därför inte alls behöver vara ett tecken på inkonsistens. Värderingarna själva beror starkt på befolkningstäthet och exempelvis på naturens känslighet i olika avseenden. Norden är ju extremt känsligt för försurning (se Kuylenstierna & Chadwick, 1989) varför mycket höga värderingar för SO_x och NO_x ter sig helt logiska.

När det gäller globala miljöproblem som växthuseffekten är visserligen det globala förloppet gemensamt men likväl blir de fysiska följderna och deras värdering mycket

olika (jmf. tätbefolkade lågländer som riskerar översvämning med obördiga och kalla inlandsområden som kanske får mildare klimat). Kring växthuseffekten råder dessutom, fortfarande, en så hög grad av vetenskaplig osäkerhet att värderingarna, också av denna orsak, skiljer sig mycket kraftigt åt. Tabell 1a och 11 visar att spännvidden kan vara från en negligerbar kostnad på ca en tredjedels öre per kg koldioxid³ och upp till 40 öre - högre alltså än den nuvarande svenska avgiften på 25 öre. Den förstnämnda bygger på bedömningar från USA av konkreta skadekostnader medan den andra anger en skattning av den nödvändiga nivån för att uppnå en minskning med 20% i koldioxidsutsläpp.

Även om det således går att finna en mycket stor spännvidd mellan de mest extrema skattningarna för vissa miljöeffekter (särskilt de globala såsom växthuseffekten), råder ändå en viss grad av samstämmighet i de studier vi diskuterat kring den generella slutsatsen att externaliteter från fossil kraftproduktion samt från kärnkraft är mycket betydande. Storleksordningen ligger mellan 10-50 öre/kWh utom för gas (under 10 öre)⁴. De negativa miljö-externaliteterna från de förnybara energikällorna anses genomgående mycket lägre, nära 0 för sol, vind och vattenkraft och uppåt 6 öre/kWh för bioenergi.

Utöver miljökostnader innehåller också tabellerna uppgifter om dolda subventioner eller kostnader som gynnar/belastar olika energikällor i de respektive länderna. Exempelvis förekommer subventioner till såväl kärnkraft som solkraft av offentliga forskningsmedel medan kolbrytning traditionellt subventionerats i Tyskland av regionalpolitiska skäl. Dessutom inkluderar vissa författare knapphetsräntor samt handels- och sysselsättnings-effekter som vi inte tagit med i tabell 12 eftersom vi anser att dessa vilar på tämligen svag grund, se avsnitt 3.3 nedan. Observera också att somliga kalkyler (såsom i tabell 7) innehåller positiva externaliteter för sol och vind genom "undvikande av negativa externaliteter från fossilbaserade utsläpp". Dessa positiva värden kan naturligtvis inte inkluderas i en jämförande tabell som tab 12 eftersom det skulle innebära dubbelräkning.

³ Observera skillnaderna mellan kilo rent kol och koldioxid. När ett kilo kol oxideras (förbränns) bildas 44/12 kg koldioxid. Atomvikten på kol är 12 och för syre är den 16, för CO₂ är den följaktligen 12 + 2*16 = 44. Bedömningen av kostnaden i öre/KWh bygger vidare på ett specifikt antagande om effektivitet i kraftverk.

⁴ Naturligtvis finns andra studier med avvikande uppfattning, inte minst beträffande kärnkraften.

3 Bioenergi i Sverige: De mest relevanta frågorna

Som framgått av översikten ovan finns inte många studier som kvantifierar de negativa externaliteterna från bioenergi. Den enda studien som refereras i Ottinger et al (1990) anger siffror som är något högre än sol och vind men fortfarande låga jämfört med fossil kraft eller kärnkraft. Möjligtvis varierar de mycket beroende på läge och teknik. Det är därför naturligtvis viktigt att något fördjupa oss i de aspekter som är allra mest centrala för bioenergi generellt och särskilt bioenergi i Sverige. Man kan direkt urskilja tre grupper av frågeställning av betydelse:

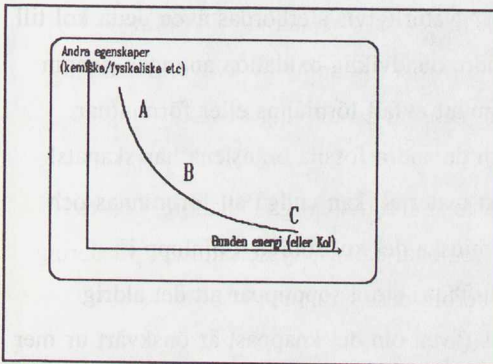
- * Centralt för all bioenergi är frågan om kolabsorption och koldioxidbalans.
- * Andra aspekter som kan vara betydelsefulla är miljöfrågor relaterade till odling respektive framtagning av den aktuella biomassan såsom urlakning av kväve, utarmning av jorden och olika föroreningar vid förbränning och vid deponering av aska.
- * Slutligen berör satsningen på bioenergi (åtminstone enligt somliga debattörer) en rad centrala frågor förutom miljön, kring jordbruk, regional balans, sysselsättning, värdering av landskap mm och vi skall därför också kort beröra dessa frågor.

3.1 Bioenergi och utsläpp av koldioxid

Biobränsle är växtlighet som odlas eller tillvaratas för att sedan eldas. Viktigast i dagsläget är rester från konventionellt skogsbruk (grenar, toppar och rötter) eller jordbruk (halm) men i framtiden kan bioenergin baseras på speciellt odlad energigröda eller energiskog. I likhet med fossila bränslen bildas vid förbränning koldioxid. Särskiljande för biobränsle är att samma mängd kol tidigare bundits ur atmosfären för att "producera" detta biobränsle och man kan därför, med en viss förenkling, säga att biobränsle inte alls bidrar till växthusproblemet. Istället för att elda fossilt bundet kol utvinns man samma energitjänster ur förbränningen av ett biologiskt material som under sin växtprocess

bundit lika mycket kol som frigörs vid förbränningen. Om vi odlar ett hektar med energiskog får vi alltså, istället för ett positivt bidrag till det atmosfäriska kolet ett noll-bidrag. Visserligen kunde samma yta ha beskogsats med "vanlig" skog till timmer för att därigenom ge ett negativt bidrag till kolbalansen genom uppbyggnad av ett kollager, men det kollagret är endast tillfälligt och om man då eldar fossilt bränsle istället för ved blir lagereffekten normalt sekundär jämfört med tillskottet av fossilt kol till atmosfären. Dessutom växer ju energiskog fort och binder således mycket kol per hektar.

En satsning på bioenergi berör således två skilda allokeringarprocesser som sker samtidigt: å ena sidan allokeringen av mark mellan mer eller mindre intensiv skötsel och odling av skog eller grödor mm och å andra sidan fördelningen mellan olika källor till samhällets energiförsörjning.



Figur 2 Olika allokering av land.

Beträffande allokeringen av land, kan vi i princip fatta ett val mellan att satsa på en gröda som maximerar upptaget av fossilt kol (vilket ungefär sammanfaller med att maximera utbytet av bioenergi) eller att satsa på andra egenskaper (biokemiska, fysiologiska eller estetiska). Punkten C symboliserar ett val där man väljer en gröda och ett produktionssätt som maximerar koluttaget, exempelvis Salix, rörflen eller annan energigröda. Punkten A representerar exempelvis ett orört natursystem, en urskog som ju inte netto binder några signifikanta mängder koldioxid (även om den naturligtvis representerar ett ansevärt lager av kol) men här maximeras måhända biodiversitet och vissa estetiska värden mm. B representerar olika typer av konventionellt åker- och skogsbruk och här finns givetvis

en stor spännvidd mellan exempelvis betesdrift med relativt låg produktion av organisk massa (och därmed bindning av kol) å ena sidan och högentensiv spannmålsodling som binder mycket kol å andra sidan. Beträffande skogsbruk finns det ett val mellan snabb växt vilket är önskvärt för massaved (och som binder mer kol) och långsammare tillväxt vilket är en förutsättning för långa fibrer som ger styrka åt timmer.

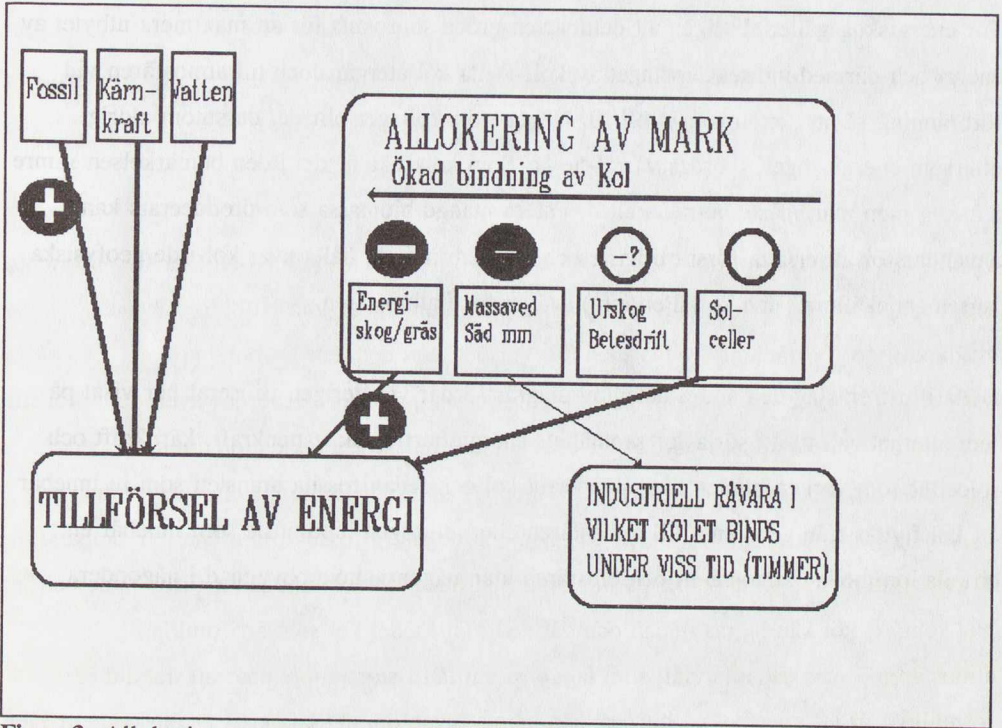
På varje typ av mark finns specifika egenskaper (näringstatus, fuktighet, växtläge etc) som begränsar dess användningsområde. Men inom dessa naturgivna ramar kan marknadskrafterna (priset på massa jämfört med energiflis mm) påverka valet av gröda.

Hittills har vi dock bara diskuterat hur mycket kol som binds kemiskt; nästa steg är att begrunda vart detta kol tar vägen. Uppenbarligen återvänder kolet till atmosfäriskt koldioxid vid förbränning av flis men hur går det med det kemiskt bundna kolet i vete som blir bröd eller ved som blir tidningspapper? Naturligtvis återbördas även detta kol till atmosfären som koldioxid vid en mer eller mindre oundviklig oxidation antingen genom att brödet äts och förbränns kemiskt eller genom att avfall förbränns eller förmultnar. Undantag finns naturligtvis - det är så oljan och de andra fossila bränslena har skapats! Torv är ytterligare ett exempel på hur organiskt material kan undgå att förbrännas och hur kemiskt kol kan lagras undan och därmed minska det kol som är i omlopp i atmosfären. Även sådant avfall som lagras så lufttätt i stora sopptippar att det aldrig förmultnar är ett exempel på hur kol kan lagras (även om det knappast är önskvärt ur mer generell miljösynpunkt!).

Det finns ytterligare ett annat sätt att binda kol som visserligen bara är "tillfälligt" men ändå kan vara av intresse i sammanhanget, nämligen genom virke som blir till möbler, hus eller andra "varaktiga" föremål. Visserligen blir allt detta kol också koldioxid då föremålen en dag förmultnar eller brinner upp men i och med att ett en viss mängd kol undandras den atmosfäriska cirkulationen under en bestämd tidsperiod kan detta ändå uppfattas, statistiskt, som en kolsänka.

Figur 3 visar fyra stiliserade sätt att använda marken: Om vi börjar från höger, kan marken användas på ett sådant sätt att den varken binder eller lagrar kol exvis till

motorvägar, bebyggelse eller till solceller (då det "produceras" energi men inte binds något kol). Ett annat sätt som inte innebär någon signifikant nettoupptag av kol är i naturliga biotoper som är i ekologisk balans såsom en "urskog".



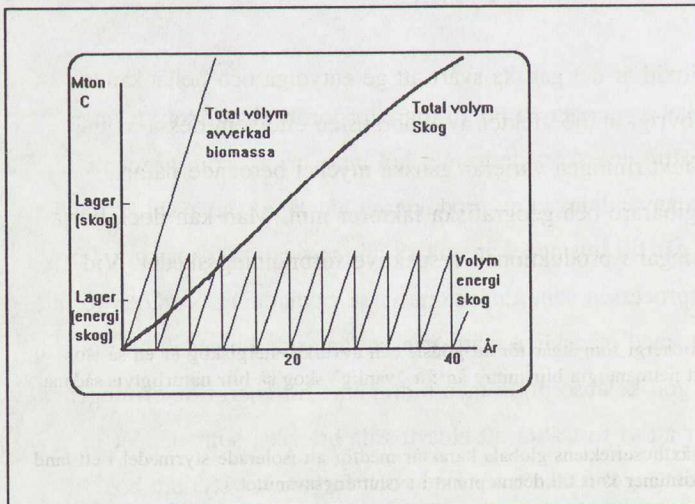
Figur 3 Allokering av mark och anskaffning av energi.

Ett tredje sätt att binda mer kol är genom att odla skog eller jordbruksgrödor. Ju mer intensiv odlingen är och ju bättre den sköts desto mer kol binds men - som påpekats tidigare - sedan beror det på användningen av produkterna hur länge detta kol är bundet. För jordbruksprodukter som går till livsmedel är oftast omloppstiden mycket kort. För skogsbruket sörjer såväl växtprocessen som åtminstone vissa användningsområden för att kolet förblir bundet under en, med mänskliga mått, ganska lång tid. En sådan användning (möbler, hus mm) sörjer för god kolabsorption men bidrar inte till energiförsörjningen vilket, allt annat lika, betyder att vi fortsätter att elda fossila bränslen som släpper ut koldioxid. Å andra sidan är det inget (utom traditionen och förhandlingstyrkan hos

skogsindustrierna!) som hindrar att man eldar också detta biobränsle. Redan idag eldas vissa delar (lutar, bark, spån, toppar, kvistar, vissa klana dimensioner mm) och med tanke på överskottet i skogsbruket är det möjligt att också en del som tidigare klassats som "massaved" kan komma att eldas i framtiden.

För energiskog gäller slutligen att detta är en gröda som valts för att maximera utbytet av energi och därmed indirekt upptaget av kol. Detta kol återgår dock till atmosfären vid förbränning så att nettoupptaget blir 0. Något stort kollager blir det dessutom aldrig eftersom energiskogen skördas vart 3-5e år. Som kolsänka är det i den bemärkelsen sämre än skog men man måste betrakta att den stora mängd biomassa som producerats kan användas för att ersätta fossilt bränsle och därmed indirekt hålla kvar kol i de geofysiska lagren (oljekällorna och kolfälten mm) istället för i atmosfären.

Detta illustreras av den andra delen av diagram 3 där vi, återigen stiliserat har visat på fem alternativa sätt att sörja för samhällets energiefterfrågan: vattenkraft, kärnkraft och solceller som varken binder eller släpper ut kol och sedan fossila bränslen som ju innebär att kol flyttas från geosfären till atmosfären eller, slutligen biobränsle som innebär en cirkulation mellan atmosfären och biosfären utan någon nettoupbyggnad i någondera.



Figur 4 Bindning av kol i skog resp energiskog.

Skillnaderna mellan energiskog och "vanlig" skog kan också illustreras av figur 4 där den grövre kurvan visar uppbyggnaden av ett kollager i vanlig skog medan den klenare (zick-zack) linjen avser energiskog. Man ser att energiskogen växer snabbare och den totala biomassan som produceras är mycket större. I och med att den avverkas så ofta blir den dock aldrig stor nog för att utgöra något större kollager. Det genomsnittliga kollagret hos "vanlig" skog blir större men förmodligen⁵ inte så mycket större att det förmår kompensera den stora skillnaden i den totala mängden producerad biomassa (om man antar att denna biomassa ersätter fossilt kol).

Faktum att biomassa binder kol och att snabbväxande biomassa följaktligen binder mer kol skulle kunna föranleda användningen av styrmedel för att gynna sådan markanvändning. Troligtvis blir dock administrationen av ett sådant system mycket svårt. Skulle markägaren få en subvention per kilo bundet kol så bleve han logiskt sett återbetalningsskyldig så fort kolet frigörs vilket kan vara svårt att spåra. Ett mycket bättre alternativ är en beskattning⁶ av utsläpp av koldioxid som endast gäller för fossila källor. Sådan beskattning skapar automatiskt ett lämpligt mått av incitament såväl för att använda biomassa till energiändamål som till odling av snabbväxande arter och till hushållning med fossila bränslen.

3.2 Kväve, tungmetaller, stoft med flera miljöproblem

I motsats till fallet med koldioxid är det ganska svårt att ge entydiga och heltäckande principiella svar beträffande övriga miljöeffekter av biobränslen eftersom dessa är heterogena och deras miljöeffekt rimligen varierar ganska mycket beroende på art, brukningsmetod, val av energibärare och geografiska faktorer mm. Man kan dock börja med att skilja mellan föroreningar i produktions- respektive förbränningskedet. Vid

⁵ Om det skulle vara så att den energi som åtgår för att gödsla och avverka energiskog är en så stor andel av det totala bränslevärdet att nettoenergin blir mindre än för "vanlig" skog så blir naturligtvis sådana odlingar helt ointressanta.

⁶ Vi bör dock komma ihåg att växthuseffektens globala karaktär medför att isolerade styrmedel i ett land knappast har någon effekt. Vi återkommer kort till denna punkt i avslutningsavsnittet.

förbränning uppstår kväveoxider som vid all förbränning (detta blir likartat för bibränsle som fossila bränslen). Troligtvis är detta en av de viktigaste negativa externaliteterna av bioenergi. Beträffande andra luftemissioner beror det mycket på vilken teknologi som används. Eldning av biogas medför praktiskt taget inga andra luftemissioner medan eldning med flis ger förhållandevis mycket stoft och aska och den kan innehålla en hel del tungmetaller m fl föroreningar åtminstone jämfört med gas. Jämför man med kol, å andra sidan är det i allmänhet mindre mängder och här har biobränslen återigen en viss fördel i och med att det rör sig om en cirkulation inom biosfären. Schematiskt uttryckt: I fallet med kol hämtar man upp "nya" tungmetaller och sprider i biosfären medan man med bioenergi först samlar upp dem ur marken och sedan återcirkulerar dem. Det har till och med föreslagits att man skulle kunna odla bioenergi på förorenade marker (tex med slam) för att sedan elda men filtrera bort tungmetaller. Vidare innehåller askan förhållandevis mycket gödningsämnen (särskilt K, Ca och P) vilket medför att den troligtvis kan (och måste) återföras till marken (om den inte innehåller för mycket föroreningar).

Frågan om gödning med aska är nära kopplad till en annan viktig miljöaspekt på bioenergi, nämligen effekterna på växtplatsen. Såväl uttag av restprodukter som odling av snabbväxande arter kan medföra en utarmning av näringshalterna i marken, (det är därför askan bör återföras). Andra viktiga aspekter gäller kväveurlakning, effekt på biodiversitet, arbetsmiljöproblem (mögel), mullhalt och användning av bekämpningsmedel. Dessa diskuteras i Bränslen från Jordbruksgrödor(1986) som ger en relativt positiv bild där det visserligen finns problem men också stora potentiella fördelar med ett visst inslag av nya bioenergigrödor.

3.3 Beredskap, Sysselsättning, Handelspolitik mm

Vid sidan av miljöargumenten har det framförts en rad andra argument till försvar för bioenergi. Dessa tar fasta bland annat på den obalans som finns på andra marknader som är nära relaterade till (bio)energi marknaden. Återigen kan man slå fast att på en perfekt marknad behövs ingen politik: marknaden allokerar mellan timmer eller massa och bio-värme och mellan mark som används till jordbruk, skogsbruk, golfbanor eller

energigrödor på ett optimalt sätt. Men vi har inte att göra med perfekta marknader och en av de politiskt starkaste skälen att undersöka bioenergins konkurrenskraft är just att tidigare regleringssystem för jordbruket håller på att avvecklas och mycket stora arealer hotas av nedläggning. Frågan ställs då vad dessa arealer skall användas till och knutet till detta finns frågan om sysselsättning som i vissa regioner är mycket betydelsefull.

För att kunna diskutera dessa frågor på ett meningsfullt sätt måste vi analysera vad jordbruksmark är för något. Det kan nämligen varken direkt klassificeras som naturresurs eller som vanlig kapitalresurs. Jordbruksmarken är ett kulturpåverkat ekologiskt system där mänskliga resurser (arbete och kapital) omformat de naturliga förutsättningarna (marken, förnan) för att passa våra behov. Exempel på åtgärder är att bygga upp humuslagret och dess innehåll av näringsämnen, att sörja för bevattning och dränering mm.

En välskött åker kan representera ett ansevärt kapital både i den bemärkelsen att det faktiskt har gjorts stora historiska investeringar i den och, framförallt, därför att den representerar en uthållig framtida produktionsresurs. Om denna åker planteras med gran inträder en snabb förstöring av detta kapital genom försurning och andra biologiska och markkemiska processer. Räknar man med att senare behöva ta denna areal i anspråk för exempelvis spannmål så innebär det betydande investeringar för att återfå den som produktiv jordbruksmark. Investeringar som inte behövs om marken istället använts till energigräs, foderväxter el dyl. Om vi är kapabla att uppskatta sannolikheten för att åter ta marken i bruk blir dessa kostnader en relevant post då vi jämför alternativ användning av marken nu.

Naturligt nog har de som har mest att förlora på jordbrukets avreglering ansträngt sig att föra fram argument för en subventionering antingen av fortsatt jordbruksdrift eller av alternativ användning av marken. Bland de argument som förts fram finns följande som vi kortfattat skall kommentera nedan: Miljöfördelar, resursknapphet, beredskapsaspekter, sysselsättningspolitiska, regionalpolitiska, samt vissa samhällsekonomiska argument.

Miljöaspekterna finns naturligtvis i flera olika dimensioner varav ett flertal redan diskuterats ovan. Det som främst återstår är den estetiska värderingen av landskapet. Detta är ju en faktor som i princip går att mäta och Drake (1987) utgör ett exempel på en genomförd studie av betalningsvilja i Sverige. I denna studie framkommer flera resultat av betydelse i detta sammanhang. För det första uppskattar folk i allmänhet omväxling och framkomlighet samt dessutom "öppna landskap". Bland flera tänkbara alternativ uppfattas energiskog som ett av de sämsta medan fortsatt jordbruk (vari förmodligen energi-gräs bör inkluderas) värderades mycket högt. Slutligen visade studien att de flesta framförallt är beredda att betala för ett specifikt stycke landskap (t ex nära där de har eget hus) snarare än för öppna landskap i allmänhet. Den sistnämnda punkten gör att generella styrmedel (estetiska landskaps-skatter på energiskog eller generella subventioner till "öppna" fält) är mindre lämpliga åtminstone innan vi kommer till ett eventuellt läge där energiskog blir mycket vanligt. Lämpligare vore att stärka grannars möjlighet att klaga över förlorad utsikt eller framkomlighet.

Resursknapphet som argument avser framförallt de fossila bränslena (och uran). Tanken bakom detta argument är att dessa resurser är begränsade och därför borde deras pris inkludera en knapphetsränta men att den på någon form av marknadsimperfektion inte gör det. Mot detta argument står att, så länge äganderätten till naturresurserna är klart definierad och uppfattas som säker (vilket torde gälla för många fossila fyndigheter), och så länge diskonteringsräntorna är detsamma för alla inblandade parter (vilket är mer tveksamt), internaliseras knapphetsräntan och kommer faktiskt till uttryck i priset. Dessutom finns med mänskliga mått mätt, ganska mycket fossila bränslen kvar (särskilt kol). I dagsläget framstår knappheten på ren luft (fri från försurande emissioner och extra koldioxid) som ett betydligt allvarigare problem. Atmosfären är just en "common property resource" för vilken äganderätter inte är definierade och för vilken knapphetsräntan följaktligen inte kommer till något monetärt uttryck. Det är därför vi koncentrerar oss på luften som resurs snarare än de fossila bränslena i sig.

Beredskapsargumentet bygger på tanken att Sverige i ett läge av avspärning måste kunna klara av elementär försörjning. I första hand avses vanligen mat men även bränsle torde vara relevant. Ur beredskapssynpunkt borde energigrödor som sänker vårt importbehov

för energi och dessutom underlättar en omställning till produktion av livsmedel på relativt kort tid innebära en väsentlig fördel⁷. En diversifiering av utbudet på energibärare och en ökad flexibilitet i bränsleval innebär också en riskspridning som torde vara önskvärd ur beredskapsynvinkel. Huruvida detta skall tillmätas stor betydelse eller inte är bedömningsfråga som sammanhänger med risken för konflikter, betydelsen av europeisk integration mm. Flera studier som citeras av Ottinger och Hohmeyer värderar riskerna med terrorism och krig (exempelvis insatserna i Kuwait) som en hög kostnad för olja. Som ett motargument har det framförts att frihandel och ekonomisk integration har stor betydelse just för att undvika konflikter. Argumenten skall inte värderas här men det är ingen logisk brist i argumentationen för en viss subvention på grund av beredskapsargumentet ifall det finns en utpräglad betalningsvilja för detta hos allmänheten. Ett mer generellt beredskapsargument skulle kunna bygga på farhågan att man förlorar i valfrihet för framtiden om stora delar av jordbruket läggs ned och landsbygdsbefolkningen minskar kraftigt. I den bemärkelsen kan ett stöd i dagsläget ses som ett sätt att upprätthålla en option för framtida behov av produktion av biomassa.

Det sysselsättningspolitiska argumentet är givetvis att en satsning på bioenergi beräknas ge ett visst antal jobb. Även om detta är ett populärt och påtagligt argument är det rimligen felaktigt i den bemärkelsen att alla spenderade pengar (t ex för att gräva hål) ger "jobb" i en partiell analys. I en samhällsekonomi är dock inte den totala balansen mellan sysselsättning och arbetslöshet beroende av denna typ av enstaka anställningar. Istället beror sysselsättning och arbetslöshet på hur väl den makroekonomiska balansgången sköts. Satsning på att subventionera eventuellt olönsamma verksamheter har snarast en negativ effekt på ekonomin genom att de sänker produktiviteten.

Endast i en bestämd, men ganska viktig, aspekt kan sysselsättningen vara relevant och det är just den lokala eller regionala sysselsättningen. Om en verksamhet beräknas ge jobb i en region med hög arbetslöshet kan detta vara en fördel ur regionalpolitisk synpunkt. Det kanske naturligare sättet att internalisera en sådan positiv effekt är dock genom en generell subvention till sysselsättning i den regionen. En sådan subvention har den

⁷ Odling av exempelvis energigräs medför att det naturkapital åkrarna representerar bevaras och därmed finns en handlingsfrihet att snabbt återgå till konventionellt jordbruk om så behövs.

fördelen att den påverkar alla tänkbara sysselsättningar i regionen på ett likformigt sätt.

Det sista samhällsekonomiska skälet som framförs för subventioner antingen av fortsatt jordbruksdrift eller av odling av bionergi är handelspolitiska. Med detta menas att inhemsk produktion skulle ersätta import och därmed förbättra vår handelsbalans. Detta argument är vanligt och framstår t o m som självklart för många debattörer. För nationalekonomer är argumentet dock helt främmande, av ungefär samma orsaker som anförts ovan beträffande sysselsättningen⁸. Handelsbalansen beror på om produktionen i landet är lönsam. Om olönsam produktion subventioneras innebär det att resurser förlösas som kunde använts bättre till annan (importkonkurrerande eller exportinriktad) verksamhet.

Däremot finns det ytterligare ett samhällsekonomiskt argument av betydelse i detta sammanhang men det är skattepolitiskt. Eftersom det ständigt är ont om pengar till finansiering av angelägna offentliga projekt, och eftersom det är så svårt att bedriva skatteuppbörd så finns det en "excess burden" eller skuggkostnad förknippad med varje skattekrona. Detta innebär ytterligare ett argument som talar för att även om allt annat vore lika, är en beskattning av negativa externaliteter alltid att föredra framför en subventionering av motsvarande positiva externaliteter (se vidare Sandmo 1975).

4 Slutsatser samt förslag till vidare forskning

Vår preliminära slutsats av de studier som kortfattat diskuterats ovan samt vår egen analys av övriga argument är att miljöfaktorerna är de klart viktigaste för frågan om styrmedel som gäller biomassa som ersättning för andra former av energi. Argumenten kring handelspolitik och sysselsättningspolitik är felaktiga medan argumenten kring regionalpolitik, resursknapphet och troligtvis beredskap är sekundära. Regionalpolitiken bör vara generell för den berörda regionen eller ta sikte direkt på de mest drabbade delregionerna; ett direkt stöd till bioenergi är troligtvis ett ganska trubbigt instrument i

⁸ Dessutom kan det mycket väl tänkas att en sådan politik stimulerar till en omfattande import av flis.

detta sammanhang. Däremot kan generella regionalpolitiska styrmedel kanske förbättra konkurrenskraften för biobränsle i vissa berörda regioner. Beredskapsmotivet är komplicerat och knappast helt entydigt medan resursuttömningen för exempelvis kol framstår som mycket avlägsen⁹.

Resonemanget kring gröna skatter har en potentiell betydelse tillsammans med miljöargumenten som diskuterats ovan. Om det är så (och mycket tyder på det) att biobränsle har, vid en samlad bedömning, miljöfördelar jämfört med exempelvis fossila bränslen så är det i första hand de sistnämnda som skall beskattas och inte biobränslena som skall subventioneras.

Slutsatsen av Sandmo (1975) är att i en optimal ("First-best") analys borde all produktion av el och värme som leder till negativa miljöeffekter beskattas med en Pigou¹⁰ skatt som motsvarar de fulla miljökostnaderna och dessutom med en andel uttryckligen som ett bidrag till statskassan. En angelägen forskningsuppgift är att fortsätta arbetet på att estimerar storleken på de berörda externaliteterna för olika former av energiproduktion (även för olika former av biomassa). Detta i sig är ingen enkel uppgift, speciellt eftersom de rent tekniska aspekterna varierar med naturförutsättningar och med utveckling av ny teknik. Som ett exempel som redan nämnts ovan har vi speciell orsak att bekymra oss om försurning här i Skandinavien. Värderingen av risker och miljöproblem är, i sin tur beroende av såväl information som kulturella och sociala faktorer som kan variera åtskilligt mellan människor och samhällen.

Ofta är man i sista instans tvungen att fatta beslut trots viss kvardröjande osäkerhet och de studier vi refererat till tyder på att en optimal policy under alla omständigheter skulle innebära väsentligt högre beskattning av såväl fossila bränslen som kärnkraft. Detta skulle innebära incitament till energieffektivisering och till satsning på andra teknologier för energiproduktion med små externaliteter såsom sol, vind och bioenergi. I en sådan

⁹ Uttömningen av atmosfärens förmåga att absorbera koldioxid framstår idag som ett större problem. Dessutom förutsätter ju "resursknapphetsargumentet" någon form av market failure, tex fritt tillträde till resurser eller imperfect foresight.

¹⁰ Skatter som är beräknade för att precis motsvara skadekostnaden för miljön kallas Pigou skatter.

situation skulle det saknas både intresse och motiv att subventionera bioenergi.

En väsentlig komplikation är att styrmedlen borde vara så utformade att globala miljöproblem hanteras med globala styrmedel. Utformningen av globala styrmedel (eller globala överenskommelser) är dock mycket svår, dels på grund av assymetrin i betalningsförmåga, miljöeffekt och ansvar men även på grund av problem med "free-riders" och sammanblandning med andra mellanstatliga konflikter. Det finns en stor litteratur kring utformningen av klimatavtal mm se bl a Bohm (1991), Grubb (1989) eller Hoel (1990). Utformningen av regionala avtal rörande exempelvis försurande nederbörd är i princip minst lika komplicerad på grund av de naturgivna assymetrierna, men å andra sidan kommer förhandlingarna att äga rum inom en mindre och kanske något mer homogen grupp av länder.

Det hittillsvarande systemet för energi- och miljöbeskattning rymmer mängder av undantag som är suboptimala ur effektivitets- och miljösynpunkt såsom undantagen för energi-intensiv industri och elproduktion. Det nyligen framlagda förslaget (SOU 1991:90) om sänkt beskattning av energi för industrin syftar till att eliminera sådana inkonsistenser (ojämlik beskattning) som kan vara ett bekymmer i internationella sammanhang. Tyvärr tar den dock inte miljön som sin främsta utgångspunkt utan tar i första hand fasta på problemet för svensk industri med konkurrensnackdelar på högre energi- och miljöskatter i Sverige än utomlands. Denna utredning illustrerar svårigheten att som isolerat land närma sig en policy som är optimal ur miljösynpunkt. Ett synnerligen angeläget fält för framtida forskning är därför utformningen av internationella avtal (och tillhörande styrmedel).

I skrivande stund kommer propositionen om nya skatter som till stor dels tycks följa det Hjalmarssonska förslaget. Genom den nya lagstiftningen elimineras vissa inkonsekvenser men nya introduceras. Bland annat blir det stor skillnad mellan beskattningen av energi till konsumtion och till produktion. På grund av problemet med internationell konkurrens och behovet av global samordning av koldioxidavgifter har man valt en ny utformning av energi- och miljöskatter som för de flesta företag innebär klart lägre skatter i samband med förbrukning av såväl kärnkraft som fossila bränslen. Därmed synes vi komma längre

bort från en internalisering av de energi-relaterade miljöexternaliteterna. Detta medför klart och tydligt en form av orättvisa gentemot biobränslena som medför färre och lindrigare miljöeffekter men man bör inte dra slutsatsen att dessa därför skall subventioneras. Det vore att korrigera en felaktighet med en annan. Istället innebär den korrekta politiken ur miljösynpunkt att man måste finna former för att återigen höja miljöavgifterna för de energikällor som orsakar miljöproblemen¹¹.

¹¹ Om man tar den nya energibeskattningen som given så kan man ge sig på att forska kring styrmedel i olika s k "Second-best" situationer. Dvs istället för (eller i väntan på) optimala skatter och avgifter på energiområdet skulle man kanske ändå finna vissa argument för en subventionering av biobränsle. Att forska kring utformningen av sådana eventuella subventioner är dock en mycket svår uppgift eftersom det helt tydligt är miljöskatter på miljöförstörande energiproduktion som behövs. Om den miljöförstörande energiproduktionen subventioneras genom att slippa betala sin externa kostnader är skadan redan skedd. Huruvida situationen kan bli marginellt bättre med hjälp exempelvis av subventioner till bioenergi är en svår fråga men dessutom klart sekundär eftersom de låga priserna på bägge energiformerna under alla omständigheter då kommer att leda till en suboptimal överanvändning av energi (såväl fossil som förnybar) med åtföljande skada på miljön. Motargumenten kan till exempel vara en önskan att utveckla teknik och marknader och därmed hålla fler optioner öppna för en framtid då man förhoppningsvis söker internalisera miljökostnaderna för att därigenom åter närma sig "First-Best".

Tabellbilaga. Värdering av energi-relaterade externaliteter¹

Tabell 1a Luftföroreningar från fossila bränslen

Externalitet	USA ¹⁾ öre/kg	Tyskland ²⁾ öre/kg	USA ³⁾ öre/kg
SO ₂	3213 ⁴⁾	1799	1187
NO _x	1248 ⁵⁾	1436	5144
Partiklar	1884 ⁶⁾	359	3166
CO ₂	11 ⁷⁾	4-36	17

1) Källa: Ottinger et al (1990)

En sammanvägning mellan tre olika kolkraftverksteknologier, två oljekraftverksteknologier med olika svavelinnehåll och mellan två olika naturgasteknologier med olika reningsteknik

2) Källa: Fritche i Hohmeyer & Ottinger (1991)

Indirekt metod använd; för SO₂, NO_x och Part. baserat på reningskostnad och för CO₂ bränsleförändring och energikonserver. (låga värdet) och reningskostnad (höga värdet)

3) Källa: Burrington i Hohmeyer & Ottinger (1991)

4) Främst effekt på hälsa och indirekt effekt genom försurning som påverkar vattenkvalitet, fisk, material m.m.

5) Främst effekt på hälsa, dessutom på jordbruk, flora och fauna, material

6) Effekt på hälsa, smog

7) Främst effekt på klimat. I avsaknad av direkt skadekostnad används marginalkostnaden för att binda utsläppd mängd kol med trädplantering

Tabell 1b Fossila bränslen (USA)

	Kolkraftverk ¹⁾ Öre/kWh	Oljekraftverk ²⁾ Öre/kWh	Naturgas ³⁾ Öre/kWh
Totala externaliteter	20-46	20-53	6-8

Källa: Ottinger et al (1990)

Alla värden bör ses som startvärden, flera externaliteter har inte tagits med ex. utsläpp av metan och N₂O (växthusgaser), utsläpp av tungmetaller, vatten och markanvändning, avfallsdeponering, externaliteter i början på produktionscykeln ex. vid brytning, transporter. Övriga värden är av ojämn kvalitet.

1) Tre olika teknologier för kolkraftverk

2) Två teknologier för oljekraftverk och med olika svavelinnehåll

3) Två olika teknologier för naturgas med olika reningsteknik

¹Alla värden omräknade till svenska öre (prisläge Dec 91) per kWh el om inte annat anges

Tabell 2 Luftföroreningar (Norge)**Bilaga 5**

Externalitet	Hälsa öre/kg	Vatten ¹⁾ öre/kg	Skogsskador ²⁾ öre/kg	Korrosion ³⁾ öre/kg	Summa öre/kg
SO ₂	6497-28340	14-41	57-71	0-1106	6568-29558
NO _x	21290-117093	14-41	57-71		21361-117205
Partiklar	21290-11516				21290-11516
CO	7-35				7-35

Källa: NOU 1992:3

1) Minskat fiske, minskat rekreativvärde

2) Minskad skogstillväxt, minskat rekreativvärde

3) Korrosionsskador på realkapital

Tabell 3 Söföbränning (USA)

Externalitet	Öre/kg	Öre/kWh
SO ₂	3213	19,0
NO _x	1248	1,6
HCL ¹⁾	189	0,8
Partiklar	1884	0,7-1,4
Totalt		22-23

Källa: Ottinger et al (1990)

Antar samma monetära kostnad/kWh som för kolkraftverk

1) Exkl. effekt på hälsa

Tabell 4 Kärnkraftverk (USA)

Område	Externalitet Öre/kWh
Rutinoperation ¹⁾	0,9
Olyckor ²⁾	18,2
Nedmontering ³⁾	4,0
Totalt	23,1

Källa: Ottinger et al (1990)

Noter Tabell 4

Undantar externalitet som uppstår tidigare i produktionsledet ex. uranbrytning, transporter

- 1) Radioaktivt utsläpp som ger effekt på hälsa, egendomsvärde, natur
- 2) Större kärnkraftshaveri som där sannolikheten för ett allvarligt haveri uppskattas till 1/3333 reaktorår och ger effekter på hälsa (främst cancer) som motsvarar ca 16 öre/kWh och ca 2 öre/kWh för skador på jordbruket
- 3) Kostnad för nedmontering e.t.c. som inte internaliserats i priset (ingen uppskattning av kostnad för avfallshantering ansågs möjlig)

Bilaga 5**Tabell 5 Förnyelsebara energikällor (USA)**

Typ av teknologi	Externaliteter Öre/kWh
Sol	0 - 3,2
Vind	0 - 0,8
Biomassa	0 - 5,5

Källa: Ottinger et al (1990)

Är inte jämförbara med varandra, kalkylerats m.h.a. av olika metodologi.

Tabell 6 Fossila bränslen och kärnkraft (Tyskland)

Externalitet	Fossila bränslen (Öre/kWh)	Kärnkraft (Öre/kWh)
Miljöeffekter ¹⁾	10-39	17-103,
Överutnyttj. av icke-förnyelsebara energiresurser ²⁾	3-23	24-233
Offentliga varor och tjänster ³⁾	0,3	0,5
Offentliga bidrag ⁴⁾	1,5	0,7
Offentliga. R&D transfereringar ⁵⁾	0,1	7,2
Totalt	15-64	49-345

Källa: Hohmeyer i Hohmeyer & Ottinger (1990)

Effekter som inte tagits med är ex:

- psyko-sociala kostnader som följd av sjukdom eller dödsfall liksom sjukvårdskostnader
- miljöeffekter från produktion av insatsvaror som använts för investeringar eller operation
- miljöeffekter för hela produktionscykeln
- fullständig kostnad för klimatförändringar

1) Effekter på hälsa, flora, fauna, material, klimat orsakad av utsläpp av SO_x, NO_x, CO₂, Part., VOC, radioaktivitet samt värme och buller

2) Då existerande priser inte avspeglar ett långsiktigt optimalt utnyttjande och en alltför hög förbrukning av icke förnyelsebara resurser sker. Medel måste då sättas undan för investeringar i teknologi för förnyelsebara energikällor så att framtida energitjänster hålls konstant, (Hotellings knapphetsränta)

3) Varor och tjänster som ex. syftar till att ta hand om miljöfarligt avfall, kontrollera utsläpp eller på annat sätt söker minska skador orsakade av privata aktörer men som dessa inte betalar för

4) Bidrag och skattereduktioner som inte motsvarar kompensation för positiv externalitet (inkl. för stora avdragsregler för investeringar i reningsteknik)

5) Bidrag till forskning som är "icke-konkurrensneutral" (främst stora forskningsinsatser inom kärnkraftsteknologin)

Tabell 7 Förnyelsebara energikällor (Tyskland)

Bilaga 5

Externalitet	Vind (Öre/kWh)	Sol (Öre/kWh)
Miljöeffekter ¹⁾	0,05	2,2
Offentliga R&D transfereringar ²⁾	0,8-1,6	1,6-3,2
Ekonomiska positiva nettoeffekter ³⁾	+2,3-(+)3,8	+11,5-(+)41
Positiva effekter genom undvikande av externaliteter från existerande energislag	+22,5-(+)126,8	+22,5-(+)126,8
Total extern nytta	24-129	38-173
Nytta exkl. externalitet från exist. energislag	1,5-2	8-38

Källa: Hohmeyer i Hohmeyer & Ottinger (1990)

- 1) För vindgenererad el endast buller och för sol dels olyckor vid installation av decentraliserade system dels alternativkostnad för den mark som tas i anspråk för centraliserade system
- 2) Transfereringar som inte motsvarar kompensation för negativa externaliteter
- 3) Ex. ökad sysselsättning, förbättrad handelsbalans

Tabell 8 Kärnkraftverk (USA)

Externalitet	Öre/kWh
Fast avfall	0,6
Nationell säkerhetsaspekt ¹⁾	6,7
Försäkringssubsidier ²⁾	3,9
Reaktorförlust ³⁾	1,1
Extra säkerhetsarr.	1,3-7,4
Totalt	13,5-19,5

Källa: Hall (1990)

Bortser från generella miljöstörningar

- 1) Inkl. oljeberoende, skydd mot terrorism och kärnvapenspridning
- 2) Då ägare inte betalar fullständig försäkringskostnad i samband med allvarigare olyckor
- 3) Stängning av reaktorer (ex. Three Mile Island) p.g.a. olyckor eller ekonomisk-politiska orsaker

Tabell 9 Söppförbränning (USA)

Externalitet	Öre/kg	Öre/kWh
SO ₂ ¹⁾	3213	22,5
NO _x	1248	1,3
HCL ²⁾	189	7,3
Partiklar	1884	0,7
Totalt		31,8

Källa: Wooley i Hohmeyer & Ottinger (1990)

Undantar markanvändning (ger både positiva och negativa externaliteter)

1) Undantar bl.a. effekt av försurning

2) Externalitet antas vara lika med materialkostnad orsakad av SO₂ liksom hälsoeffekter p.g.a. toxiska utsläpp ex cancer

Tabell 10 Kolkraftverk (USA)

Externalitet	Öre/kWh
SO ₂	2,0
NO _x	4,4
CO ₂ ¹⁾	0,8
Partiklar	0,04
Vattenföroreningar	0,8
Markanvändning	3,8
Totalt	11,1

Källa: Burrington i Hohmeyer & Ottinger (1990)

Modern anläggning med utbyggd rening

1) Kostnad för att binda kol m.h.a. trädplantering

Tabell 11 **Utsläpp av CO₂ (Växthuseffekten)** **Bilaga 5**

	Öre/kg C	Öre/kg CO ₂ ⁴⁾	Öre/kWh _(el) ⁵⁾
Nordhaus ¹⁾	1-40	0,3-11	0,3-13
Manne & Richels ²⁾	150	41	50
OECD ³⁾	130	35	43

1) Uppskattade skadekostnader. Källa: Nordhaus (1991)

2) Kostnad för 20% reduktion i utsläpp. Källa: Manne & Richels (1992)

3) Kostnad för 20% reduktion i utsläpp. Källa: OECD (1991)

4) Obs att 1 kg kol (C) motsvarar (44/12) kg CO₂

5) kWh_{el} med antagande om 40% effektivitet

Tabell 12 **Sammanfattning: externaliteter för olika energislag i öre/kWh**

Energislag	Ottinger ¹⁾	Hohmeyer ²⁾	Hall ³⁾	Wooley ⁴⁾	Burrington ⁵⁾	Total spännvidd
Kol	20-46	12-41			11	11-46
Olja	20-53	12-41				12-53
Sopförbränning	22-35			32		22-32
Naturgas	6-8					6-8
Kärnkraft	23	25-112	14-20			14-112
Sol	0-3	3,8-5,4				0-5
Vind	0-1	0,8-1,6				0-2
Biomassa	0-6					0-6

1) Tabell 1b) samt Tabell 3-5

2) Tabell 6-7. Inkluderar ej "Överutnyttjande av icke-förnyelsebara resurser" eller positiva effekter på sysselsättning etc.

3) Tabell 8

4) Tabell 9

5) Tabell 10

Litteratur

- Andersson, R: Biobränslen från jordbruket. En analys av miljökonsekvenser. Naturvårdsverket Rapport 3713. 1990.
- Axenbom, et al: Biobränsle från jord och skog. Värdering i ett marknadsperspektiv. Särtryck ur preliminärt manus till meddelande i serien "Aktuellt från Lantbruksuniversitetet. 1991.
- Bohm, P: Incomplete international cooperation to reduce CO₂ emissions: Alternative policies. Research paper 1991:2. Department of Economics. University of Stockholm.
- Bränslen från jordbruksgrödor. Möjlig produktion, råvarukostnader och värde av sidoprodukter. Projekt Agrobioenergi. Sveriges Lantbruksuniversitet & Jordbrukstekniska Institutet. Uppsala. 1986.
- Drake, L: Värdet av bevarat jordbrukslandskap. Resultat av intervjuundersökningar. Rapport 289. Sveriges Lantbruksuniversitet. 1987.
- Ds 1992:15. Växthuseffekten - slutsatser för jordbruks-, energi- och skattepolitiken.
- Eriksson, H & G Hallsby: Biomass fuels - Effects on the carbon dioxide budget. NUTEK. Rapport 1992:10.
- Grubb, M: The Greenhouse effect: Negotiating targets. Energy and environmental programme. Royal institute of International Affairs. London. 1989.
- Hall, D C: Preliminary estimates of cumulative private and external costs of energy. Contemporary Policy Issues. July 1990.
- Hoel, M: Efficient international agreements for reducing emissions of CO₂. Memo no 6 1990. Dep of Economics. University of Oslo.
- Hohmeyer O & R L Ottinger: External environmental costs of electric power. Springer-Verlag. 1991
- Hohmeyer, O: Social costs of energy consumption. New York. Springer-Verlag. 1988.
- Kuylentierna, J C I & M J Chadwick. The Relative sensitivity of ecosystems in Europe to the indirect effects of acidic deposition i Regional Acidification Models Ed. J Kämäri et al. Springer Verlag. Heidelberg. 1989.
- Manne, A S & R G Richels: CO₂ emission limits: an economic cost analysis for the USA i International Energy Modeling. Ed: Sterner T. Chapman Hall. London. 1992.
- Nordhaus, W D: A sketch of the economics of the greenhouse effect. American Journal of Economics. Vol 81. No 2. 1991.
- NOU 1992:3. Mot en mer kostnadseffektiv miljöpolitik i 1990-årene.

OECD. The Cost of Policies to reduce global emissions of CO₂: Initial simulation results with GREEN. OECD miljödirektorat.1991.

Ottinger, et al: Environmental costs of electricity. New York. Springer-Verlag. 1990.

Sandmo, A: Optimal taxation in the presence of externalities. Swedish Journal of Economics. 1975. No 1.

SOU 1989:83. Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken. Energi och trafik.

SOU 1991:90. Konkurrensneutral energibeskattnig.

ENERGIKONSUMTIONENS SOCIALA KOSTNAD

EN FÖRSTUDIE

Lars Hultkrantz
Nationalekonomiska institutionen
Umeå universitet

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

FÖRORD

- 1 ENERGINS FULLA VÄRDE
 - 1.1 Inledning
 - 1.2 Naturens värde
 - 1.3 Sveriges energipolitiska val

- 2 ANDRA SOCIALA KOSTNADER ÄN MILJÖ (OCH HÄLSA)
 - 2.1 Inledning
 - 2.2 Sysselsättning, regionala effekter
 - 2.3 Sårbarhet
 - 2.4 Bytesbalansen
 - 2.5 Slutsatser

- 3 VÄRDERING AV MILJÖ (OCH HÄLSA)

- 4 ENERGINS MILJÖKOSTNADER
 - 4.1 Inledning
 - 4.2 Fossila bränslen
 - 4.2.1 Luftutsläpp av försurande ämnen
 - 4.2.2 Klimat effekter
 - 4.3 Ved
 - 4.4 Kärnkraft

- 5 SLUTSATSER

REFERENSER

SAMMANFATTNING

I denna förstudie övervägs behovet av och inriktningen för en studie av energianvändningens samhällsekonomiska kostnader. Den utmynnar i ett förslag om en utredning som belyser dessa kostnader med "ingenjörskalkyler". Förebilder och metodproblem för sådana kalkyler redovisas och diskuteras. Den föreslår även att nya "skuggpris"beräkningar utförs, t ex av Konjunkturinstitutet, för svavel- och kväveoxider samt koldioxid, samt att kolbalanseffekterna vid olika alternativ för det framtida utnyttjandet av skogsbränslen studeras närmare.

FÖRORD

Denna studie har utförts på uppdrag av Biobränslekommissionen. Jag vill tacka studiens referensgrupp – Peter Bohm (ordförande), Hans E. B. Andersson, Karl-Axel Edin, Tomas Kåberger, Christer Larsson, Jan Thyberg och Ulla Weigelt – för värdefulla synpunkter på ett tidigare utkast.

1 ENERGINS "FULLA VÄRDE"

1.1 Inledning

Svenska ekonomer försökte under flera decennier övertyga "halsstarriga" politiker om fördelarna med att tillämpa Erik Dahmens (1968) devis "Sätt pris på miljön". Till, förmodligen, ekonomernas stora förvåning lyssnade politikerna till slut och beslöt att, i samband med den stora skattereformen, införa miljöavgifter på en rad olika miljöföreningar (beroende på lämplighet i form av avgifter på utsläpp, insatsvaror eller produkter). Därmed blev rollerna ombytta. Nu har politikerna anledning att pressa ekonomerna, denna gång med frågan: Vilket pris skall vi sätta på miljön?

Särskilt finns det skäl att ställa denna fråga när det gäller den miljöpåverkan som uppstår inom energisektorn.¹ Några av de främsta miljöproblemen finns på detta område (klimatförändringar, försurning, kärnkraftsproduktionens risker, mm). Värme- och kraftproduktionen, och dess kostnad, är vital för hela samhällsekonomin. De miljöavgifter som redan har införts (svavel- och kväveoxider, koldioxid) är höga och påverkar därför rimligen många av de beslut som tas i energisektorn. Det finns därför goda skäl att pröva om rätt nivå har valts för dessa avgifter. En närbesläktad fråga är om de avgifter som nu har införts "slår snett" därför att de endast berör vissa former av miljöpåverkan, medan andra, kanske betydelsefulla, ej marknadsprissatta effekter (miljöeffekter eller andra effekter) saknar avgift. Om så är fallet kan avgifterna tänkas skapa nya och oönskade problem.

De beslut som förestår under kommande decennier inom kraftproduktionen när det gäller tidsförloppet för kärnkraftens avveckling, val av bränsle och teknik i nya kraftproducerande anläggningar etc kräver avvägning mellan olika alternativs kostnader och miljöeffekter. Oavsett om miljöaspekterna regleras med miljöavgifter eller på annat sätt krävs ett gott ekonomiskt underlag för dessa beslut. I samband med Biobränslekommissionens arbete har därför frågan väckts om den bör ta initiativ till en eller flera studier av den totala kostnaden för produktion och användning av elkraft i Sverige. Tanken är tilltalande, men kan sådana studier verkligen ge någon användbar information? Vilken inriktning borde studierna ha? Dessa frågor är utgångspunkten för

¹Med detta menar jag värme- och elmarknaderna. Jag kommer att tillåta mig att kalla utbud och efterfrågan på energi för energiproduktion respektive energikonsumtion. Detta är naturligtvis egentligen olika former av energiomvandling. Eftersom hela samhället (och ekonomin) ägnar sig åt energiomvandling kan man även invända mot benämningen av en delsektor som "energiesektorn".

denna uppsats.

Innan vi går närmare in på detta kan det emellertid vara nyttigt att sätta in problemet i sitt sammanhang. Detta är ämnet för nästa avsnitt.

1.2 Naturens värde

Vad är värdet av en produkt eller en produktionsresurs? Ekonomisk analys och ekonomiska beslut vilar i praktiken ofta på en inskränkt syn på produktionens värde och kostnader. Denna trångsyn uppstod i den begynnande industrialismen och uttrycktes på följande sätt av den engelske filosofen John Locke (1790):

Though the earth, and all inferior creatures be common to all Man, yet every man has a property in his own person. This no Body has any right to but himself. Whatever then he removes out of the state that nature hath provided, and left it in, he has mixed his labor with, and has joined to it something that is his own, and thereby makes it his property. (s. 328)

Med Lockes utgångspunkt grundas allt värde på människans rätt till sin egen arbetskraft. Kostnaden för en viss produkt är den ersättning som man måste betala för att få de människor som behövs att delta i produktionsprocessen (med direkt arbete eller med tidigare nedlagt arbete i form av kapital).

Problemet med detta är hur man ska se på naturens roll. Naturen äger inte sig själv och kan därför inte sälja sitt bidrag till produktionen. Enligt Locke är naturen människans gemensamma egendom och blir en privat egendom (som kan säljas) enbart som resultat av den arbetsinsats som "blandas in" i naturresursen.

Detta synsätt för till slutsatsen att kostnaden för att använda naturresurser enbart är en fråga om utvinningskostnaderna, t ex kostnaderna för att pumpa upp olja ur marken. Även om man accepterar att naturen inte har ett värde "i sig" är detta emellertid ett feltänkande. Naturresurserna finns inte i obegränsad tillgång. Det finns därför rivalitet mellan olika användningar och olika användare. Den olja som används av en generation kan inte användas även av nästa generation. Om den ekonomiska värderingen inte tar hänsyn till detta utan bara tar hänsyn till kostnaden för att pumpa upp oljan ("inblandningen av arbete") kommer man att få ett ineffektivt resursutnyttjande. Oljan har en alternativkostnad i form av dess värde i bästa alternativa användning.

I början av 1970-talet, särskilt i samband med den första oljepris"chocken", uppmärksammades på allvar detta feltänkande i de ekonomiska analyserna.¹ Sett i backspegeln kan man emellertid konstatera att strålkastarljuset till en början kom att sättas på fel problem. Det som man särskilt fokuserade var det faktum att vissa naturresurser som användes som råvaror i produktionen inte är förnyelsebara. Till dessa hör malmreserverna och de fossila bränslena. Kritiken (främst uttererad i den sk Romklubben analyser) konstaterade att användningen av dessa ändliga tillgångar förefaller att följa en exponentiell utveckling, dvs förbrukningen ökar med en lika stor procentsats varje år. Ett sådant förlopp innebär att förbrukningen i absoluta tal till en början ökar med små belopp för att "till slut" öka "hur mycket som helst". Oavsett hur stora de ändliga tillgångarna är så återstår, med matematisk nödvändighet, bara 50 – 100 år innan Ragnarök, då allt kommer att vara slut.

Denna kritik träffade emellertid inte kärnfrågorna. För det första hade kritikerna en alltför mekanisk syn på resursanvändningen. För man in möjligheterna till substitution, teknisk utveckling och kompenserande kapitalackumulation i bilden blir konflikten mellan dagens och morgondagens konsumtion av dessa tillgångar inte lika tydlig. Men framförallt gällde för just dessa naturresurser, med en etablerad och ekonomiskt värdefull användning, att äganderettsfrågorna var klargjorda, eller åtminstone höll på att klargöras. Just dessa naturresurser är inte "common to all Man". De är förhållandevis enkla att "privatisera", dvs ägaren kan exkludera andra från att bruka dem (ibland finns dock ett problem när det gäller olika olje"källor" som i själva verket är delar av samma reservoar). För just dessa naturresurser tenderar därför marknader att uppstå som åsätter dem mer eller mindre rättvisande värden.

Det visade sig snart att de mest trängande effektivitetsproblemen fanns på andra områden, för andra naturresurser.² För råvarorna var det paradoxalt nog de biologiskt förnyelsebara naturresurserna som uppenbart överutnyttjades, dvs som undervärderades. Skälet till detta var att äganderätten här ofta är mer primitiv. För havsfisket gällde tidigare i princip ockupationsrätt, dvs fritt tillträde. Detta gav, som visades i en artikel

¹Ett mycket väsentligt bidrag till förståelsen av naturresursernas knapphetsvärde hade givits redan 1931 av Harold Hotelling. Allan Kneese (1962, 1964) påvisade miljöföreningarnas karaktär av externa effekter.

²Därmed är inte sagt att utnyttjandet av de icke-förnyelsebara naturresurser som används som råvaror är effektivt och rättvist. Marknader kan fungera bättre eller sämre när det gäller att åstadkomma effektivitet. Marknadslösningarna avspeglar (som alltid) de existerande orättvisorna när det gäller inkomsternas och förmögenheternas fördelning. Även om en marknadsekonomi fungerar "effektivt" kan den ge upphov till en icke bärkraftig ekonomisk utveckling. Fungerande råvarumarknader innebär emellertid att sådana naturresurser, till skillnad från åtskilliga andra, inte behandlas som om det inte fanns någon knapphet.

1954 av Gordon, upphov till vad som senare skulle kallas "the tragedy of the commons" (Hardin 1968). Denna tog sig uttryck i en överfiskning av de ekonomiskt mest värdefulla fiskstammarna som, en efter en, kom att kollapsa (anchovetan (1972), islandssillen (1968) osv). När det gäller skogsresurser finns å ena sidan ett stabilt privat ägande i delar av de tempererade områdena (t ex Västeuropa, delar av USA), men en stor del av världens skogstillgångar är i ett otydligt, ofta okontrollerat, statlig ägande, som särskilt i de tropiska skogarna ofta kommit att bli liktydigt med fritt (eller rentav subventionerat) tillträde. Detta har givit upphov till en omfattande skövling av dessa skogar (Repetto m fl 1988, Panayoutou 1992).

Även för dessa resurser gäller emellertid att det finns möjligheter att begränsa utnyttjandet och "privatisera" ägandet på ett sätt som gör marknadsprissättning möjlig. Väsentliga framgångar har under de senaste decennierna vunnits för havsfisket och en liknande utveckling bör kunna vara möjlig på skogsområdet (fortfarande är dock problemet hur man skall kunna hindra fattiga och ibland desperata människor från att skövla tredje världens skogar långt ifrån en lösning, se Kant & Nautiyal 1992).

Utmärkande för de naturresurser som används som råvaror är att de används "styckevis". Denna egenskap gör det möjligt att fördela ägandet, skapa marknader och få priser som avspeglar (helt eller delvis) resursernas knapphet. Detta är svårare för de naturresurser som inte kan delas upp på ett enkelt sätt. Dessa utgör sammantaget "miljön", de kollektivt utnyttjade naturresurserna. Det faktum att miljön är "common to all Man" förhindrar att denna får sitt "verkliga" värde uttryckt på en marknad, och att miljöanvändningen därför avspeglar detta värde.

Kraftproduktion är inget undantag. När den baseras på förbränning är det nödvändigt att använda vårt gemensamma lufthav för att deponera de "restprodukter" (t ex koldioxid, svaveldioxid, kväveoxider, metaller och sot) som inte kan avlägsnas genom rening. Den som bygger ett vattenkraftverk brukar få betala ekonomisk ersättning för vissa förluster av naturvärden, t ex till de som äger fiskerätt eller äger mark som kommer att översvämmas. Andra naturvärden som är kollektiva tillgångar, t ex möjligheten att få njuta anblicken och dånet av den vilda forsen, ersätts däremot inte. Kärnkraftsproduktion är förenad med risker för olyckor som kan drabba många människors gemensamma livsmiljö och t o m den genetiska koden, mänsklighetens mest kollektiva tillgång.

1.3 Sveriges energipolitiska val

Utgångspunkten för denna förstudie är att Sverige under den närmaste framtiden står inför flera väsentliga val i fråga om elkraftsproduktionen utformning och omfattning. Ett sådant val gäller utfasningen av de befintliga kärnkraftsverken. Ett avvecklingsbeslut är taget, men tidsprogrammet är fortfarande öppet. Det är knappast ens självklart att riksdagen till slut kommer att vilja avveckla hela kärnkraftsproduktionen till år 2010. Enligt vad vi idag vet är det tekniskt möjligt att fortsätta en stor del av produktionen under ytterligare några decennier. Det andra valet gäller vad kärnkraften skall ersättas med. Om vi bortser från ny kärnkraft finns idag tre bränslealternativ som kan spela stor roll, nämligen kol, gas och biobränsle. Även andra möjligheter finns, t ex vindkraft och torv. Ett tredje val, som sammanhänger med det förra, är hur mycket ny kapacitet för kraftproduktion som skall anläggas. Detta avgörs dels av hur den inhemska kraftförbrukningen utvecklas, dels av vilken import och export som kommer att ske.

För dessa val gäller att de i hög grad är avhängiga av de olika alternativens konsekvenser för miljö (och hälsa). De avgörande miljöproblemen är få, men svåra. Produktion av kärnkraft medför säkerhetsrisker, och avfallet ger upphov till ett långvarigt lagringsproblem. För andra energikällor finns flera miljöproblem, men de väsentliga problemen gäller röken från förbränning. Ett problem är luftutsläppens innehåll av försurande ämnen, ett annat innehållet av koldioxid. Problemen försvåras av att de är gränsöverskridande. Det gäller alldeles särskilt luftföroreningarna som är en regional (försurning) och globalt (drivhusgaser) kollektiv onyttighet. En olycka i ett svenskt kärnkraftverk (särskilt Barsebäck) kan leda till att andra länder drabbas. Även indirekt kan den svenska kraftproduktionen påverka miljön i andra länder. Tillgången till och kostnaden för elkraft påverkar vår export och import av elintensiva produkter (och elkraft) och därmed behovet av kraftproduktion, med dess utsläpp och risker, i andra länder.

Valen är svåra. Till bilden hör även att frågorna inte kan avgöras en gång för alla genom politiska beslut. Vare sig man vill det eller inte kommer energisystemet att till stor del vara marknadsbestämt, dvs resultatet av en mängd beslut fattade av användare och producenter av energi. Energipolitiken kan därför nå framgång endast om den har styrmedel till sitt förfogande med vilka marknadsbesluten kan påverkas i avsedd riktning.

För att göra dessa svåra val skulle vi behöva känna miljöns värde. Kände vi det "fulla"

värdet av de olika alternativens miljökonsekvenser kunde miljökostnad adderas till produktionskostnad. En rättvisande prövning av de olika möjligheterna kunde göras som tog hänsyn till alla olika aspekter. Detta vore naturligtvis till stor fördel i alla de beslut som skall fattas på central nivå. Det skulle emellertid även möjliggöra en långtgående decentralisering. Det är en tilltalande tanke att utforma energipolitiken som en uppsättning "sociala" energiskatter, vilka korrigerar marknadspriserna på olika energiformer på de punkter där dessa inte till fullo avspeglar resursernas verkliga knapphet. Med miljöavgiftsutredningens (MIAs) förslag 1989 – 1990 och riksdagens införande av sådana avgifter har denna tanke delvis kommit att förverkligas. Man kan dock knappast hävda att de energipolitiska frågorna har slutligt avgjorts med införandet av dessa avgifter. En rad frågor kan ställas:

1. Bör andra sociala hänsynstaganden än miljöfrågor leda till "korrigerande" punktskatter som kompletterar eller jämkar miljöavgifterna?
2. Hur höga är de verkliga "skadekostnaderna" av de utsläpp som redan är belagda med miljöavgifter?
3. Finns det andra utsläpp/miljörisker som också borde belastas med miljöavgifter (och hur höga bör dessa vara?)
4. Bör vi koordinera de svenska miljöavgifterna med miljöavgifterna i andra länder?

Den första frågan låg inte inom MIAs uppdragsområde. Den andra frågan besvarades inte särskilt uttömmande av MIA. Nivåerna för vissa avgifter bestämdes genom, mer eller mindre välgrundade, överväganden om vilken nivå som krävdes för att uppnå specifika mål för reduktion av utsläppen. I vissa fall, åtminstone när det gäller koldioxidavgiften, var skattereforens finansieringsbehov ett viktigt moment vid nivåbestämningen. Den tredje frågan väcks bl a av det faktum att det inte finns någon fastlagd tidsplan för kärnkraftens avveckling. Om ett snabbt förlopp ställs mot ett utdraget tidsförlopp bör naturligtvis både kärnkraftens och alternativens miljökostnader vägas in. Den fjärde frågan har redan lett till en ny utredning (SOU 1991:90, "Hjalmarssonska utredningen") som ligger till grund för regeringens förslag i årets kompletteringsproposition till förändring av industrins energibeskattnig. Även framgent, t ex efterhand som det internationella samarbetet i klimatpolitiken utvecklas, kommer det finnas anledning att fortsätta överväga denna fråga.

Ingen av dessa frågor kan ges ett uttömmande eller slutgiltigt svar genom en mindre

utredning. Vår kunskap om grundläggande naturvetenskapliga samband, t ex när det gäller klimatpåverkan, har besvärande begränsningar. Som vi strax skall se är ekonomisk värdering av kollektiva miljötillgångar förenad med stora, delvis outforskade, metodproblem. Den fråga jag överväger i denna förstudie är emellertid om det skulle vara "värt" att genomföra en mer begränsad utredningsinsats för att belysa energianvändningens samhällsekonomiska kostnader.

Det svar jag kommer fram till är jakande. Innan jag når denna slutsats, diskuterar jag i nästa avsnitt frågan om annat än "miljön" bör läggas in i den samhällsekonomiska värderingen. Därefter går jag i avsnitt 3 genom de metoder som finns för att värdera energins miljöskadekostnader, dvs "miljövärdena", och de problem som är förenade med dem. I avsnitt 4 diskuterar jag kortfattat de internationella och svenska förebilder som finns för detta slag av studier. I sista avsnittet ställer jag samman de frågor och problem som jag anser bör bli föremål för en eller flera närmare studier.

2 ANDRA SOCIALA KOSTNADER ÄN MILJÖ (OCH HÄLSA)

2.1 Inledning

Tekniken för att göra samhällsekonomiska bedömningar (cost-benefit analysis) utvecklades för att göra ekonomiska kalkyler i miljöer där väsentliga uppgifter om verklig knapphet saknades pga frånvaro av marknader. Detta kunde t ex gälla investeringsbedömningar i u-länder eller beslut om produktion av skattefinansierade kollektiva nyttigheter, t ex väginvesteringar. Även om väsentliga prisuppgifter saknades (t ex värdet av vägen) kunde man emellertid ofta delvis bygga analysen på verkliga priser, t ex löner. Ibland kunde dock marknadspriserna förväntas vara snedvridna och borde därför korrigeras.

De insikter som dessa metoder gav förde emellertid snart till en extrem konsekvens. Det är nämligen möjligt att visa att inga marknadspriser ger helt korrekt information. Det räcker att störa prissättningen någonstans i ekonomin för att detta i princip skall rubba priserna i hela ekonomin. Verklighetens marknadsekonomi är inte bara "störd" här och var. I stort sett alla marknader är kraftigt rubbade pga beskattning. Den extrema slutsatsen kan därför alltså bli att företagens kalkyler alltid, på alla områden, måste korrigeras.

I tillämpning på energipolitiken innebär detta att det inte räcker med att värdera kollektiva nyttigheter som miljön. Även marknadsprissatta resurser som arbete, kapital, värme och el kan vara (är) felaktigt prissatta och behöver i teorin korrigeras. Enerkipolitiken skulle alltså behöva motverka effekterna av felaktiga prisrelationer på alla områden. Man kan emellertid göra flera invändningar mot ett sådant synsätt:

a. Om beskattning eller marknadsimperfectioner, t ex konkurrensbegränsning, ger upphov till väsentliga effektivitetsförluster, så är detta ett generellt politiskt problem. I första hand bör därför generella lösningar sökas. Om t ex konsumenterna bedöms ha alltför höga kapitalkostnader, och därför i för hög grad avstå från energibesparande investeringar, så är detta ett problem som inte bara gäller denna typ av investeringar. En särskild energipolitisk lösning, t ex subventioner till energisparande, kan komma att förvärra det grundläggande effektivitetsproblemet (det kommer att bli ännu svårare för hushållen än tidigare att göra andra investeringar, eftersom resurserna styrs över till ett speciellt slag av investeringar).

b. Det finns risk att man vid utformningen och genomförandet av en "ambitiös" energipolitik skulle överbetona målet att åstadkomma effektivitet på kort sikt. Det viktigaste är att man får en någorlunda effektiv resursanvändning över tiden. Regleringar av olika slag, även om de har tillkommit för att främja ett effektivt utnyttjande av de resurser som är tillgängliga för tillfället, tenderar att låsa in resurserna i en viss användning och därmed bromsa de dynamiska förloppen.

c. Åtskilliga studier av regleringar visar att de ofta utsätts för "regulatory capture", dvs. regleringen "övertas" och utnyttjas av ett särintresse (ofta den bransch som regleras) i dess egna syften. Risken för att energipolitiken skall utsättas för sådant ökar om den utsträcker sitt revir utanför ett område som kan stakas ut efter någorlunda klara principer.

Av dessa skäl är jag själv misstänksam mot ambitioner att utforma en "allomfattande" energipolitik som inte bara kompletterar marknader som saknas (kollektiva nyttigheter etc), utan även försöker korrigera någorlunda väl fungerande marknader. Jag skall här kommentera några av de områden som kan vara aktuella för en sådan energipolitisk "korrigering".

2.2 Sysselsättning, regionala effekter

Energisystemet påverkar sysselsättningen. Det kan därför föras fram argument att energipolitiken bör få en viss utveckling av "sysselsättningspolitiska" skäl. Dessa är av olika art:

Konjunkturproblem: I tillfällen av hög arbetslöshet kan staten av stabiliseringsskäl och av arbetsmarknadsskäl vilja utnyttja energisektorn för att generera arbetstillfällen. Detta är sällan ett energipolitiskt problem utan löses med arbetsmarknads- och stabiliseringspolitiken, t ex genom incitament för tidigareläggning av större investeringar.

Regional sysselsättning: Energiproduktionssystemen har i vissa fall en regional karaktär. Detta gäller särskilt produktion av skogsenergi (skogsbygd), energiskog (jordbruksbygd) och torv (inland). Detta ger anledning till sammankoppling av energipolitiken med regionalpolitiken. Här uppstår emellertid två problem:

a. Regional utbredning. För att energipolitiken skall vara ett verksamt medel krävs att

det finns en någorlunda hög överensstämmelse mellan de produktionsområden som gynnas av en viss energipolitik och de som man vill gynna med regionalpolitiken. Detta gäller emellertid endast i begränsad utsträckning. Skogs- och torvtillgångarna finns utspridda över hela landet. Transportkostnaderna för inhemska bränslen är höga,¹ vilket gynnar produktion som sker nära marknaden, dvs nära befolkningskoncentrationer. Följden är att energipolitiken har en rätt låg "träffsäkerhet" som regionalpolitik. En allmän subventionering av inhemska bränslen gynnar t ex särskilt Småland med stora tillgångar nära befolkningskoncentrationer.

b. Kostnadsaspekter. Om regionalpolitiska skäl driver upp energipolitiken till en ur samhällsekonomisk synpunkt mer kostsam nivå, så sker detta inte utan regionala effekter. Särskilt svaga regioner kan komma att drabbas hårdare än andra. Effekten av en avgift på t ex olja, kol och naturgas är att priset på el och värme höjs. Detta drabbar särskilt elintensiv industri, boendekostnaderna i landets mer kalla områden osv. Även om vissa positiva regionala sysselsättningseffekter erhålls genom att användning av flis och torv stimuleras är det ingalunda klart att denna politik ur regionalekonomisk synvinkel har varit framgångsrik.

Nationell sysselsättning. Om man bortser från arbetsmarknads- och regionalpolitiska överväganden är hög sysselsättning knappast ett mål i sig. En hög sysselsättning kan ju kommenderas fram på sätt som är kraftigt välfärdssänkande. Med detta mål måste man därför snarare förstå god inkomstutveckling (som, genom högt arbetskraftsdeltagande, låg utvandring och hög invandring etc, kan tänkas ge hög sysselsättning). Förutsättningen för detta är emellertid effektiv resursanvändning, även med hänsynstagande till kostnaden för arbetskraften (värdet av arbetskraften i bästa alternativa användning).

Slutsatsen är därför att det inte förefaller särskilt angeläget att ingående studera energipolitikens sysselsättningseffekter. Sysselsättningsmålet tillgodoses förmodligen bäst genom att energipolitiken utformas med full klarhet om olika alternativs kostnad och med styrmedel som har förutsättningar att ge kostnadseffektiva lösningar.

¹Detta gäller dock framförallt "oförädlade" bränslen, t ex flis, med hög fukthalt. Torvpelletts eller träpulver kan vara möjliga att transportera över betydligt längre avstånd (träpulvrets teknik och lönsamhet analyseras av Marks 1990 och Kallner 1991).

2.3 Sårbarhet

Det moderna samhället är mycket känsligt för störningar i energisystemet, t ex i eldistributionen. Åtgärder för att minska denna sårbarhet kan ibland ses som en kollektiv nyttighet. Visserligen finns det ofta privata alternativ, t ex reservaggregat, som kan vara bättre än centraliserade lösningar. Stora störningar kan emellertid vara svåra att skydda sig mot med sådana medel. Pga skalekonomier kan det vara billigare att lösa detta kollektivt. Vidare kan producenter ha bristande incitament att ta hänsyn till riskkostnader på användarsidan (och vice versa). Sådana skäl talar för offentliga ingrepp för att minska sårbarheten.

Eftersom sårbarhetsargumentet för ingripanden är vagt finns det emellertid en risk att det missbrukas. Inom jordbrukspolitiken har det t ex utnyttjats som ett standardargument för bibehållande av regleringar, utan att det har kunnat underbyggas med något trovärdigt scenario. Inom energipolitiken förefaller ofta en distinktion göras mellan inhemskt och utländskt. Inhemsk försörjning skulle således vara mindre sårbar än utländsk. Så behöver emellertid inte alls vara fallet. För bränsle som införskaffas på världsmarknaden som olja och kol, finns vanligen många källor och tillförselvägar. Bortfall av produktionen i ett land (Kuwait) behöver, efter viss anpassningstid, inte drabba användarna så hårt. Ett system som bygger på självförsörjning kan vara mer utsatt (t ex vid torrår för vattenkraften, säkerhetsproblem som framtvingar stängning av flera svenska kärnkraftverk etc). De "areella" inhemska bränslena (torv och flis) är väderberoende.

Två grundregler för att minska sårbarhet är riskspridning och flexibilitet. Vad som kan behöva göras beror på utgångsläget. Med mycket olja i "energiportföljen" kan oljeanvändningen behöva minskas, med litet olja kan den tvärtom behöva ökas. Att analysera sårbarhetsfrågorna är en viktig energipolitisk uppgift. I vissa lägen kan det vara befogat att utnyttja avgifter som styrmedel för att åstadkomma mindre sårbara lösningar.

2.4 Bytesbalansen

Ett vanligt, men definitivt felaktigt, argument för energipolitiska insatser är att dessa kan användas för att åstadkomma balans i Sveriges affärer med utlandet. Detta argument är i vissa tillämpningar "gammalt som gatan", t ex som argument för att minska oljeanvändningen, inte elda ved (för att istället "tjäna mer" genom att exportera

massa) osv. Svenska nationalekonomer har ägnat mycken möda åt att förklara varför detta argument är oriktigt.

"Bytesbalansargumentet" har inte stöd i ekonomisk teori. Enligt ekonomisk teori vinner varje nation på att inrikta sin produktion efter sina komparativa fördelar. Det innebär att resurserna i ett land bör inriktas mot en så effektiv användning som möjligt. Resurserna bör därför inte sättas in där de ger störst "exportvärde" eller störst "imports substitution" utan där de finner mest lönsam användning (vissa undantag kan finnas i u-länder för att skydda "späda industribranscher" under ett övergångsskede). För att ta ett konkret exempel så finns det inget skäl att inte elda virke om massaindustrins betalningsförmåga för virke är lägre än fjärrvärmeverkens betalningsförmåga. (Jag bortser från eventuella subventioner till någon av dessa användningar; om sådana finns är de antingen befogade av något skäl och bör då få slå igenom, annars är de obefogade och bör då avskaffas.)

Även om debatten endast gäller energipolitiken, eller detaljer i denna, bör man även betänka konsekvenserna av att "bytesbalansargumentet" får tillämpning på flera områden i den svenska ekonomin – och i andra länder. Vi vet från en lång rad tråkiga exempel att kostnaden för en protektionistisk politik är hög (t ex den latinamerikanska politiken under 1950-talet, 1970-talets "euroskleros" i Västeuropa, osv). Hoten mot den fria världshandeln pga protektionistiska åtgärder i enskilda länder är många.

Ändå återkommer "bytesbalansargumentet" ständigt. Ett färskt energipolitiskt exempel kan hämtas från den gångna vinterns debatt om den "Hjalmarssonska utredningen", där bl a industriförbundets representant oblygt utvecklade detta argument mot användning av biobränsle i ett inlägg på DN-debatt (26 januari 1992) (det är en tillfällighet att jag väljer just detta inlägg som illustration; det är långt ifrån enbart industriföreträdare som brukar använda argumentet).

Man skulle kunna misstänka att denna seghet beror på att det finns någon del i argumentet som trots allt är bärkraftig, men som ekonomerna kanske inte har förstått. Förmodligen är emellertid förklaringen att argumentet *behövs* för att rättfärdiga protektionistiska krav (handelhinder, subventioner till inhemska producenter osv). Sådana krav gynnar som regel ett eller flera särintressen (t ex en industribransch och dess anställda), men missgynnar allmänintresset. De intressen som missgynnas brukar emellertid ha en svagare ställning i det politiska spelet, ofta därför att de delas av en stor och heterogen grupp (t ex alla konsumenter). Emellertid är det allom bekant att statsmakten utnyttjas av särintressen. För att så långt som möjligt förhindra sådant sker

en ständig granskning, utförd av politiker, media, allmänheten, andra intressegrupper osv, av huruvida politiska förslag är förenliga med "rättvisan" och "allmänintresset". Argument som tycks kunna "rättfärdiga" ett särintresses krav har därför en central roll i det politiska spelet.

Bytesbalansargumentet är just ett sådant argument. Eftersom det "behövs" är det outslitligt och kan aldrig "nedkämpas" med sakargument. Likafullt är det felaktigt.

2.5 Slutsatser

Av de tre vanliga argumenten för energipolitiska "korrigeringar" av marknaderna på andra områden än miljö och hälsa finns det enligt min uppfattning enbart anledning att fästa avseende vid ett, nämligen sårbarhetsfrågan (med viss reservation för att den lätt kan missbrukas). Trots att denna fråga är betydelsefull skall jag inte gå närmare in på den fortsättningsvis.

Värdering av energiförbrukningens miljökostnader gäller till stor del värdering av kollektiva nyttigheter, vilket allmänt sett är svårare än när det gäller att värdera privata varor. Vissa "miljönyttigheter" är dock privata varor eller liknar sådana. I de fall det uppkommer en tydligt påvisbar negativ effekt av stor betydelse för en enskild person eller företag kan man emellertid utgå från att denne kommer att kräva ersättning. Även vissa fall där påverkan är mer "diffus" och drabbar ett helt kollektiv kan ibland hanteras via rättssystemet. T ex har en grupp skogsägare krävt ersättning för den markförsurning/skogsskador som de anser att raffinaderi- och kemiindustrin i Stenungsund har vållat. I sådana fall rör man sig emellertid i (eller kanske bortom) gränstrakterna för de miljökonflikter som kan lösas genom uppgörelser (med eller utan hjälp av domstol) mellan de parter som direkt berörs. Någonstans går gränsen för vilka miljökostnader som kan internaliseras på detta sätt. Denna sätts av transaktionskostnaderna, äganderättsförhållandena och miljönyttighetens karaktär av kollektiv nyttighet. Bortom denna gräns har vi därför de "externa effekterna", vilka måste värderas och regleras på annat sätt.

Värderingen av de externa effekterna kan ske från tre olika utgångspunkter. Den första är värdering som syftar till att fastställa "det verkliga värdet". Man vill normalt veta "nyttan" av en viss åtgärd för att minska miljöpåverkan. Detta är den miljöskadestkostnad som man slipper om åtgärden genomförs. I termer av en figur över "utbud" och "efterfrågan" på reningsåtgärder, innebär detta att man försöker bestämma en punkt (eller intervall eller hela) på efterfrågekurvan.

En annan utgångspunkt kan vara att försöka fastställa ett skuggpris. Denna metod kan tillgripas i fall där efterfrågesambandet är svårt att klarlägga. Trots detta kan det emellertid finnas vissa hållpunkter. Vid en viss nivå kan den marginella skadestkostnaden tänkas accelerera. Detta kan ha naturvetenskapliga skäl. Ett exempel är tröskelvärdet för markförsurningen, t ex den kritiska belastning av fria protoner vid vilken markens innehåll av aluminium börjar fällas ut. Den kritiska nivån kan också vara bestämd i en politisk beslutsprocess, t ex internationella överenskommelser om utsläppsreduktioner. Även om nivån kan vara mer eller mindre godtycklig får den en särskild betydelse därför att om den nås kan man kräva att även andra länder gör motsvarande insats. Med utgångspunkt i sådana "målnivåer" beräknas deras skuggpris, dvs marginalkostnaden vid målnivån. Detta kan ofta vara mer enkelt än värdering från efterfrågesidan, eftersom kostnaderna är lättare att värdera (marknadsbestämda).

En tredje utgångspunkt är en värdering som enbart utgår från kostnaderna. Kostnaderna för ett visst utsläpp sätts då lika med kostnaden för att istället undvika den genom någon åtgärd. Detta är emellertid en tivelaktig metod. Vissa miljömässigt starkt motiverade åtgärder kan vara möjliga att genomföra till låg kostnad, medan andra åtgärder av litet värde ibland är mycket dyra. En analys som helt bortser från åtgärdernas nytta kan leda mycket fel. Det är givetvis värdefullt att känna till kostnaderna för olika åtgärder för att därmed skilja "kostnadseffektiva" program från kostnadmässigt underlägsna åtgärdsprogram. För att avgöra omfattningen av programmet måste man emellertid föra in nyttoaspekten.

Värdering av miljönyttigheter är ett mycket aktivt forskningsfält inom nationalekonomin. Flera metoder har utvecklats. Vissa av dem har tagit första steget från akademien till "operationell" tillämpning. Det gäller i synnerhet USA, där reskostnadsmetoden används vid planeringen av rekreationsområden. Studier med enkätmetoden har refererats i flera domar i skadestandsfrågor. Trots detta måste man nog konstatera att grundvalarna för dessa metoder och för tolkningen av resultaten ännu inte är färdiglagda. Det finns gränser för metodernas användbarhet, några är definitiva, andra är ännu utforskade.¹ Exxon Valdes-fallet (oljetankerolyckan i Alaska) kommer förmodligen att bli enkätmetodens verkliga eldprov; Exxon har engagerat några mycket framstående ekonomer för att nagelfara underlaget för de miljardkrav (i dollar) som har ställts. Detta underlag har bl a byggts på enkätstudier.

Värderingsmetoderna kan delas in i tre grupper: "Ingenjörskalkyler", "revealed preferences" samt "contingent valuation". Den andra gruppen skall jag här kalla "de indirekta metoderna", den tredje "enkätmetoden".

"Ingenjörskalkylerna" innebär att miljöeffekterna kvantifieras och sedan värderas med hjälp av ansatta "priser". När den miljö som påverkas (t ex vattenkvalitet) i sin tur utnyttjas som resurs i någon produktionsprocess kan det gå att finna "priser" genom analys av hur produktionskostnaderna påverkas (av t ex vattenkvaliteten). Till exempel kan man värdera markförsurningens effekt på tillgången av bär och svamp med hjälp av bär- och svamppriser. I andra fall kan man mer eller mindre godtyckligt ansätta ett visst pris. Metoden används t ex för analys av åtgärder som påverkar risken för olyckor (väginvesteringar) eller överlevnad (sjukvård). Man kan t ex multiplicera skillnader i antalet förväntade dödsfall med ett ansatt värde för ett "statistiskt liv".

¹En aktuell översikt över metoderna och deras problem är Hanley (1992). Fisher (1991) diskuterar några av enkätmetodens problem.

Det är lätt att kritisera metoder av detta slag. Resultaten kan varieras mer eller mindre godtyckligt eftersom utredaren själv bestämmer värderingstalet. För att resultaten skall bli trovärdiga måste utredaren därför i allmänhet göra konservativa bedömningar som ligger i underkant av den nivå som är rimlig. Även inriktningen mot att värdera sådant som (lätt) kan kvantifieras kan bidra till att skadekostnaden underskattas. Metoden har emellertid flera fördelar. Utredaren tvingas till en noggrann specifikation, och kvantifiering där så är möjligt, av en åtgärds olika effekter (för de olika berörda parterna).¹ Olika projekt jämförs på ett konsistent sätt.² Värderingen görs explicit, så beslutsfattaren har möjlighet att ta ställning till om utredarens värdering överensstämmer med hans egen. Även om värderingstalet är delvis godtyckligt är det ofta möjligt att konstatera att alternativet "noll" som implicit värderingstal är sämre. Vidare är det inget som hindrar att metoden kombineras med andra metoder, som då används för att bestämma lämpliga nivåer för värderingstalen.

Enklare varianter av denna metod är poängsättning, eller åtminstone rangordning, av de olika miljöeffekterna. I de fall kostnader är en viktig del av beslutsproblemet blir emellertid i slutändan detta samma sak som en värdering i monetära mått: En viss poängsumma, eller rangordning, ställs mot en viss kostnad. En intressant studie som illustrerar detta är en norsk studie av Carlsen, Strand och Wenstop (1991). I denna analyseras det norska stortingets beslut, och mycket omfattande utredningsunderlag, om en prioriteringsordning för vattenkraftsutbyggnaden. Ett antal olika miljöeffekter av enskilda kraftprojekt bedömdes enligt en rangordnande skala och därefter gjordes en prioritering vilken beaktade både produktionskostnad och miljöeffekterna. Forskargruppen visade att stortingets beslut var i det stora hela konsistent, byggt på en specifik implicit monetär värdering av de olika miljöindextalen.

De indirekta metoderna är av flera slag. Ett är *hedoniska* metoder. Dessa utgår från att marknader värderar varor som i själva verket är sammansatta produkter av flera "kvaliteter". Genom att utnyttja data om spridningen i pris och i kvalitetsvariabler kan man urskilja de olika priskomponenterna. Till exempel kan man i vissa fall använda fastighetspriser för att härleda det implicita priset för olika miljöfaktorer (t ex avstånd till ett värmeverk med negativ miljöpåverkan). Metoden har emellertid begränsad

¹Fisher (1991) pekar på avsaknaden av sådana genomgångar av olika effekter som en brist i många av de studier med enkätmetoden som har genomförts.

²Det är dock inte självklart att detta alltid är en fördel. Det faktum att människor värderar risk (t ex risken för olyckor med dödlig utgång) olika beroende på slaget av risk (t ex beroende på om risken var känd eller okänd, frivilligt tagen eller påtvingad) kan tala för att olika värderingar bör göras. Även skillnader i värdering mellan att få och att mista en viss tillgång (se längre fram i detta avsnitt) kan tala mot en likmässig behandling av olika alternativ.

användbarhet. Problemet är naturligtvis att erhålla data med tillräcklig variation i några få variabler, som gör det möjligt att skilja prissignaler från brus. Ett annat problem är att skilja mellan effekten av nuvarande och förväntade framtida miljöförhållanden. Det finns få marknader som kan komma ifråga, och dessa fungerar inte alltid särskilt väl.

En andra indirekt metod är "*reskostnadsmetoden*". Även om en viss nyttighet, t ex ett resmål, är en kollektiv nyttighet så kan konsumtion av den vara förenad med konsumtion av privata varor, t ex restid/reskostnad. Konsumtionen av dessa kan därför användas för att "avslöja" individernas preferenser för den kollektiva nyttigheten. Frånsett diverse tekniska problem har denna metod begränsad användbarhet eftersom den förutsätter att det finns en koppling mellan privat och kollektiv konsumtion, vilket bara gäller vissa miljönyttigheter. Liknande angreppssätt kan emellertid t ex användas för att mäta individers värdering av sådana risker som de kan påverka genom egna åtgärder/kostnader (se t ex Åkerman 1989, Cedervall & Persson 1991, den senare är dock egentligen en enkätstudie).

En tredje indirekt metod är just den som gavs exempel på i den tidigare nämnda norska studien; att härleda implicita ekonomiska värderingar ur (politiska) beslut där alternativ med olika kostnad har funnits. Denna metod kan dock ge logisk rundgång. Beslutsfattaren tar beslut utan att ha gjort en explicit värdering, och får nästa gång en explicit värdering gjord på den förra, implicita, värderingen. Metoden tillför ingen ny information, däremot kan den bidra till konsistens mellan olika beslut eller beslutsnivåer (t ex om en myndighet grundar sina detaljbeslut på riksdagens implicita värdering). Ett problem kan vara att den "implicita" värderingen innehöll "ovidkommande" komponenter (t ex hänsynstagande till ett särintresse i en viss fråga) eller komponenter som var specifika för detta beslut (t ex om risk värderas olika i olika situationer) som är svåra att urskilja.

Den tredje metodgruppen är "*enkätmetoden*". Detta är den mest användbara metoden. Den gör det möjligt att detaljerat specificera den miljönyttighet som man vill värdera. De alternativ man kan studera med denna metod kan vara hypotetiska och behöver inte ha genomförts/funnits tidigare. Sist men inte minst är metoden förhållandevis enkel att tillämpa. Den saknar dock inte problem.

När metoden började utvecklas var den allmänna uppfattningen att den inte skulle kunna fungera pga att folk skulle svara taktiskt, i medvetande om att enkäten kan påverka beslut som påverkar deras välfärd. Det har emellertid visat sig att detta i

praktiken sällan är något större problem. Även om taktiskt beteende skulle dyka upp kan detta hanteras genom att kombinera frågor som tenderar att ge över- och underskattning. Istället är det några andra problem som har visat sig besvärliga:

a. Enkätdesign. Som i alla enkäter beror svaren på hur frågan ställs. Även rätt subtila aspekter, som i vilken ordning olika alternativ ges, kan påverka resultatet (Bergland 1991). Risken finns att respondenter som är osäkra "hänger upp" sitt svar på någon mer eller mindre ovidkommande information om "den rätta nivån" som de funnit i enkätfrågorna eller den inledande informationen.

b. Ett besläktat problem gäller sambandet mellan del och helhet. När man ber folk värdera en viss del, t ex värdet av åtgärder för att skydda en specifik utrotningshotad art, ger de ofta sin värdering av en helhet, t ex värdet av att bevara många arter (Samples et al. 1985). Det svar man får är kanske rentav den totala betalningsviljan respondenterna har för att, på det ena eller andra viset, köpa sig "moralisk tillfredsställelse" (Kahneman & Knetsch 1992); vilket behjärtansvärt ändamål man än frågar om får man därför samma svar.

c. Information. Enkätsvaren beror inte bara av hur enkäten definierar den nytthet som värderas utan av vilken information som har lämnats. Såväl den mängd som det slag av information som respondenterna ges påverkar deras svar (Hanley & Munro 1991).

d. Referensalternativets betydelse. Upprepade experiment har visat att referensalternativet spelar stor roll för respondenternas värdering. Vanligen är denna referens status quo.¹ I enkätmetoden tar detta sig uttryck i att individerna vanligen värderar alternativet att mista något (ersättningskrav) betydligt högre än alternativet att få något (betalningsvilja).² Som påpekas av Mitchell och Carson (1989) har därför äganderättsförhållanden (privat vara eller kollektivt vara) betydelse för vilken värdetyp (och därmed vilket värde) som bör väljas. Problemet är emellertid större än så. Det visar att man både har att värdera miljöeffekten "i sig" och värdet av att "slippa förändringar". Samtidigt begränsas möjligheten att använda enkätstudier, eftersom

¹Det innebär att vissa underliggande antaganden i välfärdsteorin (transitivitetsaxiomet) inte är uppfyllda. Se Knetsch 1989, 1990, Kahneman, Knetsch & Thaler 1991.

²Man kan visserligen delvis förklara sådana skillnader inom välfärdsteorins paradig. Hanneman (1991) konstaterar att skillnaden mellan betalningsvilja och ersättningskrav kan vara stor, givet att inkomstelasticiteten är begränsad, om det finns få nära substitut till den kollektiva nyttheten. Dock är det en öppen fråga i vilken utsträckning detta verkligen bidragit till att förklara de stora skillnader som konstaterats mellan ersättningskrav och betalningsvilja. Vidare är problemet med referensalternativets betydelse inte en spekulaton utan ett resultat från en lång rad olika experiment.

uppskattningar av ersättningskrav är förenade med större metod- och tolkningsproblem än uppskattningar av betalningsvilja.¹

Dessa problem är generella värderingsproblem och drabbar inte endast enkätmetoden. Snarast är det så att enkätmetoden har gjort det möjligt att klargöra problemen. En slutsats av dessa problem är emellertid att man bör vara mycket noggrann med hur man tolkar resultatet av en enkätstudie. Det är viktigt att studien gör klart vad respondenterna egentligen har värderat (se McClelland m fl 1991). Det innebär nog att man sällan kan använda sig av "andras" studier för att belysa ett eget problem. Att använda en betalningsviljestudie för att uppskatta en miljöskadekostnad torde i de flesta fall leda till en betydande underskattning.² En undersökning som har gjorts vid ett tillfälle kan vara missvisande vid ett annat tillfälle om allmänheten under tiden fått mer information i frågan.

En annan slutsats är att enkätmetoden inte kan förväntas vara användbar för att avgöra frågor som få är insatta i. Informationsekonomiska skäl ("rationell ignorans") talar för en mer eller mindre långt driven arbetsfördelning/specialisering i den politiska beslutsprocessen. I en komplicerad fråga som är av liten betydelse för de flesta är därför värdet av information från en enkätstudie litet.

Sammanfattningsvis finns flera metoder som kan användas för att värdera miljöeffekter. Som vi skall se i nästa avsnitt är det, föga förvånande, huvudsakligen "ingenjörskalkyler" som har kommit till användning i de studier av energianvändningens totalkostnad som har utförts, även om man i vissa fall även har utnyttjat resultat från reskostnads- och enkätstudier. Även om dessa kan kritiseras för att ge en ofullständig bild av miljökostnaderna, är det inte klart att det finns något alternativ som är överlägset.

¹Bl a därför att den individ som uppskattar sin betalningsvilja vanligen utgår från en budgetrestriktion (sin egen inkomst), medan den som specificerar ett ersättningskrav lättare kan komma att bortse från sådana begränsningar (särskilt om det kollektiv som skulle finansiera ersättningen, t ex skattebetalarna, är stort).

²Å andra sidan tyder vissa studier på att den "hypotetiska" betalningsviljan i enkätundersökningar är större än den "faktiska" betalningsviljan (Kealy m fl 1991, Seip och Strand 1992).

4 ENERGINS MILJÖKOSTNADER

4.1 Inledning

Alternativen i de kommande svenska energibesluten gäller en mängd frågor. De jag här skall fokusera är 1) snabbt eller utdraget förlopp för kärnkraftens avveckling 2) biobränsle (energiskog och skogsbränsle), gas eller kol i ny kraft(kraftvärme)produktion. Med dessa alternativ behövs en "riktig" värdering av de marginella miljöskadekostnaderna för elproduktion baserad på ved, gas, kol och kärnkraft. Givetvis är även andra alternativ aktuella – elbesparande åtgärder, vindkraft, solceller etc. Dessa är heller inte utan miljökostnader, men dessa kostnader är förmodligen lägre (för vindkraft och solceller, se Hohmeyer 1988, 1991a, 1991b).

I detta kapitel görs en genomgång av värderingsproblem för fossila bränslen, ved respektive kärnkraft. Det finns fyra studier i vilka något så när heltäckande analyser av den totala miljökostnaden för olika energiformer. Av dessa är en tysk (Hohmeyer 1988, 1991a, b) och tre amerikanska (Ottinger 1990, Hall 1991, Viscusi m fl 1992). En översikt över Hohmeyers, Halls och Ottingers resultat ges i Thomas Sterners förstudie (se dennes tabellbilaga) och upprepas därför inte här. Jag skall däremot i några fall kommentera det förfarande som har utnyttjats i dessa studier.

4.2 Fossila bränslen

För fossila bränslen identifierar Hohmeyer det miljöskadekostnadschema som återfinns i Figur 1.¹ Givet storskaliga kraftproduktionsalternativ med gällande miljökrav är det främst svaveldioxid, kväveoxider och koldioxid som representerar betydelsefulla miljöproblem i Sverige. Även luftutsläpp av tungmetaller (saknas i Hohmeyers schema) behöver beaktas. Sot, buller etc kan ses som "andra ordningens problem". Med undantag för småskalig vedeldning (utan förugn) är påverkan på lokalmiljön av eldning numera

¹Eftersom Hohmeyers schema identifierar de poster som skall beaktas i "ingenjörskalkylen" finns det anledning att i inledningen av ett kalkylarbete noga pröva vilka poster som kan behöva läggas till, och vilka som eventuellt kan uteslutas. När det gäller kolumnen för miljöskador bör man uppmärksamma att alla poster är skador som drabbar "mankind", det som upptas under delposten "mankind" är alltså vissa "direkta effekter". Klimateffekterna är inte särskilt fullständigt specificerade, för en mer detaljerad genomgång av dessa, se Cline (1992). Effekterna på flora och fauna är mer mångfasetterade än vad detta schema anger, t ex som följd av de allehanda vegetationsförändringar som kan uppstå till följd av markförsurning.

begränsad. Tillfälliga lokala problem (inversion etc) finns dock. De väsentliga problemen finns således när det gäller luftföroreningar med regional, nationell eller global effekt.

Fossil fuels	Transformation systems	Polluted media	Pollutants/ damage transmitter	Damages to the environment
<ul style="list-style-type: none"> - Coal - Petroleum - Natural gas - Other solid fuels 	<ul style="list-style-type: none"> - power stations - CHP plants¹⁾ (- heating plants) (-domestic central heating systems) - combustion engines (transport sector) 	<ul style="list-style-type: none"> - air - soil - water 	<ul style="list-style-type: none"> - SO_x - NO_x - CO - CO₂ - particulate matter - VOC²⁾ - heat - noise 	<ul style="list-style-type: none"> - flora <ul style="list-style-type: none"> -- forest damages -- harvest losses -- reduced number of species - fauna <ul style="list-style-type: none"> -- losses of fishery -- poisoned animals -- reduced number of species - mankind <ul style="list-style-type: none"> -- health damages -- reduced quality of life - materials <ul style="list-style-type: none"> -- corrosion -- damages to buildings etc. - climate <ul style="list-style-type: none"> -- health damages -- harvest losses due to temperature changes -- flooding due to a rise in sea level
<p>¹⁾ Combined heat and power plants. ²⁾ Volatile organic compounds.</p>				

Figur 1: Miljöeffekter av fossila bränslen (exklusive effekter vid utvinning och bearbetning av bränslen och miljöeffekter vid produktion av energisystemet). Hohmeyer 1988, s. 31.

Om man vill värdera effekter på den lokala luftmiljön finns en förebild i Halls studie. Denna bygger dock på data för Los Angeles-området, där ju problemet är av en helt annan storleksordningen än vad som är fallet i Sverige. Ottinger et al (1990), s. 193–228 går igenom några relevanta studier kring hälsoeffekter. Förutom Halls studie redovisar de skadestadsuppskattningar som genomförts i en serie studier av miljökonsekvenser för kraftproduktion i nordvästra USA (Oregon och Washington). Dessa kostnader

beräknas för områden med olika hög befolkningstäthet.

4.2.1 Luftutsläpp av försurande ämnen

För svavel- och kvävedioxider finns uppsatta mål för Sveriges ambition när det gäller att minska dessa utsläpp. De införda miljöavgifterna för dessa utsläpp har uttryckligen avvägrats (se SOU 1989:21, SOU 1989:83) med ledning av dessa målnivåer. De kan därför ses som en värdering från kostnadssidan, givet en fysisk restriktion (skuggpriser).

Om denna metod accepteras är den intressanta frågan för dessa två slag av utsläpp om det finns anledning att revidera avgiftsnivåerna, givet aktuell information om utsläppsnivå och tekniska alternativ. Samtidigt med miljöavgiftsutredningen genomfördes två studier, en av Statens energiverk och Statens naturvårdsverk (1989), en av Anders Carlsson (1989) (se även Bergman 1989), av effekten av dessa styrmedel (inklusive koldioxidavgiften) på de samlade luftutsläppen av svavel och kväve. Metoder för att studera dessa frågor finns därför; det som främst kan behövas är en uppdatering(ar).

Ett alternativ (eller komplement) är att försöka uppskatta skadekostnaden från efterfrågesidan. Det handlar då i första hand om effekten av försurande utsläpp. Hohmeyer (1988) gör detta, huvudsakligen med "ingenjörskalkyler" (till stor del byggda på studier av Wicke). De effekter som värderas är skogsskador, korrosion och vittring, samt hälsoproblem pga luftföroreningar (även klimat inkluderas, men jag lämnar denna aspekt till "koldioxidfrågan"). Hall värderar effekter på hälsa, material, siktförhållanden, jordbruk och skogsbruk inkl. sportfiske. Ottiger m fl (1990) diskuterar dessa, och några andra, värderingsstudier.

En svensk studie, enbart för svavelutsläpp, är Andersson och Åshuvud (1984). Metoden var även här huvudsakligen "ingenjörskalkylens", men vissa (norska) studier med reskostnads- och enkätmetoderna utnyttjas. Resultatet av analysen redovisas i Tabell 1 på nästa sida.

Tabell 1. Värderade intäkter av svavelrening vid koleldning enligt Andersson och Åshuvud (1984). Kr/ton svavel i 1982 års priser.

Skog	370
Grödor	40
Sjöar och vattendrag	
Fiskens värde	30
Rekreativvärde	14
Optionsvärde	36
Hälsa	7550
Korrosion	2370

Jag ska här kommentera dessa poster:

Att värdera *skogsskador* är en komplicerad fråga som knappast är tillfredsställande löst i Wickes arbete.¹ Ett problem är att de grundläggande kausalsambanden försurning–skogsskador är dåligt kända. Trots en viss kronutglesning har några tillväxtförluster i de svenska skogarna ännu inte kunnat konstateras. Idag finns emellertid rätt goda modeller för att studera den geografiska spridningen av luftutsläpp från en viss källa. Vidare har markförhållandena i olika delar av landet, kritiska belastningsgränser (critical loads) och faktisk belastning av försurande ämnen kartlagts (se bl a Sverdrup & Warfvinge 1988, Rosen 1990). Med hjälp av samband (konstaterade eller antagna – Halls värdering bygger på en undersökning där vissa tillväxtförluster "antagits") mellan vissa kritiska belastningsvärden och skogstillväxt är det möjligt att överslagsmässigt beräkna skogsskadekostnader.

Ett räkneexempel kan ge en uppfattning om de svenska kostnadernas storleksordning. Utgångspunkten är följande scenario:² Nedfallet av sura ämnen över Sverige minskar till år 2020 med 60 procent. Trots detta kommer skogstillväxten detta år att vara som följer:

Söder om en öst–västlig linje genom Växjö är tillväxten halverad.

Norr om denna linje, söder om Söderhamn är tillväxten 90 procent av dagens.

¹En aktuell sammanställning av de studier som finns gjorda på detta område är de Steiguer (1992). Tyvärr måste man dock varna för den europeiska IIASA–studien (Nilsson 1992) som är helt oanvändbar, se Wibe (1990).

²Scenariot är konstruerat av Gert Svensson, tidningen Land, och bygger på modellberäkningar utförda av Harald Sverdrup och Per Warfvinge, Lunds universitet.

I resten av Norrland är tillväxten oförändrad.

Med hjälp av uppgifter från AVB-85 (avverkningsberäkning 85) har jag uppskattat produktionsförlusten år 2020 enligt detta scenario till 2,5 – 7,5 Mm³sk i den södra regionen och 3 – 6 Mm³sk i den mellersta. Med 1988/89 års rånetto (158 kr m³ sk i rikssnitt, antas gälla för mellersta regionen, södra antas ha 200 kr/m³sk) blir den sammanlagda skadekostnaden årligen 1 – 2,5 miljarder kr.

För att bedöma skogsskadekostnaden för ett visst energipolitiskt scenario behöver nedsläpp och depositioner brytas ned på geografiska delområden. Med antagande om linjär dos-responseffekt kan en approximation av den marginella skadekostnaden erhållas ur den genomsnittliga skadekostnaden.

Utan att utveckla detta närmare kan konstateras att denna kostnad kan förväntas vara rätt blygsam. Endast en liten del av nedfallet av försurande ämnen härrör från Sverige. För svavel är andelen ungefär 12 procent. Med linjärt dos-respons samband blir den årliga skogsskadekostnaden (vilken inträffar vid en framtida tidpunkt!) av de totala svenska utsläppen något eller några hundratal miljoner kronor.

En viss utsläppsökning kan tänkas bli kompenserad genom tillförsel av basiska näringsämnen, t ex i form av vedaska. Om detta kan ske till lägre kostnad än skogsskadekostnaden är detta den relevanta kostnaden. En beräkning av detta slag finns i Hultkrantz (1991). Man bör dock observera att sådan vitaliseringsgödsling inte "återställer" det ekologiska systemet, utan "balanserar" detta på en ny nivå. Effekten av nivåhöjningen påverkar skogen och den övriga vegetationen i både positiv och negativ riktning (t ex högre virkesproduktion, mindre lingonproduktion).

Varken Wicke eller Andersson-Åshuvud beaktar andra "skogseffekter" än effekter på virkesproduktionen. Förmodligen har emellertid rekreationspåverkan, t ex via tillgången på bär och svamp, relativt stor ekonomisk betydelse (se Hultkrantz 1991).

Försurningens effekter på *sjöar och vattendrag* kan tänkas ha en rätt hög skadekostnad genom påverkan på rekreation, kräftfångst osv. Andersson och Åshuvud utnyttjar några "gamla" norska studier. En färsk svensk undersökning har utförts av Silvander (1991) med en enkätstudie. Denna visar en relativt hög betalningsvilja för åtgärder som förbättrar fisket (genom åtgärder för att minska kväveläckage från jordbruket) för sportfiskare. Silvander uppskattar i en annan studie betalningsviljan för åtgärder för att

förbättra grundvattenkvaliteten genom minskad nitrathalt.

Hälsoeffekterna värderas i den svenska studien med en "ingenjörskalkyl". I denna antas ett linjärt dos-responssamband mellan luftens sulfathalt och dödlighet. Värderingen av dödlighet sker med utgångspunkt från en analys av löneskillnader till följd av ökad risk för dödsfall i arbetet. En liknande metod används i den tyska studien.

Denna metod har flera tillkortakommanden. En är att endast ökad dödlighet värderas, inte ökat lidande. En annan gäller värderingen av dödsrisk. Vi vet numera från flera studier (en svensk sådan studie är Cedervall och Persson 1991) att värderingen av dödsrisk avhänger av risktypen (frivilliga risker eller risker som man kan skydda sig mot, om man vill, värderas lägre). En tredje gäller dos-responssambandet. I en situation med god luftkvalitet (låg föroreningsgrad) kan man förvänta att detta antagande överskattar hälsoeffekterna.

Effekterna på materialförstöring värderas i den svenska studien med hjälp av dos-responsstudier för korrosion av zink och stål. Detta är naturligtvis endast en del av detta slags skador. Särskilt effekterna på kulturminnen kan vara svåra att värdera.

Ett problem med "ingenjörskalkyler" av detta slag för olika komponenter är att man tenderar att värdera främst materiella skador och bortse från välfärdsförluster pga ökad oro, försämrad livskvalitet osv. För att fånga helheten kan man därför med hjälp av enkätmetoden försöka värdera den totala betalningsviljan för reduktion av de försurande utsläppen. Man råkar då emellertid bli in i svårigheten att be folk bedöma en mycket sammansatt fråga, vilket enkätmetoden av de skäl som redovisades i föregående avsnitt kan vara mindre lämpad för (jämfört med "alldagliga" problem, som t ex värdet av en viss möjlighet till sportfiske). Svårigheterna att tolka och tillämpa resultaten av en enkätstudie är förmodligen som störst när man kommer in på kontroversiella frågor (där man behöver mest hjälp), t ex kärnkraftens avvecklingsförlopp.

Hohmeyer jämför sina ingenjörskalkyler med resultat från en enkätstudie (även den utförd av Wicke) och finner att skadekostnaden (inklusive klimatpåverkan) är av samma storleksordning i båda studierna. I Sverige finns faktiskt en enkätstudie utförd av Johansson och Kriström (1988) om betalningsviljan bland svenskar för åtgärder för att minska utsläppen av svavel. Resultatet visade att betalningsviljan per individ var ungefär 6 000 kronor per år. Detta måste anses vara ganska mycket. I en annan studie, visserligen bland ett betydligt mindre urval personer än den förra studien, av Johansson och Zavisic (1989) estimerades den genomsnittliga betalningsvilja bland svenska hushåll

för miljöförbättrande åtgärder till 1 200 kr per år. Resultaten är naturligtvis inkonsistenta. En bidragande orsak till det kan vara att den fråga som ställs i den första studien är diffus. Bortsett från det illustrerar dessa studier problemet med att skilja delen (betalningsviljan för svavelrening) från helhet (hela "miljöprogrammet").

4.2.2

Klimat effekter

Även för utsläppen av koldioxid finns ett svenskt "skuggpris" i miljöavgift för koldioxid. Det är emellertid mer tvivelaktigt att ge koldioxidavgiften denna tolkning än vad som gäller för svavel och kväve. Miljöavgiftsutredningen lät genomföra vissa analyser av avgiftens effekter (Carlsson 1989), men avgiftsnivån speglar nog snarare överväganden kring skatteomläggningen än ett visst åtagande för koldioxidutsläppen. Om man ändå skulle vilja göra en sådan tolkning måste man även ta hänsyn till punktskatten(-rna) på energi, som innebär en "implicit" (varierande) kolbeskattning vid jämförelser mellan fossila bränslen och bibränslen. Med det förslag som lades i regeringens kompletteringsproposition får vi dessutom två nivåer för koldioxidavgiften; en för hushållen och en lägre för industrin. Avgiften är även av andra skäl starkt differentierad. Koldioxidavgiften belastar inte produktion av el. Värmeproduktion i kraftvärmeverk belastas av koldioxidavgiften (för fossila bränslen, ej för torv och ved) men inte av energiskatten. Värmeproduktion utan samband med elproduktion belastas med både koldioxidavgift och energiskatt. Det är alltså svårt att avgöra vilken nivå som är den rätta i en "skuggpris"-tolkning.

Ett grundläggande problem, än så länge, vid värdering av utsläpp av koldioxid (och andra drivhusgaser) är oklarheten om vilka åtaganden Sverige kommer att göra på koldioxidområdet. Den nuvarande svenska ståndpunkten får nog än så länge betraktas som något svävande. En starkt bidragande orsak till detta är den osäkerhet som finns kring möjligheterna att ens klara en stabilisering (frysning vid t ex 1990 års nivå), än mindre en nedskärning, vid en samtidig avveckling av kärnkraften. För närvarande finns ett åtagande av EGs ministerråd och en ministerdeklaration av EG och EFTA som innebär en utfästelse om stabilisering. Vad gäller en fortsättning mot minskade utsläpp finns ett aktuellt förslag från EG-kommissionen som rekommenderar en 25-procentig nedskärning till år 2010. Kommissionens förslag är att åtagandet skall vara frivilligt för de enskilda medlemsländerna. Hur Sverige kommer att ställa sig är oklart. Möjligen kommer läget att klarna något i samband med FNs miljökonferens i juni.

När (om) internationella överenskommelser nås i denna fråga kommer det att finnas

grund för en värdering av koldioxid(växthusgas)utsläpp vid energi(el)produktion med skuggprismetoden. Detta kommer i en sådan situation sannolikt vara den mest relevanta värderingsmetoden, eftersom åtagandet för Sveriges del kommer att vara en bindande restriktion.

Medan de flesta medlemsländer i EG har rätt stora möjligheter att få ned sina utsläpp till förhållandevis låg kostnad genom att ersätta kol med gas är Sveriges förutsättningar sämre. Å andra sidan har Sverige redan en mycket låg utsläppsnivå per BNP-krona och bidrar dessutom fn med en betydande kolabsorption genom uppbyggnad av virkesförrådet (Hultkrantz 1992). Bergmans (1989) analyser av konsekvenserna av kärnkraftsavveckling visar att denna i kombination med ersättningskraft baserad på kol eller gas kommer att leda till stora utsläppsökningar. Kärnkraftsavvecklingen höjer därför Sveriges kostnad för att uppfylla EG-kommissionens mål betydligt.

"Skuggpriset" på koldioxid kan med fördel studeras med modeller av det slag som användes i Bergman/Carlssons studier, sk beräkningsbara allmänjämviktsmodeller, vilka analyserar energisektorn i samverkan med den övriga samhällsekonomin. Dessa modeller är numera förhållandevis lätta att konstruera.¹ Det finns även flera utländska förebilder med olika uppläggning (se t ex den norska studien Glemsrod, Vennemo och Johnsen 1992). Med tanke på den variationsrikedom som finns när det gäller analysförutsättningar, modellstruktur etc är det önskvärt att flera modeller utvecklas.

Regeringen har givit Konjunkturinstitutet (KI) i uppdrag att ta initiativ till utvecklandet av modellanalyser kring sambanden mellan den ekonomiska utvecklingen och utvecklingen på miljöområdet. Det ter sig därför naturligt att ett arbete kring "skuggpriset" för bl a koldioxid påbörjas inom KI. Även vid några universitetsinstitutioner kan det finnas intresse för att utveckla (eller fortsätta) analyser av detta slag.

Även om "skuggpris"metoden är huvudalternativet kan det även finnas skäl att mer direkt försöka uppskatta den "verkliga" (globala) skadekostnaden. Det finns fn två seriösa studier av värdet av åtgärder för att minska atmosfärens innehåll av drivhusgaser. Båda bygger på "ingenjörskalkyler". En har utförts av Nordhaus (1991) och bygger på en dekomponering av USAs BNP i olika delar med avseende på klimatkänslighet. Analysen har utförts för en effekt som motsvarar en fördubbling av CO₂-halten, dvs den nivå som vid "business as usual" uppnås omkring år 2030 och får fullt klimatgenomslag omkring år 2050. Dekomponeringen leder till en skadekostnad på

¹Persondatorbaserade lösningsrutiner finns tillgängliga.

0,25 procent av BNP. Nordhaus erkänner att denna metod utesluter "mjuka" välfärdskomponenter och uppskattar därför kostnaden till under 1 procent av BNP, allra högst 2 procent.

Den andra studien är Cline (1992). Medan Nordhaus metod är nedbrytning "uppifrån" försöker Cline bygga upp en totalkostnad "nedifrån". Cline värderar betydligt fler komponenter inklusive effekter på hälsa, rekreation etc. För fördubblingsfallet blir hans skadekostnad ungefär 1 procent av BNP. Cline värderar även ett mer långsiktigt alternativ (år 2250) och når en skadekostnad på 6 procent av BNP.

Ur dessa kostnadsuppskattningar kan man härleda ett "kolvärde", dvs. värdet av en åtgärd som minskar utsläpp av koldioxid motsvarande ett ton kol. Med Nordhaus nedre skadekostnad blir detta kolvärde 3,2 USD/ton. Med enprocentsnivån blir skadekostnaden 12,7 USD/ton (Nordhaus 1991b, s. 65).

Dessa värdenivåer är betydligt lägre än den nuvarande svenska koldioxidavgiften. Denna motsvarar 153 USD/ton (1 USD = 6 SEK).¹ Den svenska koldioxidavgiften är enligt preliminära beräkningar från OECD (GREEN-modellen) ungefär den koldioxidskatt som behövs för att minska OECD-ländernas totala utsläpp till år 2010 med 20 procent. Eftersom marginalkostnaden för åtgärder i OECD-genomsnittet kan förväntas vara betydligt lägre än för svenska åtgärder, är den svenska avgiften knappast tillräcklig för att nå detta mål i Sverige (vilket bekräftas av de beräkningar som utförts av Bergman (1989) och STEV/SNV (1989)).

Värderingsnivån för koldioxidutsläpp är således ingen enkel fråga. Skadeberäkningarna samt den, förmodligen, stora skillnaden i marginalkostnad för åtgärder i Sverige jämfört med åtgärder i andra länder, talar för en värdenivå betydligt under den nuvarande miljöavgiftens. En anpassning till EGs föreslagna energiskattesystem, där den föreslagna kolavgiften ligger på en nivå långt under den svenska, skulle komma göra skillnaden mellan miljöavgift och den skadekostnad som skattas i de ovan nämnda studierna betydligt mindre. Å andra sidan, om utgångspunkten tas i en ambitionsnivå liknande den som EG-kommissionen föreslår, blir "skuggpriset" mycket högt.

Förutsättningarna för en "skuggpris" kalkyl kommer förhoppningvis att rätt snart bli mer klara än vad de är just nu.

¹Regeringens förslag i årets kompletteringsproposition höjer denna till 196 USD/ton för hushåll och sänker den till 49 USD/ton för industri och växthusnäring.

4.3 Ved

För bibränslen (från skog eller energiskog) finns mig veterligt ännu inte några skadekostnadsbedömningar. En studie över olika miljöeffekter utförs n av Vattenfall för Biobränslekommissionen, och skulle eventuellt kunna utnyttjas för en ekonomisk "ingenjörskalkyl". Vedeldningens miljökostnader har uppskattats i studien av Viscusi m fl (1992).

Om koldioxideffekter värderas högt är det troligt att de biologiskt förnyelsebara bränslenas roll i kolutbytet med atmosfären blir den allt annat överskuggande ekonomiska miljökomponenten. Biobränslena har här på lång sikt en avgörande fördel i jämförelse med fossila bränslen. På kort sikt är effekten emellertid inte entydig om man tar hänsyn till effekterna på kollagret i virkesförrådet. Det finns här anledning att skilja på konsekvenserna av användning av (1) åkerproducerade bränslen (främst energiskog) samt skogsbaserade bränslen, främst (2) träddelar (grenar, toppar, klana träd från gallring etc) och (3) stamved (t ex klana dimensioner från slutavverkning, rötdrabbad massaved, "ordinär" massaved). Jag skall här först kommentera de skogsbaserade bränslenas påverkan på kolbalanserna, därefter åkergrödornas.

De svenska utsläppen av koldioxid motsvarar för närvarande ungefär 17 Mt kol. Det är idag möjligt att öka användningen av träddelar (avverkningsrester mm) motsvarande cirka 30 TWh (värme)¹. Om detta används till att ersätta olja ger det maximalt en sänkning av koldioxidutsläppen motsvarande en kolmängd på 2,3 Mt. Nettoeffekten är emellertid, som vi strax skall se, mindre.

Det nuvarande svenska virkesförrådet medger emellertid även en betydande användning av stamved för eldning. Det uthålliga virkesuttaget enligt lantbruksuniversitetets prognosmodell (Hugin, AVB-92) är 50 procent högre än det genomsnittliga virkesuttaget under 1980-talet. De skogliga förutsättningarna finns för en omedelbar kraftig avverkningsökning. Det finns emellertid för närvarande inte (inhemskt) industriellt kapacitetsunderlag för en större expansion av virkesförbrukningen. Det enda större kapacitetstillskott som har planerats har nu skjutits upp till slutet av detta decennium. Även om industrikapaciteten efter sekelskiftet åter skulle börja öka skulle det ta lång tid innan den uthålliga produktionsnivån uppnåtts. Förutsättning för en snabb efterfrågeökning skulle däremot kunna finnas i kraft(värme)produktionen. En

¹Detta förutsätter en avverkningsnivå något över den som har gällt under 1980-talet. Vidare antas vissa begränsningar göras bl a för näringsfattiga marker (ingen kompenserande gödsling). Se Skogsstyrelsen 1992, Hultkrantz 1992.

förhållandevis stor ökning av virkesanvändningen skulle kunna uppstå om dels kärnkraften avvecklas snabbt (dvs före "stoppdatumet" år 2010), dels energibeskattningen ändras (ytterligare) så att användning av bio(skogs)bränsle gynnas (mer än idag) i kraftproduktion. Vid en sådan utveckling kan biobränsleproduktionen ökas med ytterligare cirka 100 TWh per år (varav tre fjärdedelar stamved) utöver den tidigare nämnda möjliga ökningen på 30 TWh från träddelar, se Hultkrantz 1992.

Utan detta senare alternativ kan man räkna med en fortsatt ökning av det svenska virkesförrådet under flera decennier framöver som kommer att binda årligen netto cirka 10 Mt atmosfäriskt kol (dvs mer än hälften av de svenska utsläppen). De beräkningar som utförts vid Lantbruksuniversitetet (AVB-92) tyder på att en sådan förrådsökning kan vara möjlig i (minst) ytterligare ett halvsekel, se Hultkrantz 1992. Slutsatsen är därför att stamved, som med avseende på produktionskostnad är, generellt sett, det billigaste biobränslet, i detta tidsperspektiv är att jämföra med ett fossilt bränsle. Anmärkningsvärt nog finns emellertid inte modellberäkningar som har fokuserat skogsutvecklingens "kolaspekt". En särskild studie med denna inriktning som utnyttjar den sk Huginmodellen skulle därför vara av stort intresse, bl a för att studera olika tidsförlopp, olika skogsskötsel, olika användningsalternativ etc. Det skulle vidare vara mycket intressant att sammankoppla en sådan analys med en analys av "skuggpriset" för koldioxid vid olika tidsförlopp för kärnkraftens avveckling.

Värme och/eller el som produceras från avverkningsrester innebär endast en begränsad nettotillförsel av koldioxid till atmosfären. Avverkningsresternas kolinnehåll kommer nämligen ändå att vid nedbrytningen övergå till atmosfären. Det tillskott som trots detta uppstår kommer ur fyra källor:

Den första är den "engångsreduktion" av det kollager som finns i skogarna i form av multnande träddelar som lämnats efter avverkning. Den andra är eventuella tillväxtförluster i kvarvarande eller efterkommande skog på grund av förlusten av näringsämnen och påverkan på mikroklimatet. Den tredje källan är den ökning av avverkningsaktiviteten som blir resultatet av den ökade brännvedsförsäljningen. Den fjärde källan, slutligen, är utsläppen av koldioxid från drivmedel etc. vid avverkning, transport och tillvaratagande.

Någon fullständig bild av dessa effekter finns inte. Den första källan har betydelse på kort sikt, eftersom det handlar om en engångsreduktion. Eriksson och Hallsby (1992) beräknar att koldioxidutsläppet från eldning av avverkningsrester under en tjugoårsperiod, till följd av denna effekt, uppgår till 63 procent av koldioxidutsläppet

från oljeeldning. I ett hundraårigt perspektiv är motsvarande relation 13 procent. I en analys som sträcker sig några decennier fram i tiden gör således enbart denna effekt att träddelarnas "kolvinst" naggas ordentligt i kanten.

Den andra effekten har, som Wibe (1989) visar, potentiellt stor betydelse, men kan kanske hållas nere genom att vissa marker undantas och/eller kompenserande gödsling. Denna liksom de övriga effekterna skulle behöva belysas närmare. Tills vidare kan man nog ändå utgå från att energisystem som baseras på avverkningsrester på lång sikt endast ger en mindre nettotillförsel av koldioxid till atmosfären. På kort sikt är emellertid "kolvinsten" av att fossila bränslen ersätts med avverkningsrester betydligt lägre än vad som motsvaras av koldioxidutsläppet från förbränningen.

Eftersom åkergrödor har betydligt kortare produktionsförlopp än skog är det inte meningsfullt att på samma sätt som för skog diskutera den potentiella fysiska tillgången. Produktionen bestäms av hur stor areal som avsätts för energigrödor. Produktionsvolymen är därför betydligt mer anpassningsbar än för skogsproduktionen, där det nuvarande virkesförrådet och dess ålderssammansättning har ett avgörande inflytande på den möjliga virkesproduktionen under åtskilliga decennier framöver.

Vad gäller energiskog finns idag knappt 4 000 ha planterade. Lika mycket väntas bli planterat årligen under de närmaste fyra åren med hjälp av anläggningsstöd, som del av den jordbrukspolitiska reformen. För 1995 väntas skörden bli motsvarande 0,7 TWh. Christersson (1991) räknar i en långsiktig kalkyl för 100 000 ha energiskog med en vedproduktion motsvarande 7 TWh. Energiverket och Naturvårdsverket (1989) antar att 300 000 – 400 000 ha skall användas för energiskogsodling med en årsproduktion av 15 – 25 TWh flis. Dessa arealer kan jämföras med den totala areal för vilken omställningsstöd har sökts, 350 000 ha.

Ytterligare några TWh kan erhållas genom tillvaratagande av halm. Energiverket och Naturvårdsverket uppskattar denna potential till 2 – 5 TWh. Andra energigrödor än energiskog, dvs. luzern, rörflen osv, kan tänkas komma ifråga. Det årliga energiutbytet per hektar blir då något lägre.

Åkergrödornas betydelse från koldioxidsynpunkt beror på åkermarkens alternativanvändning. Christersson konstaterar att en energiskogsodling på 100 000 ha binder 0,7 Mt kol per år under 3–5 år (fram till första skörd). Det genomsnittliga kollagret med fyra års omloppstid blir således 1,4 Mt på denna areal. Med Energiverkets och Naturvårdsverkets antagna areal på 300 000 – 400 000 ha blir det genomsnittliga

kollagret 4,2 – 5,6 Mt. För ettåriga energigrödor är givetvis kollagringen betydligt lägre.

Denna kolbindning är liten i jämförelse med kollagringen i skogarna; den motsvarar ju hälften av ett års förrådsökning. Som framhålls av Wibe (1989) måste emellertid effekten av energiskogsodling på koldioxidbalansen i ett 50 – 100-årigt perspektiv ses även med hänsyn till åkermarkens alternativanvändning. Om alternativet till energiskogsodling är igenväxning med skog ändras bilden. Kolförrådet på den areal som Energiverket och Naturvårdsverket antagit är efter femtio år 20 – 30 Mt om marken blir skogsbevuxen, således fem gånger större.

Hillevi Eriksson och Göran Hallsby (1992) har undersökt denna fråga närmare. De räknar på den energiskogsareal som krävs för att producera 1 TWh (värme). De inkluderar effekterna på kolförrådet i marken i sin kalkyl. Beräkningen visar att en granskogsplantering på en lika stor areal på lång sikt binder tre gånger större kolförråd än energiskogen. Under de första tjugo åren är dock kolbindningen i energiskogen nästan lika stor som i granskogen (som ju fortfarande är ungskog).

Nettoeffekten på kolbalansen, på olika lång tidssikt, av energiskogsodling där igenväxning med skog är alternativ blir beroende av vad energiskogen och granskogen används till. Om energiskogen ersätter kärnkraft (används till att "möjliggöra" en forcerad avveckling av kärnkraft) är effekten efter något decennium negativ, dvs. odlingen minskar kolbindningen. Om energiskogen ersätter ett fossilt bränsle, t.ex. olja, är effekten positiv så länge den första grangenerationen växer. Vad som händer därefter beror av hur granens biomassa används. Eriksson och Hallsby uppskattar att ersättning av 1 TWh olja per år med energiskogsflis ger en nettoeffekt på 9 Mt kol i minskad tillförsel till atmosfären under den första hundraårsperioden. Om marken istället odlats med gran och endast toppar och grenar eldas är nettoeffekten 5Mt kolreduktion. Skillnaden mellan energiskog och gran i detta tidsperspektiv minskar om även granens stamved ersätter olja; tar man hänsyn till insatsenergin vid energiskogsproduktionen kan den rentav försvinna, påpekar Eriksson och Hallsby.

I de fall där energiskog, och i än högre grad ettåriga energigrödor, är ett alternativ för att förhindra skogsväxt (planterad eller naturlig) kan odlingens värde för kolbalansen ifrågasättas. Eftersom energiskog, bortsett från tiden omedelbart efter avverkning, knappast kan sägas ge ett "öppet landskap", torde igenväxning med vanlig skog i de flesta fall verkligen vara ett aktuellt alternativ. Det innebär att energiskog inte kan ses som ett "kolrent" alternativ till kärnkraft. Om igenväxt skog används för samma ändamål som odlad energiskog ger odlingen på lång sikt inte någon extra vinst för kolbalansen.

4.4 Kärnkraft

Kärnkraftens miljökostnader inom landet kan delas upp i två komponenter. Den första är kostnaden för haveririsken. Den andra är kostnaden för avfallslagring och de risker som lagringen ger. I det aktuella svenska beslutsproblemet behöver, förmodar jag, endast den första komponenten beaktas. Skälet är att haveririskkostnaden är rörlig (proportionell mot drifttiden) medan lagringskostnaden till stor del är fast (se Chapman 1990). Visserligen finns även en rörlig komponent i lagringskostnaden, t ex pga skrymmande lågaktivt avfall, olycksrisker vid avfallshanteringen före slutförvaring osv, men denna är av underordnad betydelse. Utom landet tillkommer miljö- och hälsokostnader vid brytning, anrikning och transport av uran.

Kärnkraftens säkerhetsrisker har studerats genom riskanalyser för enskilda delsystem. Den senaste undersökningen utfördes 1984. Den visade att de svenska reaktorerna uppfyller de krav som IAEA ställer på säkerheten i *nya* reaktorer, nämligen att risken för ett hårdhaveri är mindre än en på 10^5 driftår (Sokolowski 1990). Södersten och Lundgren (1990) använder denna uppgift samt en uppskattad skadekostnad på $2 \cdot 10^{11}$ kronor för att uppskatta en försäkringspremien till i storleksordningen $2 \cdot 10^6$ (= $10^{11}/10^5$) kronor per reaktor och driftår.¹ Med denna metod blir riskkostnaden helt obetydliga 0,03 öre/kWh. Detta är emellertid en underskattning (se även fotnoten om skadekostnaden). Man måste även ta hänsyn till förväntningskostnaden för mindre dramatiska olyckor än en härdsmälta.

För att göra en mer fullständig beräkning kan man anta en viss form för sannolikhetsfördelningen för olyckor med olika kostnad. Eftersom man "känner" en punkt på fördelningskurvan (risk och kostnad för en härdsmälta) kan man nivålägga den.

¹I en amerikansk studie ("The Sandia Report") från 1982 (se Faure & Skogh 1992) uppskattas skadekostnaden vid en "genomsnittlig" olycka till drygt $1 \cdot 10^{11}$ SEK ($20 \cdot 10^9$ USD), således samma storleksordning som Lundgren och Södersten antar. I denna studie redovisas emellertid även kostnaden för en "stor" olycka (56.000 döda, 227.000 skadade). Denna skattas till $4 \cdot 10^{12}$ SEK ($700 \cdot 10^9$ USD), dvs en tiopotens högre.

Hohmeyer (1988) beräknar skadorna för Tjornobyli-olyckan. Ottinger (1990) värderar med "ingenjörskalkyl" skadorna på liv och hälsa till $2 \cdot 10^{12}$ SEK ($400 \cdot 10^9$ USD). Med en liknande uppskattning utförd av USAs energidepartement blir denna del av skadekostnaden cirka $3 \cdot 10^{12}$ SEK ($580 \cdot 10^9$ USD). Läger vi till övriga kostnader (mark och egendom) finner vi således att kostnaden för denna olycka ligger i samma storleksordning som kostnaden för en "stor" olycka i Sandia-rapporten, således en tiopotens högre än den skadekostnad som Lundgren och Södersten utgår från.

Därmed kan den relevanta "försäkringspremien" bestämmas. Denna metod används av Dubin & Rothwell (1990) för att bestämma "korrekta" premier för reaktorerna i USA. De resultat de erhåller är emellertid naturligtvis rätt godtyckliga eftersom de i hög grad beror av vilken funktionsform som har ansatts. Metoden bör emellertid gå att utveckla genom kombination med fler skattningar av risker och kostnader för olika olyckor.

Man kan emellertid rikta en grundläggande invändning mot beräkningar av försäkringspremier av detta slag. Det finns ingen fungerande försäkringsverksamhet för stora kärnkraftsolyckor. Eftersom det inte går att skydda sig mot risken på detta sätt är (vid riskaversion) den faktiska riskkostnaden större, förmodligen "mycket" större, än den teoretiska försäkringspremien. Det bör emellertid, som Faure & Skogh (1992) framhåller, i framtiden vara möjligt att genom internationellt samarbete bygga upp en "skade-pool" som delar kostnaderna för stora olyckor, vilket skulle göra beräkningar av detta slag mer relevanta.

Som ett beslutsunderlag, bland flera andra, för kommande beslut (eller icke-beslut) om tidsplanen för kärnkraftens avveckling vore det värdefullt att ha en genomarbetad analys av den "fullständiga" försäkringspremien. Denna bör kunna bygga på en värdering med "ingenjörskalkyl" av olika olycksscenarier för de svenska reaktorerna. En förebild för värderingen finns i studien av Ottinger m fl (1990). En sådan beräkning av försäkringspremier skulle även kunna kompletteras med en studie, gärna i samarbete med riskpsykologisk expertis, kring attityder och värdering av olika slag av risk.

5 SLUTSATSER

Av denna genomgång drar jag följande slutsatser:

1. Det är angeläget att fortsätta "skuggpris"beräkningar utförs för luftutsläppen av svavel- och kväveoxider samt koldioxid, baserade på nuvarande och, särskilt för koldioxid, kommande målnivåer. Fortlöpande och aktuell kunskap, helst baserad på olika modellvarianter, kring detta är avgörande för att de olika energialternativen kan ges en korrekt ekonomisk värdering, med eller utan miljöavgifter. De studier som har utförts är redan förlegade, varför förnyade analyser behövs. Analyserna skulle kunna utföras av Konjunkturinstitutet och/eller någon nationalekonomisk universitetsinstitution.
2. Kolbalanseffekterna (stock-flöde) är bristfälligt studerade. För fortsatta större satsningar på bibränsleområdet behöver dessa aspekter undersökas. En närliggande möjlighet är här att utnyttja den sk Huginmodellen vid institutionen för skogstaxering (SLU) för att belysa det biologiska "kolförrådets" utveckling över tiden vid olika alternativ (inriktning, omfattning och tidsförlopp) för användningen av skogsbränsle.
3. Som komplement och, i vissa fall, jämförelse till skuggprisberäkningar bör "ingenjörskalkyler" av olika elproduktionsalternativs "fullständiga" kostnad genomföras. De studier som har utförts i Andersson & Åshuvud (1984), Hohmeyer (1988), Hall (1990), Ottinger m fl (1990) och Viscusi m. fl. (1992) visar att det är möjligt att erhålla väsentliga insikter om relativa och absoluta kostnadsnivåer genom sådana analyser. Eftersom dessa studier till viss del kan "kopieras" behöver kostnaden för en sådan kalkylstudie inte bli särskilt hög. Förebilderna kan dock inte kopieras rakt av, dels innehåller de tvivelaktiga avsnitt, dels krävs en genomtänkt anpassning till svenska förhållanden, med utnyttjande av de studier och det material som finns för Sverige.

För genomförandet av en sådan studie föreslår jag en modell som bygger vidare på de två förstudier som nu har genomförts (av mig och Thomas Sterner), med två parallella studier med något olika tonvikt och en gemensam referensgrupp. I referensgruppen bör ingå representanter från Naturvårdsverket, Nutek och Konjunkturinstitutet. En lämplig "tyngdpunktsfördelning" bör göras mellan studierna efter t ex bränsleslag (fossila bränslen, kärnkraft, bibränslen) men båda studierna bör eftersträva att ändå ge en helhetsbild. Skälen för att inte driva arbetsuppdelningen fullt ut är dels att kostnadsuppskattningar för olika energialternativ inte nödvändigtvis är jämförbara om

de kommer från olika studier, dels att överlappning ger möjlighet till jämförelser som underlättar bedömningen av resultatens relevans och tillförlitlighet.

Ett sådant projekt skulle kunna genomföras inom ramen för en särskild utredning med en arbetstid på t ex 1,5 år. En sådan utredning kan även vara en lämplig "huvudman" för studier enligt punkterna 1 och 2 härövan. Om de två delstudierna (liksom förstudierna) genomförs vid två universitetsinstitutioner kan studierna senare vidareutvecklas och fördjupas som avhandlingsarbeten på basis av "normala" forskningsanslag, om sådana kan erhållas.

REFERENSER

- Andersson, T. & J. Åshuvud, 1984, Kolets miljöeffekter – ett ekonomiskt problem. Ekonomisk Debatt 12:107–15.
- Bergman, L., 1989, Tillväxt och miljö – en studie av målkonflikter. Bilaga 9 till LU90. Allmänna förlaget.
- Carlsen, A. J., J. Strand, & F. Wenstop, 1992, Implicit Environmental Costs in Hydro–Electric Development: An Analysis of the Norwegian Master Plan for Water Resources. Memorandum from Department of Economics, University of Oslo, 1.
- Carlsson, A., 1990, Bilaga till Miljöavgiftsutredningen, SOU 1990:55.
- Cedervall, M. och U. Persson, 1991, The Value of Risk Reduction: Results of a Swedish Sample Survey. Institutet för Hälso- och sjukvårdsekonomi, Lund, working paper 1991:6.
- Chapman, D., 1990, The Eternity Problem: Nuclear Power Waste Storage. Contemporary Policy Issues VIII:80–93.
- Christersson, L., 1991, Ju mer det går åt skogen, desto bättre! I Lestander (1991), s. 50–51.
- Cline, W., 1992, Estimating the Benefits of Greenhouse Warming Abatement. Manuskript cirkulerat i OECDs miljödirektorat. Även presenterat på The Annual Meeting of the American Economic Association, New Orleans, Jan. 3. Del av bok som utges 1992.
- Dahmen, E., 1968, Sätt pris på miljön. SNS, Stockholm.
- de Steiguer J. E. (ed.), 1992, The Economic Impact of Air Pollution on Timber Markets. Studies from North America and Europe. USDA Forest Service, General Technical Report SE –75.
- Dubin, J. A. & G. S. Rothwell, 1990, Subsidy to Nuclear Power through Price–Anderson Liability Limit. Contemporary Policy Issues VIII:73–9.

- Faure, M. G., & G. Skogh, 1992, Compensation for Damages Caused by Nuclear Accidents: A Convention as Insurance. Kommer i Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice. July, 1992.
- Fisher, A. C., 1991. Valuing the Tropical Forest Environment: Some empirical issues. Presenterat vid möte med European Association of Environmental and Resource Economics, Stockholm 1991.
- Hall, D. C., 1990, Preliminary Estimates of Private and External Costs of Energy. Contemporary Policy Issues VIII:283-307.
- Hanley, N., 1992, Are There Environmental Limits to Cost Benefit Analysis? Environmental and Resource Economics 2:33-59.
- Hohmeyer, O., 1988, Social Costs of Energy Consumption. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Hohmeyer, O., 1990, Social Costs of Electricity Generation: Wind and Photovoltaic Versus Fossil and Nuclear. Contemporary Policy Issues VIII:255-82.
- Hotelling, H., 1931, The Economics of Exhaustible Resources. Journal of Political Economy 40:577-616.
- Hultkrantz, L., 1991, Guld och gröna skogar. Miljömodifierade nationalräkenskaper för skogen. SOU 1991:38.
- Hultkrantz, L., 1992, Växthuseffekten - slutsatser för jordbruks-, energi- och skattepolitiken. Ds 1992:15, Allmänna Förlaget.
- Kahnemann, D., J. L. Knetsch & R. H. Thaler, 1991, Anomalies - The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias. Journal of Economic Perspectives 5:193-206.
- Kahneman, D. & J. L. Knetsch, 1992, Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction. Journal of Environmental Economics and Management 22:57-70.
- Kallner, P., Systemstudie, träpulvervärme 30 kW - 3 MW. KTH, institutionen för termisk energiteknologi.

Kealy, M. J., M. Montgomery & J. F. Dovidio, 1991, Reliability and Predictive Validity of Contingent Values: Does the Nature of The Good Matter? Journal of Environmental Economics and Management 21.

Kneese, A., 1962, Water Pollution: Economic Aspects and Research Needs. Resources for the Future, Washington.

Kneese, A., 1964, The Economics of Regional Water Quality Management. Johns Hopkins Press, Baltimore.

Knetsch, J. L., 1989, The Endowment Effect and Evidence of Nonreversible Indifference Curves. American Economic Review 79:1277–84.

Knetsch, J. L., 1990, Environmental Policy Implications of Disparities between Willingness to Pay and Compensation Demanded Measures of Values. Journal of Environmental Economics and Management 18:227–37.

Kverndokk, S., 1992, Global CO₂ Agreements: A Cost Efficient Approach. Memorandum from Department of Economics, Oslo.

Locke, J., 1790, Two Treatises of Government, ed. Laslett. Cambridge University Press, Cambridge.

Marks, J., 1990, Träpulver – ett förädlad trädbränsle. SLU/skogsteknik, uppsatser och resultat 182.

Nilsson, S., 1992, Economic Impacts of Forest Decline Caused by Air Pollutants in Europe. I de Steiguer 1992.

Nordhaus, W., 1991, To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. The Economic Journal 101:920–937.

Ottinger, R. L. et al., 1990, Environmental Costs of Electricity. Oceana Publications, New York.

Panayotou, T., 1992, Protecting Tropical Forests. Paper presented to the Annual meeting of the American Economic Association, New Orleans, Jan. 3, 1992.

- Repetto, R., 1988, The Forest for the Trees? Government Policies and the Misuse of Forest Resources. World Resource Institute.
- Rosen, K., 1990, The Critical Load of Nitrogen to Swedish Forest Ecosystems. SLU, marklära, Uppsala, arbetsrapport.
- Sample, K., J. Dixon, & M. Gower, 1986, Information Disclosure and Endangered Species Evaluation. Land Economics 62:306–12.
- Seip K. & J. Strand, 1992, Willingness to Pay for Environmental Goods in Norway: A Contingent Valuation Study with Real Payments. Environmental and Resource Economics 2:91–106.
- Silvander, U., 1991, Betalningsvillighetsstudier för sportfiske och grundvatten i Sverige. Diss. 2, SLU, Uppsala.
- Sokolowski, E., 1990, Kärnkraftens säkerhet: vilka är riskerna och hur skyddar vi oss mot dem? I B. Södersten (red.) Framtid med kärnkraft, SNS, Stockholm.
- Statens Energiverk och Naturvårdsverket, 1989, Ett miljöanpassat energisystem. Rapport 1989:3 respektive 3724, Allmänna förlaget.
- Sverdrup, H. & P.G. Warfvinge, 1988, Assessment of Critical Loads of Acid Deposition on Forest Soils. I J. Nilsson & P. Grennfelt (eds.) Critical Loads for Sulphur and Nitrogen. Nordiska rådet, Miljörapport 1988:15.
- Södersten, B. & N. Lundgren, 1990, Utveckling, kärnkraft och internationellt beroende. I Södersten (red.) Framtid med kärnkraft. SNS, Stockholm.
- Sundström, Å., 1991, Vad kostar kärnkraftsavvecklingen? Ekonomisk Debatt 19:710–18.
- Wibe, S., 1990, Undersökning rörande källmaterial till rapporter om de europeiska skogsskadornas omfattning och värde. SLU, skogsekonomi, Umeå, Arbetsrapport 121.
- Viscusi, K., W. Magat, & A. Carlin, 1992, The Full Social Cost Energy Pricing Approach to Greenhouse Warming Policy. Presenterad vid American Economic Associations möte i New Orleans, 3 – 5 januari 1992.

Åkerman, J., 1989, Hushållens värdering av hälsorisker från radon i bostäder. Ekonomisk Debatt 17:215-21.



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

Swedish University
of Agricultural Sciences

Datum/Date
1992-05-27/27

Bilaga 7

SIMS (Skog-Industri-Marknad Studier)
(Forest-Industry-Market Studies)

MARKNADSFÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BIOBRÄNSLEN

efter ett antaget genomförande av förslagen
i kompletteringspropositionen 1991/92:150

SIMS 1992

Bo Hektor

12 Jun 90



postadress:

Besöksadress
Östra Ultuna 8

Telefon
(46)(0)18-67 10 00

Telex
769 42 AGRUNI S

U/SIMS
bx 7054
0 07 UPPSALA

SIMS

Nytt

telefaxnummer

018 - 57 35 22



1. BAKGRUND	1
2. METOD	1
3. FÖRUTSÄTTNINGAR	2
4. GENERELLA ASPEKTER	4
5. MARKNADSSEGMENT	6
A.1. Industri inom SNI 2 och 3	6
A.1.1. Massa- och pappersindustrin	6
A.1.2. Sågverk etc.	10
A.2. Övrig industri inom SNI 2 och 3	12
A.2.1. Energi-intensiv industri	12
A.2.2. Fjärrvärmeansluten industri	13
A.2.3. Friliggande industri	14
B.1. Övriga näringar och Privata sektorn	16
B.1.1. Fjärrvärmesektorns större anläggningar (Värmeverksföreningens medlemmar)	16
B.1.2. Övriga värmecentraler	21
B.1.3. Villor och småhus	23
6. SAMMANFATTNING	25

BILAGOR: Beräkningsunderlag

Sammanfattande flödesscheman

1. BAKGRUND

Inför sitt slutbetänkande har Biobränslekommissionen samlat information om nuvarande marknadsförhållanden för biobränslen. Regeringens kompletteringsproposition 1991/92:150 (i rapporten fortsättningsvis benämnd "propositionen") innehåller förslag, som innebär förändringar i vissa väsentliga förutsättningar för biobränslemarknaden. För att Biobränslekommissionen i sin slutrapport skall kunna belysa huvuddragen av effekterna av ett genomförande av propositionens förslag, har kommissionen uppdragit till SIMS-institutionen vid SLU att genomföra en studie om effekterna på biobränslemarknaden av ovanstående föreslagna förändringar.

I uppdraget ingår att presentera en sammanställning av nuvarande marknadsförhållanden och framför allt av beräknade förändringar efter ett antaget genomförande av propositionens förslag. Priskonkurrensen mellan biobränslen och fossila bränslen samt el belyses beträffande viktiga marknadssegment såsom massa- och pappersindustri, övrig energiintensiv industri, sågverk, övrig industri, värme- och kraftvärmeverk, mindre värmecentraler samt för villor och småhus.

Delsektorerna "övrig industri" och "mindre värmecentraler" har studerats även med avseende på teknik och kapacitet, i syfte att kunna bedöma dessa delsektors potential som framtida biobränsleanvändare. Dessa bedömningar finns redovisade i sammanfattning i den löpande texten.

2. METOD

Arbetet har genomförts under en kort tidsperiod, vilket inneburit att det inte har varit möjligt att ta fram nytt grundmaterial eller att genomföra tidskrävande specialanalyser. I huvudsak baseras rapporten sålunda på tillgänglig officiell statistik och annat publicerat material samt i övrigt på data och information inom SIMS-institutionen. Kompletterande information har inhämtats genom intervjuer.

Bränslepriser och andra grunddata baseras på SPK:s publicerade statistik. I några fall har grunddata baserats på utsagor vid intervjuer.

3. FÖRUTSÄTTNINGAR

Rapporten bygger på att följande i propositionen föreslagna bestämmelser (i sammanfattning) kommer att genomföras från och med 1993.

- A. Den allmänna energiskatten slopas för industrin (SNI 2 och 3) och yrkesmässig växthusodling. SNI 2 och 3 omfattar gruvor, etc och tillverkande industri. Värme- och kraftvärmeverk ingår inte i denna kategori utan omfattas av SNI 4.
- B. CO₂-skatten sänks för industrin etc. till 8 öre/kg utsläppt koldioxid från nuvarande 25 öre/kg.
- C. Möjligheterna till skattenedsättning för energiintensiv industri tas bort (vissa övergångsbestämmelser föreslås för åren 1993 och 1994).
- D. För övriga konsumenter höjs CO₂-skatten till 32 öre/kg utsläppt koldioxid från nuvarande 25 öre/kg. Den allmänna skatten på elkraft höjs med 1,3 öre per kWh.

I övrigt har rapporten utarbetats med nu (maj 1992) gällande förutsättningar som bas.

I rapporten har, som ett räkneexempel, en jämförelse gjorts med ett alternativ då elkraftgenereringen beskattas med 12 öre/kg utsläppt koldioxid.

Rapporten behandlar följande marknadssegment för biobränslen:

A. Industri inom SNI 2 och 3

A1. Skogsindustrin

- Massa- och pappersindustrin
- Sågverk

A2. Övrig industri inom SNI 2 och 3

- Energiintensiv industri
- Fjärrvärmeansluten industri
- Friliggande industri

B. Övriga näringar och Privata sektorn

B1. - Fjärrvärmesektorns större anläggningar (Värmeverksföreningens medlemmar)

- kraftvärmeverk
- fjärrvärmeverk

B2. - Övriga värmecentraler

- mindre värmenät
- panncentraler

B3. - Villor och småhus

Föreliggande rapport behandlar i första hand marknaden för träbränslen, eftersom dessa dominerar marknadsbilden för biobränslen och dessutom bedöms ha den största potentialen för snabb utveckling. Övriga biobränslen har behandlats som referens i de fall de bedömts påverka marknaden.

Energimarknaden inom sektorn yrkesmässig odling i växthus omfattas inte av studien. Marknaden är liten och grundmaterialet i rapporten kan användas för

jämförelser av förutsättningarna på de olika lokala marknaderna. Dessa förutsättningar förefaller att vara mycket varierande och lokalt specifika.

Ämnesområdet är komplext och heterogent. De generella slutsatser och mönster som redovisas i föreliggande rapport måste användas med försiktighet vid tillämpning på enskilda fall, eftersom varje anläggning har speciella lokala förutsättningar, som ofta skiljer sig från genomsnittsfallet.

4. GENERELLA ASPEKTER

En fullständig analys av marknaden för biobränslen innebär att flera olika faktorer måste beaktas. Föreliggande rapport koncentreras på prisjämförelser mellan olika bränslen. Det innebär en grov förenkling av verklighetens beslutssituation och belyser egentligen endast förutsättningarna i det mycket korta perspektivet för de köpare som har möjlighet att välja fritt mellan olika alternativ.

Dagens anläggningar representerar den teknik och de värderingar och bedömningar som gällde när de byggdes. Eftersom anläggningarna har lång livslängd, i regel mer än 20 år, representerar de inte det optimala inför framtiden med de nya förutsättningar som då kommer att gälla. En utvidgning av biobränslemarknaden kommer därför sannolikt inte att innebära "mera av samma sort", utan snarare en utvidgning av vissa segment där de nya förutsättningarna skapat goda expensionsmöjligheter. Ett exempel på detta är de senaste årens teknikutveckling för förädlade biobränslen, som i kombination med de höjda energi- och CO₂-skatterna på fossila bränslen öppnar marknadssegment som tidigare varit praktiskt taget stängda för biobränslen.

Tabell 1. Principiell kostnadsbild för värmeproduktion. (Öre per kWh.)

	Bränslepris (inkl. skatter etc.)	Drifts- och kapitalkostnader, energiförluster	
		Höglast (5000 h)	Låglast (1000 h)
Kol	20	17 (tot 37)	80 (tot 100)
Olja (eo 1)	27	4 (tot 31)	20 (tot 47)
Olja (eo 5)	23	4 (tot 27)	20 (tot 43)
Flis	11	16 (tot 27)	75 (tot 85)
Förädlade trädbränslen	17	5 (tot 23)	25 (tot 42)

Ovanstående principschema visar typvärden för kostnadskomponenterna vid energialstring. Kol- och flisanläggningar har höga drifts- och kapitalkostnader och dessa anläggningar lämpar sig därför för höglastdrift. Anläggningar för olja och förädlade biobränslen har lägre drifts- och kapitalkostnader och utnyttjas därför även i låglastdrift.

De i tabellen upptagna värdena för förädlade bränslen gäller träpulver. Anläggningar för pellets och briketter har något högre drifts- och kapitalkostnader, men dessa ligger emellertid på betydligt lägre nivå än motsvarande kostnader för kol och flis.

Som tidigare motiverats kommer framställningen i rapporten att koncentreras på jämförelser mellan bränsleval på kort sikt, innebärande en jämförelse av rörliga kostnader. Schemat ovan kan utnyttjas som en ram för slutsatser om den långsiktiga utvecklingen. Bränslekostnaderna är emellertid uppenbart den väsentligaste enskilda faktorn när det gäller utvecklingen av biobränslemarknaden under de närmaste åren.

Beräkningarna för olika marknadssegment och för olika bränslen redovisas i bilaga.

5. MARKNADSSEGMENT

A.1. Industri inom SNI 2 och 3

A.1.1. Massa- och pappersindustrin

Inom massa- och pappersindustrin används den ojämförligt största kvantiteten biobränslen. Vid förbränning av lutar erhålls ca 28 TWh. Dessutom eldas ca 8 TWh bark och andra biprodukter. Hela energimängden utnyttjas av industrin för eget behov, med undantag för vissa hetvattenleveranser till några fjärrvärmenät.

Dessutom köps stora kvantiteter bränslen och elkraft.

Tabell 2. Inköpt energi.

Elkraft	19,9 TWh
Eldningsolja	5,2 TWh
Kol	0,7 TWh
Naturgas	0,3 TWh
Gasol	0,4 TWh

(SCB 1991)

En stor andel av detta behov av inköpt energi är styrt av tekniken i produktionsprocesserna, men ungefär en tredjedel av ovanstående kvantitet är på lång sikt tekniskt utbytbart mot andra bränslen. När det gäller elkraft, är det tekniskt möjligt att utnyttja energiunderlaget till en väsentligt ökad utbyggnad av kapaciteten för egen mottryckskraft. Detta skulle leda till lägre behov av inköpt el och till möjligheter till ökad biobränsleanvändning då bränslebehovet därmed ökas. Konkurrenssituationen gentemot inköpt el är emellertid komplex och svåröverskådlig. Därför behandlas inte denna fråga vidare i föreliggande rapport. I fortsättningen studeras konkurrenssituationen för den andel av de använda fossila bränslena, som inte erfordras av

processtekniska skäl. Denna kvantitet omfattar ungefär 2 TWh upphandlas alltså med energikostnadsminimering som prioriteringsbas.

Energikostnaderna ligger i dag på två "trappsteg". Det högre trappsteget inkluderar allmän energiskatt och CO₂-skatt. På det lägre trappsteget är bränslen och elkraft skattebefriade. För olja gäller speciella nedsättningsregler. Dessutom tillämpas accepterade metoder för kvittning mellan elskatt och bränsleskatter vid deklaration av bränsleanvändning för produktion av egen mottrycksel. I föreliggande rapport har det inte varit möjligt att analysera ett stort antal möjliga alternativ, utan rapporten omfattar ett vanligt typfall, dvs. en jämförelse mellan beskattad och skattefri oljeanvändning. Detta förutsätter emellertid att olja avräknas mot mottryckskraft och det innebär att kolanvändning i samma anläggning avräknas enligt resterande utrymme enligt 1,2 procentregeln. Det lägre trappsteget gäller dels för bränsleanvändning som motsvarar egen elproduktion, dels för bränsleanvändning med nedsättning enligt "1,2 procentregeln". Den senare regeln kan tillämpas då energi- och CO₂-skatten på använd energi uppgått till 1,2 % av industrianläggningens omsättning. På detta lägre trappsteg kan alltså fossila bränslen normalt sett konkurrera ut externt upphandlade trädbränslen. Lutar, bark etc. som genereras i den egna verksamheten har emellertid sällan något alternativvärde och ingår därför i den prefererade bränslemixen.

Propositionens förslag innebär även den två trappsteg, men med annorlunda utformning. Det nedre trappsteget är fortfarande skattebefriat och består av bränsleanvändningen som motsvarar egen elgenerering. Det är alltså i typfallet smalare än dagens trappsteg. Det övre trappsteget ligger på en betydligt lägre nivå än det som gäller i nuläget. Det är dessutom bredare eftersom det omfattar även delar av den kvantitet som nu skattebefrias inom 1,2 procentregeln.

Tabell 3. Energikostnader i massa- och pappersindustrin.

Öre/kWh	Nuläget Trappsteg		Propositionen Trappsteg	
	1 (Beskattat)	2 (Obeskattat)	1 (Reduc. CO ₂ -skatt)	2 (Obesk.)
Kol (exkl. SO ₂ , mottryck)	12,7 ¹⁾	4,5 ¹⁾	7,1 ¹⁾	4,5 ¹⁾
Eo 5 (inkl. SO ₂ , mottryck)	15,9	9,1	11,3	9,1
Egna biprodukter	0+	0+	0+	0+
Övrigt biobränsle	6-12	6-12	6-12	6-12

¹⁾ SO₂-skatt, ca 2,4 öre, tillkommer om svavelreningsutrustning saknas.

I ovanstående sammanställning har de egna biprodukterna åsatts värdet 0+. Det betyder att de i realiteten saknar alternativvärde. I ett fåtal fall finns det köpare i form av värmeverk med lämpliga pannor i närheten, men för huvuddelen av biprodukterna saknas i realiteten en extern marknad. Biprodukterna kommer alltså att betraktas av den egna industrin som det billigaste bränslet och kommer sålunda att utnyttjas fullt ut. I flertalet anläggningar räcker biprodukterna inte till för full bränsleförsörjning. Även andra bränslen måste komma in i bilden.

Kol kommer enligt propositionens förslag att få ett smalare användningsområde än i dagsläget eftersom det beläggs med en CO₂-skatt även för den användning som nu har skattebefrielse på marginalen. Kol kan emellertid även fortsättningsvis eldas skattefritt till en kvantitet, som motsvarar den egna elgenereringen. Oftast utnyttjas detta utrymme emellertid till kvittning av i anläggningen förbrukad olja. Även på det något högre trappsteget, enligt propositionens förslag, kommer det att vara billigt att elda kol eftersom CO₂-skatten är låg. Här kan emellertid vissa typer av biobränslen möjligen bli konkurrenskraftiga. På prisnivån 7 öre är det spån och bark från sågverken samt grot från egna träddelar, som kan konkurrera.

Flertalet anläggningar inom massa- och pappersindustrin använder emellertid inte kol inom det skattefria produktionsutrymmet. Orsakerna är koncessionsbestämmelser etc. I stället eldar dessa företag olja (naturgas och gasol förekommer också, men någon detaljanalys för dessa bränslen ingår inte i föreliggande jämförelse). Skillnaden mellan olja och de billiga träbränslena är såväl före som efter genomförandet av propositionens förslag ganska liten, även med hänsyn tagen till oljans högre verkningsgrad. Propositionens förslag kommer i vissa fall att leda till att oljeanvändning utöver vad som motsvarar behovet för elgenerering, kan komma att ersättas av de billigaste externa biobränslena, dvs spån/bark och grot från massaved levererad i form av träddeklar. Denna effekt är sålunda indirekt och beroende av om anläggningen i övrigt ställs om för ökad mottagning av träddeklar, vilket ger möjligheter till produktion av billiga biobränslen i form av "grot". Användningen av naturgas och gasol kommer att påverkas på likartat sätt.

För massa- och pappersindustrin kommer ett genomförande av propositionens förslag att leda till en viss ökning av användningen av biobränslen. Fossila bränslen kommer emellertid även fortsättningsvis att utnyttjas i ovannämnd process-specifik användning samt till en kvantitet som motsvarar den interna elgenereringen. De biobränslen, som kostnadsmässigt kan komma in i bilden är externt anskaffad spån/bark samt grot från inlevererad massaved i form av träddeklar. Detta leder sålunda till en återgång till en större andel massavedsavverkning i form av träddeklar, vilket innebär möjligheter till effektivisering av avverkningsmetoderna framför allt i tidiga gallringar.

På kort sikt kan man emellertid inte förvänta sig att massa- och pappersindustrin anskaffar mera grot etc., än vad de själva lönsamt kan konsumera. Denna typ av grot-bränsle är liksom spån och bark olämpligt i flertalet förbränningsanläggningar inom värmesektorn och hanterings- och transportkostnaderna för leverans av detta bränsle till externa kunder överstiger normalt den ekonomiska marginalen. Den externa marknadens behov varierar dessutom med årstiderna, medan massa- och pappersindustrins bränsle- och vedbehov är jämnt fördelat över året. Efterfrågan på råvara till förädlade bränslen kan på sikt förändra dessa förutsättningar.

På några års sikt kan därför massa- och pappersindustrins bibränsleanvändning komma att öka med uppskattningsvis 2 TWh/år. En mindre del utgörs av spån/bark, huvuddelen av grot från massaved inlevererad i form av träddelar. Dessa kvantiteter kommer inte att påverka marknadsförhållandena i väsentlig omfattning. Spån/barkbränslet motsvarar den kvantitet, som kommer att sakna avsättning i nedlagda skivindustrier. Grot-anskaffningen kommer att ske inom industrins egna avverkningsorganisationer, som primärt har uppgiften att leverera massaved och de kommer därför inte att konkurrera med andra köpare av träddränslen till värmesektorn.

Marginalerna mellan de olika bränslena är emellertid små och det innebär dels att drivkrafterna för förändring är svaga, dels att små skiftningar i förutsättningarna ger stora utslag. Exempelvis, en CO₂-skatt på fossila bränslen för el-generering skulle leda till ekonomiska incitament att ersätta huvuddelen av den ej process-specifika fossilbränsleanvändningen och bibränsleanvändningen skulle lönsamt kunna öka i motsvarande mån, dvs. med ca 2 TWh.

A.1.2. Sågverk etc.

För sågverken är bränsle från egna biprodukter det dominerande bränslet och uppgår till drygt 6 TWh/år. Sågverken köper dessutom nära 1 TWh olja och upp emot 2 TWh/år el. Bränsle i form av biprodukter säljs externt och uppgår till 2 TWh/år. Bränslet från biprodukterna har en begränsad extern kundkrets på grund av bränslets tekniska struktur och dess ofta höga fukthalt. En stor del av sågverkens oljeanvändning beror sålunda på behovet av stödeldning under perioder då bränslet är fuktigt och energibehoven stora.

Sågverk har inte kunnat utnyttja nedsättningsmöjligheterna inom "1,2 procentregeln" och betalar alltså i dagsläget skatt fullt ut på inköpta bränslen och el. Propositionens förslag innebär en kraftig sänkning av kostnaderna för denna inköpta energi.

Tabell 4. Energikostnader i sågverk, etc.

(Öre/kWh)	Nuläget	Propositionen
Kol (inkl.SOx)	18,1	9,5
Eo 5 (inkl.SOx)	20,9	11,3
Egna biprodukter	0+	0+
Sålt bibränsle (fritt sågverk)	4-8	4-8

För sågverk är det rimligt att inkludera SOx-skatten i bränslekostnaden, eftersom anläggningarna i normalfallet saknar svaveleldning.

Trots kostnadssänkningen förändras inte rangordningen mellan bränslena. Inga starkare drivkrafter till förändring uppkommer. Marknaden för försålt sågspån har reducerats under den senaste tiden i och med aviserade nedläggningar och driftsinskränkningar inom skivindustrin, den störste avnämaren för sågspån. Det finns endast ett litet antal lämpliga pannor för sågspånseldning utanför sågverksindustrin, nämligen i några värmeverk och i massa- och pappersindustrin. Överskottet kan därför förväntas bestå en tid framöver och därmed bibehållas dagens prisnivå. Den förväntade ökningen av efterfrågan på råvara från tillverkare av förädlade bränslen kan efterhand absorbera detta överskott. En ökad användning av fossila bränslen inom sågverksindustrin och motsvarande ökning av leverans av bibränslen från sågverken till den externa marknaden förefaller inte vara sannolik. Incitamenten till intern elgenerering har minskat i och med borttagandet av elskatten på inköpt elkraft.

Inom sågverksindustrin kommer propositionens förslag inte att leda till väsentliga förändringar för bibränslemarknaden. Marginalerna mellan olika bränslen blir emellertid även här relativt smala.

A2. Övrig industri inom SNI 2 och 3

Inom denna kategori har biobränsle hittills använts i mycket begränsad omfattning. Förklaringar till detta är att den energiintensiva industrin har haft möjligheter att utnyttja ovan beskrivna nedsättningsregler samt att den tidigare tillgängliga tekniken för biobränsleledning inte har varit praktiskt möjlig att tillämpa. Det finns emellertid stora potentiella möjligheter att ersätta fossila bränslen med biobränslen (se tabellen nedan.) Även viss del av den elkraft, som utnyttjas för uppvärmning och i el-pannor skulle på motsvarande sätt kunna ersättas. Den tekniska potentialen uppskattas till ca 20 TWh.

Tabell 5. Inköpt Energi 1991. Industrin (GWh).
(Källa: SCB.)

	Kol	Eo1	Eo2-5	Gas Gasol	Fjärr- värme	El	Biobr.
Massa- och pappersind.	670	176	4999	773	24	19942	-
Sågverk, etc.	0	140	392	145	28	1830	-
Övr. energi- intensiv Ind ¹⁾	3433	1030	3476	3957	844	17730	517
Övrig industri	682	1695	2394	2060	3323	10013	33
SUMMA	4785	3041	11261	6935	4219	49515	550

¹⁾ Exklusive kol och koks för industriella processer och exklusive eget bränsle i bl.a. skogsindustrier och oljeindustrier.

A.2.1. Energi-intensiv industri

Förutsättningarna för den energi-intensiva "övriga industrin" liknar skogsindustrins. Dagens situation kännetecknas av nedsättningsmöjligheterna och har sålunda två

"trappsteg". I den mån elkraftsgenerering tillämpas finns två trappsteg även i propositionens förslag. Egna biprodukter saknas, utom givetvis för oljeindustrin.

Tabell 6. Bränslekostnader för den energiintensiva industrin.

(öre/Kwh)	Nuläget Trappsteg		Propositionen Trappsteg	
	1 (Beskattat)	2 (Obeskattat)	1 (Reduc. CO2-avg.)	2 (Obesk.)
Kol ¹⁾ (exkl. SOx)	15,8	4,5	7,1	4,5
Eo 5 (inkl. SOx)	20,9	9,1	11,3	9,1
Inköpt biobränsle flis, bark/spån	8-12	8-12	8-12	8-12
Förädlat	17	17	17	17

¹⁾ Det antas här att svaveleldningsutrustning finns. Om så inte är fallet skulle svavelskatten bli 2,4 öre/kWh.

Som framgår av tabellen leder propositionens förslag till att incitamenten för övergång från fossila bränslen till biobränslen försvinner. De industrier, som använder biobränslen i dag, kommer inte att ha anledning att fortsätta med detta. Denna kvantitet är dock relativt liten, ca 0,5 TWh, och hänför sig i allt väsentligt till ett enda företag. Den förlorade tekniska marknadspotentialen uppskattas till ca 5 TWh i denna kategori.

A.2.2. Fjärrvärmeansluten industri

Enligt propositionens förslag kommer denna industrikategori att i fjärrvärmepriset kompenseras för de bränsleskatter, som fjärrvärmeproducenterna erlagt. Detta innebär att priset blir lågt för abonnenter i fossileldade fjärrvärmenät och högt i biobränsleeldande nät. I det senare fallet blir det kalkylmässigt klart lönsamt att övergå till egen värmeproduktion. Flertalet industrier torde ha oljepannor och

elpannor som stand-by och de kan köras igång utan extra investeringskostnader. Kalkylen visar dessutom att kostnadsinbesparingarna skulle motivera nyinvestering i olje- eller elpannor.

Totalt sett levereras ca 4 TWh fjärrvärme till industrin, vilket motsvarar nära 5 TWh i form av bränslen. Hälften av denna energi bedöms komma att genereras i egen regi med olja och el om propositionens förslag genomförs. 1 TWh av bortfallet bedöms vara biobränslen. För en mera utförlig beskrivning, se avsnittet om fjärrvärme under punkt B1.

A.2.3. Friliggande industri

Denna kategori är mycket varierande i sina energibehov och givetvis även i övrigt. Nedsättningsbestämmelserna har inte kunnat tillämpas utan företagen har till fullo betalat skatter för bränslen och el. Biobränsleanvändningen är liten i dag, huvudsakligen beroende på att det tidigare inte funnits lämplig teknik för dessa industriers behov.

I nedanstående tabell visas marknadspotentialen i form av pannbeståndet i kategorin "övrig, icke energi-intensiv industri". Det har inte varit möjligt att avgränsa beståndet mot de fjärrvärmeanslutna industrierna. Därför omfattar tabellen även pannor i fjärrvärmeansluten industri. En viss dubbelregistrering av kapaciteten kan ha skett för mindre pannor av kombinationstyp t.ex. el/oljepannor och dessa har då tabellen registrerats såväl som olje och el-kapacitet. Dessutom torde det finnas pannkapacitet, som inte ingår i det tillgängliga statistikunderlaget.

Tabell 7. Pannor och pannkapacitet i den icke energi-intensiva industrin.
(Källa: Pannregister, kommunala energiplaner, m.m.).

	1-5 MW		5-10 MW		10+ MW	
	Antal	MW	Antal	MW	Antal	MW
Ångpannor	390	1110	194	1278	127	2033
Värmepannor						
- el	600	1230	77	470	41	1061
- övriga	995	2040	71	435	24	391
SUMMA	1985	4380	342	2183	192	3481
Totalt antal MW	10044					

Det är uppenbart att en del av kapaciteten ovan utnyttjas mycket extensivt och att sålunda många pannor utnyttjas endast för stand-by och som reservkapacitet. En översiktlig bedömning ger vid handen att det skulle vara möjligt att ersätta ca 10 TWh/år av fossila bränslen och el i dessa pannor med förädlade bibränslen om de ekonomiska förutsättningarna förelåg. En kostnadsjämförelse ger följande resultat;

Tabell 8. Bränslekostnader för den "friliggande övriga industrin".

(öre/kWh)	Nuläget (Beskattat)	Propositionen (Reduc. CO ₂ -skatt)
Kol (inkl.Sox)	18,1	9,5
Eo 5 (inkl.Sox)	20,9	11,3
Eo 1	24,2	13,8
Inköpt bibränsle (flis, bark/spån)	8-12	8-12
Förädlat	17	17

Oförädlade biobränslen kan, som nämnts ovan, sällan utnyttjas inom detta marknadssegment, av praktiska skäl och på grund av de höga fasta kostnaderna. Förädlade biobränslen kan i dagsläget konkurrera med fossila bränslen och ett ökat intresse för dessa bränslen kunde under fjolåret noteras från denna marknad.

Med propositionens förslag kommer denna potentiella marknad helt att försvinna.

B.1. Övriga näringar och Privata sektorn

B.1.1. Fjärrvärmesektorns större anläggningar (Värmeverksföreningens medlemmar)

Verksamheten inom denna kategori är väl dokumenterad och information om såväl anläggningar som bränslen finns som lättillgänglig statistik.

Bränsleanvändningen under senare år fördelar sig enligt nedan.

Tabell 9. Bränsleanvändning i fjärrvärmesektorn (VVF 1990).

(TWh)	1990	1989	1988
Förbrukat bränsle etc. varav	41,9	40,9	44,7
eldningsolja	3,1	4,6	6,6
kol	8,3	9,3	12,9
avfall	4,1	4,2	4,0
ind. spillvärme	2,3	2,4	2,3
el till elpannor	6,1	5,1	4,6
värmepumpar	6,6	6,4	6,5
naturgas, gasol etc	5,2	5,8	4,5
torv	2,7	-	-
trädbränslen	3,5	3,1	3,4

Tabellen visar att oljeanvändningen minskat kraftigt, kol har minskat, medan förbrukning av el och torv ökat. Användningen av de övriga bränslena har legat på ungefär samma nivå under åren 1988, 1989 och 1990.

Tabellens resultat har emellertid påverkats av vissa speciella förhållanden och det föreligger därför vissa risker för misstolkningar. De exceptionellt varma vintrarna 1989 och 1990 innebar väsentligt sänkta behov av spetslasteldning med olja under vintern. Det elkraftsöverskott som rådde, ledde till prissänkningar och därmed till dels ökad generell elanvändning på oljans bekostnad under året, dels kraftig reduktion av oljeeldningen under låglastsäsongen på sommaren. Nedgången i oljeanvändningen kan sålunda vara tillfällig och bero på extraordinära förhållanden. Torvens uppgång beror på att Uppsala Energi kom igång med sitt stora torvprojekt och att torv i VVF:s statistik bröts ut ur kategorin "övrigt".

Biobränslets konkurrensmöjligheter har förbättrats under de senaste åren i och med de förändringar som genomförts bl.a. i form av miljöavgifter och skatter. Responserna på dessa förändringarna har inom fjärrvärmesektorn varit avvaktande, sannolikt beroende på de oklarheter, som ännu rådde om t.ex. beskattning av kraftvärme och om förslagen i den aviserade nya energipolitiken. Utredningar, förberedelser och tester har genomförts i syfte att underlätta den politiskt understödda övergången från fossila till förnybara bränslen. I några fall har detta resulterat i konkreta projekt för storskalig fliseldning. I andra fall omfattar planerna och projekten en övergång till förädlade biobränslen.

Kol eldas med få undantag i stora anläggningar med effektiv svavelrening. I typfallet är det sålunda rimligt att utgå ifrån att ingen svavelskatt erläggs. De ekonomiska förutsättningarna är därför som följer:

Tabell 10. Bränslekostnader för kraftvärmeproduktion.

(öre/kWh)	Nuläget		Propositionen	
	Värme (CO ₂ -skatt)	El (Obeskattat)	Värme (CO ₂ -skatt)	El (Obeskattat)
Kol (exkl. SO _x)	12,7	4,5	15,0 ¹⁾	4,5
Eo 5 (inkl. SO _x)	15,9	9,1	17,7 ²⁾	9,1
Biobränsle flis, bark/spån förädlad	8-12 17	8-12 17	8-12 17	8-12 17

¹⁾ För industrikunder 7,1, förutsatt 100 % fossilbränslen.

²⁾ För industrikunder 11,3, förutsatt 100 % fossilbränslen.

Tabell 11. Bränslekostnader för enbart värmeproduktion.

(öre/kWh)	Nuläget (CO ₂ -skatt+energiskatt) Alla kunder	Propositionen (CO ₂ -skatt+energiskatt)	
		Industri	Övriga
Kol (exkl.SO _x)	15,8	7,1 ³⁾	18,1
Eo 1	24,2	13,8 ³⁾	26,2
Eo 5 (inkl.SO _x)	20,9	11,3 ³⁾	22,8
Biobränsle flis, bark/spån förädlad	8-12 17	8-12 17	8-12 17

³⁾ I de fall då verket eldar 100 % fossilbränsle.

Tabellerna ovan visar en bild av en kalkylsituation, som är komplex och svåröverskådlig. Två företeelser komplicerar bränslevallet, nämligen skattereglerna för värme- och elgenerering i kraftvärmeverken samt de föreslagna reglerna för skattereducering för den fjärrvärme, som levereras till industrisektorn.

Flertalet av de större kraftvärmeverken eldas i dag med kol, vilket följer logiken enligt tabellen ovan. Kraftvärmeverk med tekniska och logistiska förutsättningar att använda flis etc. har utnyttjat denna möjlighet vad beträffar värmeproduktion. Genom att man fått officiell acceptans för sina argument att "kol eldas för elgenerering och flis för värme" har kraftvärmeverken funnit en bränslemix som minimerar bränslekostnaderna innebärande att kol och flis eldas i blandning. Ytterligare några stora pannor baserade på detta synsätt är nu under uppförande.

De i propositionen föreslagna reglerna för skattereducering för fjärrvärme levererad till industrin leder till att fossilbränsleeldade kraftvärmeverk och värmeverk gynnas i förhållande till biobränsleeldade. Den restitution som erhålls för skatter erlagda för fossilbränslen, motsvaras inte av någon kostnadssänkning för biobränslen. Biobränsleeldade verk skulle komma att förlora abonnenter i industrin, som skulle finna det lönsammare att elda lågt beskattade fossila bränslen eller utnyttja obeskattad el för sin värmeproduktion.

Fjärrvärme levererad till industrin uppgår till ca 4 TWh/år. Med energiförlusterna inräknade motsvarar detta nära 5 TWh/år. I genomsnitt utgör industrin över 15 % av fjärrvärmemarknaden. Andelen varierar givetvis mellan olika verk.

I propositionens förslag stängs möjligheten att tolka bestämmelserna på motsvarande sätt som för kraftvärme, dvs. att man skulle få acceptans för att fossilbränslen eldas för industrisektorn och biobränslen för övriga. Trots detta kommer den föreslagna regeln att innebära att för de fossilbränsleeldade kraft- och kraftvärmeverken kommer restitutionen att ungefär motsvara höjningen av CO₂-skatten på fossilbränslen. Förutsättningarna för biobränsleanvändning blir sålunda oförändrade för denna typ av verk.

För de kraftvärmeverk och värmeverk som förbrukar en stor andel biobränslen redan idag ger den föreslagna höjningen av CO₂-skatten ökad konkurrenskraft för biobränslen gentemot fossila bränslen och el. Nya intressanta marknadssegment blir värmeverkens del-, topp-, och låglastpannor där förädlade biobränslen med nu föreslagna regler förefaller att kunna konkurrera med el och olja. Man bör här hålla

i minnet att detta gäller för en i jämförelse med dagsläget totalt sett lägre energiproduktion, eftersom industriabonnenterna bortfallit enligt ovan.

I propositionen föreslås att en arbetsgrupp tillsätts för att föreslå åtgärder som undanröjer eventuella negativa effekter av de ändringar av kraftvärmens energibeskattnings, som genomfördes genom energipolitiska beslut våren 1991. Det föreslås att arbetsgruppen även skall belysa biobränselns möjligheter att i större utsträckning kunna bli konkurrenskraftiga inom kraftvärmeområdet. I intervjuer med praktiskt verksamma befattningshavare i fjärrvärmesektorn har framkommit entydiga önskemål, dels om en förenkling av reglerna, dels om energitekniskt logiska bestämmelser, så att "paragrafanläggningar och paragrafeldning" inte blir ledstjärnor för verksamheten.

Marknaden för biobränslen bedöms komma att påverkas av propositionens förslag enligt följande. Kraftvärmeverkens förutsättningar blir oförändrade, vilket innebär att de pågående projekten med övergång från kol till kol/fliseldning fortsätter. Endast ett fåtal ytterligare kraftvärmeverk har tekniska och logistiska möjligheter att genomföra en sådan förändring. Övriga kommer att fortsätta med koleldning, eftersom reglerna för skattenedsättning i grova drag blir oförändrade och sålunda leder till att kol förblir billigare än förädlade biobränslen. Sammantaget innebär detta en ökning av biobränslemarknaden med uppskattningsvis 1,5 TWh, men detta är effekt av tidigare energibeslut inte beroende på propositionens förslag. De kraftvärmeverk, som använder i huvudsak biobränslen och avfall och som sålunda inte får skatterestitution, skulle enligt propositionens förslag uppskattningsvis förlora abonnenter motsvarande 0,5 TWh/år. Dessa industriföretag skulle övergå till uppvärmning etc. i egen regi med olja eller el.

Även för värmeverken blir effekterna i typfallet mycket små vad gäller kalkylsituationen för bränsleval. Ökningen av CO₂-skatten balanseras av skatterestitutionen för leveranser till industrin. Variationen mellan olika verk är emellertid stor. Verk med små leveranser till industrier och med hög andel biobränslen redan i dagsläget, får ökade incitament för biobränsleanvändning och här kan även förädlade biobränslen priskonkurrera. En ökning med ca 1 TWh bedöms kunna ske av detta skäl. Den

sammantagna värmeverkssektorn kommer med propositionens förslag att förlora åtminstone hälften av fjärrvärmeleveranserna till industrin, dvs. ca 2 TWh/år. Hälften av bränslebortfallet för detta uppskattas vara bibränslen. Sammantaget blir utfallet att bibränsleanvändningen blir volymmässigt oförändrad, men med en viss omfördelning från flis till förädlade bränslen.

I kraftvärme- och värmeverkssektorn påverkas sålunda inte den pågående begränsade övergången från fossilbränslen till bibränslen orsakad av tidigare införda regler och bestämmelser. Propositionens förslag kommer att innebära förändringar i inriktningen av denna övergång, men i stort sett kommer den inte att påverkas vad gäller berörda bibränslekvantiteter.

Det antagna alternativet, då elgenerering beskattas med 12 öre/kg CO₂, ger inte upphov till starka drivkrafter till förändringar i bränslevalet. Kostnaderna för kol och olja hamnar på en nivå som motsvarar marknadens billigaste oförädlade bibränsle. Det kan leda till att en mindre kvantitet fossilbränsle ersätts med flis, men sannolikt kommer i huvudsak bränsle valet att förbli oförändrat.

B.1.2. Övriga värmecentraler

Denna kategori utgörs av ett stort antal mindre "närvarmenät" och panncentraler. De genererar värme väsentligen från olja och el. Propositionens förslag innebär att bibränslens konkurrenskraft ökar inom denna sektor.

Tabell 12. Värmeproduktion.

(öre/kWh)	Nuläget (CO ₂ -skatt+energiskatt)	Propositionen (CO ₂ -skatt+energiskatt)
Eo 1	24,2	26,2
El	24 ¹⁾	25,3
Biobränsle		
flis, bark/spån	8-12	8-12
förädlade biobränslen	17	17

¹⁾ Prisuppgiften är genomsnittsvärde av senaste årets priser på el enl. information från intervjuad personal vid panncentraler.

De prisskillnader som propositionens förslag skulle leda till bör utgöra starka drivkrafter för förändring av bränslevalt. För flis etc. har dessa prisskillnader förelegat redan tidigare och lett till ombyggnad av flertalet av de anläggningar som av praktiska skäl varit möjliga att konvertera. Sammanlagt uppgår biobränsleanvändningen till ca 1 TWh i denna kategori.

Utrymmet för ökad biobränsleanvändning framgår av nedanstående tabell, som visar fördelningen av de bränsleeldade pannor som finns registrerade i det tillgängliga statistiska materialet. Materialet ger en underskattning av verkligheten, eftersom ett antal enklare pannor ej finns registrerade i den tillgängliga statistiken. Värdena kan emellertid användas som ett exempel på en miniminivå och för att ge en uppfattning om strukturen inom detta marknadssegment.

Tabell 13. Mindre värmenät och panncentraler (bränslepannor).

Källa: Pannregister, kommunala energiplaner, m.m.

	-1 MW		1-5 MW		5+ MW	
	Antal	MW	Antal	MW	Antal	MW
Ångpannor	-	-	130	354	61	899
Värmepannor	(ca 4000)	(ca 1000)	753	2122	375	4273
SUMMA KAPACITET (över 1 MW) 12600 MW						

Kapaciteten i olje- och elpannor kan i hög grad utnyttjas flexibelt och anpassas till de rådande pris- och klimatförutsättningarna. En planerad "överkapacitet" föreligger. Oljepannor kan relativt enkelt byggas om till att kunna användas även för förädlade biobränslen.

Ångpannor finns i anläggningar vid t.ex. sjukhus, badhus etc. Värmepannor finner man givetvis i första hand i panncentraler för uppvärmning av hyreshus, skolor, etc. Inom materialet finns en stor variation.

Med ledning av SCB:s statistik har den totala användningen av fossila bränslen och el för uppvärmning inom denna kategori under ett klimatiskt normalår beräknats uppgå till ca 60 TWh. En väsentlig del, 30 TWh, bedöms vara tekniskt tillgänglig för förädlade biobränslen. En försiktig uppskattning av den inom överskådlig tid i praktiken realiserbara förändringen hamnar på 10 TWh.

B.1.3. Villor och småhus

Omkring 12 TWh/år trädbränslen används i villor och småhus i landet. Propositionens förslag innebär ökad konkurrensförmåga för trädbränslen i förhållande till fossila bränslen och el. Den ökning av biobränsleanvändningen, som detta kan leda till bedöms emellertid motsvara de besparingar, som kommer till stånd genom effektivisering av befintliga anläggningar.

Tabell 14. Småhusen fördelade efter använda bränsleslag.

	Småhus på jordbruksfastighet		Småhus på annan fastighet		Alla småhus	
	1000-tal	Procent	1000-tal	Procent	1000-tal	Procent
Ved enbart	56	28,9	53	3,4	109	6,3
Ved och el	63	32,5	306	19,8	369	21,3
Ved och olja	23	11,9	109	7,1	132	7,6
Ved, el och olja	5	2,6	48	3,1	53	3,1
El enbart	19	9,8	550	35,7	569	32,8
El och olja	3	1,5	117	7,6	120	6,9
Olja enbart	14	7,2	206	13,4	220	12,7
Fjärrvärme	0	0	110	7,1	110	6,3
Annan panncentral	0	0	9	0,6	9	0,5
Annat	11	5,7	33	2,1	44	2,5
SUMMA	194	100	1541	100	1735	100

SCB 1991

Ett antaget genomsnittligt årsbehov på 20 Mwh per hus ger att småhussektorn konsumerar 35 TWh för uppvärmning. 12 TWh utgörs av biobränslen. Med ledning av tabellen ger en grov uppskattning att 6 TWh olja, 14 TWh el och 3 TWh "övrigt" skulle erfordras. Det föreligger stora tekniska och institutionella hinder när det gäller att ersätta el och olja ovan och den i dag uppnådda balansen bedöms som stabil och den påverkas inte av kostnadsförändringar i den storleksordning som de som blir resultatet av propositionens förslag.

6. SAMMANFATTNING

Propositionens förslag påverkar såväl utvecklingsmöjligheterna för biobränslen på marknadssegment, där biobränslen redan är väl etablerade som biobränslens möjlighet att komma in på nya marknadssegment. Sammanställningen nedan redovisar de bedömda effekterna av rapportens överväganden i dessa avseenden.

	Förändringar jämfört med nuvarande användning och med antagen bibehållen anläggningsstruktur	Förändringar jämfört med nuvarande potentiell användning, med antagen "bästa teknik" och med anpassad anläggningsstruktur
A1. Skogsindustri		
Massa- och pappersindustrin	+2	+2
Sågverk etc.	0	0
A2. Övrig industri		
Energiintensiv	-0,3	-5
Fjärrvärmeansluten	-1,0	...
Friliggande	0	-10
B1. Fjärrvärme, större anläggningar.		
Kraftvärmeverk	-0,5	-0,5
Värmeverk	+1,0 resp -1,0 ¹⁾	0
B2. Övriga värmecentraler	+10 ²⁾	+30 ²⁾
B3. Villor och småhus	0	0
<hr/>		
SUMMA	+10	+17

¹⁾ Omfördelning till förädlade bränslen.

²⁾ Inkluderar även effekten av tillämpning av ny teknik.

Propositionens förslag innebär att bibränsleanvändningen och dess utveckling förväntas bli oförändrad i jämförelse med nu gällande regler inom de användarkategorier där användningen är störst i dag, nämligen massa- och pappersindustrin, sågverken, fjärrvärmesektorn och villor och småhus. En viss ökning bedöms komma till stånd inom massa- och pappersindustrin, men den bedöms inte komma att påverka externa marknader eftersom ökningen sker inom industrins normala virkesanskaffningsverksamhet.

I den övriga industrin kommer det inte längre att föreligga några ekonomiska möjligheter till bibränsleanvändning.

Inom kategorin "mindre värmecentraler, etc." förstärks drivkrafterna för övergång från olja och el till bibränslen. Anläggningarnas struktur innebär att det i övervägande grad är förädlade bibränslen som kan komma i fråga. Den snabba teknikutveckling som skett under senare år, i kombination med effekterna av propositionens förslag, bedöms åstadkomma ett genombrott inom denna sektor. Marknaden är stor, åtminstone 10 TWh inom en 10-årsperiod; på något längre sikt betydligt större. Hur mycket av övergången som kan realiseras beror i främst på möjligheterna för berörda bränsleföretag att snabbt kunna expandera sin verksamhet.

Den del av fjärrvärmesektorn, som nu använder en stor andel bibränslen kommer att tvingas minska sina värmeleveranser, eftersom föreslagna regler för skatterestitution innebär att det blir lönsamt för ansluten industri att generera energi i egen regi med el och fossila bränslen. Genom att bibränslen inom den kvarvarande fjärrvärmevolymen får en bättre konkurrenskraft gentemot fossila bränslen kommer emellertid bibränsleanvändningen totalt sett att bli oförändrad.

I övrigt hänvisas till sammanfattande flödesschema i bilaga.

Massa och pappersind.

Utan elgenerering, med SO2-rening.

Kol	grund	1.2%	Prop.
Grundpris	4,5	4,5	4,5
Energiskatt	3,0	0,0	0,0
CO2-avgift	8,2	0,0	2,6
SO2-avgift	0,0	0,0	0,0
Summa	15,8	4,5	7,1

utan SO2-rening

Kol	grund	Prop
Grundpris	4,5	4,5
Energiskatt	3,0	0,0
CO2-avgift	8,2	2,6
SO2-avgift	2,4	2,4
Summa	18,1	9,5

Med SO2-rening, med elgen. (värme)

Kol	grund	1.2%	Prop
Grundpris	4,5	4,5	4,5
Energiskatt	0,0	0,0	0,0
CO2-avgift	8,2	0,0	2,6
SO2-avgift	0,0	0,0	0,0
Summa	12,7	4,5	7,1

(el)

Prop
4,5
0,0
0,0
0,0
4,5

Akt.
4,5
0,0
4,1
0,0
8,6

Utan elgenerering Lättolja (1)

grund	1.2%	Prop
Grundpris	11,5	11,5
Energiskatt	0,0	0,0
CO2-avgift	7,3	2,3
SO2-avgift	0,0	0,0
Summa	24,2	13,8

Tiockolja (5)

grund	Prop
7,9	7,9
5,0	0,0
6,7	2,2
1,3	1,3
20,9	11,3

Med elgenerering (värme)

Olja (5)	grund	1.2%	Prop
Grundpris	7,9	7,9	7,9
Energiskatt	0,0	0,0	0
CO2-avgift	6,7	0,0	2,2
SO2-avgift	1,3	1,3	1,3
Summa	15,9	9,1	11,3

(el)

Prop
7,9
0
0,0
1,3
9,1

Akt.
7,9
0
4,1
1,3
13,2

Träddränslen, utan extern marknad

0

Träddränslen, med extern marknad

Typvärde v Bark 4, grottlis 6-8

El

grund	1.2%	Prop
'11-22	'11-22	'11-22
5	0,0	0,0
'16-27	'11-22	'11-22

Sågverk, övrig industri, etc.

Utan elgenerering, med SO2-rening...

Kol	grund	1.2%	Prop
Grundpris	4,5	ej appl.	4,5
Energiskatt	3,0	0,0	0,0
CO2-avgift	8,2	2,6	2,6
SO2-avgift	0,0	0,0	0,0
Summa	15,8	7,1	7,1

utan SO2-rening

Kol	grund	Prop
Grundpris	4,5	4,5
Energiskatt	3,0	0,0
CO2-avgift	8,2	2,6
SO2-avgift	2,4	2,4
Summa	18,1	9,5

Med SO2-rening, med elgen.(värme)

Kol	grund	1.2%	Prop
Grundpris	4,5	4,5	4,5
Energiskatt	0,0	0,0	0,0
CO2-avgift	8,2	0,0	2,6
SO2-avgift	0,0	0,0	0,0
Summa	12,7	4,5	7,1

(El)

grund	Prop
4,5	4,5
0	0
0	0
0	0
4,5	4,5

Alt.
4,5
0,0
2,6
0,0
7,1

Utan elgenerering Lättolja (1)

grund	1.2%	Prop
Grundpris	11,5	11,5
Energiskatt	5,5	0,0
CO2-avgift	7,3	2,3
SO2-avgift	0,0	0,0
Summa	24,2	13,8

Tjockolja (5)

grund	Prop
7,9	7,9
5,0	0,0
6,7	2,2
1,3	1,3
20,9	11,3

Med elgen (värme)

Olja (5)	grund	Prop
Grundpris	7,9	7,9
Energiskatt	0,0	0,0
CO2-avgift	6,7	2,2
SO2-avgift	1,3	1,3
Summa	15,9	11,3

(el)

grund	Prop
7,9	7,9
0,0	0,0
0,0	0,0
1,3	1,3
9,1	9,1

Alt.
7,9
0,0
2,2
1,3
11,3

Trädbränslen, utan extern marknad

Typvärde	0
vid sågverk	0
Trädbränslen, med extern marknad	
Typvärde	
vid sågverk Bark, spån 4, flis 8	
vid övr. ind Bark, spån 8, flis 12	

El

grund	1.2%	Prop
Typv., bark	11-22	11-22
Skatt	5	0,0
Summa	16-27	11-22

Fjärrvärmeverken etc.

Utan elgen... med SO2-rening; utan SO2-rening				Med SO2-rening, med elgenerering (värme)			
Kol	grund	Prop	grund	Prop	grund	Prop	Alt.
Grundpris	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Energiskatt	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0
CO2-avgift	8,2	10,5	8,2	10,5	8,2	10,5	4,1
SO2-avgift	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Summa	15,8	18,1	18,1	20,4	12,7	15,0	8,6

Olja, utan elgenerering, utan SO2-rening				Med elgenerering			
Eo 5				(el)			
	grund	Prop	grund	Prop	grund	Prop	Alt.
Grundpris	11,5	11,5	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Energiskatt	5,5	5,5	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0
CO2-avgift	7,3	9,3	6,7	8,6	6,7	8,6	3,4
SO2-avgift	0,0	0,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Summa	24,2	26,2	20,9	22,8	15,9	17,7	12,5

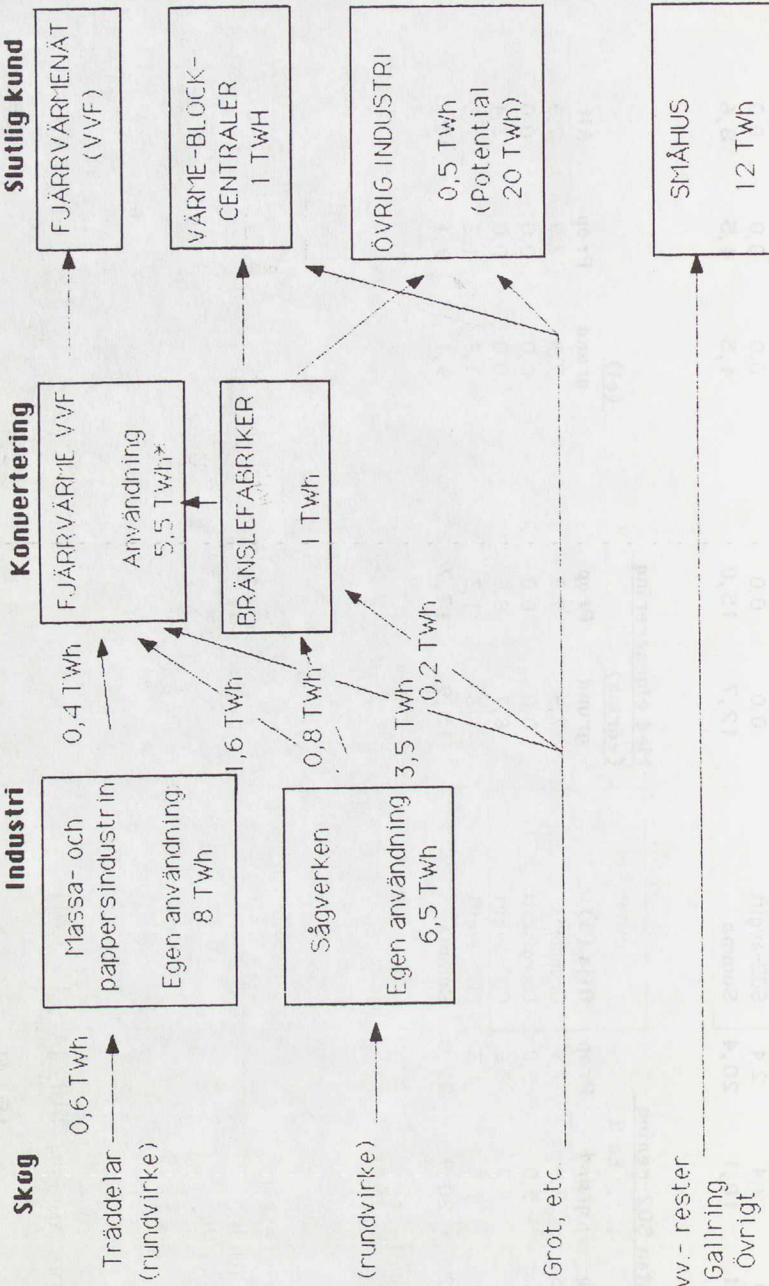
Träbränslen

Typvärde vid vv
flis, etc. 11
ädl. träbr. 16

Tory

Typvärde v 12
SO2-avgift 1
Summa 13

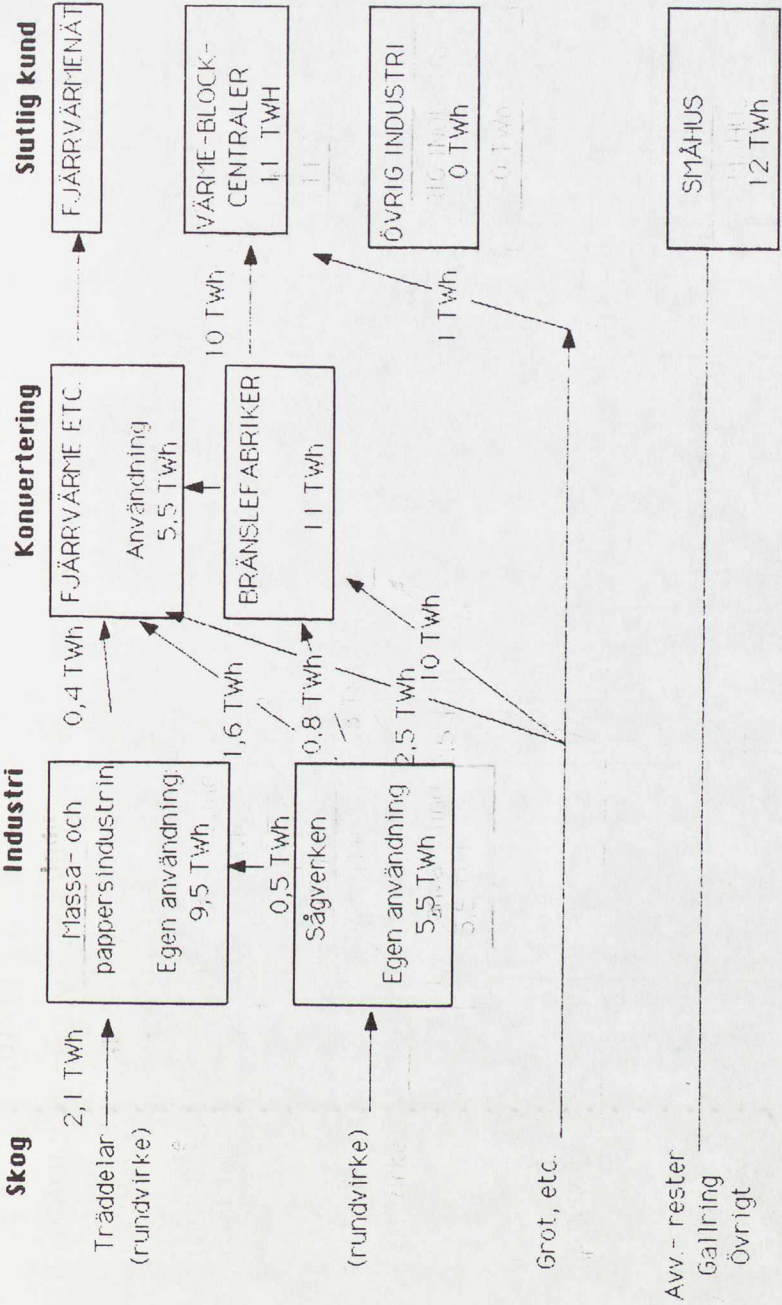
NULÄGE



TRÄDBRÄNSLEN SUMMA 14 TWh
TOTALT 31 TWh

* Inkl. bedömd förbrukning i beslutade nya projekt

EFTER ED. GENOMFÖRANDE AV ENERGIPROPOSITIONENS FÖRSLAG (5 ÅR)



TRÄDBRÄNSLEN SUMMA 15 TWh
 TOTALT 43 TWh



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

Swedish University
of Agricultural Sciences

Datum/Date

Bilaga 8

1992-06-12

SIMS (Skog-Industri-Marknad Studier)
(Forest-Industry-Market Studies)

BIOBRÄNSLENS SYSSELSÄTTNINGSEFFEKTER

av

Bengt-Olof Danielsson

Bo Hektor

Postadress Postal Address
SILU/SIMS
Box 7013
S-750 07 UPPSALA, Sweden

Besöksadress
Östra Ultuna 8

Telefon
(46)(0)18-67 10 00

Telex
769 42 AGRUNI S

Telefax
(46)(0)18-300619

1. UPPDRAGET	1
2. METODIK OCH BEGRÄNSNINGAR	1
3. SAMMANFATTANDE SCHEMA ÖVER TYPVÄRDEN FÖR SYSSELSÄTTNINGSEFFEKTER	2
4. TRÄDBRÄNSLEN	5
4.1 Skogsindustrin biprodukter; bark, spån, etc	5
4.2 Rivningsvirke, byggavfall, etc	6
4.3 Avverkningsrester ("grot")	7
4.4 Integrerad avverkning, träddelar eller helträd	7
4.5 Direktavverkning av bränsle	8
4.6 Bränsle till husbehov	8
4.7 Energiskog	9
5. TORV	10
6. ÖVRIGA BIOBRÄNSLEN	10
6.1 Rörflen	10
6.2 Halm	10
7. FÖRÄDLADE BIOBRÄNSLEN	11
8. REGIONALA FÖRUTSÄTTNINGAR	11
9. TILLÄMPNING PÅ TVÅ ANTAGNA EXEMPEL	19
9.1 Exempel A. Biobränslen i kraftvärme- och värmeproduktion. Ökad användning i kommunala energiverk med 15 TWh	20
9.2 Exempel B. Biobränslen ersätter fossila bränslen och el i mindre och medelstora värmecentraler etc., sammantaget i en ökad omfattning av 15 TWh bränsleenergi i jämförelse med 1991	24
10. INTERVJUER	26
LITTERATUR	27

1. UPPDRAGET

Inför sitt slutbetänkande har Biobränslekommissionen vänt sig till institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier (SIMS), SLU för en studie av biobränslens sysselsättningseffekter. Trots de senaste årens många studier och utredningar som rör biobränslen, har det saknats en samlad redovisning av sysselsättningseffekterna, i nuläget och i ett framtidsperspektiv. Däremot finns många rapporter som redovisar arbetsgången för olika enskilda arbetsoperationer och olika bränsleslag.

SIMS uppdrag har varit att sammanställa nuvarande kunskap om sysselsättningseffekter, nationellt och regionalt, för olika tillförselsystem av biobränslen, från källa till färdig energi, samt att inom ramarna för Biobränslekommissionens marknadsbedömningar utveckla regionala och nationella prognoser för antalet sysselsatta i olika tillförselsystem, med fördelning på hel- och deltidssysselsatta.

Arbetet har utförts i huvudsak som en litteraturstudie som uppdaterats och kompletterats med hjälp av intervjuer med utvalda leverantörer och användare av biobränslen. Tyngdpunkten har lagts vid de i dag dominerande systemen för tillförsel och energiproduktion samt ett fåtal framtida utvecklingslinjer, vilka i dag bedöms som mest sannolika.

2. METODIK OCH BEGRÄNSNINGAR

I föreliggande rapport har sysselsättningseffekterna beräknats enligt följande.

En antagen ökning av biobränsleanvändningen ger upphov till förändringar i verksamhetens struktur och volym, vilka i sin tur påverkar sysselsättningen. Det föreligger stora skillnader mellan olika biobränslen och olika metoder i dessa avseenden, vilket framgår av nedanstående detaljerade beskrivningar.

Rapporten omfattar sysselsättningseffekterna för tillkommande kvantiteter, dvs den behandlar säreffekterna av den antagna ökningen i biobränsleanvändningen. Analy-

sen omfattar enbart effekterna av arbetsinsatser i verksamheter med direkt anknytning till biobränslen. Indirekt sysselsättning och multiplikatoreffekter omfattas sålunda inte av analysen.

Rapportens resultat bygger på beräkningar baserade på prestationsfunktioner utvecklade av Skogsarbeten, ledande skogsföretag och FoU-organ inom jordbruket. Resultaten av beräkningarna har därefter jämförts med prestationsstatistik och andra erfarenhetstal från praktisk verksamhet. Överensstämmelsen visade sig vara god.

Beräkningarna bygger på förutsättningen att "dagens bästa teknik" tillämpas. Detta antages vara en approximation av de verkliga genomsnittliga förhållandena under 1990-talet.

3. SAMMANFATTANDE SCHEMA ÖVER TYPVÄRDEN FÖR SYSSELSÄTTNINGSEFFEKTER

De sammanfattande resultaten av analysen vad gäller nuläget framgår av figur 1. Analysen bygger på material i form av företagsinformation, studier och rapporter samt på författarnas egna bedömningar.

Föreliggande rapport behandlar emellertid i första hand hur sysselsättningen påverkas vid en antagen ökning av biobränsleanvändningen. Effekterna framgår i sammanfattning av figur 2. Den visar typvärden på antal årsverken per TWh av tillkommande användning av trädbränslen. Det är givetvis uppenbart att verkliga värden i enskilda praktiska fall kan variera i förhållande till angivna typvärden. Detta beror i första hand på den stora variation, som kännetecknar de naturliga förutsättningarna för verksamheten. Typvärdena kan emellertid visa sysselsättnings-effekterna av generella verksamheter utförda inom en struktur liknande dagens verksamhetsramar.

	Odling etc.	Avverk- ning	Terräng- transport	Bearbet- ning	Väg- (v), transport	Förbrän- ning	Adm.	Summa
Övre Norrland	Industri					100		100
	Värmeverk	5	10	15	10	30	15	105
	Hushåll		150	80	80	(-)		270
Södra Norrland, Dalarna + Värmland (torv dominerar bl a i Uppsala)	Industri					100		100
	Värmeverk	100	200	100	40	30	50	720
	Hushåll		350	180	200	(-)		730
Mälardalen	Industri					50		50
	Värmeverk		5	10	5	30	15	90
	Hushåll		250	130	130	(-)		510
Götaland (exkl Skåne)	Industri					200		200
	Värmeverk			20	20	50	50	230
	Hushåll		650	350	360	(-)		1360
Skåne	Industri					25		25
	Värmeverk			10	10	10	5	65
	Hushåll		90	50	50	(-)		190
					650			280

Kommentar: Husbehovsbränsle produceras i "tillfälligt, ofta eget" arbete. Odling, beredning, avverkning, terräng- och landsvägstransporter ger säsongsarbete. Övriga arbeten är året-runt-arbeten.

Sysselsättningsstillfällena genererade av ökad användning av biobränslen. Årsverken per tillkommande TWh.

	Odling etc.	Avverk- ning	Terräng- transport	Bearbet- ning	Väg- (jv), transport	Förbrän- ning	Adm.	Summa
A								
Skogsindustrins biprodukter								
A1				5				5
A1								
A2								
A3								
B				17	17	5	6	28
C			48	30	10	5	15	47
D					18	5	14	115
E		-20*	28*	40*	36*+19**	5	14	122
F								
G								
G1	31	24	30	83	90	133	15	406
G2	31	=	16	=	22	5	15	89
H	35	70	50	5	21	5	14	200
I								
I1	26	11	28	-	20	5	3	93
I2		13	30	-	28	5	8	84

* för bränsledelen i integrerade operationer

** separat bränslehantering

4. TRÄDBRÄNSLEN

4.1 Skogsindustrin biprodukter; bark, spån, etc

Massa- och pappersindustrin

Inom massa- och pappersindustrin utnyttjas generellt sett biprodukterna lutar och bark till fullo för energigenerering. Någon ökning av tillgången på dessa biprodukter förutses inte. I integrerade bruk kan man i stället förvänta sig en minskning på grund av en ökad användning av returfiber i produktionen.

Förändringar i användningen av dessa biprodukter innebär endast marginella effekter på sysselsättningen då verksamheten hanteras inom brukens energiförsörjningsorganisationer, som bedöms kunna absorbera dessa förändringar inom de rådande organisatoriska ramarna.

Det föreligger tekniska möjligheter till ökad användning av biobränslen inom massa- och pappersindustrin. Dessa utnyttjas inte till fullo av ekonomiska skäl. De gällande nedsättningsreglerna för energintensiv industri beträffande energiskatter och avgifter leder till att olja och kol utnyttjas för täckandet av en del av energibehovet. Dessa nedsättningsregler är som bekant under omprövning och en genomförd förändring kan leda till att biobränslen får en ökad användning inom massa- och pappersindustrin på de fossila bränslenas bekostnad. I detta hypotetiska fall skulle det ökade behovet av biobränslen i flertalet fall kunna tillgodoses genom över- eller återgång till träddelemetoder. Sysselsättningseffekterna av detta framgår av beskrivningarna av träddelesavverkningsmetoder i senare avsnitt.

Sågverken och träindustrin

Energiförsörjningen (exkl. el) för denna sektor baseras i det närmaste helt på trädbränslen i form av egna biprodukter. Överskott säljs som bl.a. bränslen på den omgivande marknaden. I vissa områden är efterfrågan på marknaden för liten och det förekommer i ett fåtal fall att bark och spån måste deponeras.

En förutsatt ökad efterfrågan på biobränslen skulle sålunda i första hand innebära att de (totalt sett ganska små) icke utnyttjade kvantiteterna kommer att användas. Detta genererar endast marginellt ökad sysselsättning i form av en viss ökning av transporter.

Därtill kan man förvänta sig att en ökad efterfrågan från den externa marknaden kommer att leda till att energiförbrukningen inom industrin effektiviseras, vilket innebär att det därvid inbesparade bränslet kommer att säljas. Sysselsättningen ökar genom tillkommande transporter och till en mindre del genom ökade behov av administration. En ökning av trädbränsleanvändningen på fossila bränslens bekostnad leder dessutom till något flera arbetstillfällen vid förbränningsanläggningarna.

Arbetstillfällena kommer att utgöras dels av en utökning av antalet fast anställda inom industrin och vid förbränningsanläggningarna, dels ett ökande transportuppdrag för lastbilsentreprenörer. Dessa uppdrag omfattar "eldningssäsongen", dvs september - maj.

4.2 Rivningsvirke, byggavfall, etc

En del av denna kvantitet destruktionseldas på platsen eller finner lokal användning som bränsle. Huvuddelen omhändertas inom avfallshandlingens organisation. Träavfall etc. är i många fall det största enskilda avfallssortimentet. Det är skrymmande och svårhanterligt och därmed dyrt att ta om hand och deponera. Utsorterat träavfall är emellertid en lämplig bränsleråvara.

Ökad användning av rivningsvirke, byggavfall, etc. som bränsle ger ökad sysselsättning i hanteringsledet, vid transporter och administration samt i mindre omfattning i förbränningsanläggningar.

Arbetstillfällena utgörs av heltidsarbete och vad gäller transporter av transportkontrakt avseende "eldningssäsongen".

4.3 Avverkningsrester ("grot")

Den vanligaste formen för tillvaratagande av grot för bränsle är att hämta "grot" från hygget, lägga upp det för torkning vid bilväg och därefter flisa bränslet i anslutning till vidaretransporten till slutförbrukaren.

För dessa arbeten erfordras traktorförare, maskinoperatörer för flishuggar, lastbilsförare och administrativ personal. Dessutom tillkommer ett visst ökat behov av personal vid eldningsanläggningarna.

Den administrativa personalen är heltidsanställd. Förare och maskinoperatörer arbetar på entreprenörskontrakt under "eldningssäsongen".

4.4 Integrerad avverkning, träddeklar eller helträd

Metoden kännetecknas av att man strävar efter att minimera arbetsinsatserna genom att inte kvista och toppkapa träden i skogen för att i stället skilja massaved från kvistar och toppar (bränsle) vid terminaler eller vid skogsindustri. Metoden är vanlig fr.a. i Övre Norrland.

Arbetsinsatserna erfordrar maskinförare i skogen, lastbilsförare, maskinoperatörer för upparbetning, administrativ personal samt personal vid förbränningsanläggningen.

Huvuddelen av arbetsinsatserna utförs i form av heltidsarbete. Bränsleleveranserna sker emellertid endast under "eldningssäsongen".

4.5 Direktavverkning av bränsle

Självverksamma

Verksamheten består av avverkning i form av första gallring. Fällning sker med motorsåg, terrängtransport med skogsanpassad jordbrukstraktor. Leverans fritt bilväg till köpare. Flisning vid bilväg och vidaretransport genom inledda entreprenörer.

Avverkning och transport kan med fördel bedrivas på för den självverksamme lämplig tid och i form av korttidsinsatser. Upparbetning och vidaretransport sker under "eldningssäsongen".

Helmekaniserad avverkning

Avverkning i förstagallringsbestånd med maskinell fällning och terrängtransport med skotare. Bedrivs i princip året runt. Upparbetning och vidaretransport på motsvarande sätt som ovan.

Arbetsinsatserna utförs av maskinförare, operatörer av flishuggar, lastbilsförare, personal vid förbränningsanläggningar och administrativ personal. Flishuggsoperatörerna och lastbilsförarna är engagerade under "eldningssäsongen", övriga året runt.

4.6 Bränsle till husbehov

Biobränsleanvändningen för husbehov är sammantaget större än värmeverkens biobränsleanvändning. Någon expansion bedöms emellertid inte som trolig. Effekten av en eventuell ökning av antalet användare kan antagas kompenseras av energibesparing och effektivisering i existerande verksamhet.

Arbetsinsatser och metoder vad gäller husbehovsbränsle antages motsvara de värden som angivits för självverksamhet ovan.

4.7 Energiskog

Låg mekaniseringsgrad

Det är i första hand vad beträffar skörden som det kan vara meningsfullt att skilja på hög och lägre mekaniseringsgrad. Enklare skottskördare används i det lågmekaniserade alternativet. Flisning sker med en enkel traktormonterad flishugg. Transporterna sker med traktorekipage eller med mindre lastbilar. I detta alternativ har även inkluderats "farmartjänst", dvs att odlare engagerar sig i drift och tillsyn av mindre förbränningsanläggningar.

Huvuddelen av arbetsinsatserna utförs av "odlaren". Arbetet är koncentrerat till korta säsonger. "Farmartjänsten" varar emellertid under "eldningssäsongen".

Hög mekaniseringsgrad

Inlejda specialmaskiner utnyttjas för plantering, skörd, flisning och transport till bilväg. Specialutrustade lastbilar transporterar flis till en större förbränningsanläggning.

Vissa arbeten kan lämpligen utföras av markägaren, men flertalet tjänster lejs in i form av maskin- och lastbilsförare. Arbetstillfällen kommer även till stånd genom behov av viss ökning av personal vid förbränningsanläggningar samt av administrativ personal.

5. TORV

Verksamheten består av beredning av torvmossen och därefter av torvbrytning, uppsamling, lagring och transport till förbränningsanläggning.

Arbetsinsatserna utförs av maskinoperatörer, lastbilsförare, personal vid förbränningsanläggningar och administrativ personal. Beredning och brytning är

säsongarbeten under sommaren medan lastbilstransporterna sker under "eldnings-säsongen". Övriga arbeten är året-runt-anställningar.

6. ÖVRIGA BIOBRÄNSLEN

6.1 Rörflen

Rörflen är ett flerårigt gräs som kan skördas i flera år efter etableringen. För höga skördar erfordras intensiv skötsel. Rörflen skördas och balas på fältet, transporteras sedan till lager och sedan vidare till förbränningsanläggning.

Anläggning, skörd, balning, lagring och administration genomföres av "bonden", vidaretransporten med kontrakterad lastbil.

Arbetet består av säsongs- och deltidssatser. Personal vid förbränningsanläggningen är heltidsanställd.

6.2 Halm

Halm tillvaratas i samband med spannmålsskörden. Halmen balas och lagras. Under "eldningssäsongen" transporteras den till förbränningsanläggningen per lastbil.

Arbetet består av säsongs- och deltidssatser. Personal vid förbränningsanläggningen är heltidsanställd.

7. FÖRÄDLADE BIOBRÄNSLEN

Tillverkning av pellets, briketter och träpulver sker i helmekaniserade anläggningar och innebär sålunda endast några få tillkommande arbetstillfällen. Följande typvärden anges:

	<u>åv/100 000 årston</u>	<u>åv/TWh</u>
Pellets	30	75
Briketter	15	36
Träpulver	12	23

Förädlade bränslen förbränns emellertid med högre verkningsgrad än vad som gäller för oförädlade biobränslen. Detta gäller även efter avdrag av energiåtgången för förädlingsprocessen. Användning av förädlade bränslen leder till färre anställda i förbränningsanläggningarna. Genom att utnyttja möjligheter till flexibilitet i bränsleval och lokalisering, kan nya effektiva metoder tillämpas, vilket leder till lägre arbetskraftsbehov.

Den sammantagna effekten av förädling av biobränslen blir därför liten och man kan i grova drag hävda att en förädling inte ger några extra sysselsättningseffekter. Pelletstillverkning är mera arbetsintensiv än tillverkning av briketter och träpulver. Då marknaden för pellets är mindre förbränningsanläggningar ger detta större inverkan i form av ökad verkningsgrad och minskade personalbehov. Den generella slutsatsen bör därför kunna gälla även för pellets.

8. REGIONALA FÖRUTSÄTTNINGAR

Framställningen i detta avsnitt bygger på existerande förhållanden i de olika regionerna, och på författarnas bedömningar om utvecklingsmöjligheter för olika bränslen och metoder. Bedömningarna har skett innan Biobränslekommissionens marknadsbedömningar har förelegat och har därför inte kunnat anpassats till dessa.

Förutsättningarna för ökad användning av biobränslen varierar mycket mellan olika regioner i Sverige. Mönster i marknaden, infrastrukturen, tillgångarna, institutioner och aktörer skiljer sig i väsentlig omfattning och leder till att olika logiska utvecklingsvägar kan urskiljas för olika regioner.

Dessa mönster har analyserats baserat på dagens situation och bedömningar om framtida utveckling har genomförts.

Regionuppdelningen är följande:

Övre Norrland

Nedre Norrland, Dalarna och Värmland

Mälardalen-området

Götaland (utom Skåne)

Skåne

Övre Norrland

Råvarutillgången är mycket god. Vissa möjligheter föreligger att öka biobränsleanvändningen i några värmeverk. I övrigt är marknaden mättad med beaktande av nuvarande skatteregler. Kol och olja i bl.a. gruvindustrin skulle tekniskt kunna ersättas med biobränsle. "Export" till övriga regioner är möjlig.

En antagen ökning av biobränsleanvändningen skulle leda till att följande bränslen och metoder skulle komma att tillämpas.

	<u>Typvärden</u>
	<u>åv/TWh</u>
D Integrerad avverkning, träddelar eller helträda	122
A3. Biprodukter från sågverken och träindustrin	28
F (Torv)	(200)
H1 (Rörflen)	(93)

Integrerad avverkning upplevs som konkurrenskraftig mot andra avverkningssystem och begränsas i dag av bristen på avsättningsmöjligheter.

Det finns ett visst överskott på bark och spån från sågverk och träindustri i regionen. I vissa fall beror detta på avsaknad av lämpliga pannor, i andra fall på allmän marknadsmättnad vad gäller bränslen.

Torv har tappat marknader under de senaste åren.

Rörflen kan konkurrera under förutsättning att omställningsbidragen räknas in och att det etableras lämpliga pannor.

Enligt ovanstående kommer sysselsättning att skapas för skogsarbetare och framför allt inom transportledet. Ökningen bedöms uppgå till storleksordningen 80 årsverken per TWh. Arbetsinsatsernas tyndpunkt infaller inom en 6-8 månaders "säsong".

Nedre Norrland, Dalarna och Värmland.

Råvarutillgången är mycket god. Viss ökning av marknaden möjlig inom värmeverkssektorn och inom skogsindustrin samt i form av "export" till andra regioner.

Följande bränslen och metoder skulle utnyttjas vid en antagen ökning av biobränsleanvändningen.

	<u>Typvärden</u>
	<u>åv/TWh</u>
A3. Biprodukter från sågverken och träindustrin	28
C. Avverkningsrester ("grot")	115
E. Direktavverkning av träddelar etc.	
Självverksamma	251
Högmekaniserad	125
D Integrerad avverkning, träddelar eller helträd	122
F (Torv)	(200)
H1 (Rörflen)	(93)

Det finns överskott på bark och spån från sågverk och träindustri i regionen. I vissa fall beror detta på avsaknad av lämpliga pannor, i andra fall på allmän marknads-mättnad vad gäller bränslen. Överskottet kan utnyttjas i planerade nya pannor och i fabriker för bränslförädling.

Potentialen för utnyttjande av grot är stor och utnyttjandet begränsas av priser och marknadsutrymme. Samma förutsättningar gäller för direktavverkad bränslråvara.

Integrerad avverkning i form av metoder för träddeklar eller helträd är beroende av biobränslens framtida möjligheter att konkurrera med fossila bränslen inom skogsindustrin, främst skattenedsättningsreglerna, och de praktiska samordnings-möjligheterna beträffande bränsle- och vedråvaruförsörjningen.

För torv gäller samma förutsättningar som beskrivits ovan för Övre Norrland.

Rörflen kan konkurrera om omställningsbidrag inräknas i kalkylerna.

Arbetsstillfällen tillskapas i första hand i transportledet, i form av maskinförare i avverkningsarbetet och i form av möjligheter till självverksamhet. Uppskattningsvis 120 årsverken skulle tillkomma vid en antagen ökning av 1 TWh. Huvuddelen av dessa arbeten kommer att utgöras av deltid och säsongarbete och skulle sålunda få väsentlig betydelse för sysselsättningen av storleksordningen 250 personer.

Mälar-Hjälmare-området

Tillgångarna på biobränsleråvara är god i nuvarande efterfrågesituation. Marknads-potentialen är emellertid mycket stor och om den realiseras kommer det rimligen att vara mera ekonomiskt att anskaffa delar av den efterfrågade biobränslekvantite-ten från andra källor än att till fullo utnyttja regionens råvarupotential.

En antagen utökning av biobränsleanvändningen leder till att följande bränslen och metoder kommer att utnyttjas:

Bilaga 8
 Typvärden
 åv/TWh

C. Avverkningsrester (grot)	115
E. Direktavverkning av träddelar etc.	
Självverksamma	251
Högmekaniserad	125
F. Energiskog	
Hög manuell insats, "farmartjänst"	406
Högmekaniserade metoder	89
H2 Halm	84
D (Integrerad avverkning, träddelar eller helträd)	(122)
A3 (Biprodukter från sågverken och träindustrin)	(28)
H1 (Rörflen)	(93)

"Grot"- utnyttjande samt direktavverkning av bränsleråvara kommer att täcka huvuddelen av det antagna bränslebehovet från regionen.

Förutsättningarna för energiskog är goda, speciellt om man räknar in bidragen för omställning av användning av jordbruksmark.

Halm kan sannolikt bli prismässigt konkurrenskraftigt, men halmeldning erfordrar att speciella förbränningsanläggningar etableras eller att halmbränslet förädlas.

Integrerad avverkning av massaved och bränsle kan komma till stånd om skattereglerna förändras vad gäller förutsättningarna för energigenerering inom skogsindustrin.

Sågverkens och träindustrins biprodukter är i huvudsak till fullo utnyttjade redan i dag. Endast marginella kvantiteter kommer därför att kunna tillkomma.

Förekomsten av torv är liten inom regionen.

Rörflen kan konkurrera om omställningsbidragen inräknas.

Även i denna region kommer tillkommande arbetstillfällen att skapas för lastbilsförare i transportledet, för maskinförare i avverkningsarbetet och som möjligheter till självverksamhet i avverkningsarbeten. Dessutom tillkommer arbeten i energiskogsodling och dess skörd. Ungefär 200 årsverken skulle tillkomma vid en antagen ökning av 1 TWh. Huvuddelen av dessa arbeten kommer att utgöras av deltid och säsongarbete och skulle sålunda få väsentlig betydelse för sysselsättningen av storleksordningen 500 personer.

Götaland (utom Skåne)

Tillgångarna på råvaror för bibränslen är mycket stora. Ökning av marknaden är möjlig inom värmeverkssektorn och inom industrin samt i form av "export" till andra regioner.

En ökad användning av bibränslen skulle leda till att följande bränslen och metoder kommer till användning:

	<u>Typvärden</u> <u>åv/TWh</u>
C Avverkningsrester ("grot")	115
E Direktavverkning av träddelar etc	
Självverksamma	251
Högmekaniserad	125
A3 Biprodukter från sågverken och träindustrin	28
F Energiskog	
Hög manuell insats, "farmartjänst"	406
Högmekaniserade metoder	89
H2 Halm	84
D (Integrerad avverkning, träddelar eller helträd)	(122)
H1 (Rörflen)	(93)

"Grot"-utnyttjande samt direktavverkning av bränsleråvara kommer att täcka huvuddelen av det antagna bränslebehovet.

Sågverkens och träindustrins biprodukter utnyttjas redan i dag i hög omfattning. Begränsade kvantiteter kommer emellertid att kunna tillkomma genom effektivisering och energibesparing inom industrin.

Energiskog kan konkurrera lokalt om man räknar in bidragen för omställning av användning av jordbruksmark.

Halm kan sannolikt bli prismässigt konkurrenskraftig, men halmeldning erfordrar att speciella förbränningsanläggningar etableras eller att halmbränslet förädlas.

Integrerad avverkning av massaved och bränsle i form av träddeklar kan komma till stånd om skattereglerna förändras vad gäller förutsättningarna för energigenerering inom skogsindustrin.

Expansionsmöjligheterna för torv inom regionen bedöms som små.

Rörflen kan konkurrera om omställningsbidragen inräknas,

Tillkommande arbetstillfällen består av arbeten för lastbilsförare i transportledet, för maskinförare i avverkningsarbetet och som möjligheter till självverksamhet i avverkningsarbeten. Dessutom tillkommer arbeten i energiskogsodling och dess skörd. Ungefär 160 årsverken skulle tillkomma vid en antagen ökning av 1 TWh. Huvuddelen av dessa arbeten kommer att utgöras av deltid och säsongarbete och skulle sålunda få väsentlig betydelse för sysselsättningen av storleksordningen 350 personer.

Skåne

Tillgångarna på bibränsleråvara är begränsade. Marknadspotentialen är emellertid stor. Om den realiseras kommer bibränsle att i huvudsak anskaffas från andra regioner. Inom ekonomiskt möjliga ramar kommer man givetvis att även utnyttja regionens råvarupotential.

En antagen utökning av bibränsleanvändningen leder till att följande bränslen och metoder kommer att utnyttjas inom regionen:

	<u>Typvärden</u> <u>åv/TWh</u>
C. Avverkningsrester ("grot")	115
E. Direktavverkning av träddelar etc	
Självverksamma	251
Högmekaniserad	125
F. Energiskog	
Hög manuell insats, "farmartjänst"	406
Högmekaniserade metoder	89
H2 Halm	84

"Grot"- utnyttjande samt direktavverkning av bränsleråvara kommer svara för huvuddelen av det antagna bränslebehovet från regionen.

Förutsättningarna för energiskog är goda speciellt om man räknar in bidragen för omställning av användning av jordbruksmark.

Halm kan sannolikt bli prismässigt konkurrenskraftigt, men halmeldning erfordrar att speciella förbränningsanläggningar etableras eller att halmbränslet förädlas.

Sågverkens och träindustrins biprodukter är i huvudsak till fullo utnyttjade redan i dag. Endast marginella kvantiteter kommer därför att kunna tillkomma.

Förekomsten av torv är liten inom regionen.

Odling av rörfilen förekommer endast i liten omfattning.

Även i denna region kommer tillkommande arbetstillfällen att utgöras av lastbilsförare i transportledet, av maskinförare i avverkningsarbetet och av möjligheter till självverksamhet i avverkningsarbeten. Dessutom tillkommer arbeten i energiskogsodling och dess skörd. Ungefär 200 årsverken skulle tillkomma vid en antagen ökning av 1 TWh. Huvuddelen av dessa arbeten kommer att utgöras av deltids- och säsongarbete och skulle sålunda få väsentlig betydelse för sysselsättningen av storleksordningen 500 personer.

9. TILLÄMPNING PÅ TVÅ ANTAGNA EXEMPEL

I syfte att belysa sysselsättningseffekterna av väsentliga genombrott för biobränslen på marknaderna har beräkningar utförts för följande antagna exempel.

Exempel A. Biobränslen ersätter fossila bränslen i kommunala kraftvärme- och värmeverk, sammantaget i en ökad omfattning av 15 TWh bränsleenergi i jämförelse med 1991.

Exempel B. Biobränslen ersätter fossila bränslen och el i mindre och medelstora värmecentraler etc. sammantaget i en ökad omfattning av 15 TWh bränsleenergi i jämförelse med 1991.

De beräkningar som genomförts för ovanstående exempel baseras på regionala sysselsättningseffekter redovisade i tidigare avsnitt i föreliggande rapport.

9.1 Exempel A. Biobränslen i kraftvärme- och värmeproduktion. Ökad användning i kommunala energiverk med 15 TWh

Det antages att ökningen kommer att utgöras av dels flis, dels förädlade biobränslen. De projekt, som nu är under genomförande med stöd av statliga investeringsstöd för kraftvärmeanläggningar kommer att i huvudsak gälla flis. Det antages att övrig tillkommande bränslekvantitet kommer att utgöras av förädlade biobränslen.

Marknaden för dessa bränslen, med ovanstående antaganden, kommer att bestå av energianläggningar fördelade enligt följande bedömningar:

	Teknisk möjlig potential	Antagen marknad
Mälardalen-Hjälmarne-området		
Storstockholmsområdet	5 TWh	4 TWh
Västerås	2 TWh	1 TWh
Övriga	3 TWh	2 TWh
Götaland (utom Skåne)		
Norrköping/Linköping	2 TWh	1 TWh
Göteborgsregionen	2 TWh	1 TWh
Övriga	2 TWh	1 TWh
Skåne		
Malmö/Helsingborg	3 TWh	2 TWh
Övriga	1 TWh	1 TWh
Övre Norrland samt Nedre Norrland, Dalarna och Värmland		
Gävle/Sundsvall/Umeå	1 TWh	1 TWh
Övriga	1 TWh	1 TWh

Som framhållits ovan har i dag samtliga regioner överskott på bränsleråvara. Detta överskott är emellertid mindre i Mälardalen-Hjälmarne-regionen och i Skåne, dvs regionerna med de största marknaderna. I denna studie antages att försörjningen av dessa regioner kommer att organiseras genom att bränsle tillförs från regioner med stora råvaruöverskott snarare än genom intensiv exploatering av biobränsleråvaran i närheten av marknaden.

Bilaga 8

Bränslet till energianläggningarna i sammanställningen ovan kan i stor omfattning transporteras sjöburet och per järnväg. Kostnaderna för olika transportsätt sammanfattas översiktligt enligt följande:

	Kr/MWh	
	100 km	400 km
Lastbilstransporter	23	61
Järnvägstransporter	33	43
Sjötransporter	20	30

Bränsleproduktion i Sverige

En kombination av marknad, råvarutillgångar och transportkostnader i Sverige leder till en tillverknings/försörjningsstruktur enligt följande:

	<u>Produktion</u>	<u>Marknad</u>	<u>Ext. leveranser</u>
Övre Norrland	1 TWh	Mälardalen-regionen	1 TWh
Nedre Norrland, Dalarna, Värmland	4 TWh	Mälardalen-regionen Egen	2 TWh
Mälardalen-Hjälmars- regionen	4 TWh	Egen	0
Götaland (utom Skåne)	5 TWh	Egen Skåne	2 TWh
Skåne	1 TWh	Egen	0

Ovanstående antaganden och beräkningar skulle ge följande sysselsättningseffekter i form av ökad verksamhet för en antagen ökning på sammanlagt 15 TWh.

Övre Norrland	80	årsverken
Nedre Norrland, Dalarna, Värmland	480	årsverken
Mälardalen- regionen	800	årsverken
Götaland(utom Skåne)	800	årsverken
Skåne	200	årsverken
SUMMA	2360	årsverken

Som tidigare framhållits, bör det noteras att dessa årsarbeten inte i första hand utgörs av "nya jobb", utan snarare innebär en utvidgning och stabilisering av arbetsvolymen i redan existerande verksamheter. Detta leder till att arbetsuppgifterna berör uppskattningsvis 10 000 personer, för vilka dessa arbetsuppgifter blir av väsentlig betydelse för deras utkomst.

Import av biobränslen

Den marknads- transport- och tillgångsstruktur, som ligger till grund för slutsatserna ovan kan emellertid utvidgas att omfatta även möjligheter till import av biobränslen. Detta leder till slutsatsen att väsentliga delar av marknaden kommer att kunna försörjas billigare med importerade bränslen än med inhemska. Inom några år och under överskådlig tid kommer Baltikum och möjligen även Ryssland att kunna producera och leverera såväl flis som förädlade biobränslen till konkurrenskraftiga priser till de svenska kraftvärme- och värmeverk som har möjlighet att utnyttja billiga sjötransporter. I ett antaget typfall kan ett sådant försörjningsmönster bli följande:

	<u>Produktion</u>	<u>Marknad</u>	<u>Ext. leveranser</u>
Övre Norrland	0 TWh	-	0 TWh
Nedre Norrland, Dalarna, Värmland	2 TWh	Egen	0 TWh
Mälar-Hjälmar- regionen	2 TWh	Egen	0 TWh
Götaland (utom Skåne)	2 TWh	Egen	0 TWh
Skåne	1 TWh	Egen	0 TWh
Import			
Mälar-regionen	5 TWh		
Götaland	1 TWh		
Skåne	2 TWh		

Sysselsättningen i detta antagna fall uppgår till följande värden:

Övre Norrland	-	
Nedre Norrland, Dalarna, Värmland	240	årsverken
Mälar-Hjälmar- regionen	400	årsverken
Götaland(utom Skåne)	320	årsverken
Skåne	200	årsverken
SUMMA	1160	årsverken

9.2 Exempel B. Biobränslen ersätter fossila bränslen och el i mindre och medelstora värmecentraler etc., sammantaget i en ökad omfattning av 15 TWh bränsleenergi i jämförelse med 1991

Även i detta exempel kommer de redan beslutade och påbörjade projekten att genomföras enligt planerna. Flertalet av dessa är som ovan nämnts fliseldade. Den övriga tillkommande marknaden antas till övervägande del komma att utnyttja förädlade bränslen.

Eftersom marknaden är heterogen och består av ett stort antal kunder antas försörjningssystemet komma att utgöras av en kombination av flera "bränsleidéer" bland andra följande:

Lokal billig råvara	försörjer	lokal marknad
"Farmartjänst"	försörjer	lokal marknad
Storskalig bränsletillverkning	försörjer	lokal, regional, (nationell) marknad

Råvarutillgångar, råvarukostnader, transportkostnader, effektivitet i produktion och handelsled samt förmåga till utveckling och innovationer kommer att avgöra hur olika "bränsleidéer" kommer att utvecklas. Marknaden kommer uppenbart att kännetecknas av konkurrens. Här antages att de bästa förutsättningarna råder i geografisk närhet till marknaden. Den antas i sin tur vara nära relaterad till befolkningens utbredning, dock med viss reducering inom storstadsområdena.

Detta skulle ge en marknadsbild för möjlig ökning enligt följande:

	<u>Antagen marknad</u>
Övre Norrland	1 TWh
Nedre Norrland, Dalarna och Värmland	2 TWh
Mälardalen-området	4 TWh
Götaland (utom Skåne)	6 TWh
Skåne	2 TWh

Produktion i Sverige

Produktionen antages i detta exempel komma att förläggas i samma region som marknaden. Detta skulle leda till en ökad sysselsättning av följande omfattning

Övre Norrland	80	årsverken
Nedre Norrland, Dalarna, Värmland	240	årsverken
Mälardalen- regionen	800	årsverken
Götaland (utom Skåne)	960	årsverken
Skåne	400	årsverken
SUMMA	2880	årsverken

Även i detta fall utgörs få av årsverkerna av "nya jobb". I stället utgörs den skapade sysselsättningen av förstärkning och komplettering av redan existerande verksamhet.

Import

I exempel B är importbränslen inte lika konkurrenskraftiga, eftersom flertalet anläggningar ej kan nå sjövägen eller med järnväg. Omlastningar är kostnadskrävande och minskar därför importalternativens möjligheter att konkurrera. En bedömning, innebärande att 15% skulle kunna utgöras av importbränslen, skulle reducera i första hand den inhemska produktionen i Mälardalen-regionen och i Götaland. Sysselsättningen skulle gå ner i motsvarande grad.

10. INTERVJUER

Följande företag har intervjuats eller per brev bidragit med information och erfarenheter,

SCA Z-bränslen

SCA Y-bränslen

SCA Norrbränslen

SÅTAB

Norrskog

Åkeriskog

Fastbränsle AB

Södra Skogsenergi

Sydkraft

Agrobränsle

Pulverbränsle Summa AB

MP-Bolagen

Stockholm Energi

Råsjö Torv AB

LITTERATUR

- Ager, B. 1982. Småskalig produktion av brännved för enskilda hushåll - tankar kring en fallstudie. SLU, inst f skogsteknik. Stencil nr 174/1982.
- Alexandersson, H. 1984. Flisning av trädrester och klena lövträd i södra Sverige. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat nr 6, 1984.
- Axenbom, Å. m. fl. 1992. Biobränslen från jord och skog. Värderingar ur ett marknadsperspektiv. Aktuellt från Lantbruksuniversitetet 405/406 (under tryckning).
- Brunberg, B. 1991. Tillvaratagande av skogsbränsle som träddeklar och slutavverkningsrester - system, maskiner, metoder och kostnader. Vattenfall, U(B) 1991/17.
- Danielsson, B-O. 1991. Technik für die Gewinnung von Heizmaterial aus dem Walde. In Mechanisierung der Waldarbeit (B. Ager, red.). SLU, inst f skogsteknik. Uppsatser och Resultat nr 211, s 144-120.
- Danielsson, B-O. m. fl. Inventeringsstudie biobränslepotential i södra Sverige. Vattenfall, U(B) 1990/40.
- Eickhoff, K. 1988. Flisning vid gallring av lövbestånd? Resultat nr 1, 1988. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Engsås, J. 1990. The establishment of municipal wood based heating system from a regional macro-economic perspective. In Forestry and rural development in industrialized countries (B. Ager, red.). IUFRO working party S 4.07-07. SLU, inst f skogsteknik, s 73-80.
- Flinkman, M. 1989. Produktion och utbud av trädbränslen från sågverk och skivindustri i framtiden. - En utredning på uppdrag av Statens Energiver. SLU, SIMS-institutionen. Utredning nr 4.
- Gullberg, T. 1991. Analyser av drivningssystem vid gallring och röjning inom privatskogsbruket. SLU, inst f skogsteknik. Rapport nr 191.
- Hellström, C. & Westerberg, D. 1990. Storskaligt skogsbruk 1990 - metoder, prestationer och kostnader. Stencil 1990-08-20. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Hektor, B. & Vikinge, B. 1991. Försörjningssystem för trädbränslen i Norrbotten. SLU, SIMS-institutionen. Utredning nr 6.
- Liss, J-E. & Swartström, J. 1984. Mindre fastbränsleanläggningar. SLU, Småskogsnytt nr 1, 1984.
- Liss, J-E. 1984. Drivningsmetoder för självverksamma skogsägare vid tillvara-

tagande av bränsleflis. SLU, inst f skogsteknik. Rapport nr 172.

- Lönner, G., Parikka, M. & Rutegård, G. 1987. Produktion av trädbränslen vid sågverk/skivindustri. SLU, SIMS-institutionen. Utredning nr 2.
- Lönner, G., Parikka, M. & Törnqvist, A. 1989. Kostnader och tillgänglighet för avverkningsrester på lång sikt.- En utredning på uppdrag av Statens Energiverk. SLU, SIMS-institutionen. Utredning nr 3.
- Marks, J. 1990. Träpulver - ett förädlad fastbränsle. SLU, inst f skogsteknik. Uppsatser och Resultat nr 182.
- Pettersson, I. 1982. Halm som energikälla. NE 1982:2.
- Risberg, S. 1992. Småskaliga värmeentreprenader. SLU, inst f skogsteknik. Stencil nr 3. 1992.
- Sundström, B. 1980. Sysselsättningseffekter av alternativa energiförsörjningssystem - skogsenergi. Statens Planverk, promemoria 1980-12-10.
- Statens Energiverk. Fasta bränslen. 1984:5.
- Westerberg, D. 1991. Flisfordon, uppbyggnad och transportekonomi. Skogsarbeten, Resultat nr 6. 1991.

KRAFTVÄRMENS KONKURRENSKRAFT
VID ELDNING AV BIOBRÄNSLEN
RESPEKTIVE FOSSILA BRÄNSLEN

Peter Margen

för

Biobränslekommissionen

maj 1992

med tillägg juli 1992

1991. Inomhusklimat och luftkonditionering i byggnader. 172

Lönn, G., Petters, M. & Rindqvist, J. 1983. Energisystem för småskaliga industri- och serviceverksamheter. 2

Lönn, G., Petters, M. & Rindqvist, J. 1983. Energisystem för småskaliga industri- och serviceverksamheter. 2

Lönn, G. 1990. Tagning av energidata i byggnader. 221

KRAFTVÄRMENS KONKURRENSKRAFT

Rindqvist, J. 1992. Kraftvärmens konkurrenskraft. 221

VID ELDNING AV BIOBRÄNSLEN

Rindqvist, J. 1992. Vid eldning av biobränslen. 221

RESPEKTIVE FÖSSILA BRÄNSLEN

1991. Respektive fossila bränslen. 221

1991. Respektive fossila bränslen. 221

Peter Margen

för

Biobränslekommissionen

maj 1992

med tillägg juli 1992

FÖRORD

Våren 1992 beställde Biobränslekommissionen en utredning om vilka utsikter det finns för olika slags kraftvärmeverk att bli lönsamma i Sverige, dels på kort sikt, dels på lång sikt. Särskilt skulle de biobränsleeldade kraftvärmeverkens möjligheter att konkurrera med andra produktionsalternativ analyseras.

Utredningen skulle utgå från de skatteregler som just framlagts i kompletteringspropositionen samt från dagens bränslepriser och vissa bränsleprisprognoser. Även betydelsen av vissa tänkbara ändringar i skattereglerna, t ex ändringar som en följd av anpassning till regler som nu diskuteras inom EG, eller ändringar som syftar till ökad användning av biobränsle för kraftvärmeproduktion skulle belysas. Rapporten som redovisar resultaten av detta uppdrag blev färdig i maj 1992.

Kort efter att rapporten blev färdig begärdes en komplettering av den i två avseenden, dels inverkan av de reviderade tillämpningsbestämmelser för kompletteringspropositionens skatteregler som under tiden beslutats av riksdagen, dels hur ytterligare några av Kommissionen specificerade styrmedel skulle påverka användningen av biobränslen för kraftvärmeverk. Resultat från denna kompletterande utredning redovisas i ett särskilt tillägg.

Den preliminära rapporten från maj 1992 och ovannämnda tillägg utgör föreliggande rapport. För uppdraget värdefulla synpunkter har inhämtats från en av Biobränslekommissionen tillsatt referensgrupp för styrmedelsfrågor, samt från Biobränslekommissionens sekretariat, särskilt från kansliråd Jan Thyberg.

Nyköping den 31 juli 1992

Peter Margen

Bränslekommissionens referensgrupp för styrmedelsfrågor

Jordbruksdepartementet
Departementssekreterare Åke Axenbom

Näringsdepartementet
Departementssekreterare Olle Björk

Tekniska Verken i Linköping AB
Värmeverkschef Ingvar Carlsson

Biobränslekommissionen
Departementssekreterare Annika Helker Lundström

Näringsdepartementet
Departementssekreterare Göran Lagerstedt

Riksskatteverket
Avdelningsdirektör Lars Lundholm

Statens Naturvårdsverk
Avdelningsdirektör Kerstin Lövgren

Biobränslekommissionen
Kansliråd Jan Thyberg

Miljö- och Naturresursdepartementet
Kansliråd Ulla Weigelt

NUTEK
Utredare Anders Wikström

INNEHÅLL

Sammanfattning

- 1 UPPDRAGET
- 2 DEN SVENSKA MARKNADEN FÖR KRAFTVÄRME
- 3 KRAFTVÄRMETEKNIKER
- 4 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGARNA
 - 4.1 Direkta bränslepriser och avgifter
 - 4.2 Bränslepriser och skatt
 - 4.3 Kapitalkostnader samt drift och underhåll (DoU)
 - 4.4 Statsbidrag
 - 4.5 Övriga kostnadsantaganden
 - 4.6 Elpriset
- 5 NÄR ÄR DET LÖNSAMT ATT DRIVA BEFINTLIGA KRAFTVÄRMEVERK?
- 6 LÖNSAMHETEN FÖR NYA KRAFTVÄRMEVERK MED KOMPLETTERINGS-
PROPOSITIONENS SKATTEREGLER
 - 6.1 Lönsamhet vid prisläget 1991
 - 6.2 Lönsamhet vid prisläget år 2000
 - 6.3 Långtidstrend
 - 6.4 Biobränsleeldade kraftvärmeverk med ny teknik
 - 6.5 Diskussion
- 7 KÄNSLIGHETSANALYS
 - 7.1 Lägre elpris
 - 7.2 Lägre bränslepriser
 - 7.3 Skatt kompenserad för inflation
- 8 KONSEKVENSER AV ÄNDRINGAR I SKATTEREGLERNA
 - 8.1 Total skattebefrielse för vissa kraftvärmetekniker enligt "Visby-domen"
 - 8.2 Slopade möjlighet att använda skattebefriat fossilt bränsle för elproduktion och biobränsle för resterande produktion i samma kraftvärmeverk
 - 8.3 Hur kan man bäst öka biobränslets användning för kraftvärme under 1990-talet?
 - 8.4 Anpassning av svenska skatteregler helt eller delvis till kommande skatteregler inom EG.
- 9 SLUTORD

REFERENSER

- Bilaga 1: Principskeman för olika kraftvärmeprocesser
Bilaga 2: Bränslepriser, inklusive skatt för el, kraftvärme och värme
Bilaga 3: Viktigare data för kraftvärmeverk som använts i beräkningarna

TILLÄGG: Juli 1992: "Inverkan av olika styrmedel"

SAMMANFATTNING

I denna rapport analyseras lönsamheten för kraftvärmeverk av skilda slag, med olika bränslen, dels med kompletteringspropositionens regler dels med regler modifierade på olika sätt. Resultat redovisas för prislägen 1991, år 2000 och därefter. Fjärrvärmesystem av skilda storlekar och med olika befintliga produktionsanläggningar behandlas. Slutsatser dras särskilt angående möjligheten till en ökad kommersiell användning av biobränslen i kraftvärmeverk med olika skatteregler i olika tidsskeden.

Resultat med kompletteringspropositionens skatteregler

För de flesta fjärrvärmesystem medför kompletteringspropositionens skatteregler viss, om än begränsad, skärpning av skatt för fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk och värmepannor. Dessa får något försvagad konkurrenskraft, vilket medför att biobränsleeldade enheter klarar sig bättre. Sammanlagt minskar dock kraftvärmeutbyggnaden något jämfört med vad som beräknas ske med dagens skatteregler.

Kraftvärmeverk med dagens teknik

Vid dagens prisläge för bränsle och el, får befintliga kraftvärmeverk en rimlig utnyttjning. Baseras beslut om investeringar i nya kraftvärmeverk på dessa priser, blir dock utbyggnaden av nya kraftvärmeverk liten. Också andelen biobränsleeldade kraftvärmeverk blir liten, och dessutom helt beroende av fortsatt möjlighet att få statsbidrag. De biobränsleeldade verken kommer dessutom att använda så stor andel skattebefriat kol som reglerna medger.

Beaktas prognoser för prisläget år 2000 vid investeringsbeslutet, lönar det sig att bygga fler nya kraftvärmeverk, särskilt vid prognoser som förutspår högre elpriser på grund av den fria elmarknaden. Andelen biobränsleeldade kraftvärmeverk ökar något, men dessa byggs fortfarande bara om statsbidragsmöjligheten kvarstår.

Beaktas prognoser för bränslepriser och elpriser på ännu längre sikt, ökar utbyggnaden av nya kraftvärmeverk generellt och biobränsleeldade verk speciellt. Den första av dessa slutsatser gäller i särskilt hög grad, om man tror på en kommande kärnkrafts-avveckling som ytterligare skulle höja elpriserna. Den andra slutsatsen är mera en konsekvens av stigande realpriser för fossila bränslen och viss prisreduktion för biobränslen, enligt prognoserna. Givetvis har alla prognoser som sträcker sig över så lång tid en betydande osäkerhetsmarginal.

Biobränsleeldade kraftvärmeverk med ny teknik

Om planerad demonstration av gaskombiverk med förgasat biobränsle - som uppnår höga elutbytesfaktorer - fullföljs och dagens kostnadsmål för denna nya teknik infrias, kan dessa kraftvärmeverk börja bli konkurrenskraftiga vid prisläget för åren 2005 - 2010. Vid de höga elpriser som då bedöms råda, kompenserar de nya verkens höga elutbytesfaktorer och biobränslenas relativt låga priser i detta skede, verkens höga anläggningskostnader.

Resultat med modifierade skatteregler

Skattebefrielse för vissa kraftvärmetekniker

Ett domstolsutslag (den sk "Visby-domen") har tolkats så att vissa kraftvärmetekniker (förbränningsmotorer och gasturbiner) befrias från all skatt. Sker detta, kan vare sig biobränsleeldade kraftvärmeverk eller fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk med annan teknik, konkurrera med de tekniker som domen favoriserar. Dessa konsekvenser strider mot önskemål om utbyggnad av biobränsleeldade kraftvärmeverk och prioritering av energieffektiv teknik. Gasturbiner har t ex lägre elproduktionsverksgrad än gaskombiverk, som blir utslagna.

Åtgärder som gynnar utbyggnaden av biobränsleeldad kraftvärme under 1990-talet

Så länge Sveriges omvärld inte beskattar bränsle för elproduktion i nämnvärd omfattning, är någon form av bidrag för deras elproduktion den mest effektiva åtgärden för att öka utbyggnaden av biobränsleeldade kraftvärmeverk som kompensation för utebliven beskattning av koldioxidutsläppen för elproduktion med fossila bränslen. Bidraget kan utformas som ett utökat investeringsbidrag per kW el (eftersom nuvarande bidrag knappast räcker, enligt beräkningsresultaten, för att ge önskad effekt under 1990-talet), eller motsvarande produktionsbidrag per kWh el, eller ännu bättre, en kombination av dessa åtgärder i lämpliga proportioner. Kombinationen ger både låg risk för ägaren då de gäller effekterna av framtida regelförändringar, och låg rörlig kostnad som ökar kraftvärmeverkets utnyttjningstid. Görs bidraget tillräckligt stort, kan man samtidigt avveckla nuvarande möjlighet att använda skattebefriat kol för viss del av bränsleförbrukningen och biobränsle för resten. På detta sätt säkerställs att endast biobränsle används i dessa verk utan att deras konkurrensförmåga blir lidande.

För de ovan beskrivna åtgärderna är det lätt att beräkna relationen mellan bidragets storlek och förväntad måluppfyllelse, till skillnad från andra åtgärder, t ex koldioxidskatt på bränsle för elproduktion med återbäring av skatt, där återbäringens storlek kan variera år från år med belopp som är svåra att förutsäga. Dessutom kan en ytterligare koldioxidskatt under 1990-talet kraftigare minska utbyggnaden av kraftvärme med fossila bränslen och därigenom negativt påverka den totala kraftvärmeutbyggnaden.

Skatt på bränsle för elproduktion

När Sveriges omvärld börjar beskatta bränsle för elproduktion, finns anledning för Sverige (och troligtvis ett EG-tvång) att följa efter. Om kompletteringspropositionens regler för skatt vid värmeproduktion kompletteras med skatt på bränsle för elproduktion, med ett belopp som motsvarar EG-kommissionens förslag till minimiskatt för allt fossilt bränsle år 2000, stärker detta lönsamheten för svenska kraftvärmeverk. Andelen lönsamma biobränsleeldade verk med konventionell teknik blir dock oförändrad.

Däremot förbättras konkurrenskraften för gaskombiverk med förgasat bibränsle, dvs med ny teknik, mera än för övriga verk på grund av deras höga elutbytesfaktor. Med så höga elpriser beräknas de bli den lönsammaste typen av kraftvärmeverk på 2000-talet, när tekniken har mognat, förutsatt att kostnadsmålen för anläggningarna klaras.

Anpassning till EGs minimiskatt även för värme

Tvingas Sverige anpassa skattereglerna generellt till de minimiskatter som EG-kommissionen föreslår för år 2000, vid prisläget år 2000, får fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk bättre, och konventionella bibränsleeldade kraftvärmeverk sämre konkurrenskraft, än med kompletteringspropositionens regler. Anledningen är den låga EG-skatten för värmeproduktion och det faktum att EG-skatten även drabbar elproduktion så att elpriserna stiger. Det sistnämnda inslaget gynnar kraftvärmeverk med höga elutbytesfaktorer.

1 UPPDRAGET

Som ett led i Biobränslekommissionens uppgift att analysera förutsättningarna för en ökad kommersiell användning av biobränslen har jag fått i uppdrag att analysera dessa förutsättningar för kraftvärmeverk inom fjärrvärmesektorn. Därvid skall, enligt uppdraget, de ekonomiska förutsättningarna för kraftvärme i allmänhet, och biobränsleddade verk i synnerhet analyseras, dels för de skatteregler som nyligen lagts fram i regeringens kompletteringsproposition, dels för vissa ändringar i dessa regler som kan bli aktuella för att förbättra biobränslenas möjligheter inom kraftvärme-sektorn, eller för att anpassa Sverige till vad som sker i vår omvärld.

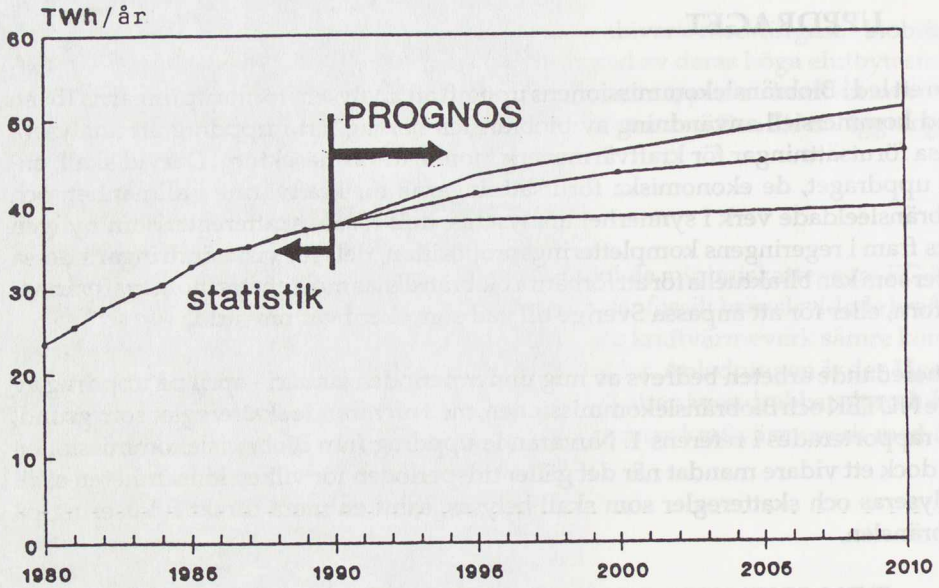
Förberedande arbeten bedrevs av mig under perioden januari - april på uppdrag av både NUTEK och Biobränslekommissionen, med nuvarande skatteregler som grund, och rapporterades i referens 1. Nuvarande uppdrag från Biobränslekommissionen har dock ett vidare mandat när det gäller tidsperioden för vilken lönsamheten skall analyseras och skatteregler som skall belysas, samt en mera direkt fokusering på biobränslen.

2 DEN SVENSKA MARKNADEN FÖR KRAFTVÄRME

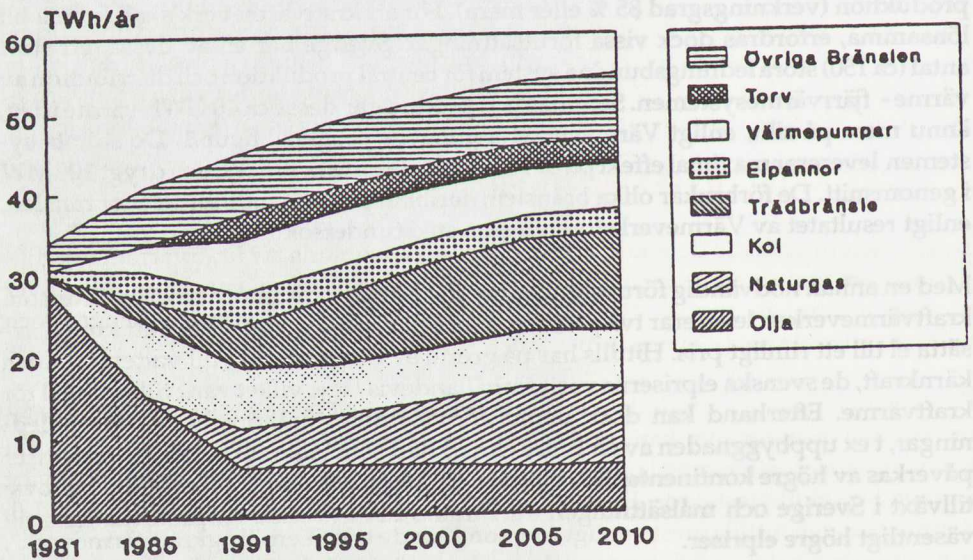
I kraftvärmeverk produceras el och värme i en gemensam process med hög totalverkningsgrad, ofta 85 % eller mera. Den är betydligt högre än vad som åstadkommes när el och värme produceras i skilda anläggningar, nämligen kondenskraftverk för elproduktion, (verkningsgrad 40 - 50 %) och värmepannor för värmeproduktion (verkningsgrad 85 % eller mera). För att kraftvärmeverk skall kunna bli lönsamma, erfordras dock vissa förutsättningar. Sverige har en av dessa, ett stort antal (ca 150) stora ledningsbundna system för central produktion och distribution av värme- fjärrvärmesystemen. Sammanlagt producerar dessa ca 40 GWh värme idag, ännu mera på sikt, enligt Värmeverksföreningens prognos, figur 1. De största systemen levererar maximal effekt på ca 1000 MW, de minsta 10 MW, och drygt 100 MW i genomsnitt. De förbrukar olika bränslen, däribland en stigande andel biobränslen, enligt resultatet av Värmeverksföreningens enkätundersökning, figur 2.

Med en annan nödvändig förutsättning har det hittills varit sämre beställt. Eftersom kraftvärmeverken levererar två produkter, el och värme, är det viktigt att kunna av-sätta el till ett rimligt pris. Hittills har på grund av riklig tillgång till vattenkraft och kärnkraft, de svenska elpriserna varit förhållandevis låga, vilket varit till nackdel för kraftvärme. Efterhand kan dock denna förutsättning förändras av skilda anledningar, t ex uppbyggnaden av en friare elmarknad som leder till att svenska elpriser påverkas av högre kontinentala elpriser. På längre sikt kan en förväntad behovstillsväxt i Sverige och målsättningen att i framtiden avveckla kärnkraften leda till väsentligt högre elpriser.

Även när det gäller kraftvärmeverkens andra produkt, värme, är alternativproduktionskostnaden väsentligt. Här finns stora olikheter mellan Sveriges många fjärrvärmesystem. Vissa har redan investerat i dyra värmeproduktionsanläggningar med låga rörliga kostnader, t ex värmepumpar eller flispannor, vilket gör det svårare



Figur 1: Värmeverksföreningens prognos, 1991, för levererad fjärrvärme (normalårskorrigerad)



Figur 2: Bränslefördelning för fjärrvärme enligt Värmeverksföreningens enkätundersökning, 1991.

att motivera nya investeringsobjekt, alltså, nya kraftvärmeverk. Vissa fjärrvärmesystem har tillgång till naturgas, andra har det inte. Även systemstorlek är en viktig faktor, eftersom stora kraftvärmeverk är billigare per kW och har bättre prestanda än små. För att skapa en korrekt bild av kraftvärmens möjligheter måste deras konkurrenssituation i olika slags fjärrvärmesystem analyseras.

Är kraftvärmeverkens ekonomi ansträngd behövs en korrekt kreditering för de miljö fördelar de medför på grund av låg bränsleförbrukning och låga utsläpp, inte minst när det gäller att uppnå lönsamhet för kraftvärmeverk eldade med bibränslen. Bibränsleledning ökar nämligen inte, till skillnad från eldning med fossila bränslen, atmosfärens koldioxidhalt, långsiktigt. Denna kreditering av bibränslenas miljö fördelar kanske genom en beskattning av fossila bränslen som premierar miljövänliga och energieffektiva processer.

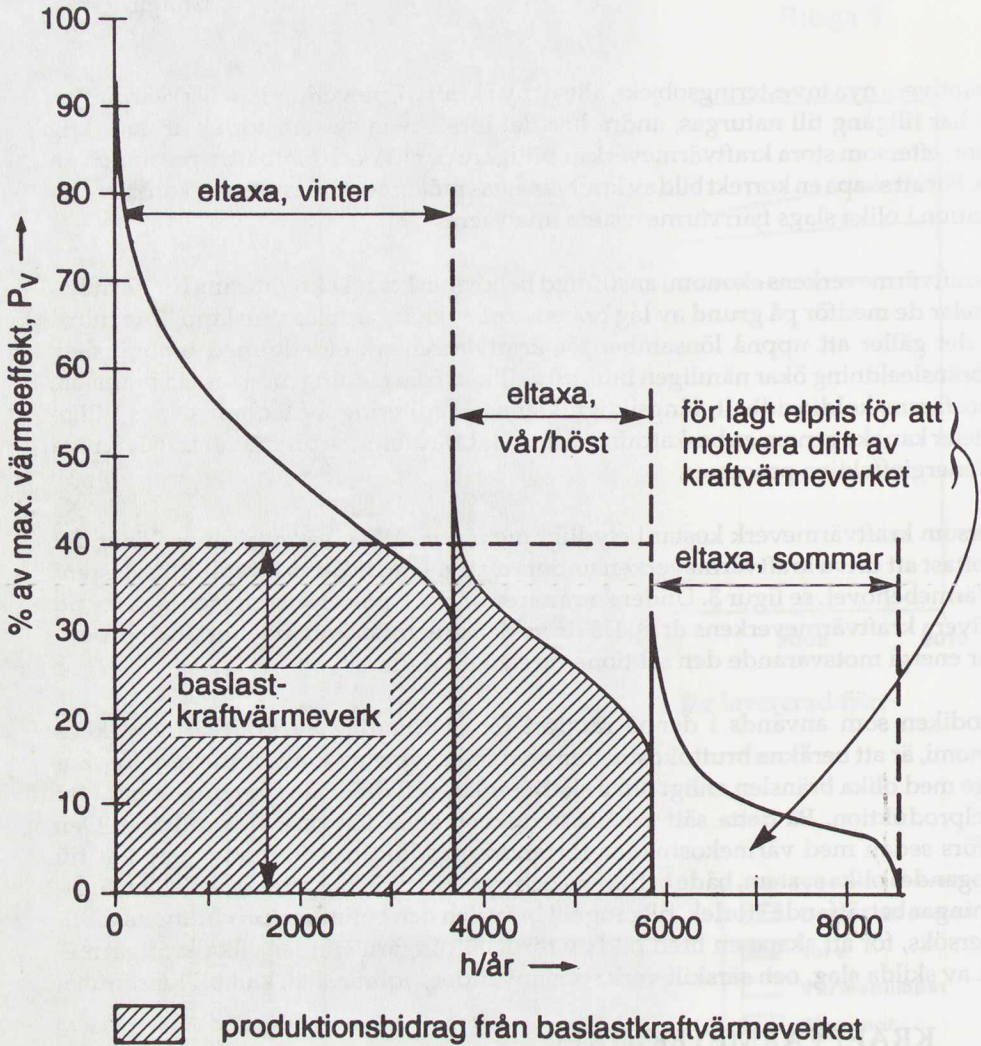
Eftersom kraftvärmeverk kostar betydligt mera per kW än värmepannor, lönar det sig oftast att driva kraftvärmeverken under relativt lång tid, dvs leverera "baslasten" av värmebehovet, se figur 3. Under sommaren är dock ofta elpriserna för låga för att motivera kraftvärmeverkens drift. Då drivs de bara vinter, vår och höst, och producerar energi motsvarande den sektionerade ytan i figur 3.

Metodiken som används i denna rapport för bedömning av kraftvärmeverkens ekonomi, är att beräkna bruttokostnaden som olika typer av kraftvärmeverk förväntas ge med olika bränslen enligt olika skatteregler, och dra ifrån förväntade intäkter för elproduktion. På detta sätt erhålls nettokostnaden för värmeproduktion. Den jämförs sedan med värmekostnaden för andra produktionsalternativ som står till förfogande i olika system, både befintliga och nya. Fjärrvärmesystem med olika förutsättningar beträffande storlek, tillgång till bränslen och befintliga produktionskällor undersöks, för att skapa en bred bild av förutsättningarna under vilka kraftvärmeverk av skilda slag, och särskilt verk som använder bibränslen, kan bli lönsamma.

3 KRAFTVÄRMETEKNIKER

Tabell 1 sammanfattar de viktigaste tekniker som används för kraftvärmeverk, tillsammans med de bränslen som kan användas med dessa tekniker och nyckeltal över prestanda som kan uppnås. Processcheman för dessa tekniker visas i bilaga 1 och mera detaljerade data i bilaga 3.

En av de viktigaste nyckeltalen är "elutbytesfaktorn" (α -värdet), dvs relationen mellan den elenergi som kan produceras och värmeenergin som kan levereras till fjärrvärmenätet. Eftersom el oftast betingar ett högre pris än värme, är det önskvärt med en hög elutbytesfaktor. Flera tekniker kan uppnå en elutbytesfaktor på ca 1,0, däremot att den hittills mest vanligt förekommande tekniken, "ångkraftvärmeverk", bara uppnår värdet ca 0,5, för medelstora kraftvärmeverk. Detta är idag den enda tekniken som är kommersiellt tillgänglig för fasta bränslen, och sålunda för bibränslen. Med flytande bränslen eller gas kan däremot andra tekniker, t ex dieselmotorer eller gaskombiverk användas, som uppnår en elutbytesfaktor på ca 1,0. Gasturbiner ligger däremellan med en elutbytesfaktor på ca 0,6.



Figur 3: Varaktighetskurva för fjärrvärmenät, uppdelad i tre perioder enligt eltaxa.

(Kurvorna visar för hur många timmar per årstid som värmeeffektbehovet är större än värmeeffekten, P_v).

Tabell 1: Nyckeltal för kraftvärmeverk*

	DAGENS TEKNIK						NY TEKNIK	
	Ångkraftvärmeverk utan rökgas- kyllning		med konden- serande rök- gaskyllning	Diesel	Gaskombi	Gasturbin		Gaskombi med förgasat biobränsle
	kol, flis torv (variant för Eo5)	biobränsle (= flis)						
1. Bränsle				Eo5 natargas	naturgas (vid behov även Eo1, eller gasol)		biobränsle	
<u>Prestanda:</u> (approx)								
2. Elutbytesfaktor	0,5	0,4	1	1	1	0,6	1	
3. Totalverkningsgrad, %	88	110**	85	85	87	85	85**	
4. Anläggningskostnad, kkr/kW _e	11-16	12-19	7-8	7-8	5-7	5-9	10 - 15 ⁺	
5. Värmeeffekt för angiven kostnad, MW _e		200-30	30-5	30-5	200 -30	80-5	200-30	

* Se bilaga 3 för noggrannare uppgifter angående värden antagna för beräkningarna.

** Värmen i vattenånga som bildas vid förbränning och vid förångning av fukt i bränslet inkluderas inte i bränslets värmevärde, enligt svensk praxis. Därför kan man när denna värme återvinns få en nominell verkningsgrad som överstiger 100 %. För fuktig flis kan kondenserande rök-gaskyllning minska bränslebehovet per kWh utvunnen energi med ca 20 %. 88 % / 0,8 = 110 %.

*** kan höjas om kondenserande rök-gaskyllning med absorptionsvärmepump tillämpas.

+ Skattat värde för "mogen teknik", utan rök-gaskyllning. Osäkerhetsmarginalen är dock stor innan en demonstrationsanläggning byggts.

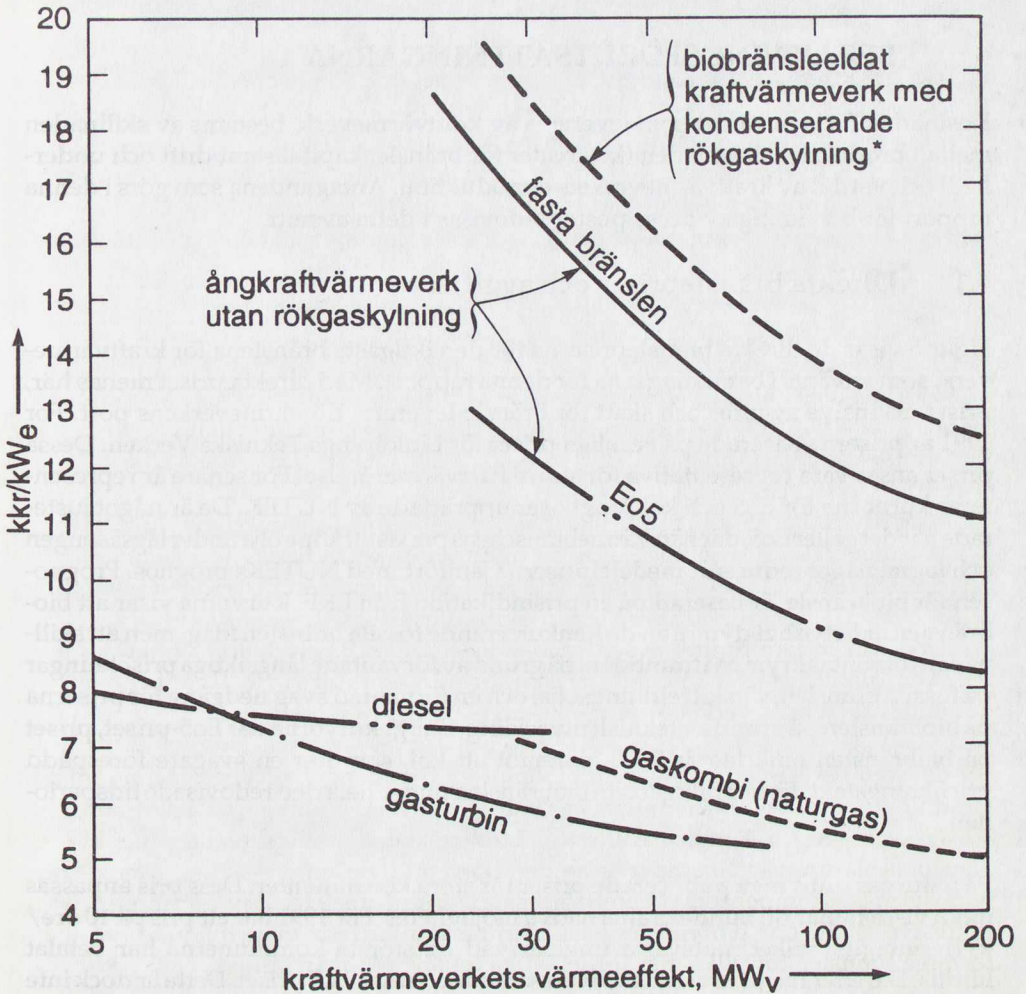
Det andra viktiga nyckeltalet är totalverkningsgraden. Med detta menas relationen mellan den producerade energin, el plus värme, och värmeenergin i bränslet. De flesta kraftvärmetekniker kan uppnå en totalverkningsgrad på 85 % - 90 %. Detta kan jämföras med 40 - 50 % som kan uppnås i verk som producerar enbart elenergi, de så kallade kondenskraftverken. När man beräknar bränslets värmevärde, räknar man dock, enligt europeisk praxis, inte med värmeenergin i ånga som bildas vid förbränning av vissa bränslen (som innehåller väte) och vid förångning av bränslets fukthalt. Bio-bränslen producerar en mycket hög andel vattenånga i rökgaserna, genom dessa processer. I deras fall lönar det sig att återvinna denna värmemängd genom "kondenserande rökgaskylning". Detta leder till en minskning i bränsleåtgången per kWh producerad energi med ca 20 % vid typisk fukthalt i bränslet, varför man kan få en nominell totalverkningsgrad som överstiger 100 %. I detta avseende har biobränslen en dold fördel jämfört med t ex kol, som har mycket låg vattenånghalt i avgaserna som inte motiverar återvinning.

Ett tredje nyckeltal är anläggningskostnaden per kW el. Den är relativt hög för ångkraftvärmeverk, och väsentligt lägre för övriga tekniker. Storleken på anläggningen påverkar den kraftigt, se typiska kurvor i figur 4, men mindre kraftigt för dieselmotorer än för övriga tekniker. Detta gör dieselmotorer särskilt gynnsamma för små kraftvärmeverk. Kurvorna i figur 4 avser "medelförhållanden". Betydande avvikelser från dessa kostnader uppstår beroende på befintlig infrastruktur vid förläggningsplatsen, konjunkturläget när verket upphandlas m m.

Av det som sagts ovan framgår att biobränslen har, genom sin begränsning till användning av viss teknik, nämligen ångkraftvärmeverkstekniken, för närvarande en viss nackdel när det gäller elutbytesfaktor och anläggningskostnad per kW el. Nackdelarna uppvägs bara delvis av den höga totalverkningsgraden. Återstående nackdel måste kompenseras genom fördelar på andra områden, t ex lägre bränslepris, inklusive skatt, om biobränslen skall kunna konkurrera med flytande och gasformiga bränslen för vilka mer fördelaktiga tekniker kan användas.

Utvecklingsarbeten pågår dock med processer som syftar till användning av tekniker med hög elutbytesfaktor även för biobränslen. Längst har dessa arbeten kommit när det gäller processer för förgasning och rening av biobränsle, som skulle medge att med denna gas driva gaskombiverk, på längre sikt även dieselmotorer. Såväl Vattenfall som Sydkraft planerar demonstrationsanläggningar för denna process med förgasning vid höga tryck, och Studsvik bearbetar en process med förgasning vid atmosfärstryck i samarbete med Gullspång Kraft AB och VBB.

Förgasningsprocessen ökar dock anläggningskostnaden för dessa gaskombiverk väsentligt, ungefär till det dubbla för vanliga gaskombiverk. Förslag finns även på tekniker där t ex träpulver bränns direkt i brännkamrarna för gasturbiner eller dieselmotorer. Här erfordras dock ännu så mycket utvecklingsarbete, att det inte är möjligt att bedöma den eventuella långsiktiga ekonomin.



Figur 4: Specifik anläggningskostnad för kraftvärmeverk vid "medelförhållanden" beträffande befintlig infrastruktur och konjunktur vid upphandling.

Antaganden för denna rapport, baserat på underlag, Ref 1.

- * Högre än för verk utan rökgaskylning främst på grund av reducerad elleffekt för given värmeeffekt.

(För ett biobränsleeldat KVV med "ny teknik" = gaskombi med förgasning, bedöms att anläggningskostnaden per kW_e bli 100 % - 85 % av anläggningskostnaden för ett ångkraftvärmeverk för fasta bränslen utan rökgaskylning för samma värmeeffekt, när den nya tekniken har "mognat".)

4 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGARNA

Kostnaden för den värme som levereras av kraftvärmeverk, bestäms av skillnaden mellan produktionskostnaden (kostnader för bränsle, kapital samt drift och underhåll) och värdet av kraftvärmeverkets elproduktion. Antagandena som görs i denna rapport för beräkning av dessa poster redovisas i detta avsnitt.

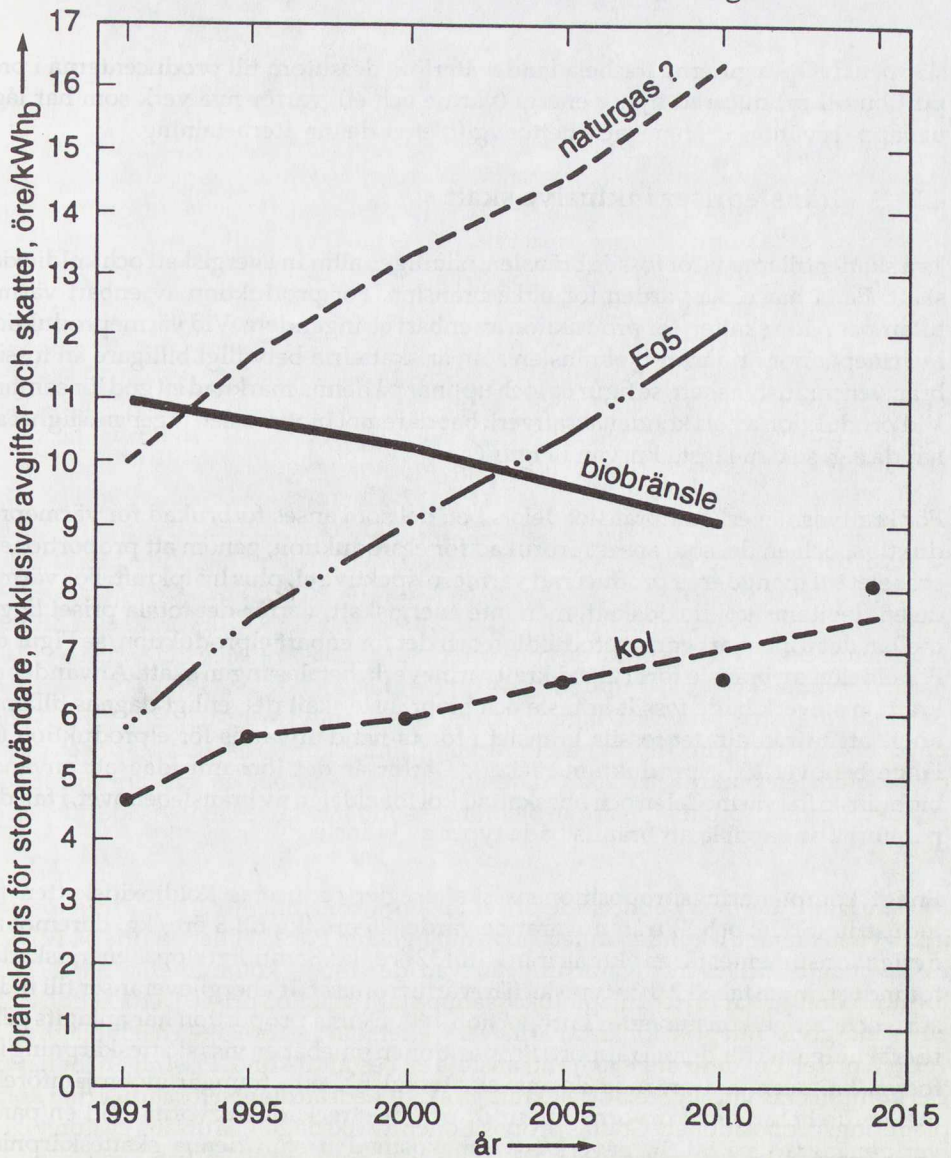
4.1 Direkta bränslepriser och avgifter

Figur 5 visar de direkta bränslepriserna för de viktigaste bränslena för kraftvärmeverk, som använts i beräkningarna för denna rapport. Med direkt pris menas här, priset exklusive avgifter och skatt för bränsle levererat till värmeverkens port. För 1991 är priserna baserade på verkliga priser för Linköpings Tekniska Verken. Dessa priser anses vara representativa för större fjärrvärmerörelse. För senare år representerar kurvorna för Eo5 och kol prognoser upprättade av NUTEK. De är något justerade när det gäller Eo5, där fjärrvärmebranschens praxis att köpa olja under lågsäsongen och lagra, något reducerar medelpriserna jämfört med NUTEKs prognos. Prognosen för biobränsle, är baserad på en prisindikation från LRF. Kurvorna visar att biobränslen är betydligt dyrare än de konkurrerande fossila bränslen idag, men att skillnaden förväntas krympa i framtiden, på grund av förväntade långsiktiga prisökningar på fossila bränslen, särskilt eldningsolja, och en förväntad svag nedgång för priserna på biobränslen på grund av teknisk utveckling. Enligt kurvorna når Eo5-priset, priset på biobränslen omkring år 2003, däremot att kol, som har en svagare förespådd prisökningstakt, förblir billigare än biobränslen under hela den redovisade tidsperioden.

På naturgas finns inga publicerade priser för stora konsumenter. Dess pris anpassas inom vissa ramar till kundens alternativa möjligheter. För 1991 har ett pris på 10 öre/kWh antagits, vilket motsvarar ungefär vad de största kommunerna har betalat hittills. Därefter har priset antagits öka i samma takt som Eo5 priset. Detta är dock inte nödvändigtvis "rätt pris" för kraftvärmeverk, eftersom gasföretagen har möjlighet att variera priset, om de är angelägna att ansluta en bestämd kund. Prisfrågan för naturgas kompliceras ytterligare av den kraftiga skatternedsättningen för industrin i kompletteringspropositionen. Godtas propositionen av riksdagen, så utsätts gasföretagen för en mycket kraftig påfrestning. Sättet att lösa detta problem kan även påverka gaspriset. Beräkningarna för denna rapport har dock baserats på kurvan för naturgas i figur 5.

Priserna på övriga fossila bränslen, Eo1 och gasol, är betydligt högre än för naturgas, se bilaga 2, och har därför inte inkluderats i figur 5. De är mindre intressanta för energiproduktion för fjärrvärmenät, annat än för några mindre system eller för system utom räckhåll för naturgasnäten.

Till de direkta bränslepriserna läggs avgifter för svavel och NO_x , vars storlek för närvarande, redovisas i bilaga 2. Deras realvärden har antagits förbli oförändrade. För nya kraftvärmeverk begränsas avgifternas storlek av de maximalt tillåtna ut-



Figur 5: Direkta bränslepriser antagna för huvudberäkningen.

- * Priser 1991, kol Eo5 och biobränsle är baserade på verkliga priser, 1991, för Tekniska Verken, Linköping.
- * Priser efter 1991 för kol och Eo5 är baserade på en prognos från NUTEK, mars 1991, med mindre justeringar, och priset för biobränsle efter 1991, på en "möjlig pristrend" enligt LRF.
- * Naturgaspriset 1991 är ett antagande för kraftvärme, och priset efter 1991, motsvarar antagandet att prisökningen blir lika stor som för Eo5.

släppen. NO_x -avgifterna för hela landet återförs dessutom till producenterna i proportion till producerad nyttig energi (värme och el), varför nya verk som har låga utsläpp förväntas få en negativ nettoavgift, efter denna återbetalning.

4.2 Bränslepriser inklusive skatt

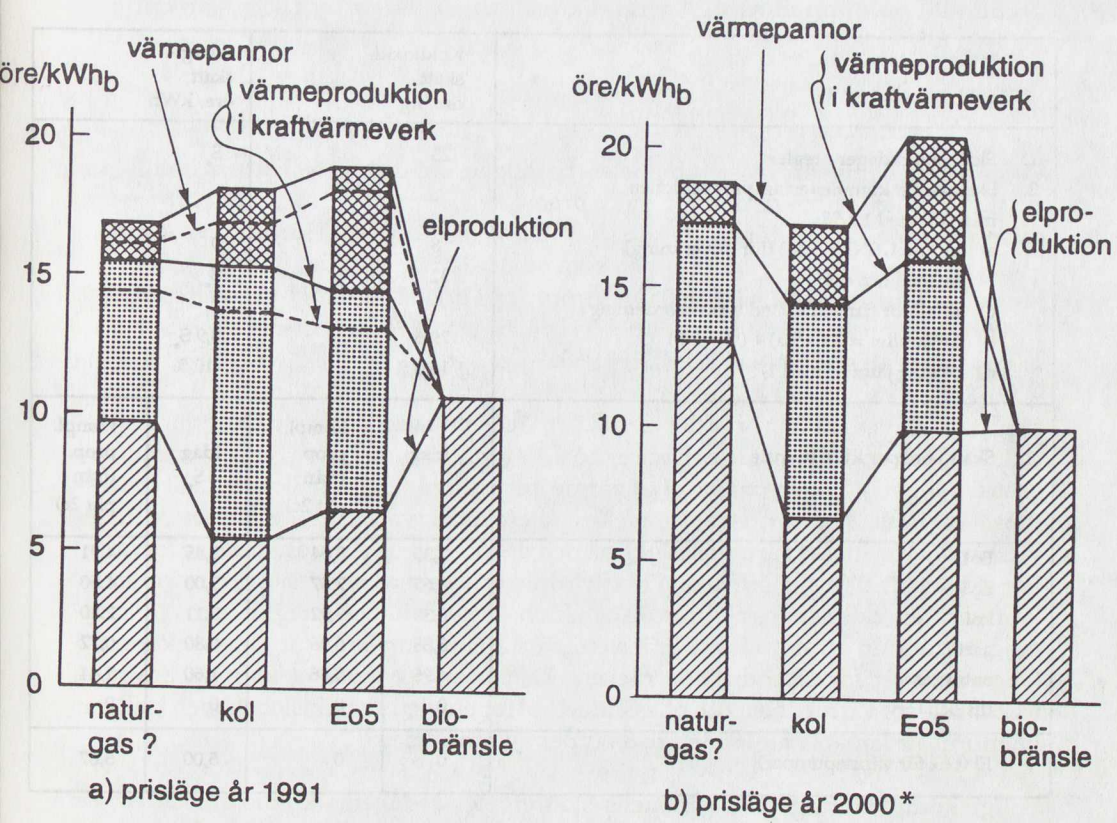
Två skatter tillämpas för fossila bränslen, nämligen allmän energiskatt och koldioxid-skatt. Båda har olika värden för olika bränslen. För produktion av enbart värme, tillämpas båda skatter, för produktion av enbart el, ingendera. Vid värmeproduktion i värmepannor är därför biobränslen som är skattefria betydligt billigare än fossila bränslen inklusive skatt, se figur 6a, och uppnår på denna marknad en god lönsamhet. Vid produktion av el i kondenskraftverk har däremot biobränslen ingen möjlighet att hävda sig, se den lägsta kurvan i Figur 6a.

För kraftvärmeverk har bränslet delats i en del som anses förbrukad för värmeproduktion, och en del som anses förbrukad för elproduktion, genom att proportionera bränslet till mängderna producerad värme, respektive el, plus hjälpkraft. För värmedelens debiteras koldioxidskatt, men inte energiskatt, varför det totala priset ligger mellan det för enbart värmeproduktion och det för enbart elproduktion, se Figur 6a. För eldelen av bränsle förbrukat i kraftvärmeverk, betalas ingen skatt. Använder ett kraftvärmeverk både fossilt bränsle och biobränsle skall det, enligt dagens tillämpning, utgå ifrån att det fossila bränslet i första hand används för elproduktion (så länge behovet för elproduktion räcker). Därför är det lönsamt idag att använda biobränsle för värmedelens och obeskattad kol för eldelen av bränslebehovet, i fall där pannorna är kapabla att bränna båda typer av bränsle.

Enligt kompletteringspropositionens skatteregler reduceras koldioxidskatten för industrin (SNI 2 och 3) från nuvarande värde, 25 öre/kg till 8 öre/kg, däremot att övriga konsumenter får en ökning från 25 till 32 öre/kg. Samtidigt slopas energiskatten för industrin, se tabell 2. För typiska fjärrvärmeörelser är energileveranser till industrin och övriga konsumenter i proportion 1:9*. Denna proportion har antagits gälla i beräkningarna för denna rapport. Propositionen innebär en viss skatteskärpning för fossila bränslen jämfört med dagens skatteregler. Detta framgår av en jämförelse mellan de heldragna kurvorna i figur 6a och de streckade kurvorna. Vid en pannverkningsgrad på 90 %, påverkas värmekostnaden som denna skatteskärpning medför, på det sättet som redovisas i tabell 3. För kraftvärmeverk uppgår skärpningen till belopp mellan 1 och 1,5 öre/kWh värme för olika fossila bränslen, och för pannor till belopp mellan ca 0,8 och 1,4 öre/kWh värme. Skärpningen förbättrar sålunda konkurrenskraften för biobränslen i viss utsträckning.

Dessa värden gäller förutsatt att kompletteringspropositionen inte påverkar förhållandena mellan dessa konsumentgrupper. Det finns dock en uppbär risk att vissa fjärrvärmeörelser som har en låg andel beskattade bränslen och en hög andel bio-

* Enligt SCBs statistik var fördelningen 1:8 under 1991 för fjärrvärmebranschen i sin helhet. Sedan huvudrapporten skrevs, maj 1992, har dock regeringen ändrat tillämpningsregeln för kompletteringspropositionens skatteregler något, med de konsekvenser som förklaras i tillägget, avsnitt 2.2.



- skatteregler enligt kompletteringspropositionen **
- - - dagens skatteregler
- direkta bränslepriser + svavel & NO_x - avgift
- koldioxidskatt
- energiskatt
- * inflation antas reducera realvärdet av skatt med 23%.
- ** antagande för skatt: 90% av produktionen för hushåll
10% av produktionen för industri

Figur 6: Bränslepriser för olika tillämpningar (penningvärde 1991)

Tabell 2: Beskattning av bränsle: utfall för typiska fjärrvärmesystem

	Koldioxid- skatt öre/kg	Energi- skatt öre/kWh		
1. Skatt enligt dagens regler	25	S.		
2. Skatt enligt kompletteringspropositionen, från och med 1.1.93:				
a) industri, SNI 2 och 3 (för tillverkning)	8	0		
b) hushåll och övrigt	32	S.		
c) utfall för fjärrvärme vid typisk fördelning av kunder = 0,1 x 2 a) + 0,9 x 2 b)	29,6	0,9 S.		
d) ökning jämfört med 1)	18,4 %	-10 %		
3. Skatt i öre per kWh bränsle	idag	kompl. prop. (från pkt 2c)	idag = S.	kompl. prop. (från pkt 2c)
Eo1	7,30	8,64	5,45	4,91
Eo5	6,65	7,87	5,00	4,50
kol	8,38	9,92	3,11	2,80
gasol	5,88	6,96	0,80	0,72
naturgas	4,95	5,86	1,60	1,44
flis och torv	0	0	0	0
El (t ex för värmepumpar)	0	0	5,00	5,67

Tabell 3: Ökning i värmekostnaden för olika produktionskällor som resultat av kompletteringspropositionens skatteregler

Vid de antaganden som redovisas i tabell 2 beträffande fördelningen av kunder som få reducerad skatt (vissa industrier) respektive höjd skatt (hushåll och övriga kunder), nämligen 1:9, ökas värmekostnaden för olika produktionsanläggningar med följande belopp (antagen pannverkningsgrad, 90 %):

Bränsle	Kraftvärmeverk (CO ₂ -skatten höjs för medelkunden) öre/kWh _v	Värmepannor (CO ₂ -skatten höjs, men energiskatten sänks för medelkunden) öre/kWh _v
Eo1	1,49	0,78
Eo5	1,36	0,80
kol	1,71	1,36
gasol	1,20	1,11
naturgas	1,01	0,83
biobränsle	0	0
torv	0	0
el	-	Värmepump: 0,67/ värmefaktor = 0,23 vid V.F = 3

Sålunda får kraftvärmeverk för fossila bränslen försämrad konkurrenskraft, jämfört med andra alternativ, och värmepannor och kraftvärmeverk för biobränslen och torv stärkt konkurrenskraft. Förändringen är dock liten.

(Om skatteförändringarna leder till förändrad fördelning mellan industrikunder och övriga kunder, kan förändringen bli större än de här redovisade beloppen).

bränslen tappar många av sina industrikunder som kommer att kunna köpa Eo5 med en mycket låg skatt**. Detta låga pris samt de låga driftkostnaderna som är associerade med eldnning av olja i förhållande till eldnning av fasta bränslen kan leda till detta resultat, som i så fall är ogynnsamt för landets biobränsleanvändning. Det kan finnas anledning att se över tillämpningen av kompletteringspropositionens regler för att undvika ett resultat i denna riktning.

För denna rapport, har jag dock bortsett från den eventuella inverkan kompletteringspropositionens utformning kan ha på fördelningen mellan de två konsumentgrupperna, och beaktat skattes kärningen beräknad i tabell 3.

Figur 6b visar de totala bränslepriserna år 2000, dvs de direkta bränslepriserna, redovisade i figur 5, plus avgifter och skatt. Det har antagits i denna figur och denna rapport att skatterna ligger fast i löpande penningvärde till år 2000, för att inte ytterligare vidga gapet mellan svenska skatter och minimiskatterna föreslagna inom EG. Antagandet innebär att inflation urholkar skatternas realvärde under denna period med den antagna inflationstakten 3 % per år. Efter år 2000 har dock skatternas realvärde hållits konstant. Figur 6b visar att biobränslen år 2000 enligt dessa antaganden har priser som hävdar sig förhållandevis väl, gentemot relativa priser för fossila bränslen, när det gäller värmedelen av kraftvärmeverkens bränsleförbrukning. Bränslekostnaderna per kWh el eller värme beräknas från de totala bränslepriserna samt från prestanda angivna i tabell 1, med vissa korrekationer i prestanda för kraftvärmeverkets storlek.

4.3 Kapitalkostnader samt drift och underhållskostnader (DoU)

Kapitalkostnader har i rapporten beräknats för de specifika anläggningskostnaderna redovisade i figur 4, samt 6 % realränta och 25 års livslängd. Detta motsvarar en annuitet på 7,82 % per år. DoU-kostnaden har beräknats som procent av den specifika anläggningskostnaden, med olika procentsatser för olika typer av kraftvärmeverk, baserat på statistik. Det högsta värdet (4,8 % per år) gäller för fastbränsleeldade verk, det lägsta (2,9 % per år) för gasturbiner. Oljeeldade ångkraftvärmeverk (4,25 % per år), dieselmotorer (4,5 per år) och gaskombiverk (3,6 % per år) ligger däremellan. Dessa värden gäller för den antagna utnyttningstiden för baslastkraftvärmeverk. För att få fram värden för andra utnyttningstider antas att ca en tredjedel av årskostnaden för DoU är "fast" per kW eleffekt och en tredjedel "rörlig", dvs proportionell till den producerade elenergin.

4.4 Statsbidrag

Eftersom allt bränsle för elproduktion är befriat från skatt, premieras följaktligen inte biobränslets fördel för den globala miljön (inget nettotillskott till atmosfärens koldioxidhalt) när det gäller elproduktion. Därför har i stället fördelen premierats

** Denna risk har eliminerats sedan dess genom den modifierade tillämpning av kompletteringspropositionens skatteregler som beslutades av riksdagen 10 juni, se tillägg, avsnitt 2.2.

genom att ge möjligheten att söka ett statsbidrag för biobränsleeldade verk. Det uppgår till 4000 kr/kW_e för nya verk och 25 % av ombyggnadskostnaden för verk som byggs om till biobränsleeldade kraftvärmeverk. Statsbidraget är dock förenat med villkoret att verket under fem år utnyttjar maximalt 15 % fossilt bränsle, och detta halverar för närvarande ungefär bidragets värde under dessa fem år, för verk som kan använda såväl kol som biobränsle. Statsbidraget är för närvarande helt taget i anspråk för inkomna ansökningar. Därför visas den beräknade lönsamheten såväl med som utan bidrag. I kompletteringspropositionen reserveras ytterligare medel för visst stöd till bland annat biobränslen. Eftersom dess utformning dock inte ännu precisats, har det inte beaktats i denna rapport.

4.5 Övriga kostnadsantaganden

Såväl kraftvärmeverk som värmepannor för biobränslen har antagits tillämpa kondenserande rökgaskylning, eftersom detta är klart lönsamt för alla nya enheter. Många existerande enheter har efter hand kompletterats med denna utrustning, och återstående enheter kommer troligtvis att kompletteras på detta sätt efter hand, med undantag för små enheter eller sådana som har kort drifttid.

För värmepumpar har värmefaktorn satts till 3,0, ett typiskt värde för enheter med avloppsvatten som värmekälla. De har antagits varit avställda under de kallaste dygnen, som bestämmer eleffektavgifterna i eltaxorna. Antagna kapitalkostnader och DoU-kostnader för nya värmepannor för fasta bränslen motsvarar ca 5,5 öre/kWh värme vid den antagna utnyttjningstiden och för värmepumpar ca 5,1 l öre/kWh värme. Värdena antas gälla vid effekter större än 50 MW och ökar något för lägre effekter.

4.6 Elpriset

a) Elpriset 1991

De flesta befintliga kraftvärmeverk för fjärrvärmesystem ägs av kommuner som köper stora mängder el från något av de stora kraftföretagen som tillhör samkörningsgruppen, de så kallade råkraftleverantörerna. El producerat i det egna kraftvärmeverket reducerar mängden el som kommunen måste köpa.

Värdet av elproduktionen för den kommunala ägaren består sålunda i huvudsak av minskningen i kostnaden för elinköp. Till och med 1991, har den kunnat beräknas från råkraftleverantörens råkrafttaxa, vanligtvis högspänningstaxan för 132 - 70 KV. Från och med 1992 förekommer däremot förhandlingar mellan kommunerna och råkraftleverantörerna angående elpriserna.

Tabell 4 visar högspänningstaxan, N1, för Vattenfall 1991. Till de redovisade värdena skall 15 % indexkorrektin läggas. Dessa värden har använts i denna rapport, för prisläget 1991.

Kraftvärmeverkens ägare måste dock teckna ett avtal angående reservkraft som säkerhet för tillfällena då det egna verket är ur funktion. Avgiften uppgår till 40 - 45 kr/

Tabell 4: Vattenfalls högspänningstariff, 1991

Tariff Leveransspänning	kV	N1 130 - 70	
Fast avgift	kkr	600	
Abbonnemangavgift	kr/kW	45	
Högbelastningsavgift (nov-mars, månd-fred, 06-22)	kr/kW	205	
Energiavgifter	öre/kWh	månd-fred 06-22	övrig tid
nov-mars (= vinter)		23,6	16,4
april, sept, okt (= vår/höst)		14,8	12,3
maj, aug (= sommar)		9,2	8,2
Ändring av samtliga avgifter med index: *		0,46 (K - 175)	
Ändring i energiavgifter	öre/kWh		
Hela året		0,55 (U - 4,3)	
Nov-mars, 06-22		0,21 (C - 6,0)	

Tillägg och avdrag göres med följande index, baserade på värdet för kalenderåret före leveransåret:

K är det med en decimal beräknade medelvärdet av konsumentprisindex, med 1980 som basår. För 1991 blev den totala justeringen 15 %.

U är den av SCB med två decimaler redovisade medelkostnaden i öre/kWh för kärnbränsle.

C är det av SCB med två decimaler redovisade medelpriset i öre/kWh för ett urval av större oljekonsumenters inköp av eldningsolja 5 med högst 1 % svavelhalt.

Såsom framgår av tabellen, har energiavgiften i taxan mycket starka säsongsvariationer, dvs är hög under vintern, låg under sommaren och medelhög vår och höst. Särskilt under vintern finns dessutom kraftiga dygnsvariationer, med höga priser dagtid, under vardagar, lägre priser under övrig tid. Till energiavgiften kommer en högbelastningsavgift, som i Vattenfalls fall bestäms av medelvärdet för de högsta månads-effekterna under fem vintermånader, och en abonnemangavgift för abonnerad effekt.

Det finns även möjlighet för "tillfälligt kraftutbyte" mellan ägaren av kraftvärmeverket och råkraftleverantören. Syfte med det är att undvika att kraftvärmeverket drivs när det skulle vara lönsammare för landet att råkraftleverantören producerar elenergin under den aktuella tiden, t ex när det finns outnyttjad vattenkraft.

Vid sådana tillfällen får kraftvärmeverkets ägare köpa billig el i stället för att driva det egna verket, och gör viss förtjänst på detta. I beräkningen för år 1991 har antagits att denna förtjänst kompenserar den ovannämnda avgiften för reservkraft.

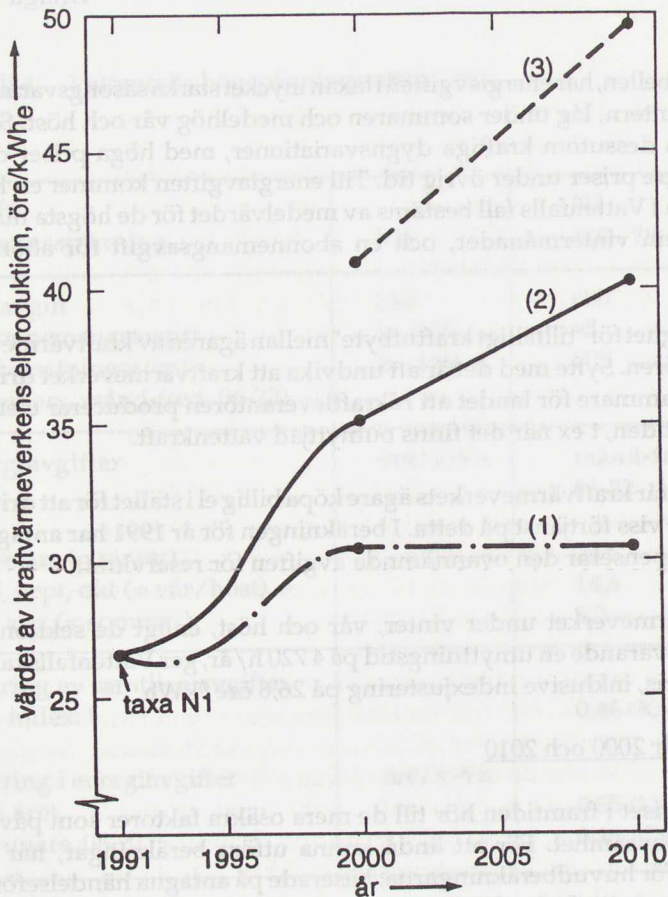
Vid drift av kraftvärmeverket under vinter, vår och höst, enligt de sektionerade ytorna i figur 3, motsvarande en utnyttningstid på 4 720 h/år, ger Vattenfalls taxa N1 för 1991 ett medelpris, inklusive indexjustering på 26,6 öre/kWh.

b) Elprisscenarier, år 2000 och 2010

Utvecklingen av elpriset i framtiden hör till de mera osäkra faktorer som påverkar kraftvärmeverkens lönsamhet. För att ändå kunna utföra beräkningar, har vissa bedömningar gjorts för huvudberäkningarna, baserade på antagna händelseförlopp som beskrivs i detta avsnitt. Sedan har inverkan av andra bedömningar redovisats i känslighetsanalysen, avsnitt 7.

De förhandlingar om elpriser 1992, som redan har lett till avtal mellan råkraftleverantörer och kommuner, har för några kända fall lett till några procents realpris-sänkning, jämfört med den tidigare kända råkrafttaxan. Detta är det första resultatet av en friare elmarknad.

På sikt, vid ökat elutbyte och förhandlingar med utlandet, kan pristrenden vända. Dagens elpriser i Sverige är mycket lägre (6 - 7 öre/kWh lägre vid den aktuella utnyttningstiden) än vad det kostar att producera el i nya kondenskraftverk och överföra el till städerna. På kontinenten, där el huvudsakligen produceras i kondenskraftverk, är därför elpriserna högre än i Sverige. Även om en temporär kraftexportpotential i Norge kan dämpa denna utveckling, torde på längre sikt, enligt de flesta bedömare, elpriset i Sverige hamna i ett mellanläge mellan kontinentala och nuvarande svenska priser. För denna rapport har antagits att detta fenomen, redan år 2000 skulle bli fullt utvecklat, och skulle då höja elpriserna, som kraftvärmeverken tillgodoräknar sig, med 4 öre/kWh utöver prisnivån 1991, vid oförändrade bränslepriser, se kurva 1, figur 7. I känslighetsanalysen, avsnitt 7, har dock även konsekvensen av en utebliven prishöjning av detta slag redovisats.



Figur 7: Värdet av elproduktion i kraftvärmeverk.

Antaganden

- * Kraftvärmeverket har en utnyttjningstid på 4 720 timmar per år.
- * Värdet av elproduktion 1991 motsvarar Vattenfalls taxa N1, exklusive fast avgift.
- * Värdet av elproduktion efter 1991, beaktar därutöver den antagna inverkan av en successiv utbyggnad av en friare elmarknad, som möjliggör, t ex export av el till företag som annars måste bygga nya kondenskraftverk,
 - kurva 1: vid 1991 års bränslepriser.
 - kurva 2: vid bränslepriserna, figur 5, utan skatt. Kärnkraftavveckling i Sverige (helt eller delvis) mellan år 2000 och 2010 antas tvinga fram en utbyggnad av kolkondenskraftverk, i den utsträckning bortfallet inte kan ersättas genom utbyggnad av kraftvärme.
 - kurva 3: kurva 2 plus inverkan av skatt på bränsle för elproduktion enligt EG-kommissionens förslag för år 2000.
- * Penningvärde 1991.

Förekommer ett dylikt kraftutbyte mellan Sverige och kontinenten, så kommer även prishöjningar på fossila bränslen att påverka elpriserna, eftersom de påverkar produktionskostnaden i befintliga och nya kondenskraftverk. Kurva 2 beaktar detta genom att till kurva 1 addera 80 % av den produktionskostnadsökning som skulle drabba en blandning av kondenskraftverk, eldade med olika fossila bränslen (kol, olja, naturgas). Detta antagande gäller kurva 2, år 2000. På ännu längre sikt kan man förvänta en kraftigare tillväxt av elbehov i Sverige och, om nuvarande politiska intentioner fullföljs, en kärnkraftavveckling. Punkten på kurva 2, år 2010, är baserad på antagandet att ett eller båda av dessa händelser leder fram till att nya kolkondenskraftverk måste byggas i Sverige och att priset på el från kraftvärmeverk motsvarar produktionskostnaden i kolkondenskraftverk. Däremot krediteras inte den reduktion i överföringskostnaderna som kraftvärmeverkens närmare förläggning till belastningscentrerna medför.

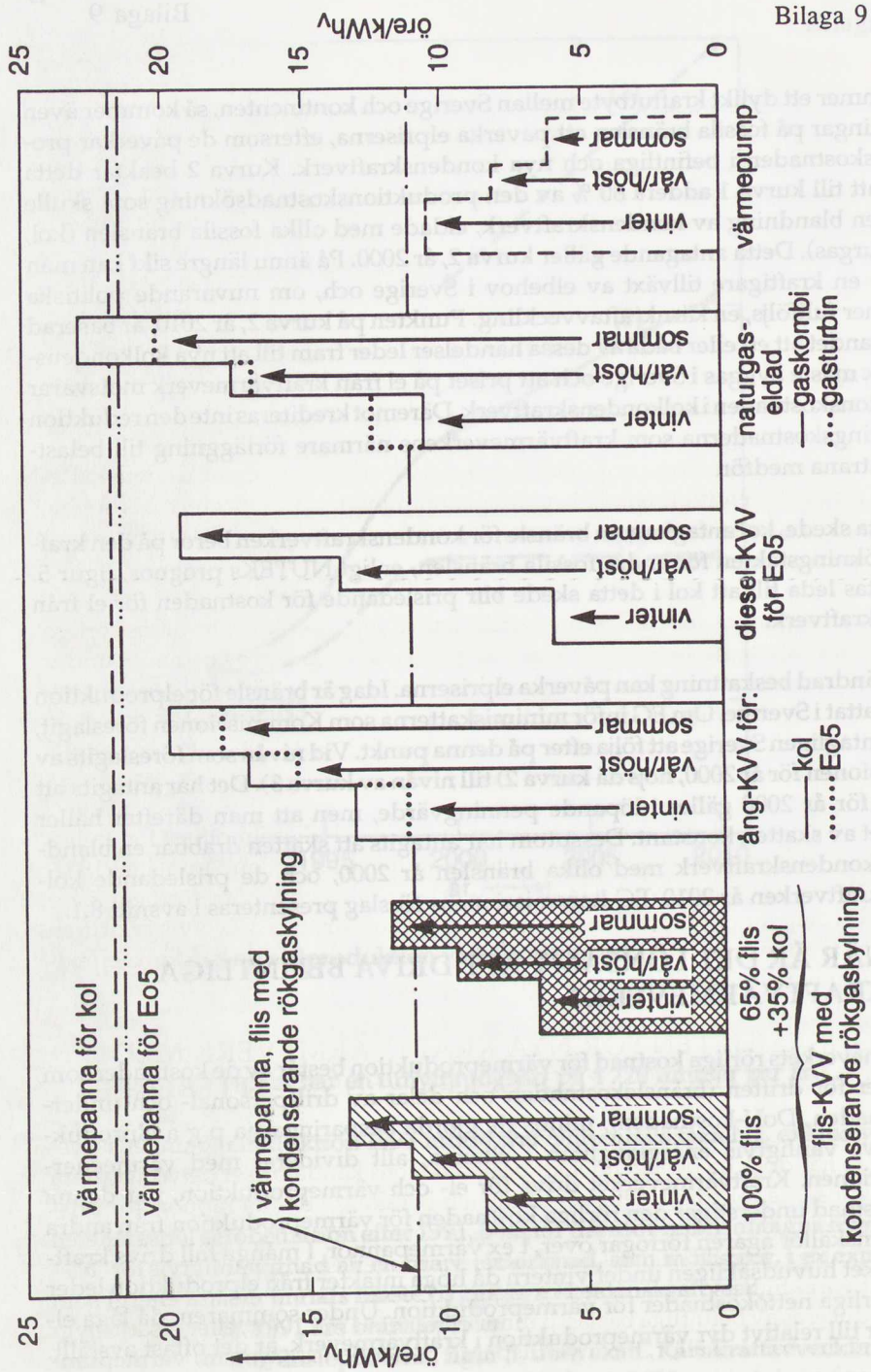
Att, i detta skede, kol antagits som bränsle för kondenskraftverken beror på den kraftiga prisökningstakten för andra fossila bränslen, enligt NUTEKs prognos, figur 5. Den väntas leda till att kol i detta skede blir prisledande för kostnaden för el från kondenskraftverk.

Även en ändrad beskattning kan påverka elpriserna. Idag är bränsle för elproduktion inte beskattat i Sverige. Om EG inför minimiskatterna som Kommissionen föreslagit, tvingas antagligen Sverige att följa efter på denna punkt. Vid nivån som föreslagits av Kommissionen för år 2000, höjs då kurva 2) till nivån av kurva 3). Det har antagits att förslaget för år 2000 gäller i löpande penningvärde, men att man därefter håller realvärdet av skatten konstant. Dessutom har antagits att skatten drabbar en blandning av kondenskraftverk med olika bränslen år 2000, och de prisledande kolkondenskraftverken år 2010. EG-kommissionens förslag presenteras i avsnitt 8.1.

5 NÄR ÄR DET LÖNSAMT ATT DRIVA BEFINTLIGA KRAFTVÄRMEVERK?

Kraftvärmeverkets rörliga kostnad för värmeproduktion består av de kostnader som tillkommer för driften (bränslekostnaden och delar av driftpersonal- och underhållskostnaden, DoU-kostnaden), minus de gjorda besparingarna p g a elproduktionen, dvs vanligtvis energiavgiften i eltaxan, allt dividerat med värmeenergiproduktionen. Kraftvärmeverket drivs för el- och värmeproduktion, när denna rörliga kostnad understiger den rörliga kostnaden för värmeproduktion från andra produktionskällor ägaren förfogar över, t ex värmepannor. I många fall drivs kraftvärmeverket huvudsakligen under vintern då höga intäkter från elproduktion leder till låga rörliga nettokostnader för värmeproduktion. Under sommaren, då låga eltaxor leder till relativt dyr värmeproduktion i kraftvärmeverk, är det oftast avställt.

Beräkningar som utförts för kostnadsantagandena beskrivna i avsnitt 4 och bränsle- och elprisläget 1991 (dock kompletteringspropositionens skatteregler), visas i figur 8. Figuren visar olika staplar som var och en representerar den rörliga värmekostnaden för en typ av kraftvärmeverk. Varje stapel är underindeldad i tre delar för att återspegla inverkan av höga elpriser under vintern, lägre priser vår och höst och lägsta priser



Figur 8: Den rörliga nettokostnaden för värmeproduktion från kraftvärmeverk, värmepannor och värmepumpar under olika årstider. Prisläge och penningvärde 1991; el värderad enligt energiavgiften i Vattenfalls taxa N1; antaget naturgaspris = 10 öre/kWh oberoende av årstiden.

under sommaren. För enkelhetens skull har prisskillnaden mellan höglasttid och låglasttid under varje årstid försumrats, dvs medelvärden använts. Den sista stapeln gäller dock värmepumpar, inte kraftvärmeverk. I motsats till vad som är fallet för kraftvärmeverk är värmekostnaden för värmepumpar högst under vintern, då el är dyr, och lägst under sommaren. De horisontella linjerna i figuren visar de rörliga värmekostnaderna för värmepannor med tre slags bränsle.

Figur 8 visar att drift av nästan alla slags kraftvärmeverk är motiverad under vintern, även i fjärrvärmesystem, som förfogar över moderna fliseldade värmepannor. Koleldade kraftvärmeverk utgör dock ett undantag. För oljeeldade kraftvärmeverk uppnås i stort sett samma värmekostnad som för flispannorna.

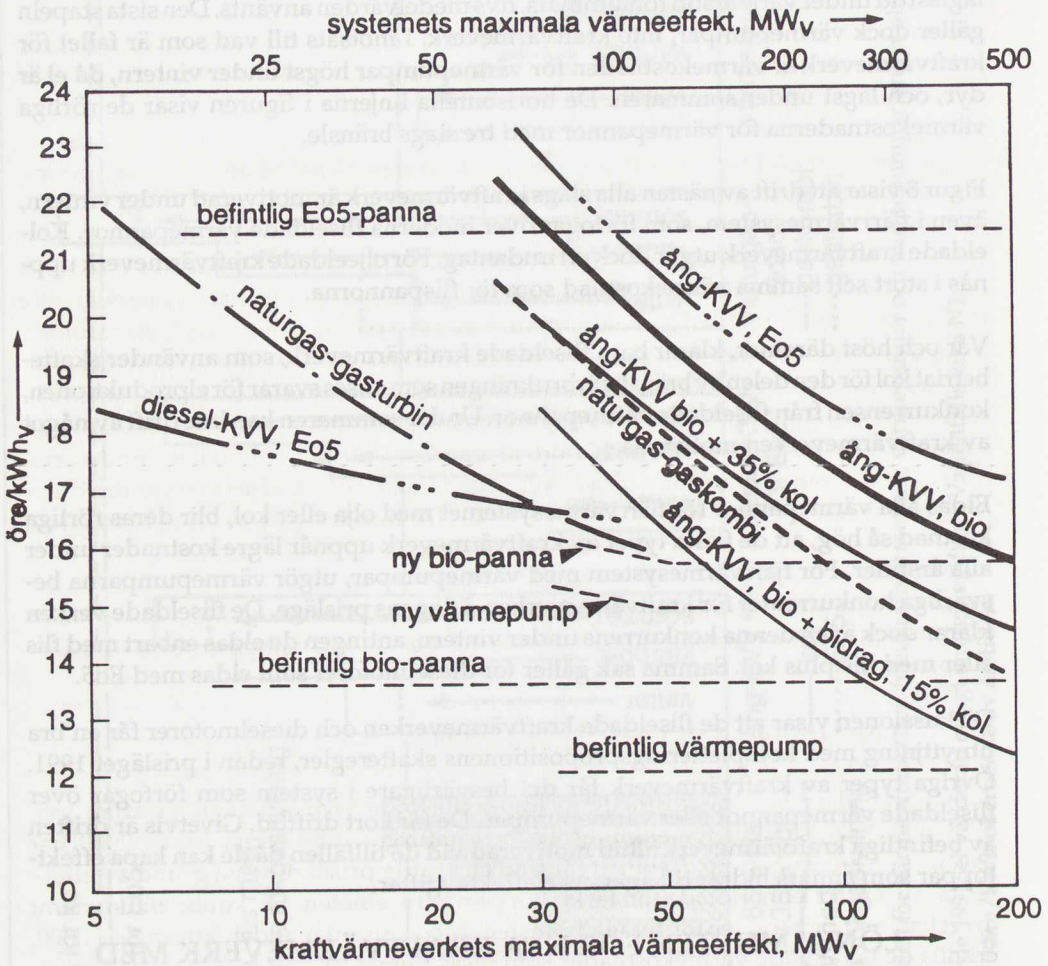
Vår och höst däremot, klarar bara fliseldade kraftvärmeverk, som använder skattebefriat kol för den delen av bränsleförbrukningen som anses svara för elproduktionen, konkurrensen från fliseldade värmepannor. Under sommaren kan inte drift av något av kraftvärmeverken motiveras.

Eldas alla värmepannor för fjärrvärmesystemet med olja eller kol, blir deras rörliga kostnad så hög, att de flesta typer av kraftvärmeverk uppnår lägre kostnader under alla årstider. För fjärrvärmesystem med värmepumpar, utgör värmepumparna besvärliga konkurrenter för kraftvärmeverken, i dagens prisläge. De fliseldade verken klarar dock även denna konkurrens under vintern, antingen de eldas enbart med flis eller med flis plus kol. Samma sak gäller för dieselmotorer som eldas med Eo5.

Diskussionen visar att de fliseldade kraftvärmeverken och dieselmotorer får en bra utnyttjning med kompletteringspropositionens skatteregler, redan i prisläget 1991. Övriga typer av kraftvärmeverk får det besvärligare i system som förfogar över fliseldade värmepannor eller värmepumpar. De får kort drifttid. Givetvis är driften av befintliga kraftvärmeverk alltid motiverad vid de tillfällen då de kan kapa effekttoppar som annars bidrar till ägarens eleffektavgifter.

6 LÖNSAMHETEN FÖR NYA KRAFTVÄRMEVERK MED KOMPLETTERINGSPROPOSITIONENS SKATTEREGLER

Ekonomi för ett planerat kraftvärmeverk bör beräknas över anläggningens livslängd. Ägare har dock en benägenhet att beakta dagens kända priser betydligt mera än prisprognoserna för framtiden. Lönsamheten beräknas i denna rapport för prislägena åren 1991, 2000 och ännu senare, för att göra det möjligt att bedöma lönsamheten även under anläggningens hela livslängd. Kraftvärmeverk svarar vanligtvis för "baslasten" i ett varaktighetsdiagram, se t ex figur 3. De kan därvid ersätta energi som annars produceras av befintliga baslastpannor och spetslastpannor, eller ersätta byggandet av andra baslastkällor, t ex nya flispannor eller (i vissa system) värmepumpar. Om man antar att kraftvärmeverket producerar värmeenergi motsvarande den sektionerade ytan i Figur 3, är utnyttjningstiden (ekvivalent antal fullasttimmar) ca 4 700 timmar per år.



Figur 9: Värme kostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) och konkurrerande produktionsenheter (horisontell text)

Priser och penningvärde 1991, kompletteringspropositionens skatteregler.

Antaget naturgaspris för kraftvärme, 10 öre/kWh (direkt pris).

Alla kraftvärmeverk och värmepannor för biobränsle antas tillämpa kondenserande rök-gaskylning.

6.1 Lönsamheten vid prisläget 1991

I figur 9 visas de sluttande kurvorna med sluttande text den beräknade värmekostnaden för olika typer av kraftvärmeverk med olika bränslen, med 1991-års bränsle- och elpriser och kompletteringspropositionens skatteregler.

Kurvorna sluttar åt höger, därför att stora kraftvärmeverk är billigare per kW_e än små och har bättre prestanda. Detta leder till lägre värmekostnad per kWh_v.

Kurvorna med horisontell text visar alternativen som kraftvärmeverken konkurrerar med. Dessa alternativ är olika för olika fjärrvärmesystem, t ex befintliga eller nya flispannor i vissa system, värmepumpar i andra system och endast oljepannor i många små system. Som synes har nya kraftvärmeverk svårt att hävda sig på basis av dagens priser i många system som har andra gynnsamma alternativ. Kraftvärmeverk som eldas med biobränsle är hårt trängda mellan å ena sidan, alternativet att bygga värmepannor för biobränsle med kondenserande rökgaskylning (eller ännu värre, utnyttja existerande flispannor om sådana redan finns) och å andra sidan, andra typer av kraftvärmeverk, t ex dieselmotorer, särskilt för mindre system. Med bidrag kan dock vissa av dessa kraftvärmeverk (särskilt stora verk) bli lönsamma.

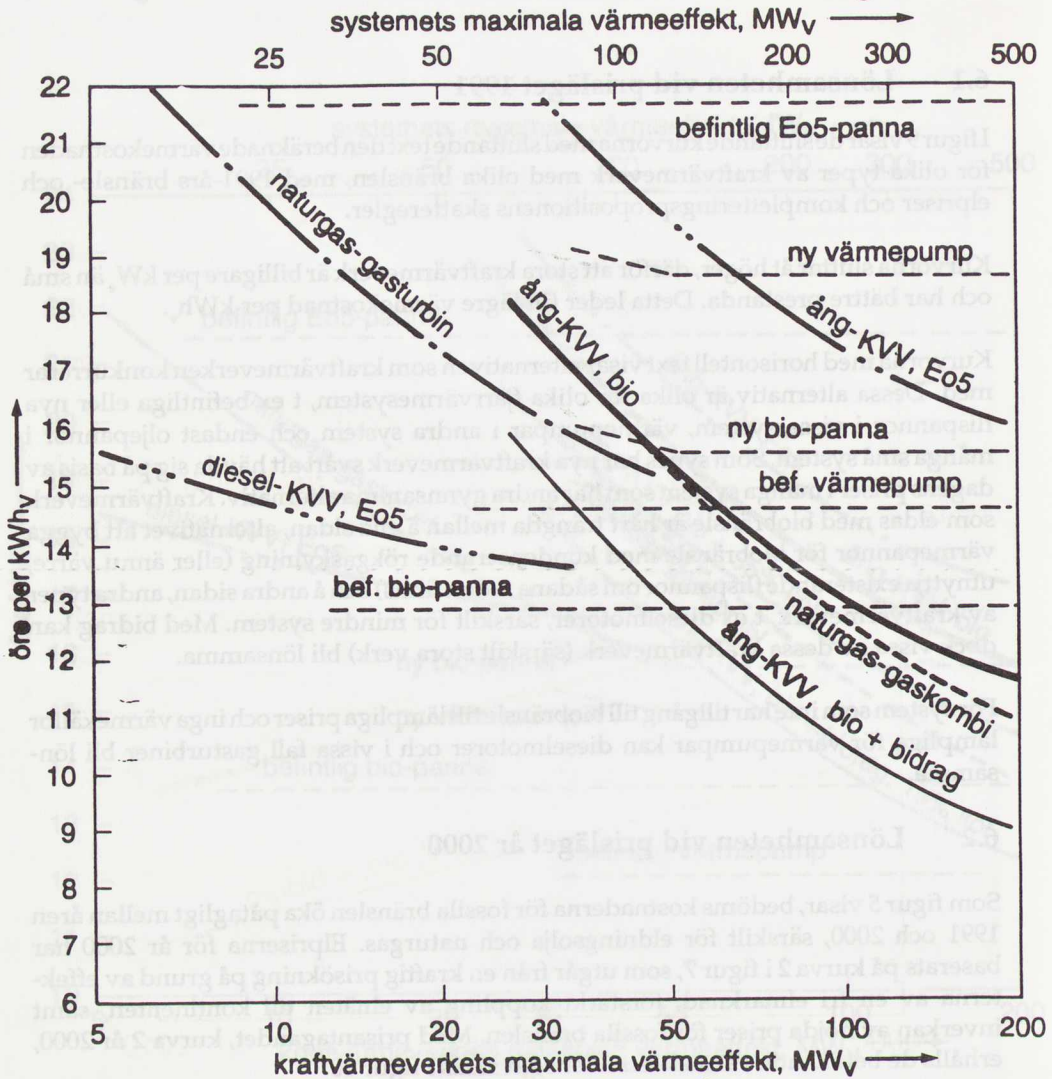
För system som inte har tillgång till biobränsle till lämpliga priser och inga värmekällor lämpliga för värmepumpar kan dieselmotorer och i vissa fall gasturbiner bli lönsamma.

6.2 Lönsamheten vid prisläget år 2000

Som figur 5 visar, bedöms kostnaderna för fossila bränslen öka påtagligt mellan åren 1991 och 2000, särskilt för eldningsolja och naturgas. Elpriserna för år 2000 har baserats på kurva 2 i figur 7, som utgår från en kraftig prisökning på grund av effekterna av en fri elmarknad, förstärkt koppling av elnäten till kontinenten, samt inverkan av höjda priser för fossila bränslen. Med prisantagandet, kurva 2 år 2000, erhålls de beräknade värmekostnader som visas i figur 10.

Även i figur 10 avser kurvor med sluttande text värmekostnaderna för olika kraftvärmeverk, och kurvorna med horisontell text, värmekostnaderna för olika alternativ som nya kraftvärmeverk kan behöva konkurrera med i olika system, vid beslutstillfället.

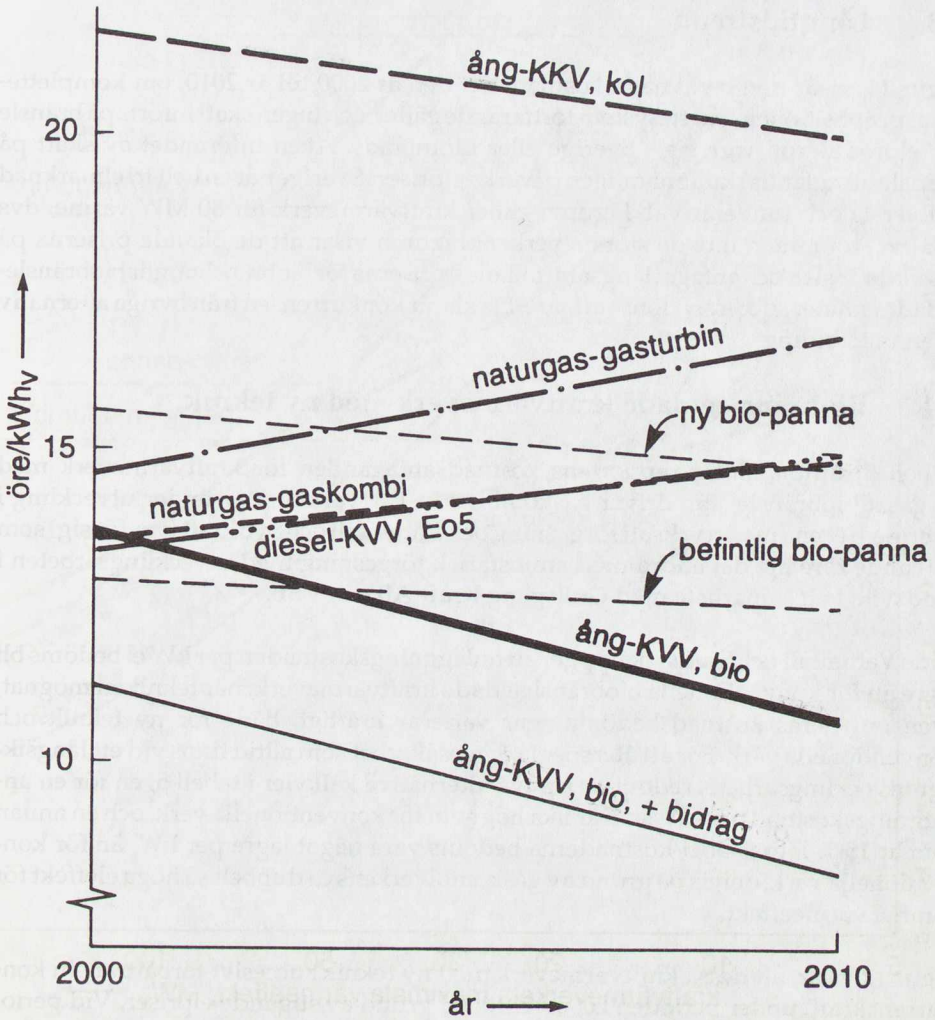
Figuren visar att de antagna prisförändringarna gör kraftvärme lönsammare i förhållande till värmepannor och värmepumpar. I system som inte ännu skaffat flispannor, blir stora kraftvärmeverk för biobränsle lönsamma även utan statsbidrag och utan att elda skattebefriat kol för den andel bränsle som avser elproduktion. För de största systemen klarar sådana fliseldade kraftvärmeverk utan bidrag även konkurrensen från befintliga flispannor. Givetvis kan ett bidrag göra även mindre stora kraftvärmeverk av detta slag lönsamma. För ännu mindre system, som saknar befintliga flispannor, blir dieselmotorer eldade med Eo5 den bästa lösningen i prisläget år 2000.



Figur 10: Värmekostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) och konkurrerande produktionsenheter (horisontell text)

Priser år 2000, kompletteringspropositionens skatteregler, penningvärde 1991.

Alla kraftvärmeverk och värmepannor för biobränsle antas tillämpa kondenserande rökgaskylning.



Figur 11: Möjlig trend för värmekostnaden efter år 2000.

Antaganden för år 2010

Direkta bränslepriser enl figur 3.

Skatt Kompletteringspropositionens skatt gäller i löpande penningvärde t o m år 2000, därefter hålls den konstant reallt.

Elpriset: Motsvarar elproduktionskostnaden för koldondens (43 % verkningsgrad, 4 720 timmar/år utnyttjningstid som för kraftvärmeverken), ingen bränsleskatt.

Biobränsleldade värmepannor och kraftvärmeverk tillämpar kondenserande rökgaskylning.

Kraftvärmeverkens storlek: 80 MW värmeeffekt (30 MW för diesel-KVV).

(Obs! att den verkliga trenden mellan år 2000 och år 2010 inte nödvändigtvis följer raka linjer)

6.3 Långtidstrend

Figur 11, visar den beräknade kostnadstrenden år 2000 till år 2010, om kompletteringspropositionens skattesystem fortfarande gäller, och ingen skatt införts på bränsle för elproduktion vare sig i Sverige eller utomlands. Även införandet av skatt på bränsle utomlands skulle nämligen påverka elpriser i Sverige när en helt fri elmarknad etablerats och fungerar väl. Figuren gäller kraftvärmeverk för 80 MW värme, dvs relativt stora, men inte de största verken. Figuren visar att de ökande priserna på fossila bränslen och antaget långsamt fallande priserna för biobränslen, gör biobränsleeldade enheter successivt lönsammare. De klarar konkurrensen från övriga alternativ även utan bidrag.

6.4 Biobränsleeldade kraftvärmeverk med ny teknik

Tabell 5 sammanfattar rapportens kostnadsantaganden för kraftvärmeverk med förgasat biobränsle som driver gaskombiverk. Två varianter är under utveckling i Sverige, det ena med trycksatt förgasning och Vattenfall och Sydkraft (var för sig) som drivande företag, det andra med atmosfärisk förgasning med utvecklingsarbeten i Studsvik, i ett samarbete med Gullspång Kraft AB och VBB.

Både Vattenfall och Studsvik uppger att anläggningskostnaden per kW el bedöms bli lägre än för konventionella biobränsleeldade kraftvärmeverk, när tekniken mognat, även om deras kostnadsbedömningar varierar kraftigt, både för ny teknik och konventionella verk. För att återspegla den osäkerhet som alltid finns vid ett långsiktigt utvecklingsarbete, redovisar jag två alternativa kalkyler i tabell 5, en för en anläggningskostnad per kW_e som är lika hög som för konventionella verk, och en annan som är 15 % lägre. DoU-kostnaderna bedöms vara något lägre per kW_e än för konventionella verk, delvis på grund av gaskombiverkens ca dubbelt så höga eleffekt för samma värmeeffekt.

Figur 12 visar, att dessa kraftvärmeverk med ny teknik succesivt förbättrar sin konkurrenskraft, under perioden 2000 - 2010, på grund av stigande elpriser. Vid periodens slut, blir kraftvärmeverken klart konkurrenskraftiga utan bidrag, om den låga anläggningskostnaden nås, men inte om anläggningskostnaden stannar vid det högre värdet. Med bidrag däremot blir den nya tekniken konkurrenskraftig för båda kalkylerna.

6.5 Diskussion

Som tidigare nämnts bör investeringsbeslut fattas på basis av bedömningar av livscykelkostnaden, så att även kostnadsprognoser över kostnader i ett sent skede av anläggningens liv beaktas. Givetvis väger skattade kostnader för ett sent skede av anläggningen lättare än kostnader för de första åren. De sistnämnda vilar dels på säkrare grund, dels väger de tyngre vid beräkning av kostnadernas nuvärde.

För beslut om nya kraftvärmeverk, som byggs under 1990-talet, har därför beräk-

Tabell 5: Skattade kostnader för gaskombiverk med förgasat biobränsle, när tekniken har mognat

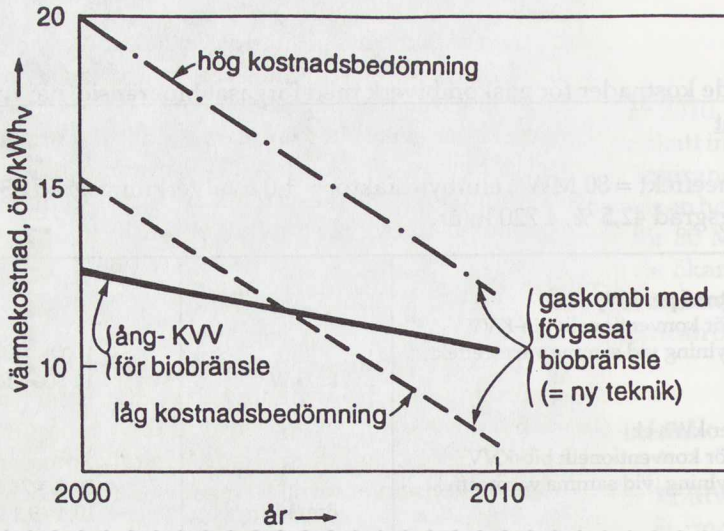
Exempel för värmeeffekt = 80 MW*, elutbytesfaktor = 1,0 totalverkningsgrad 85 %, elproduktionsverkningsgrad 42,5 %, 4 720 h/år.

1. Anläggningskostnad per kW _e : a) % av värdet för konventionellt bio-KVV utan rökgaskylning vid samma värmeeffekt, b)	kr/kW _e	100 % - 85 % 12 800 - 10 900
2. DoU-kostnad, per kWh el: a) % av värdet för konventionellt bio-KVV utan rökgaskylning, vid samma värmeeffekt b)	öre/kWh _e	80 % - 70 % 10,4 - 9,1
3. Kapitalkostnad**	öre/kWh _e	21,2 - 18,0
4. Bränslekostnad år 2000 (pris = 10,0 öre/kWh _e)	öre/kWh _e	23,5
5. Bruttokostnad, 2) + 3) + 4)	öre/kWh _e	55,1 - 50,6
6. Antaget värdet av el, år 2000, utan EG-skatt på bränsle för elproduktion	öre/kWh _e	35,2
7. Nettokostnad för värme, (eftersom $\lambda = 1,0$)	öre/kWh _e } öre/kWh _v }	19,9 - 15,4

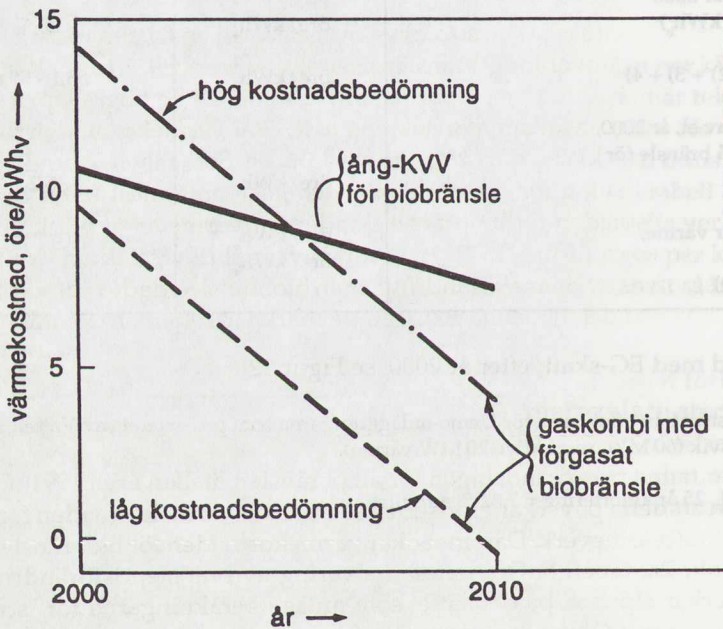
För värmekostnad med EG-skatt, efter år 2000, se Figur 12.

* Denna effekt är större än effekterna för Demo-anläggningarna som projekterats av Vattenfall, respektive Studsvik (60 MW, respektive 20 MW värme).

** För realränta 6 %, 25 år amortering = 7,82 % annuitet.



a) utan skatt på bränsle för elproduktion



b) med EG-skatt på bränsle för elproduktion, (konstant realvärde efter år 2000)

Figur 12: Jämförelse mellan bibränsleeldade kraftvärmeverk med konventionell och ny teknik, utan bidrag.

Värmeeffekt = 80 MW_v

(Kostnadstrenden mellan år 2000 och 2010 är inte nödvändigtvis linjär)

ningarna för prisläget 1991 och, med något mindre tyngd för år 2000, den största betydelsen. Då kan det fortfarande vara mycket svårt att motivera byggandet av nya biobränsleeldade kraftvärmeverk om inget statsbidrag eller annat stöd ges som premierar biobränslets goda miljöegenskaper även vid kraftproduktion. För kraftvärmeverk som beställs senare, ljusnar läget successivt. Risk finns dock, att andra investeringar i produktionsanläggningar för samma fjärrvärmesystem kan ha gjorts innan dess, och att dessa sedan blockerar besluten att bygga ett nytt biobränsleeldat verk.

7 KÄNSLIGHETSANALYS

Flera av de antaganden som gjorts vid beräkning av värmekostnaderna för år 2000 är osäkra, t ex elpriset, bränsleprisprognosen och antagandet att skatten skall vara fast, i löpande penningvärde. Tabell 6 redovisar konsekvensen av andra bedömningar på dessa punkter, samt inverkan av 10 % ökning i de skattade kapitalkostnaderna för olika kraftvärmeverk. De beräknade konsekvenserna framgår av Tabell 6 och föranleder följande kommentarer.

7.1 Lägre elpris

I scenariet för år 2000 antogs att en successiv övergång till en fri elmarknad för hela Västeuropa redan vid nuvarande bränslepriser skulle leda till 4 öre/kWh_e högre elpriser i Sverige som resultat av en partiell anpassning till de högre elpriserna på kontinenten. Uteblir denna antagna prisökning helt, ökar värmekostnaden för kraftvärmeverk med 4α öre/kWh_e, där α = elutbytesfaktorn. Som tabell 6, punkt 1 visar, ökar detta värmekostnaden för dieselmotorer och gaskombi mest (med ca 4 öre/kWh_e), och värmekostnaden för biobränsleeldade kraftvärmeverk med konventionell teknik minst (med ca 1,5 öre/kWh_e) på grund av låg elutbytesfaktor. Kraftvärme som helhet missgynnas av denna förändring, men biobränsleeldade kraftvärmeverk kan uppnå en större andel av denna reducerade marknad, eftersom de missgynnas minst.

7.2 Lägre bränslepriser

Halveras den antagna prisförändringen för alla bränslen mellan åren 1991 och 2000 (se figur 5) utan att detta påverkar elpriserna, så minskar värmekostnaden för fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk. Däremot ökar värmekostnaden för biobränsleeldade enheter, se punkt 2a, tabell 6. Om denna halvering av bränsleprisförändringarna dessutom påverkar elpriset, på det sättet som antas i beräkningarna för "scenario-2000" (beskrivs i avsnitt 6), sker en mindre kraftig nettovärmekostnadsreduktion för de med fossilt bränsle eldade kraftvärmeverken (se punkt 2b). Samtidigt ökar värmekostnaden för biobränsleeldade kraftvärmeverk kraftigare, se punkt 2b i tabellen. I båda fallen missgynnas biobränsleeldade kraftvärmeverk.

7.3 Skatt kompenserad för inflation

Räknas all skatt upp med index för inflationen, så drabbas fossila bränslen av hårdare skatt än vad som antogs i avsnitt 6, vilket drabbar kraftvärmeverk eldade med fossila

bränslen. Dessa blir mindre lönsamma, se punkt 3 i tabellen. De biobränsleeldade kraftvärmeverkens konkurrenskraft ökar därigenom.

7.4 Högre kapitalkostnad

Punkt 4 i tabell 6, visar inverkan av 10 % högre kapitalkostnad än vad som räknats med, t ex på grund av högre anläggningskostnad eller högre realränta eller kortare amorteringstid. Värmekostnaden för kraftvärmeverk ökar då med 0,5-1,2 öre/kWh_v, dvs med relativt måttliga belopp, lägst i fallet gasturbiner. För biobränsleeldade kraftvärmeverk med ny teknik däremot, blir kostnadsökningen ca 2 öre kWh_v, på grund av den höga investeringskostnaden och den höga elutbytesfaktorn för dessa verk.

8 KONSEKVENSER AV ÄNDRINGAR I SKATTEREGLERNA

I detta avsnitt behandlas förändringar i skattereglerna som aktualiseras antingen redan idag (konsekvenser av "Visby-domen") eller som kan bli aktuella senare, exempelvis p g a en anpassning till regler inom EG.

8.1 Total skattebefrielse för vissa kraftvärmetekniker enligt "Visby-domen"

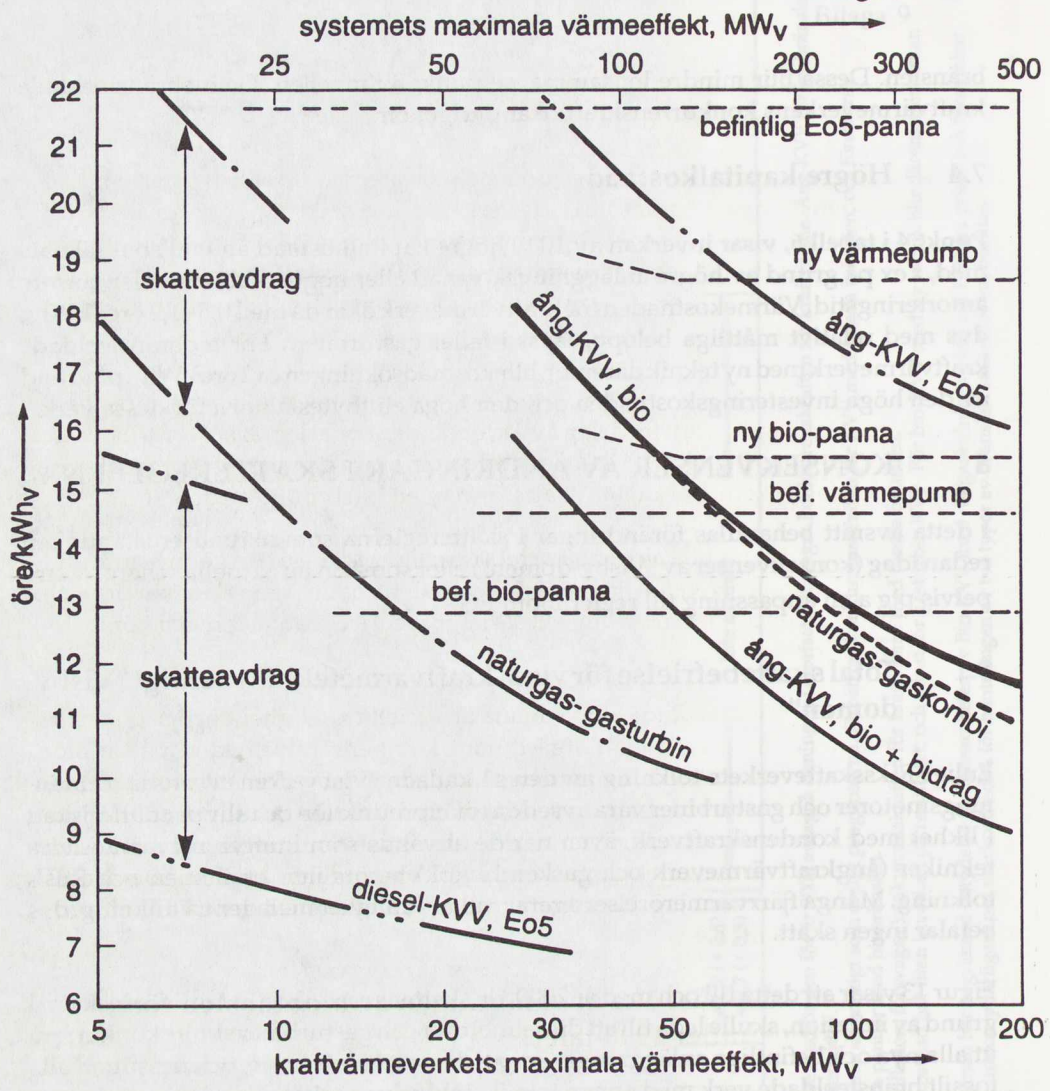
Enligt Riksskatteverkets tolkning av den så kallade "Visby-domen" anses förbränningsmotorer och gasturbiner vara avsedda för elproduktion och slipper därför skatt i likhet med kondenskraftverk, även när de används som kraftvärmeverk. Andra tekniker (ångkraftvärmeverk och gaskombiverk) berörs inte av domen och RSVs tolkning. Många fjärrvärmöreolser agerar redan i enlighet med denna tolkning, dvs betalar ingen skatt.

Figur 13 visar att detta till och med år 2000, då skattens realvärde antas ha minskat på grund av inflation, skulle leda till att dieselmotorer och gasturbiner skulle konkurrera ut alla nya och befintliga anläggningar som eldas med biobränsle, och dessutom alla fossilt bränsleeldade verk med annan teknik, inklusive gaskombiverk som är betydligt effektivare än de favoriserade gasturbinerna.

Dessa konsekvenser strider uppenbarligen helt mot trepartiöverenskommelsens och regeringsdeklarationens intentioner. Därför måste domen snarast undanröjas och detta besked ges fortast möjligt innan fler företag baserar investeringsbeslut på domen.

8.2 Slopad möjlighet att använda skattebefriat fossilt bränsle för elproduktion och biobränsle för resterande produktion i samma kraftvärmeverk

Figur 8 visar att möjligheten att fördela bränsle på ovan angivna sätt ur skattesynpunkt minskar den rörliga driftkostnaden så kraftigt att detta leder till en ökad utnyttjning av befintliga verk i vissa fall. Å andra sidan minskas andelen biobränsle som används



Figur 13: Värmekostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) och konkurrerande produktionsenheter (horisontell text).

Priser år 2000, skattebefrielse för dieselmotorer och gasturbiner enligt den sk "Visbydomen".

Alla kraftvärmeverk och värmepannor för biobränsle antas tillämpa kondenserande rökgaskylning.

i dessa verk, och fliseldade värmepannor kan bli utkonkurrerade. I befintliga verk kan nettoeffekten bli en viss ökning i användning av biobränsle.

Figur 9 visar att sloandet av denna möjlighet skulle, vid 1991 års prisläge, höja värmekostnaden för nya biobränsleeldade verk med kondenserande rögkaskylning, som inte får bidrag, med 1,2 öre/kWh. För verk med bidrag blir kostnadshöjningen 0,5 öre/kWh. Trots att förändringarna inte är särskilt stora skulle det minska antalet biobränsleeldade kraftvärmeverk som kan klara konkurrensen från andra kraftvärmeverk och värmepannor, eftersom marginalerna är små.

Vid prisläget år 2000 har, enligt prognoserna, priset för kol ökat och priset för biobränsle sjunkit något, så att fördelen av att använda skattebefriat kol för eldelen av bränsleförbrukningen minskar till 0,5 öre/kWh utan bidrag respektive 0,2 öre/kWh med bidrag. I detta skede har denna skatteförmån ett obetydligt värde.

Slutsatsen blir att ett slopande av denna regel visserligen i början kan ge en begränsad nettoökning i den totala användningen av biobränslen i befintliga värmepannor och kraftvärmeverk, men att det samtidigt skulle något reducera antalet nya biobränsleeldade kraftvärmeverk.

Enligt min mening bör man ändå slopa denna artificiella möjlighet, förutsatt att sloandet kombineras med en annan åtgärd som kompenserar effekten på de biobränsleeldade verkens ekonomi. Exempelvis kunde man ge verken ett produktionsbidrag som kompenserar bortfallet av skatteförmånen. Detta utbyte skulle inte påverka statsmakternas skatteinkomster, men skulle öka användningen av biobränslen genom att ta bort incitamentet att använda kol för andelen bränsle som anses förbrukat för elproduktion. Jag återkommer till andra eventuella motiv för ett produktionsbidrag i avsnitt 8.4.

8.3 Hur kan man bäst öka användningen av biobränslen för kraftvärme under 1990-talet?

Diskussionen i avsnitt 6 visar att utbyggnaden av biobränsleeldade kraftvärmeverk torde vara begränsad under 1990-talet med kompletteringspropositionens regler, även om nuvarande bidragsmöjlighet förnyas. Förnyas den inte, blir det mycket få nya biobränsleeldade kraftvärmeverk som byggs. Önskar statsmakterna stimulera utbyggnaden av biobränsleeldade kraftvärmeverk under denna period och innan en eventuell anpassning till regler som kan komma att beslutas inom EG sker, så kan detta exempelvis ske genom följande alternativa åtgärder:

- a) höjt investeringsbidrag per kW el för biobränsleeldade kraftvärmeverk,
- b) ett produktionsbidrag per kWh el producerad i biobränsleeldade kraftvärmeverk, (vilket var en åtgärd som föreslogs av MIA),
- c) en kombination av lägre investeringsbidrag än a) och lägre produktionsbidrag än b) som ger samma sammanlagda effekt.

Princip kan var och ett av dessa bidrag ges samma förstärkning av de biobränsleeldade kraftvärmeverkens konkurrenskraft. Fördelen med a) för kraftvärmeverkets ägare är att förstärkningen kvarstår även om skattereglerna skulle ändras i framtiden. Nackdelen för samhället är att det kan förleda ägaren att göra kraftvärmeverkets effekt större än vad som är befogat för samhället, om inte den anslagsbeviljande myndigheten får i uppgift att bevaka denna fråga. Fördelen med b) är att det ger en reduktion i den rörliga kostnaden som säkerställer att det lönar sig att driva kraftvärmeverket även under årstider då elpriset är förhållandevis lågt. Enligt min mening är c) den bästa lösningen eftersom den kombinerar fördelarna av a) och b) i lämpliga proportioner.

Bidraget (oberoende vilken form det ges) kan göras så stort att det även kompenserar den negativa inverkan på ekonomin, som sloandet av möjligheten att använda obeskattat kol enbart för eldelen av bränsleförbrukningen och biobränsle för övrig förbrukning skulle medföra, se diskussionen under avsnitt 8.2.

En fördel med åtgärderna som här beskrivs framför andra möjligheter, t ex en koldioxidskatt på bränsle för elproduktion med återföring av skatteinkomsterna i proportion till producerat elenergi, är att effekterna för a), b) och c) är förutsägbara, däremot att effekterna av en koldioxidskatt med återbäring varierar kraftigt med produktionen av kondenskraft och kraftvärme från fossila bränslen år från år och är svåra att beräkna i förväg.

Vad som sagts ovan gäller tills dess EG inför regler som även påverkar Sverige. Inträffar detta, får man när reglernas utformning blir känd, undersöka vilka justeringar som kan behövas i de svenska reglerna för att bibehålla konkurrenskraften för nya biobränsleeldade kraftvärmeverk i stort sett oförändrad.

Ett försök att stärka de biobränsleeldade kraftvärmeverkens marknadsandel genom att försämra lönsamheten för kraftvärmeverk eldade med fossila bränslen, t ex genom att återinföra energiskatt på värmedelen av kraftvärmeverkens bränsleförbrukning, skulle däremot ha en negativ effekt på den totala kraftvärmeutbyggnaden och fjärrvärmemarknaden. Detta skulle kunna leda till att mindre miljövänlig produktion, ökar t ex kondenskraftproduktion utomlands och värmeproduktion i individuella pannor i Sverige.

Jag anser därför att denna typ av åtgärd utgör en betydligt sämre lösning än åtgärder av typ a), b) eller c).

8.4 Anpassning av svenska skatteregler delvis eller helt till kommande EG-regler

a) EG-kommissionens energiskatteförslag

I september 1991 antog EG-kommissionen ett förslag till klimatstrategi. Enligt förslaget införs en minimum skatt på 3 USD/fat för olja, 1993, som höjs successivt till en slutgiltig minimum nivå på 10 USD/fat år 2000. Hälften av skatten betraktas som en

energiskatt och belastar fossila bränslen och kärnbränslen. Resten är en koldioxidskatt, proportionell till mängden kol per kWh energi i bränslet. Skatten skall belasta allt bränsle, även bränslet för elproduktion.

Konverteras dessa belopp till kronor vid skattad dollarkurs år 1993 (6,5 SEK/USD) respektive år 2000 (7,0 SEK/USD) enligt konjunkturinstitutet, erhålls 1,13 öre/kWh år 1993, respektive 4,07 öre/kWh år 2000, som den totala skatten för Eo5. Ingenting har sagts i förslaget angående en indexreglering av beloppen. Skatternas realvärden urholkas därför antagligen av inflation, t ex vid 3 % årlig inflation till 1,06 öre/kWh 1993, respektive 3,12 öre/kWh år 2000, i 1991 års penningvärde.

De av EG-kommissionen föreslagna skatterna är betydligt lägre än dagens svenska skatter, eller skatteutfallet för fjärrvärmerörelser enligt kompletteringspropositionen. Dock gäller kommissionens skatteförslag till skillnad från svenska skatter generellt, dvs även bränsle för elproduktion.

Klimatstrategin är tills vidare bara ett förslag från Kommissionen. De regler som till slut antas kan därför avvika från detta förslag. Ändå ger förslaget från september 1991 en fingervisning om hur reglerna kan komma att se ut i stora drag.

b) Tillämpning av EGs minimiskatt för elproduktion och högre skatt för värme- produktion

När det gäller konkurrensutsatt elproduktion finns anledning för Sverige att inte införa högre skatt vid en EG-anpassning, än minimiskatten EG kommer att föreskriva. På produktion av värme för hushåll däremot, skulle Sverige antagligen utan någon invändning från EG, eller någon skada för svensk industri, kunna fortsätta med en högre skatt än minimiskatten.

Tabell 7 visar vilka ändringar i värmekostnaden detta skulle leda till vid den skattnivå som EG-kommissionen föreslagit för år 2000. Bränslekostnaden för fossilt bränsleeldade kraftvärme ökas med belopp som visas i tabellens kolumn 3. Värdet av elproduktion ökar med belopp som visas i kolumn 4 för år 2000 och belopp i kolumn 6 för år 2010. Ökningen är beräknad för de antagna sambanden redovisade i avsnitt 6 mellan en produktionskostnadsökning i kondenskraftverk och de svenska elpriserna. Nettoförändringen blir skillnaden mellan ökade bränslekostnader och ökat värde av elproduktion, och visas i kolumn 5 (år 2000), respektive kolumn 7 (år 2010).

Eftersom värdet av elproduktionen ökar mera än bränslekostnaden (el produceras med hög marginalverkningsgrad, ca 85 %, i kraftvärmeverk), får samtliga kraftvärmeverk en reducerad värmekostnad. Reduktionen är ungefär lika stor för de bästa med fossilt bränsle eldade verken och biobränsleeldade verk med konventionell teknik. De senare slipper visserligen en bränslekostnadsökning eftersom de inte belastas med skatt, men deras låga elutbytesfaktor innebär att de tjänar relativt lite på ett höjt elpris. Kraftvärme får sålunda ett kraftigt höjt genomslag, utan att detta nämnvärt påverkar andelen biobränsleeldade verk med konventionell teknik. De enda kraftvärmeverk som tjänar betydligt mer på skatteändringen än övriga verk är

Tabell 7: Ändring i värmekostnaden för kraftvärmeverk, om bränsle för elproduktion beskattas enligt EG-kommissionens förslag för år 2000.

Antagen värmeeffekt: 80 MW.

Kraftvärmeverk och bränsle	1	2	3	4	5	6	7
	Elproduktionsverkningsgrad η_e	Elutbytesfaktor α	Ändring i värmekostnad p g a skatten				
			bränsle kostnad	år 2000		år 2010	
				el inkomst	netto = kolumn 3) + 4)	el inkomst	netto = kolumn 3) + 6)
Biobränsle:							
Ång-KVV med rökgaskylning	0,30	0,37	-	-2,2	-2,2	-4,2	-4,2
Gaskombi med förgasning	0,425	1,00	-	-5,8	-5,8	-8,2	-8,2
Fossila bränslen:							
Ång-KVV, kol	0,30	0,51	+ 2,1	-3,0	-0,9	-4,2	-2,1
Ång-KVV, Eo5	0,30	0,51	+ 1,8	-3,0	-1,2	-4,2	-2,4
Diesel, Eo5	0,43	1,02	+ 4,0	- 6,0	-2,0	-8,4	-4,4
Gaskombi, naturgas	-	1,02	+ 3,3	-6,0	-2,7	-8,4	-5,4
Gasturbin, "			+ 2,0	-3,6	-1,6	-5,0	-3,0

Antaganden för tabellen

- * Nu föreslagen skatt antas gälla i löpande penningvärde till år 2000, och i fast penningvärde därefter.
- ** För år 2000 antas att elpriserna i Sverige påverkas av möjligheten att exportera el till kontinenten, där man ersätter el från en blandning av kondenskraftverk eldade med kol, naturgas respektive olja. 80 % av skattens inverkan på produktionskostnaden i dessa verk antas påverka elpriset i Sverige.
- *** För år 2010 antas att kraftvärmeverkets elproduktion minskar behovet att bygga och driva kolkondenskraftverk efter påbörjad kärnkraftavveckling i Sverige. Då slår inverkan av skatten på kolkondenskraftverkets elpris direkt igenom på försäljningspriset för el från kraftvärmeverk.

Slutsatser från siffrorna i kolumn 5 och 7

- 1) Alla kraftvärmeverk får sänkt värmekostnad. Konventionella kraftvärmeverk för biobränslen påverkas i ungefär samma utsträckning som huvudkonkurrenterna, diesel och gaskombi.
- 2) Biobränsleeldade kraftvärmeverk med ny teknik (gaskombi med förgasat bränsle) får betydligt kraftigare reducerad värmekostnad, än alla konkurrenter. Anledningen är obeskattat bränsle och hög elutbytesfaktor.

(Dessa slutsatser beskrivs i texten).

kraftvärmeverk med förgasat biobränsle, dvs ny teknik. Införandet av skatt på fossilt bränsle för elproduktion gynnar dem.

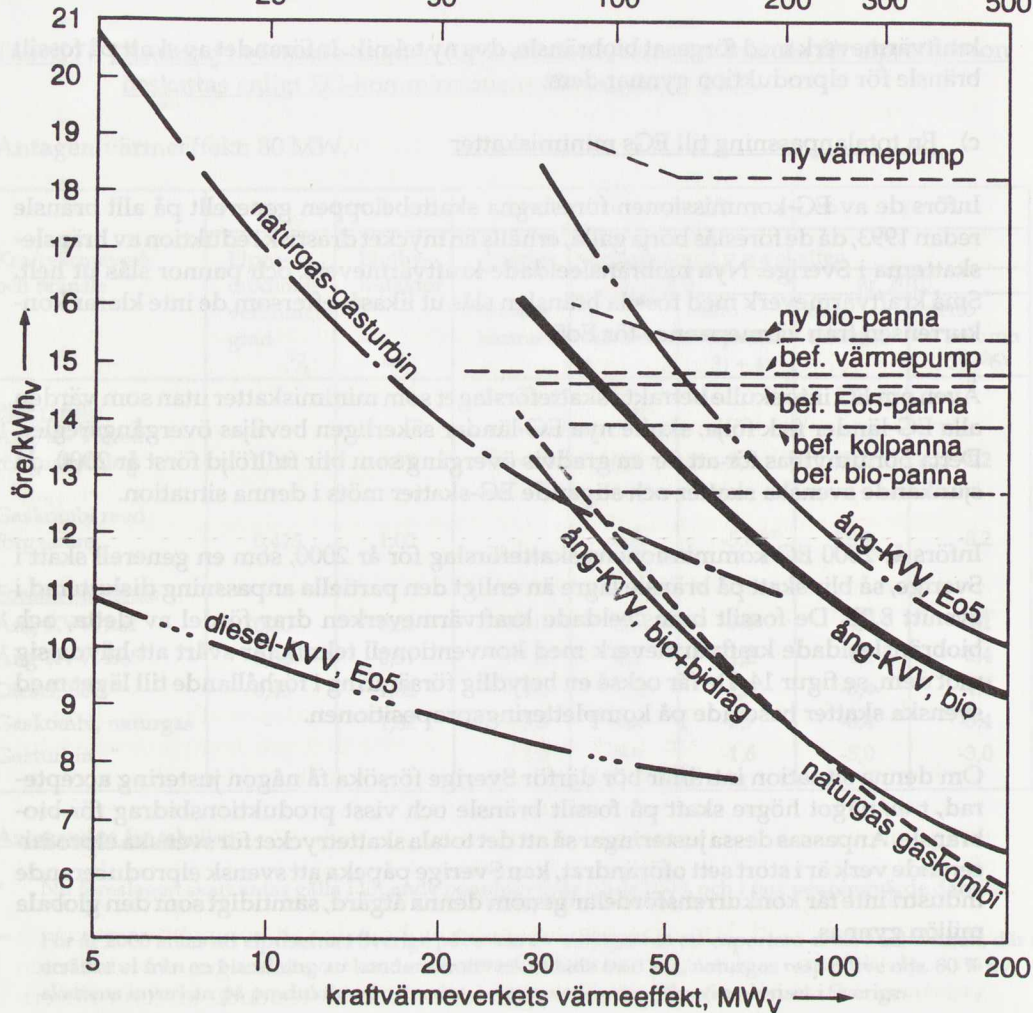
c) En totalanpassning till EGs minimiskatter

Införs de av EG-kommissionen föreslagna skattebeloppen generellt på allt bränsle redan 1993, då de föreslås börja gälla, erhålls en mycket drastisk reduktion av bränsleskatterna i Sverige. Nya biobränsleeldade kraftvärmeverk och pannor slås ut helt. Små kraftvärmeverk med fossila bränslen slås ut likaså, eftersom de inte klarar konkurrensen från värmepannor för Eo5.

Även om EG inte skulle betrakta skatteförslaget som minimiskatter utan som värden alla EG-länder fick följa, skulle nya EG-länder säkerligen beviljas övergångsregler. Detta bör utnyttjas för att få en gradvis övergång som blir fullföljd först år 2000, då sjunkande svenska skatter och stigande EG-skatter möts i denna situation.

Införs år 2000 EG-kommissionens skatteförslag för år 2000, som en generell skatt i Sverige, så blir skatt på bränsle lägre än enligt den partiella anpassning diskuterad i avsnitt 8.2b. De fossilt bränsleeldade kraftvärmeverken drar fördel av detta, och biobränsleeldade kraftvärmeverk med konventionell teknik får svårt att hävda sig mot dem, se figur 14. De får också en betydlig försämring i förhållande till läget med svenska skatter baserade på kompletteringspropositionen.

Om denna situation inträffar bör därför Sverige försöka få någon justering accepterad, t ex något högre skatt på fossilt bränsle och visst produktionsbidrag för biobränsle. Anpassas dessa justeringar så att det totala skattetrycket för svenska elproducerande verk är i stort sett oförändrat, kan Sverige påpeka att svensk elproducerande industri inte får konkurrensfördelar genom denna åtgärd, samtidigt som den globala miljön gynnas.



Figur 14: Värmekostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) och konkurrerande produktion senheter (horisontell text).

Priser år 2000. Skatt enligt minimiskatt i EG-kommissionens förslag för år 2000, för såväl värme och el. Penningvärde 1991.

Alla kraftvärmeverk och värmepannor för biobränsle antas tillämpa kondenserande rökgaskylning.

SLUTORD

Rapportens huvuduppgift är att analysera vilka kommersiella möjligheter det finns för en ökad användning av biobränsle för kraftvärme, och hur dessa möjligheter påverkas av olika skatteregler, prisprognoser och utveckling av ny teknik. När man i detta sammanhang diskuterar hur effektiva olika skatteregler är som styrmedel, får givetvis hänsyn tas även till deras inverkan på statsmakternas andra mål, t ex ökad användning av kraftvärme totalt.

När det gäller det primära målet, ökad användning av biobränslen för kraftvärme, visar beräkningarna klart att det första hindret som måste avlägsnas om man inte skall få motsatt resultat, dvs att helt eliminera användning av biobränslen i kraftvärmeverk, är Visby-domen. Tillämpas skattereglerna fortsättningsvis i enlighet med denna dom och Riksskatteverkets tolkning av domen, kan vare sig befintliga eller nya biobränsleeldade kraftvärmeverk konkurrera med förbränningsmotorer och gasturbiner som enligt domen slipper all skatt. Domen har även andra oönskade konsekvenser, den gynnar mindre effektiv teknik på bekostnad av mer effektiv teknik, t ex gasturbiner på bekostnad av gaskombiverk. Den bör sålunda snarast undanröjas och besked om denna intention ges innan fler intressenter gör investeringar som blir olönsamma den dag domen är undanröjd.

Åtgärden räcker dock inte, enligt beräkningarna, för en betydande utbyggnad av nya biobränsleeldade kraftvärmeverk redan under 1990-talet om kompletteringspropositionens skatteregler tillämpas. Inte ens med förnyat statsbidrag på nuvarande nivå erhålls detta resultat. De potentiella beställarna av sådana kraftvärmeverk baserar nämligen sina investeringsbeslut huvudsakligen på beräknad ekonomi för den första delen av verkets livstid, och tar föga intryck av prognoser om bättre ekonomi på relativt lång sikt, med förändrade prisrelationer. Dessutom tvingar nuvarande skatteregler de kraftvärmeverk som använder biobränslen att komplettera med viss andel skattebefriat kol, av kostnadsskäl. Detta reducerar användningen av biobränslen ytterligare. Önskas en kraftigare utbyggnad av biobränsleeldade kraftvärmeverk redan under 1990-talet och större andel biobränsle för dessa, måste därför statsmakterna förbättra villkoren för dem.

Ett sätt att förbättra de biobränsleeldade kraftvärmeverkens konkurrenskraft i förhållande till båda huvudkonkurrenterna, nämligen biobränsleeldade värmepannor, respektive fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk, är att öka statsbidraget. Statsbidraget kan som hittills utformas som ett investeringsbidrag per kW el, eller som ett produktionsbidrag per kWh el. Bästa effekt erhålls om bidraget har två komponenter, en investeringskomponent och en produktionskomponent. Investeringskomponenten ger större säkerhet mot framtida förändringar i regler och priser. Produktionskomponenten säkerställer att verket får så låga rörliga kostnader att det verkligen används med hög utnyttningstid. Gör man bidragen tillräckligt stora kan man samtidigt slopa nuvarande möjlighet att skattetekniskt specialdestinera använt fossilt bränsle till elproduktion. Utan denna möjlighet blir det inte längre lönsamt att använda kol för viss del av bränsleförbrukningen. Enbart biobränslen kommer då att eldas i dessa verk.

Åtgärden har också den energipolitiska fördelen att den inte påverkar fossilt bränsleeldade kraftvärmeverks konkurrenskraft för system som inte på ett lönsamt sätt kan använda bibränslen. Ett av alternativen till höjt bidrag, höjd koldioxidskatt, skulle däremot direkt minska utbyggnaden av fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk i dessa fall, och därigenom strida mot ett annat av statsmakternas mål.

När man i Sveriges omvärld börjar introducera en koldioxidskatt på bränsle för elproduktion, kan Sverige följa efter. Följden blir att kraftvärmeverk får förbättrad ekonomi, eftersom elkrediteringen påverkas kraftigare än bränslepriserna, även för fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk. Bibränsleeldade kraftvärmeverk med dagens teknik får inte större fördel av denna förändring än konkurrerande kraftvärmeverk som eldas med fossila bränslen. Därtill är elutbytesfaktorn för dagens bibränsleeldade kraftvärmeverk för låg. Däremot skulle lönsamheten för gaskombiverk med förgasat bibränsle (= ny teknik) få klart förbättrad lönsamhet genom en sådan åtgärd. Dessa kan då på 2000-talet bli ett mycket konkurrenskraftigt alternativ, om de kan nå nu uppsatta mål för anläggningskostnad och prestanda.

Skulle EG införa ett skattesystem som inte enbart (som hittills aviserats) föreskriver minimiskatter, utan generellt normaliserade skattenivåer, får man genom förhandling se vad som kan göras för att bibehålla de bibränsleeldade verkens konkurrenskraft. "Konkurrensneutrala skattetransfereringar" som i grova drag finansierar fortsatta bidrag genom något högre skatter för fossila bränslen, så att svensk kraftproduktion inte får någon nettofördel över utländsk produktion, kan vara ett exempel på vad som eventuellt skulle kunna accepteras av EG.

Att tillämpa EG-reglerna strikt, utan sådana justeringar, skulle nämligen, vid skattenivån som föreslagits av Kommissionen för år 2000 (och i ännu högre grad för de lägre nivåerna som föreslagits att gälla innan dess) konkurrera ut de bibränsleeldade kraftvärmeverken åtminstone på kort sikt.

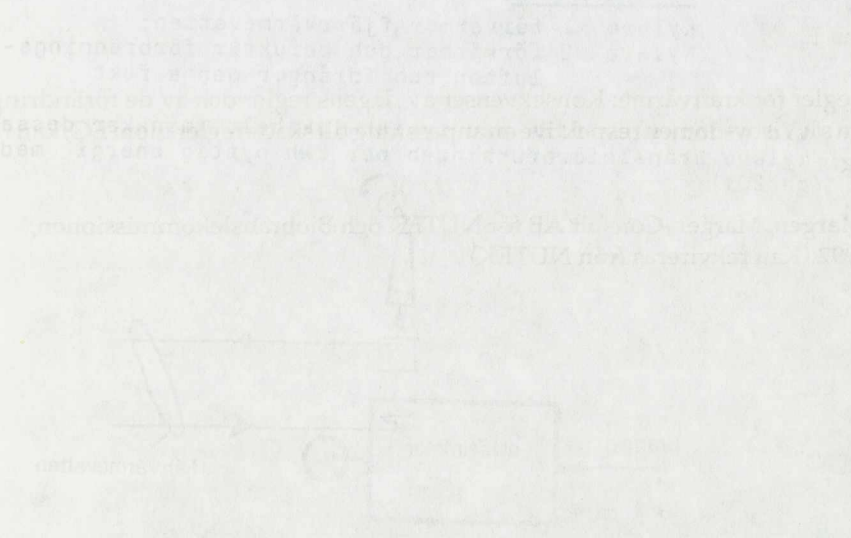
Referenser

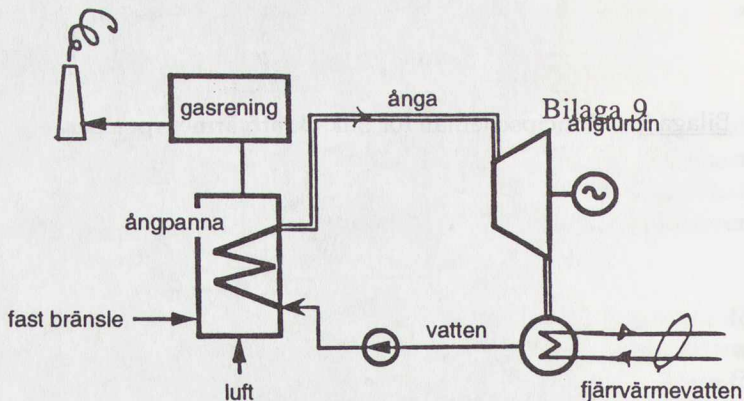
Referens 1:

Skatteregler för kraftvärme: Konsekvenser av dagens regler och av de förändringar som den sk Visby-domen respektive en anpassning till skatteregler inom EG, kan föra med sig.

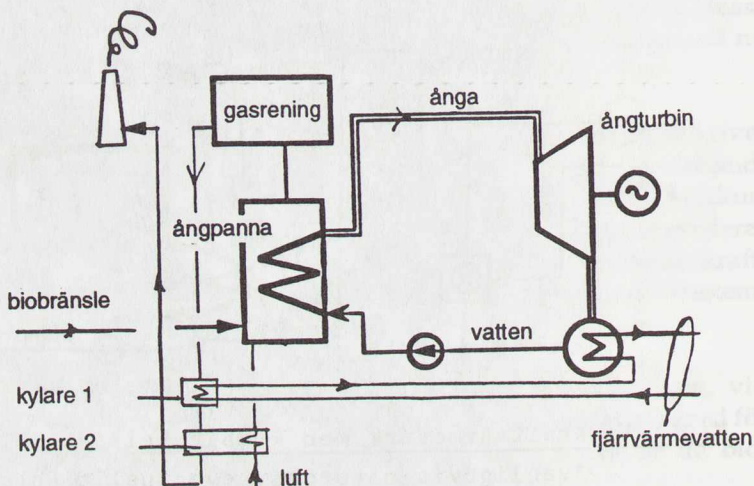
Peter Margen, Margen-Consult AB för NUTEK och Biobränslekommissionen, april 1992 (Kan rekvireras från NUTEK)

Bilaga 1: Principscheman för olika kraftvärmeprocesser.





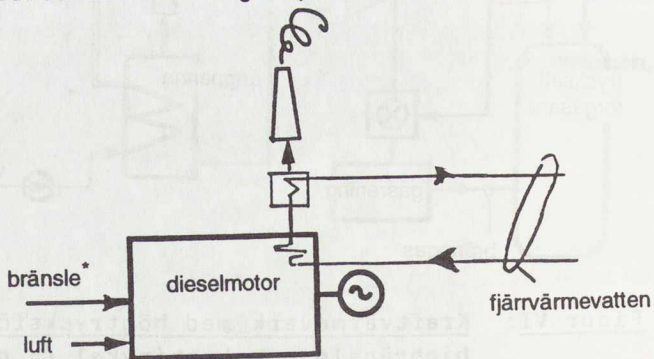
Figur I Konventionellt ångkraftvärmeverk



Figur II Ångkraftvärmeverk med kondenserande rök-gaskylning

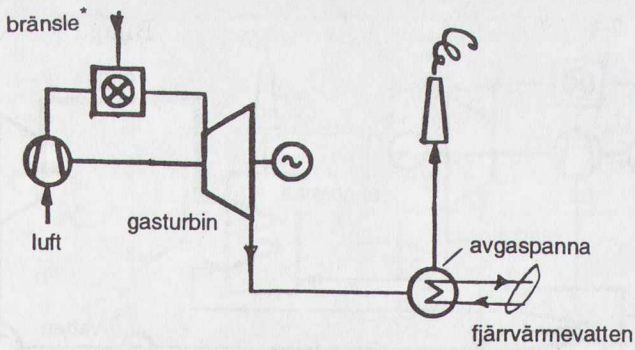
Kylare 1 förvärmmer fjärrvärmevatten;
Kylare 2 förvärmmer och befuktär förbrännings-
luften och förångar denna fukt

(Vid eldning av flis med typisk fukthalt, minskar dessa kylare bränsleförbrukningen per kWh nyttig energi med ca 20%)



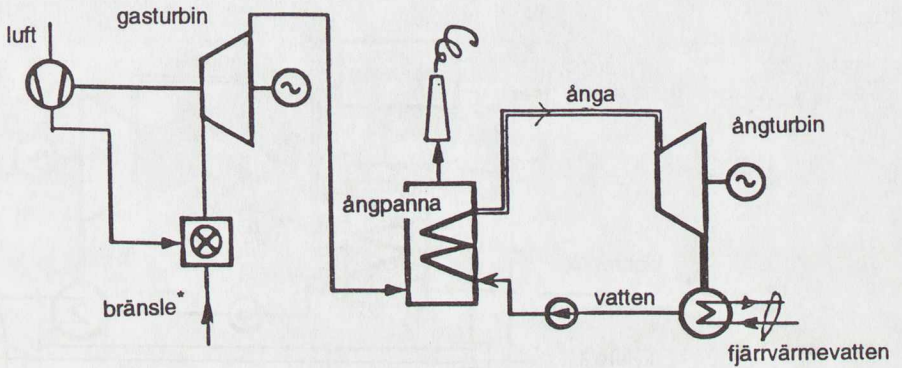
Figur III Dieselmotorkraftvärmeverk

* E_05 , naturgas.



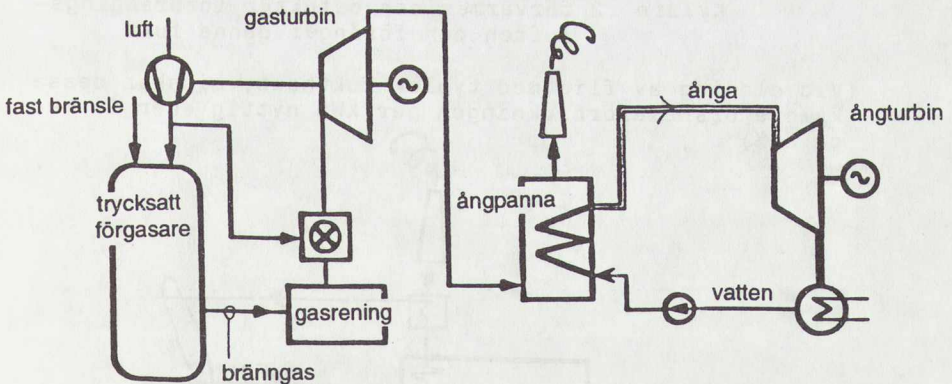
Figur IV: Gasturbin med avgaspanna

*vanligtvis naturgas, eventuellt Eol, gasol

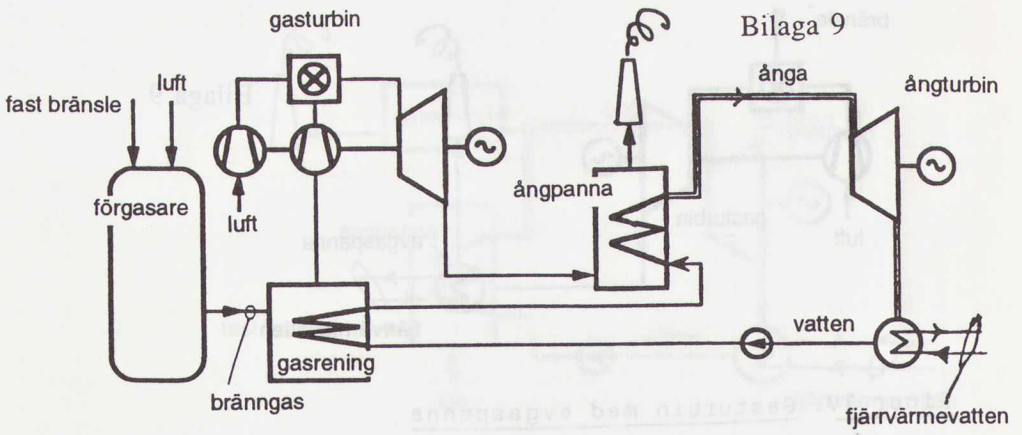


Figur V: Kraftvärmeverk med kombicykel

*vanligtvis naturgas, eventuellt Eol, gasol



Figur VI: Kraftvärmeverk med högtrycksförgasning av biobränsle och kombicykel (= ny teknik)



Figur VII: Kraftvärmeverk med atmosfärisk förgasning av bibränsle och kombicykel (= ny teknik)

Bilaga 2: Bränslepriser, inklusive skatt, för el, kraftvärme och värme: prisläget 1991 för stora värmeverk; skatt enl kompletteringspropositionen förutsatt att skatt utgår i proportion 1:9 för (industri): (hushåll och service)⁺ (öre/kWh)

Bränsle	Svavel %	1	2	3	4	5	6	7	8
		Direkt pris*	Svavel skatt**	NO _x -avgift minus återbäring**	Totalt för elproduktion = 1) + 2) + 3)	CO ₂ -skatt (från tabell 2)	Energiskatt	Totalt för värmeproduktion: kraftvärmeverk = 3) + 5)	värmepannor = 6) + 7)
Eo1	< 0,1	10,9	-	- 0,29	10,61	8,64	4,91	19,25	24,16
Eo5	0,4	5,81	1,08	- 0,29	6,60	7,87	4,50	14,47	19,06
kol	2,4	4,62	1,08	- 0,29	5,41	9,92	2,80	15,33	18,13
gasol	0	11,07	-	- 0,29	10,78	6,96	0,72	17,74	18,46
naturgas	0	(10) ***	-	- 0,29	(9,71)	5,86	1,44	(15,57)	17,01
flis	0	11,0	-	- 0,29	10,71	-	-	10,71	10,71
torv	1,5	10,8	1,08	- 0,29	11,59	-	-	11,59	11,59

- * Medelinköpspris för Eo1, Eo5 och kol för Tekniska Verken i Linköping för 1991. För flis visas ett pris som är 5 - 10 % högre än Tekniska Verkens medelinköpspris 1991. Det redovisade priset är, enligt Tekniska Verken, mera representativt för branschens kvalitetskrav. För gasol och torv som inte används av Tekniska Verken, är priset i tabellen hämtat från sista numret (juni 1991) av Statens energiverks PRISNYTT och gäller maj 1991. Priset för torv gäller vid köp från distributör. Svavelskatten har dragits ifrån som anges i PRISNYTT.
- ** Beräknad för 0,1 g/MJ = tillåtet utsläpp för medelstora nya verk. För koleldade verk tillåts maximalt 0,05 g/MJ, men denna skillnad har inte beaktats i tabellen. För NO_x antas en återbäring motsvarande 0,12 g/Mj.
- *** Inga generella naturgaspriser finns för storanvändare, eftersom priset bestäms individuellt vid förhandling. För naturgaseldade kraftvärmeverk antas ett pris av 10 öre/kWh för kolumn 1. Detta motsvarar ungefär vad de största kommunerna har betalat för naturgas hittills, men behöver inte vara "rätt pris" för nya kraftvärmeverk.
- + Sedan detta skrevs, maj 1992, har tillämpningsregeln för skatt enligt kompletteringspropositionen ändrats, se tillägget till denna rapport, avsnitt 2.2.

Bilaga 2 har använts för att rita figur 6.

Bilaga 3: Viktigare data för kraftvärmeverk som används i beräkningarna

Kraftvärmeverk och värmeeffekt	Anläggnings- kostnad kr/kW _e penning- värde 1991	DoU-kostnad		Medelprestanda i drift		
		fast %/år av kol. (1)	rörlig ö/kWh _e per Mkr/kW _e (1991)	elutbytes- faktor α	totalverk- nings- grad η_t	elproduk- tionsverk- ningsgrad η_e
1. <u>Ångkraftvärmeverk</u> <u>fasta bränslen</u>						
a) Utan kond.rökgaskylning						
200 MW _e	11 040	1,49	0,704	0,52	0,90	0,308
80 MW _e	12 770	"	"	0,51	0,885	0,299
30 MW _e	16 330	"	"	0,47	0,85	0,272
b) Med kond. rökgaskylning, eldning med flis enbart (45 % fukthalt)						
200 MW _e	12 500	1,49	0,704	0,377	1,125	0,308
80 MW _e	14 510	"	"	0,370	1,106	0,299
30 MW _e	18 750	"	"	0,344	1,063	0,272
c) Med kond. rökgaskylning, 65 % flis plus 35 % kol						
200 MW _e	12 470	1,49	0,704	0,408	1,062	0,310
80 MW _e	14 270	"	"	0,401	1,044	0,301
30 MW _e	17 920	"	"	0,371	1,003	0,273
2. <u>Ångkraftvärmeverk, Eo5 utan</u> <u>kond. rökgaskylning</u>						
200 MW _e	8 280	1,32	0,62	0,52	0,905	0,310
80 MW _e	9 580	"	"	0,51	0,890	0,301
30 MW _e	12 240	"	"	0,47	0,855	0,273
3. <u>Diesel</u>						
30 MW _e	7 245	1,23	0,70	1,025	0,85	0,430
5 MW _e	8 050	"	"	0,95	0,84	0,409
4. <u>Gaskombi</u>						
200 MW _e	4 950	1,17	0,52	1,03	0,88	0,447
80 MW _e	5 750	"	"	1,02	0,87	0,439
30 MW _e	7 070	"	"	0,95	0,85	0,414
5. <u>Gasturbin</u>						
80 MW _e	5 230	0,93	0,41	0,61	0,87	0,330
30 MW _e	5 840	"	"	0,60	0,85	0,319
5 MW _e	8 530	"	"	0,57	0,76	0,257

INVERKAN AV OLIKA STYRMEDEL

Tillägg, juli 1992

till rapportens huvudtext

INNEHÅLL

Sammanfattning

- | | | |
|--|--|--|
| 1 | Bakgrund | |
| 2 | Drift av befintliga verk | |
| 2.1 | Allmänt om driftoptimering | |
| 2.2 | Betydelsen av ändringen i tillämpningen av kompletteringspropositionens skatteregler | |
| 2.3 | Betydelsen av en ensidig svensk CO ₂ -skatt på bränsle för elproduktion | |
| 2.4 | Betydelsen av återinförd energiskatt på kraftvärmeverkens värmeproduktion | |
| 2.5 | Inverkan av CO ₂ -skatt på fossilt bränsle för elproduktion med skatteåterbäring i proportion till elproduktionen | |
| 2.6 | Produktionsbidrag för el producerad i biobränsleeldade kraftvärmeverk | |
| 3 | Tillkomsten av nya kraftvärmeverk | |
| 3.1 | Prisläget 1993 | |
| 3.2 | Inverkan av framtida prisändringar | |
| Referenser | | |
| Bilaga 1: | | |
| Kraftvärmeverk som kan använda biobränsle. | | |

SAMMANFATTNING

Förutsättningarna

I detta tillägg undersöks, på uppdrag av Biobränslekommissionen, huruvida vissa nya styrmedel som specificerats av Kommissionen skulle kunna leda till en ökad användning av biobränslen i kraftvärmeverk nedan under 1990-talet.

Undersökningen baseras på kompletteringspropositionens skatteregler med den modifierade tillämpning av reglerna som riksdagen godtog i juni 1992. Vidare utgår undersökningen från antagandet att Visby-domen kommer att undanröjas. Utan denna åtgärd har biobränslen ingen framtid på den svenska fjärrvärmemarknaden.

Resultat

Såsom redan framhållits i huvudrapporten, är det väsentligt för tillkomsten av nya biobränsleeldade kraftvärmeverk att nuvarande investeringsbidrag till dessa kraftvärmeverk förnyas. Övriga kompletterande styrmedel som undersökts rangordnas på följande sätt när det gäller ökning av mängden biobränsle för kraftvärmeverk som de anses åstadkomma:

- 1) Största effekt uppnås om ett produktionsbidrag på förslagsvis ca 6 öre per kWh el producerad i biobränsleeldade kraftvärmeverk kombineras med att man avskaffar nuvarande möjlighet att använda helt skattebefriat fossilt tillsatsbränsle i sådana verk. Då ersätts det fossila tillsatsbränslet med biobränsle, samtidigt som nya biobränsleeldade kraftvärmeverk får stärkt konkurrenskraft jämfört med alla övriga produktionsalternativ.
- 2) Viss effekt uppnås också om man introducerar en svensk CO₂-avgift på fossilt bränsle för elproduktion, kombinerad med tillgodoföring i proportion till den producerade elenergin (jämför med nuvarande kväveoxidavgift). En förutsättning för att uppnå denna begränsade positiva effekt är dock att avgiften blir tillräckligt hög (ca 16 öre/kg) för att göra det olönsamt att använda helt skattebefriat fossilt tillsatsbränsle i biobränsleeldade kraftvärmeverk.
- 3) Mycket liten nettoeffekt uppnås om man introducerar en svensk CO₂-skatt på fossilt bränsle för elproduktion på ca 8 öre/kg, enligt ett av förslagen som undersökts.
- 4) Ingen nämnvärd effekt uppnås under större delen av 90-talet om man återinför energiskatt på fossilt bränsle för kraftvärmeverkens värmeproduktion.

Även när det gäller en bieffekt, nämligen inverkan på den totala kraftvärmeproduktionen, rangordnas styrmedlen på samma sätt. Produktionsbidraget ger en ökad total kraftvärmeproduktion, övriga åtgärder (särskilt de två sitnämnda), en minskad total kraftvärmeproduktion under större delen av 90-talet.

Produktionsbidraget har dock en nackdel - det är inte självfinansierande. Ett sätt att klara finansieringen vore att något höja energiskatten på el för den icke konkurrensutsatta sektorn, hushåll och service. Då uppnås även viss energispareffekt.

Möjliga långsiktiga förändringar i villkoren för biobränsleeldade kraftvärmeverk, såsom en eventuell CO₂-skatt på bränsle för elproduktion inom EG i framtiden, behöver knappast beaktas när man tar ställning till val av styrmedel för de närmaste åren.

SAMMANFATTNING

INNEHÅLL

Förslagsutvärdering

I detta tillägg undersöks på uppdrag av Biobänselskommissionen huruvida vissa nya styrmedel som specificerats av Kommissionen skulle kunna leda till en ökad användning av biobänslen i kraftvärmeverk sedan under 1990-talet.

Undersökningen baseras på konceptstudier av Biobänselskommissionens skatteerklaring med den modifierade tillämpning av reglerna som tillägg till följande i juni 1992. Vidare utgår undersökningen från antagandet att Västby-plantan kommer att underbyggs. Utan denna förändring har biobänslen ingen framtid på den svenska kraftvärmeverksmarknaden.

Resultat

Sådana som främst bidrar till investeringar i nya biobänselproduktioner är de väsentliga förändringarna i nya biobänselproduktioner i kraftvärmeverk, att nya investeringar till dessa kraftvärmeverk förväntas öka. Övriga konceptstudier styrmedel som undersöks i rapporten på följer de sätt när det gäller förändring av mängden biobänsel för kraftvärmeverk som de nämns i tabell 1.

1) Största effekt uppnås om ett produktionsbidrag på försäkras av 0,6 per kWh av biobänsel i kraftvärmeverk. Kraftvärmeverk som tillåts att använda den skatteerklaring som tillåts i sådana verk. Då ersätts det fossila biobänslet med biobänsel i sådana verk. Nya biobänselproduktioner i kraftvärmeverk för att konkurrera med alla övriga produktionsalternativ.

2) Vid ett annat uppnås också om man introducerar en svensk CO-skatt på fossilt bränsle för elproduktion, kombinerat med tillägg till den producerade energin (jämfört med nuvarande kväveoxidavgift). En förändring för ett uppnås denna begränsade positiva effekt är dock att avgiften blir tillräckligt hög (ca 10 öre/kg) för att göra det olönsamt att använda fossilt skatteerklaring i biobänselproduktioner i kraftvärmeverk.

3) Mycket liten nettoeffekt uppnås om man introducerar en svensk CO-skatt på fossilt bränsle för elproduktion på ca 8 öre/kg, enligt ett av förslagen som undersöks.

4) Ingen nämnvärd effekt uppnås under större delen av 90-talet om man återför energiskatt på fossilt bränsle för kraftvärmeverkens värmeproduktion.

Även när det gäller en delvis, nämligen inverkan på den totala kraftvärmeproduktionen, rangordnas styrmedlen på samma sätt. Produktionsbidraget ger en ökad total kraftvärmeproduktion, övriga åtgärder (särskilt de två sistnämnda), en minskad total kraftvärmeproduktion under större delen av 90-talet.

Produktionsbidraget har dock en nackdel - det är inte självfinansierande. Ett sätt att klara finansieringen vore att något höjs energiskatten på el för den icke konkurrerande sektorn, hushåll och service. Då uppnås även viss energispareffekt.

Möjliga långsiktiga förändringar i villkoren för biobänselproduktioner i kraftvärmeverk, så som en eventuell CO-skatt på bränsle för elproduktion inom EG i närheten, behöver knappast beaktas när man tar ställning till val av styrmedel för de närmaste åren.

1 BAKGRUND

Sedan ovannämnd rapport färdigställdes 15 maj 1992 beställde Biobränslekommissionen kompletterande beräkningar som skulle belysa möjligheten att åstadkomma ökad elproduktion i befintliga och nya biobränsleeldade kraftvärmeverk redan under 1990-talet genom att använda olika styrmedel.

- a) Bränsle för elproduktion beläggs med en CO₂-skatt som uppgår till 8 öre/kg, redan innan vår omvärld beskattar bränsle för elproduktion.
- b) Fossilt bränsle för kraftvärmeverkens värmeproduktion belastas på nytt med energiskatt, dvs som före den 1 juli 1991.
- c) Bränsle för elproduktion beläggs med en avgift, med återbetalning av intäkterna till producenterna av el, i proportion till den producerade elmängden (dock ej till producenter av vattenkraft och kärnkraft).
- d) Stöd till elproduktion i kraftvärmeverk eldade med biobränslen, i form av ökat investeringsbidrag per kW_e eller nytt produktionsbidrag per kWh_e (dvs två alternativa styrmedel som redan föreslagits men inte kvantitativt behandlats i huvudrapporten).

I detta tillägg behandlas inverkan av de ovannämnda styrmedlen på konkurrensförhållandet mellan olika värmeproduktionskällor för fjärrvärmesystem, samt på fjärrvärmens konkurrenskraft i förhållande till individuell värmeproduktion.

Dessutom diskuteras möjligheten att komplettera d) med slopad möjlighet att använda skattebefriat fossilt tilläggsbränsle i biobränsleeldade kraftvärmeverk, en möjlighet som finns inom vissa gränser i dagens och kompletteringspropositionens skatteregler. Även sätt att finansiera d) diskuteras. På längre sikt kan en åtgärd av typ a) eller c) ersättas av en EG-skatt på bränsle för elproduktion, en åtgärd vars konsekvenser redan belysts i huvudrapporten. Därför behandlas i detta tillägg bara de kortsiktiga konsekvenserna av de ovannämnda alternativa styrmedlen.

På Biobränslekommissionens begäran beaktas även inverkan av riksdagens beslut om tolkningen och tillämpningen av de i kompletteringspropositionen föreslagna skattereglerna för fjärrvärmeleveranser till industrin. Enligt detta beslut medges fjärrvärmeproducenterna ett skatteavdrag, som om fjärrvärmeleveransen till industrin hade producerats uteslutande med skattebelastade bränslen, under förutsättning att användningen av fossila bränslen motsvarar minst leveransen av fjärrvärme till industrin eller växthusnäringen under redovisningsperioden. Genom beslutet påverkas nämligen konkurrensförutsättningarna för användning av fossila bränslen.

2 DRIFT AV BEFINTLIGA VERK

2.1 Allmänt om driftprioritering

I varje fjärrvärmesystem drivs de olika produktionsenheterna i enlighet med en viss prioriteringsordning under en given årstid. Enheten som har den lägsta rörliga nettokostnaden för värmeproduktion, får högsta driftprioritet och svarar sålunda för produktionen av baslasten under denna årstid. Önskar man uppnå en hög energiproduktion från befintliga biobränsleeldade kraftvärmeverk måste man eftersträva att dessa får driftprioritet i varje fall under vintern, helst även under vår och höst. Då får verket en hög utnyttjningstid, se figur 1. Denna målsättning kan bara uppfyllas om de biobränsleeldade kraftvärmeverken har lägre rörlig nettokostnad än övriga enheter som finns i samma system under de nämnda årstiderna, under vilka mest värme konsumeras och höga elpriser reducerar kraftvärmeverkens nettoproduktionskostnad för värme.

Sverige har ett trettioårigt ångkraftvärmeverk, på senare tid kompletterat med ett fåtal dieselmotorer, gasturbiner och gaskombiverk. Några av ångkraftvärmeverken är utrustade för eldnings av biobränsle, och kan då vanligtvis även eldas med kol och i vissa fall med olja. I ett fåtal system finns idag flera kraftvärmeverk som eldas med olika bränslen.

För ett befintligt ångkraftvärmeverk som kan elda såväl biobränsle som kol, är det med dagens skatteregler lönsammast att elda biobränsle för värme och skattebefriat kol för el. Detta visades redan i huvudrapporten.

Enligt uppgift från Riksskatteverket är det inte meningen att flera kraftvärmeverk i samma system skall behandlas som en enda skatteenhet i detta sammanhang. Man skall alltså inte kunna elda en enhet med flis och den andra med kol, och få en kolmängd som svarar mot elproduktionen i båda enheterna befriad från skatt. De skrivna reglerna är dock otydliga på denna punkt, och missbruk uppges förekomma idag. Jag kommer dock i detta tillägg att utgå ifrån att dagens regler tolkas och tillämpas på det sätt som Riksskatteverket finner riktigt, dvs att varje kraftvärmeverk i ett system behandlas som en separat skatteenhet.

2.2 Betydelsen av ändringen i tillämpningen av kompletteringspropositionens skatteregler

Regeringen föreslog i kompletteringspropositionen (prop. 1991/92:150 bil I:5) vissa regler för beskattningen av fjärrvärmeleveranser till industrin. För att undvika konkurrenssnedvridningar borde sådana leveranser omfattas av den lägre skattebelastning för industrin som avsågs gälla från år 1993. Fjärrvärmeproducenterna fick därför rätt till återbetalning av skatten på den energi som åtgått för att producera den fjärrvärme som levererats till industrin. I en kommentar till den aktuella lagparagrafen förutsattes att skattebelastningen på leveranser av fjärrvärme till industrin borde beräknas på grundval av de bränslen som faktiskt använts under redovisningsperioden. Därmed skulle det inte bli möjligt att, i fall då både beskattade och obesattade bränslen använts, hänföra de beskattade bränslena till leveranser till industrikunder.

Denna propositionens lagtolkning väckte kritik från bl a Värmeverksföreningen, som hävdade att en sådan tillämpning av lagen skulle leda till ett avsevärt bortfall av fjärrvärmeleveranser till industrin. Detta gällde särskilt för verk med en hög andel biobränslen. Sådana verk skulle få en starkt försämrad konkurrenssituation i förhållande till industrier, eftersom dessa från år 1993 har alternativet att täcka sina värmebehov med t ex lågt beskattad olja i egna pannor.

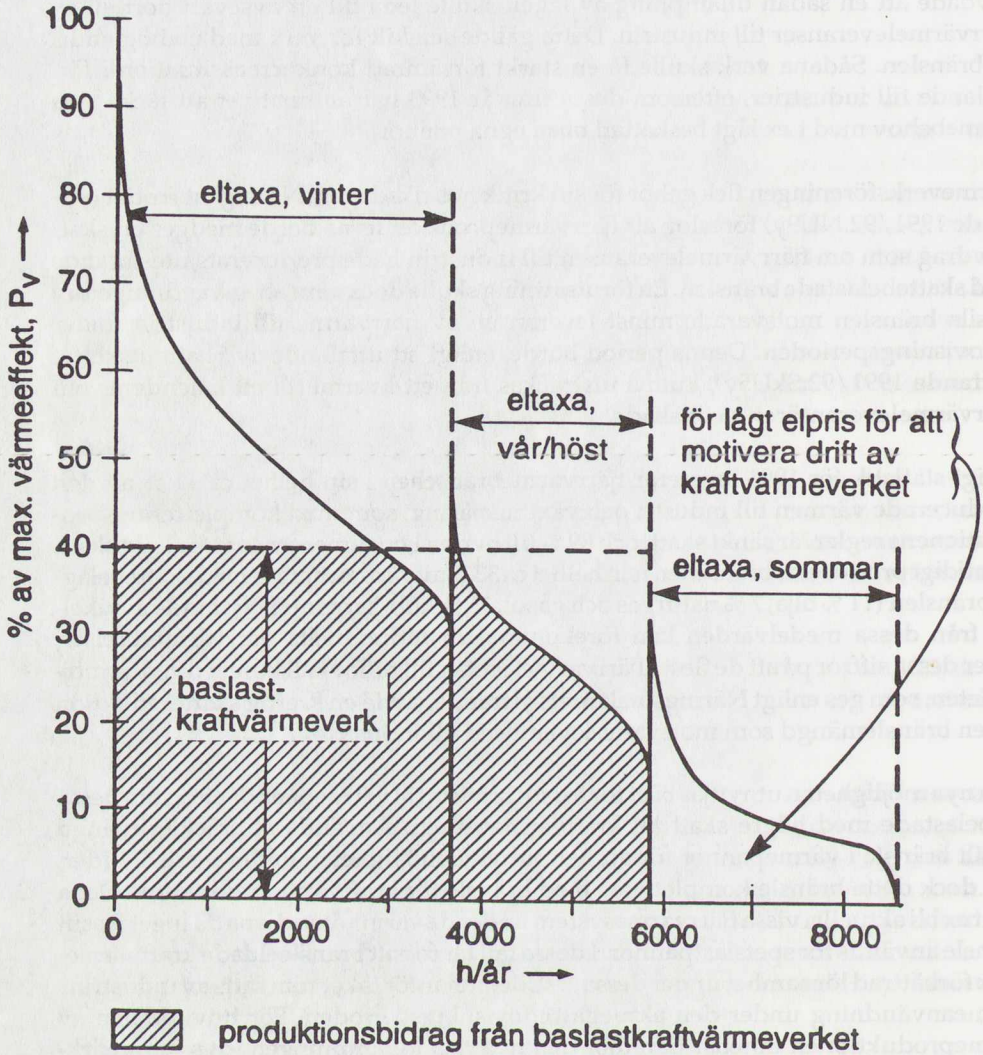
Värmeverksföreningen fick gehör för sin kritik hos riksdagen. Näringsutskottet (yttrande 1991/92:NU9y) föreslog att fjärrvärmeproducenterna borde medges ett skatteavdrag som om fjärrvärmeleveransen till industrin hade producerats uteslutande med skattebelastade bränslen. En förutsättning skulle dock vara att användningen av fossila bränslen motsvarade minst leveransen av fjärrvärme till industrin under redovisningsperioden. Denna period borde, enligt ett uttalande av Skatteutskottet (yttrande 1991/92:SkU5y), kunna utsträckas från ett kvartal till ett kalenderår om fjärrvärmeleverantören så önskade.

Enligt statistik för 1991 levererar fjärrvärmebranschen i sin helhet ca 11 % av den producerade värmen till industri och växthusnäring, som med kompletteringspropositionens regler får sänkt skatt, och 89 % till övriga konsumenter som får höjd skatt. Samtidigt producerar branschen i sin helhet ca 33 % av värmeenergin med skattebelagda bränslen (11 % olja, 7 % naturgas och gasol, 15 % kol). Trots att betydande avvikelser från dessa medelvärden kan förekomma för individuella fjärrvärmerörelser, tyder dessa siffror på att de flesta fjärrvärmeföretag till fullo skall kunna utnyttja möjligheten, som ges enligt Näringsutskottets yttrande, att få en kraftig skattereduktion för en bränslemängd som motsvarar leveransen till industrin.

Den nya möjligheten utnyttjas bäst för fossilt bränsle till värmepannor eftersom dessa är belastade med högre skatt än kraftvärmeverken. Används otillräcklig mängd fossilt bränsle i värmepannor för att helt utnyttja möjligheten under vissa årstider, kan dock detta bränsle kompletteras med bränsle för kraftvärmeproduktion. Detta kan t ex bli aktuellt i vissa fjärrvärmesystem under de varma årstiderna då inget fossilt bränsle används för spetslastpannor. I dessa fall får fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk förbättrad lönsamhet under dessa årstider innanför taket som sätts av industrins värmeanvändning under den aktuella redovisningsperioden. För huvuddelen av värmeproduktionen innebär däremot den nya regeltillämpningen (dvs öronmärkningen av fossilt bränsle för industrin) om den godkänns, en ökad beskattning av fossilt bränsle. CO₂-skatten höjs jämfört med dagens regler från 25 till 32 öre/kr, dvs med 28 %, och detta kompenseras inte längre delvis genom att skattelindringen för leveranser till industrin beräknas på grundval av den faktiska bränslefördelningen såsom föreslogs i kompletteringspropositionen.

Utan öronmärkning för leveranser till industrin av de beskattade bränslena hade den genomsnittliga skattehöjningen för fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk stannat vid $28 \% \times 0,89 - 68 \% \times 0,11 = 17,4 \%$, i stället för vid ovannämnda 28 %.

Figur 2 visar den rörliga nettokostnaden för värmeproduktion från olika produktionskällor, med bränsle konsumerat ovanför taket för skattelindringen vid skattat



Figur 1: Varaktighetskurva för fjärrvärmenät, uppdelad i tre perioder enligt eltaxa.

(Kurvorna visar för hur många timmar per årstid som värmeeffektbehovet är större än värmeeffekten, P_v).

prisläge 1993. För att få fram bränslepriserna för denna figur för 1993 har jag interpolerat linjärt mellan de direkta bränslepriserna för 1991 och 2000, redovisat i huvudrapporten. Detta medför viss ökning i priserna för fossila bränslen som försämrar konkurrenskraften för kraftvärmeverk eldade med fossila bränslen jämfört med läget 1991. När det gäller elpriserna däremot, har jag antagit att den fria elmarknaden ännu inte hunnit ha en påtaglig inverkan på priserna. Jag har därför räknat med samma realpriser för el som för 1991, dvs Vattenfalls högspänningstaxa N1. Skatterna har antagits gälla i löpande penningvärde så att deras realvärde minskar med 3 % inflation per år. Fliseldade pannor och kraftvärmeverk antas vara utrustade med kondenserande rökgaskylning eftersom de flesta befintliga enheter redan skaffat denna utrustning eller planerar att skaffa sådan av lönsamhetsskäl.

Precis som i huvudrapporten, representerar varje stapel i figur 2 en typ av kraftvärmeverk. Den rörliga värmekostnaden redovisas separat för vinter, vår/höst och sommar, med hänsyn till skilda priser för energiavgiften i eltaxan. Figuren kan användas för att avgöra vilka av de olika produktionskällorna som kan finnas i ett fjärrvärmesystem, som får driftprioritet under olika årstider och som därigenom får baslastuppgiften med hög utnyttjningstid som följd.

För de fliseldade verken visas kostnaden vid användning av enbart flis (heldragen linje) samt kostnaden med maximalt tillåten andel skattebefriat kol (streckad linje). Figuren visar att fliseldade kraftvärmeverk som maximalt utnyttjar möjligheten att använda helt skattebefriat fossilt bränsle för själva elproduktionen, har så låga rörliga nettokostnader för värmeproduktion, att de får högre driftprioritet än alla andra alternativ under vintern, och högre driftprioritet än alla andra alternativ utom värmepumpar vår och höst. De får sålunda hög utnyttjningstid i de flesta av dagens fjärrvärmesystem.

Utnyttjar de fliseldade kraftvärmeverken inte möjligheten att använda helt skattebefriat fossilt bränsle som tillsatsbränsle, så ökar deras värmekostnad med ca 2 öre per kWh. Detta räcker för att ge dem lägre driftprioritet än dieselmotorer under vintern, (i de få system där båda typer av kraftvärmeverk förekommer parallellt) och lägre driftprioritet än flispannor och värmepumpar under vår och höst.

De som sagts ovan visar att fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk inte hotar de bio-bränsleeldade kraftvärmeverkens driftprioritet med skatteregler enligt Näringsutskottets yttrande. Detta gäller i varje fall om biobränsleeldade kraftvärmeverk fullt utnyttjar dagens möjlighet att använda helt skattebefriat tillsatsbränsle för själva elproduktionen (motsvarande ca 35 % av hela bränsleförbrukningen vid typiska elutbytesfaktorer). Däremot finns det många system där fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk får låg driftprioritet, nämligen alla system som innehåller flispannor eller fliseldade kraftvärmeverk eller värmepumpar. Dieselmotorer eldade med Eo5 är enda typen av fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk som åtminstone under vintern får högre driftprioritet än flispannor och värmepumpar.

2.3 Betydelsen av en ensidig svensk CO₂-skatt på bränsle för elproduktion

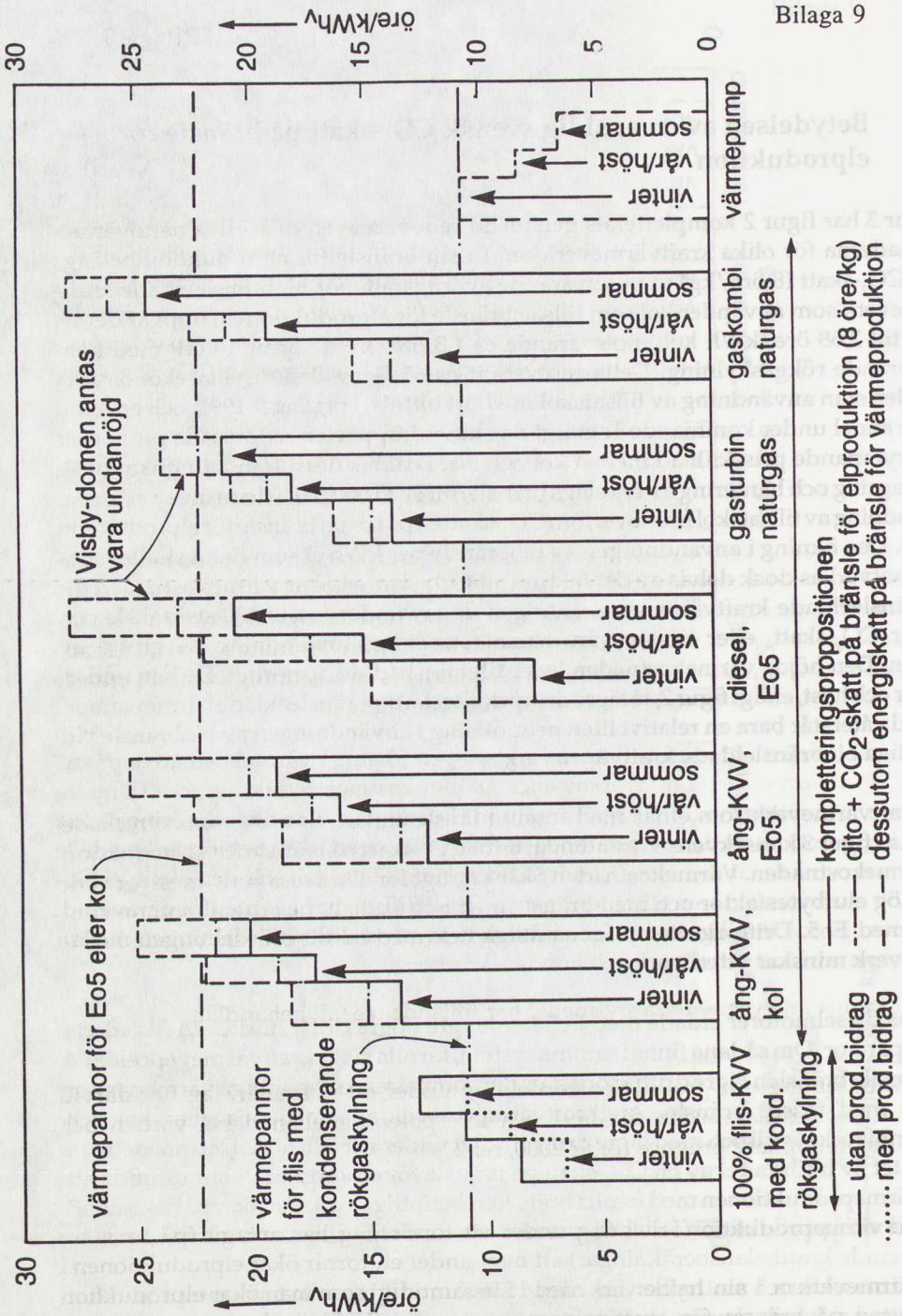
I Figur 3 har figur 2 kompletterats genom att redovisa även de rörliga nettovärme-kostnaderna för olika kraftvärmeverk om fossilt bränsle för elproduktion beläggs med CO₂-skatt (8 öre/kg) utan nuvarande avdragsrätt. För biobränsleeldade kraftvärmeverk som använder kol som tillsatsbränsle för elproduktionen, uppgår denna skatt till 2,68 öre/kWh kol, motsvarande ca 1,3 öre/kWh värme i verk med kondenserande rökgaskylning. Detta motverkar ca 65 % av den direkta ekonomiska fördelen som användning av tillsatskol medfört hittills, i prisläget 1991, och en ännu större andel under kommande år enligt de i huvudrapporten redovisade prognoser om krympande prisskillnad mellan kol och flis. Beaktas dessutom komplikationen med lagring och hantering av två slags bränsle, torde vissa verk i detta läge avstå från användning av tillsatskol framöver, om CO₂-skatten på fossilt bränsle för elproduktion införs. Den ökning i användningen av biobränsle per kWh el som detta skulle medföra motverkas dock delvis av det faktum att CO₂-skatten ökar värmekostnaden för biobränsleeldade kraftvärmeverk, antingen de använder fossilt tillsatsbränsle och betalar CO₂-skatt, eller avstår från denna förmånliga användning på grund av skatten. Den höjda värmekostnaden leder till minskad driftprioritet. De kan under t ex vår och höst, enligt figur 2, få lägre driftprioritet än biobränsleeldade värmepannor. Sålunda återstår bara en relativt liten nettoökning i användningen av biobränsle vid befintliga biobränsleeldade kraftvärmeverk.

För kraftvärmeverk som eldas med fossilt bränsle enbart visar de punktstreckade linjerna i figur 3 konsekvensen av att man inför CO₂-skatt på bränsle för elproduktion för värmekostnaden. Värmekostnaden ökar kraftigt för alla dessa verk, mest för verk med hög elutbytesfaktor och med bränsle med hög kolhalt, t ex dieselmotorer som eldas med Eo5. Driftprioriteten för samtliga helt med fossilt bränsle eldade kraftvärmeverk minskar ytterligare.

Inte ens dieselmotorer eldade med Eo5 har längre högre driftprioritet än fliseldade värmepannor. Om sådana finns i samma system, får alla slags kraftvärmeverk eldade med fossila bränslen lägre driftprioritet under sommaren än befintliga värmepannor eldade med fossilt bränsle. Ångkraftvärmeverk eldade med olja eller kol och gaskombiverk får till och med lägre driftprioritet under vår och höst. Det omedelbara resultatet av införandet av en CO₂-skatt på bränsle för elproduktion blir sålunda att kraftvärmeproduktionen med fossila bränslen i befintliga verk minskar på bekostnad av ökad värmeproduktion i dels flispannor och dels olje- eller naturgaspannor.

Fjärrvärmesektorn i sin helhet får något försämrad lönsamhet på grund av ökat skatteuttag på bränsle för elproduktion, eller påtvingad användning av dyrare bränslealternativ. Risk finns att detta i så fall leder till något högre användning av fossila bränslen i individuella pannor.

Styrmedlet åstadkommer sålunda viss ökning i användningen av biobränslen, dels i några biobränsleeldade kraftvärmeverk, dels i några värmepannor. Samtidigt har det även oönskade bieffekter, nämligen minskad kraftvärmeproduktion med fossila bränslen och ökad användning av fossila bränslen i värmepannor.



Figur 3: Rörlig nettokostnad för värme under olika årstider vid den av riksdagen godkända tillämpningen av kompletteringspropositionens skatteregler samt för vissa av kurvorna ytterligare styrmedel. (Prisläge 1993, penningvärde 1991).

2.4 Betydelsen av återinförd energiskatt på kraftvärmeverkens värmeproduktion

De streckade linjerna i staplarna för fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk i figur 3 visar den rörliga nettovärmekostnaden om man kompletterar den ovannämnda CO₂-skatten på fossilt bränsle för elproduktion med återinförd energiskatt på bränsle för kraftvärmeverkens värmeproduktion. Med denna ytterligare påлага kan inte ens dieselmotorer eldade med Eo5 eller gasturbiner klara konkurrensen från oljepannor under vår och höst. De i avsnitt 2.3 beskrivna konsekvenserna av CO₂-skatten på bränsle för elproduktion förstärks sålunda ytterligare.

2.5 Inverkan av en CO₂-avgift på fossilt bränsle för elproduktion med tillgodoföring i proportion till elproduktionen

För att illustrera effekten av en åtgärd som har en kraftigare inverkan på biobränsleanvändningen än den i avsnitt 2.3 behandlade CO₂-skatten på 8 öre/kg, har det antagits att CO₂-avgiften med tillgodoföring i proportion till elproduktionen görs högre, nämligen 16 öre/kg. Detta räcker klart för att göra användning av fossilt tillsatsbränsle för elproduktionen olönsamt. På så sätt erhålls en ersättning av fossilt bränsle med biobränsle, vilket skulle öka biobränsleanvändningen.

Även i detta fall medför ersättningen i sig själv en ökning i värmekostnaden på ca 2 öre/kWh värme. Detta motverkas dock av den kostnadsreduktion som tillgodoföringen av avgiften medför. Frågan är sålunda huruvida denna tillgodoföring räcker för att helt kompensera den ovannämnda kostnadsökningen, så att de biobränsleeldade kraftvärmeverken får en helt oförändrad driftprioritet. I så fall står den ökning i biobränsleanvändningen som elimineringen av fossilt tillsatsbränsle medför ograverad. Storleken på avgiftstillgodoföringen påverkas av produktionsfördelningen mellan olika typer av kraftvärmeverk och kondenskraftverk.

För att kunna analysera detta styrmedel har följande tre fall behandlats.

Fall 1:

Bränslefördelning och produktionsfördelning under ett normalår. Jag har därvid utgått från faktiska värden för 1991 och interpolerat mellan dessa värden och NUTEKs preliminära prognos för år 2000, ref 2.

Fall 2:

Bränsle och produktionsfördelning under ett torrår. Jag har antagit (på basis av publicerade kraftbalansberäkningar) att man under ett torrår ökar elproduktionen i kraftvärmeverk och mottrycksverk med 10 % samtidigt som man ökar elproduktion i kondenskraftverk mycket kraftigt, nämligen med ca 7,5 TWh el.

Fall 3:

Bränsle och produktionsfördelning under ett normalår, dock med antagandet att styrmedlet i sig själv förändrar produktionsfördelningen, dvs minskar elproduktionen med fossila bränslen med 30 % p g a höjda kostnader, och ökar elproduktionen med biobränslen med 30 % p g a sänkt kostnad.

Tabell 1: Inverkan av CO₂-avgift (16 öre/kg) på bränsle för elproduktion med tillgodoföring i proportion till elproduktionen.

		Kondenskraft		Kraftvärme				Totalt
		kol	olja	kol	olja	naturgas	bio	
A. Antagna medelprestanda och skatt								
1. Marginalverkningsgrad för elproduktion ¹⁾	η_{em}	0,35	0,35	0,85	0,85	0,85	0,85	-
2. Elutbytesfaktor ²⁾	α	-	-	0,56	0,5	0,6	0,4	-
3. CO ₂ -avgift, öre/kWh bränsle (16 kr/kg)	ö/kWh _v	5,36	4,26	5,36	4,26	3,16	0	-
B. Fall 1: Normalår								
1. Elproduktion	TWh	0,27	0,28	1,96	2,14	0,67	2,73	8,05
2. Bränsle för elprod. = (1)/ η_{em}	TWh	0,78	0,79	2,30	2,52	0,79	3,21	10,39
3. Avgift på bränsle för elprod ³⁾	Mkr	41,8	33,6	123,2	107,4	25,0	-	331,0
4. Tillgodoföring	Mkr	<u>11,2</u>	<u>11,4</u>	<u>80,6</u>	<u>88,0</u>	<u>27,4</u>	<u>112,4</u>	<u>331,0</u>
5. Nettoavgift, = (3) - (4)	Mkr	30,6	22,2	42,6	19,4	-2,4	-112,4	0
6. Nettoavgift, per kWh el ⁴⁾ = 5) / 1)	ö/kWh _v	11,3	7,9	2,17	0,91	-0,36	-4,11	-
C. Fall 2: torrår								
1. Elproduktion	TWh	4,0	4,0	2,16	2,35	0,74	3,00	16,25
2. Bränsle för elprod. (1)/ η_{em}	TWh	22,9	22,9	2,54	2,76	0,87	3,53	55,50
3. Avgift på bränsle för elprod ³⁾	Mkr	1225	975	136	118	28	-	2482
4. Tillgodoföring	Mkr	<u>611</u>	<u>611</u>	<u>330</u>	<u>359</u>	<u>113</u>	<u>458</u>	<u>2482</u>
5. Nettoavgift = (3) - (4)	Mkr	614	364	-194	-241	-85	-458	0
6. Nettoavgift, per kWh el ⁴⁾ = 5) / 1)	ö/kWh _v	15,4	9,1	0,9	-1,0	-1,1	-15,3	-
D. Fall 3: Normalår med produktionsfördelning påverkad genom avgiften								
1. Elproduktion	TWh	0,19	0,20	1,37	1,50	0,47	3,55	7,28
2. Bränsle för elprod. (1)/ η_{em}	TWh	0,54	0,57	1,61	1,76	0,55	4,18	9,21
3. Avgift på bränsle för elprod ³⁾	Mkr	29,1	24,3	86,3	75,0	17,4	-	232,1
4. Tillgodoföring	Mkr	<u>6,1</u>	<u>6,3</u>	<u>43,7</u>	<u>47,8</u>	<u>15,0</u>	<u>113,2</u>	<u>233,1</u>
5. Nettoavgift = (3) - (4)	Mkr	23,0	18,0	42,6	27,2	2,4	-113,2	0
6. Nettoavgift, per kWh el ⁴⁾ = 5) / 1)	ö/kWh _v	12,1	9,0	3,11	1,81	0,51	-3,19	-

1) Tills vidare dominerar äldre kondenskraftverk med relativt låg verkningsgrad.

2) För ångkraftvärmeverk eldade med kol dominerar relativt stora verk med hög α .
För oljeeldade kraftvärmeverk dominerar tills vidare medelstora ångkraftvärmeverk.
För naturgaseldade verk finns en blandning av ångkraftvärmeverk, gasturbiner och gaskombi.

3) = (punkt A.3) × (punkt 2). Beloppet anges i löpande penningvärde.

4) För kraftvärmeverken kan dessa belopp konverteras till öre per kWh värme genom att multiplicera med elutbytesfaktorn. För att få belopp i penningvärde 1991, måste dessutom beloppen korrigeras för inflationen.

Antagna produktionsfördelningar och beräknade resultat redovisas i tabell 1.

För fall 1 (se del B punkt 6 av tabellen) leder avgiftstillgodoföringen till en kostnadsreduktion med 4,11 öre/kWh el motsvarande 1,52 öre/kWh värme för bibränsleeldade kraftvärmeverk i löpande penningvärde eller något mindre i penningvärde 1991. Detta kompenserar delvis, men inte helt den kostnadsökning som ersättningen med bibränsle helt skattebefriat fossilt tillsatsbränsle hittills medfört. Dessa bibränsleeldade kraftvärmeverk får sålunda en svag försämring i driftprioriteten. Huvuddelen av den ökning i bibränsleanvändning som elimineringen av fossilt tillsatsbränsle medför kvarstår dock som en nettoökning.

Ökningen i värmekostnaden för de helt med fossila bränslen eldade ångkraftvärmeverken uppgår till ca 1.1 respektive 0,5 öre per kWh värme vid eldning av kol respektive olja, i samtliga fall i löpande penningvärde. För Eo5 eldade dieselmotorer uppgår kostnadsökningen till ca 0,8 öre/kWh värme. Dessa enheter får sålunda ytterligare försämrad driftprioritet.

I system som saknar bibränsleeldade värmepannor kan detta leda till ökad användning av med fossila bränslen eldade värmepannor under de varmare årstiderna på bekostnad av minskad kraftvärmeproduktion. Naturgaseldade kraftvärmeverk får en svag värmekostnadsreduktion enligt tabell 1, som knappast räcker till för att nämnvärt påverka driftprioriteten.

I princip åstadkoms i stort sett oförändrad elproduktion i fliseldade kraftvärmeverk, men deras användning av fossilt tillsatsbränsle (i huvudsak kol) elimineras. El och värmeproduktion i fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk reduceras något, på bekostnad av ökad värmeproduktion i värmepannor eldade med flis eller fossila bränslen.

Beräkningsresultatet för fall 2 (se tabellens del C) visar att man under torrår får en kraftig avgiftsbeläggning av det stora produktionsbidraget från kondenskraftverk. Alla kraftvärmeverk får i och med detta en nettovärmekostnadsreduktion (se punkt 6, del C). Starkast är reduktionen för fliseldade kraftvärmeverk som i och med detta får en nettovärmekostnadsreduktion. Detta resultat är sålunda gynnsamt för kraftvärmeproduktion. Dock förekommer sällan extrema torrår.

Beräkningsresultatet för fall 3 visar att fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk får en något högre kostnad och bibränsleeldade kraftvärmeverk en något lägre kostnad än enligt fall 1.

Diskussionen visar att CO₂-avgift av antagen storlek (16 öre/kg) med avgiftstillgodoföring åstadkommer viss ökning i bibränsleanvändningen därför att det blir olönsamt att använda det hittills helt skattebefriade fossila tillsatsbränslet för själva elproduktionen. Det sker dock på bekostnad av en något lägre kraftvärmeproduktion totalt. En nackdel är att effekterna varierar så kraftigt år från år. Detta gör det svårt att planera driften effektivt. Dessutom medför styrmedlet viss ökad administration.

2.6 Produktionsbidrag för el producerad i bibränsleeldade kraftvärmeverk

Om man ger kraftvärmeverk som eldas med enbart bibränsle ett produktionsbidrag med t ex 6 öre per kWh el i löpande penningvärde, så reduceras värmekostnaden med $6\alpha = 6 \times 0,37 = 2,22$ öre/kWh värme eller i penningvärde 1991 med ca 2,1 öre/kWh värme. (Elutbytesfaktorn för fliseldade kraftvärmeverk med kondenserande rökgaskylning är nämligen låg, typiskt ca 0,37). Denna kostnadsreduktion räcker för att kompensera den kostnadsökning som en slopad möjlighet att använda helt skattebefriat fossilt tillsatsbränsle skulle medföra (ca 2 öre/kWh). Man uppnår sålunda den låga kostnaden redovisat med den korsstreckade linjen i figur 3, första stapeln, samtidigt som användningen av fossilt tillsatsbränsle upphör.

För kraftvärmeverk med nuvarande investeringsbidrag leder produktionsbidraget till en nettoförbättring av lönsamheten, eftersom nuvarande investeringsbidrag beviljas bara för bibränsleeldade kraftvärmeverk som eldar maximalt 15 % fossilt bränsle i stället för den normala andelen sådant bränsle för elproduktion, ca 35 %.

Ställs krav på att produktionsbidraget finansieras, kan detta exempelvis ske genom en svag ökning i elskatten för hushåll och servicenäringen. Vilken finansiering av en skatteförmån man än väljer så drabbar den skattebetalare eller konsumenter av energi. Fördelen med den här föreslagna finansieringen är att den drabbar en icke konkurrensutsatt verksamhet och torde åstadkomma viss elspareffekt, utan att skada konkurrensutsatt industri.

Till skillnad från samtliga övriga styrmedel som diskuterats ovan, ökar produktionsbidraget inte produktionskostnaden i befintliga fossilt eldade kraftvärmeverk, och minskar därigenom inte deras marknadsandel. Nettoeffekten bör sålunda vara både ökad användning av bibränslen och ökad total kraftvärmeproduktion.

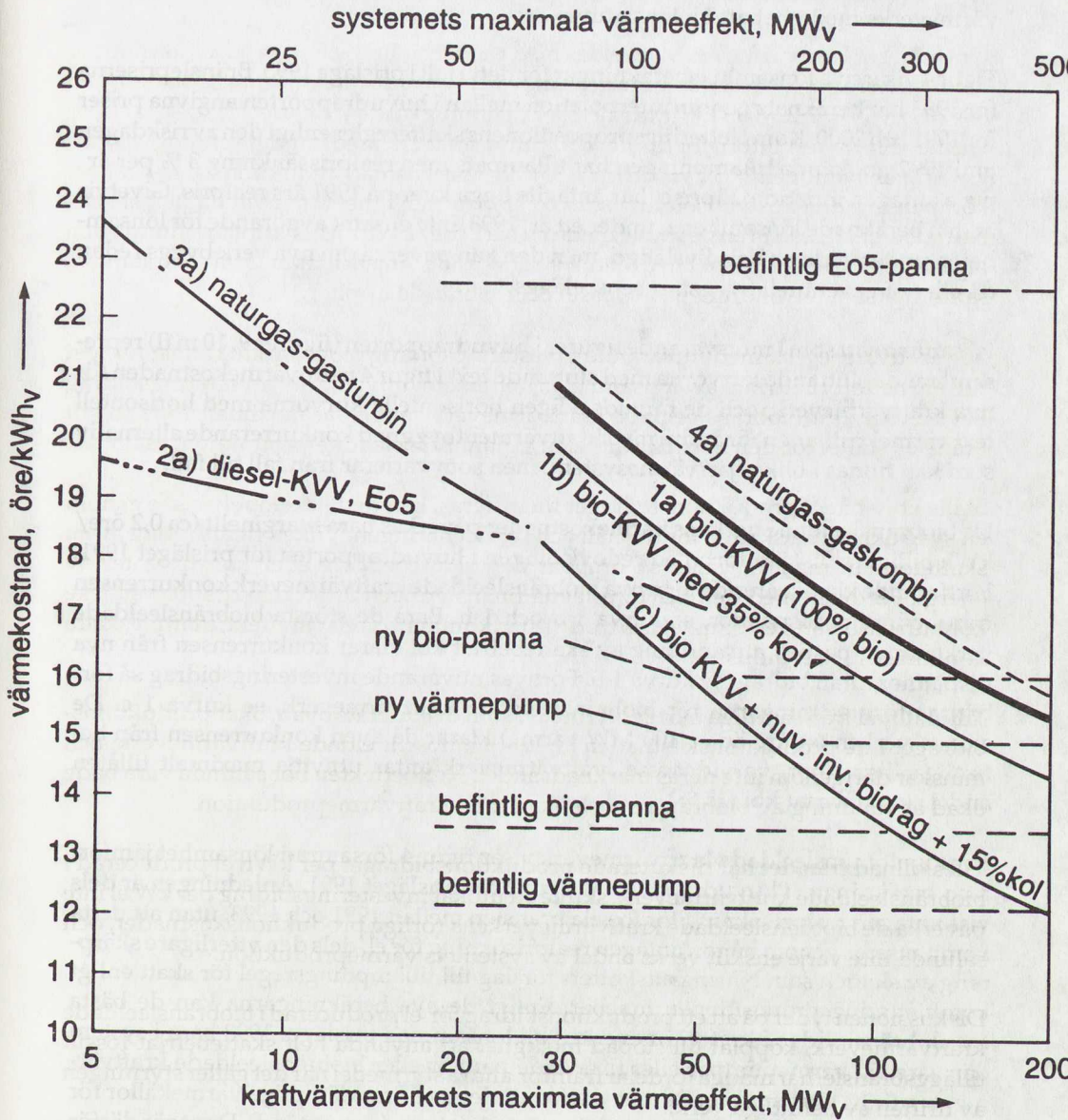
Till skillnad från det här diskuterade produktionsbidraget per kWh el producerad i bibränsleeldade kraftvärmeverk, skulle ett utökat investeringsbidrag per kW el inte påverka de bibränsleeldade kraftvärmeverkens rörliga produktionskostnader, och sålunda inte varje enskilt verks andel av systemets värmeproduktion.

Diskussionen tyder på att ett produktionsbidrag för el producerad i bibränsleeldade kraftvärmeverk, kopplat till slopad möjlighet att använda helt skattebefriat fossilt tillägsbränsle, har många fördelar framför andra styrmedel när det gäller styrningen av driften av befintliga verk.

3 TILDKOMSTEN AV NYA KRAFTVÄRMVERK

3.1 Prisläget 1993

I huvudrapportens lönsamhetsanalys för nya kraftvärmeverk behandlas ett referensfall där kraftvärmeverken svarar för baslasten under vinter, vår och höst, men inte under sommaren, då elpriserna är låga, se Figur 1. Inte alla kraftvärmeverk kan uppnå den



Figur 4: Värmekostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) respektive konkurrerande produktionsenheter (horisontell text) i prisläget 1993, penningvärde 1991.

Kompletteringspropositionens skatteregler, enligt den av riksdagen godkända tillämpningen utan andra styrmedel.

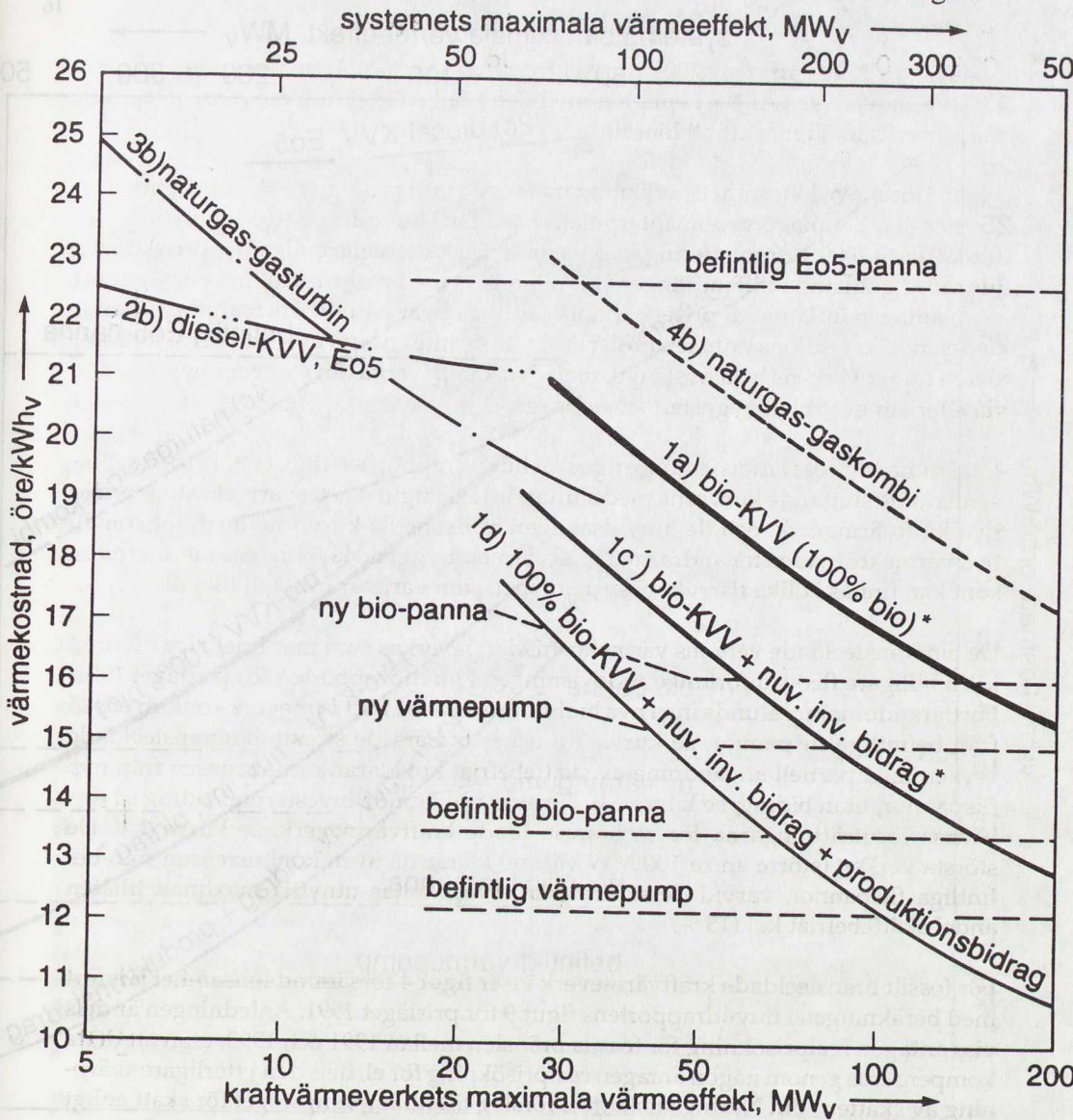
höga utnyttjningstiden ca 4700 h/år enligt denna figur. Ändå ger beräkningar för nya kraftvärmeverk som drivs i enlighet med detta fall en god indikation på nya kraftvärmeverks möjlighet att bli lönsamma.

Figur 4 visar nya lönsamhetsberäkningar för detta fall i prisläge 1993. Bränslepriserna för 1993 har beräknats genom interpolation mellan i huvudrapporten angivna priser för 1991 och 2000. Kompletteringspropositionens skatteregler enligt den av riskdagen juni 1992 godkända tillämpningen har tillämpats med realprissänkning 3 % per år p g a antagen inflation. Elpriset har antagits ligga kvar på 1991 års realpris. Givetvis är den beräknade lönsamheten under ett år, 1993, inte ensamt avgörande för lönsamheten under verkens hela livslängd, men den kan påverka om nya verk byggs redan då eller om eventuell byggstart senareläggs.

På samma sätt som i motsvarande figurer i huvudrapporten (figurer 9, 10 m fl) representerar de sluttande kurvorna med sluttande text i figur 4 nettovärmekostnaden för nya kraftvärmeverk, och de huvudsakligen horisontella kurvorna med horisontell text värmekostnaden för andra med kraftvärmeutbyggnad konkurrerande alternativ som kan finnas i olika fjärrvärmesystem, men som varierar från fall till fall.

De biobränsleldade verkens värmekostnader påverkas bara marginellt (ca 0,2 öre/kWh billigare flis) jämfört med redovisningen i huvudrapporten för prisläget 1991. Fortfarande klarar sålunda inga nya biobränsleldade kraftvärmeverk konkurrensen från befintliga flispannor, se kurva 1 a och 1 b. Bara de största biobränsleldade verken med partiell användning av skattebefriat kol klarar konkurrensen från nya flispannor, utan bidrag, se kurva 1 b. Förnyas nuvarande investeringsbidrag så förbättras förutsättningarna för biobränsleldade kraftvärmeverk, se kurva 1 c. De största verken (större än ca 100 MW värme) klarar då även konkurrensen från befintliga flispannor, varvid dessa kraftvärmeverk antas utnyttja maximalt tillåten andel skattebefriat kol (15 %).

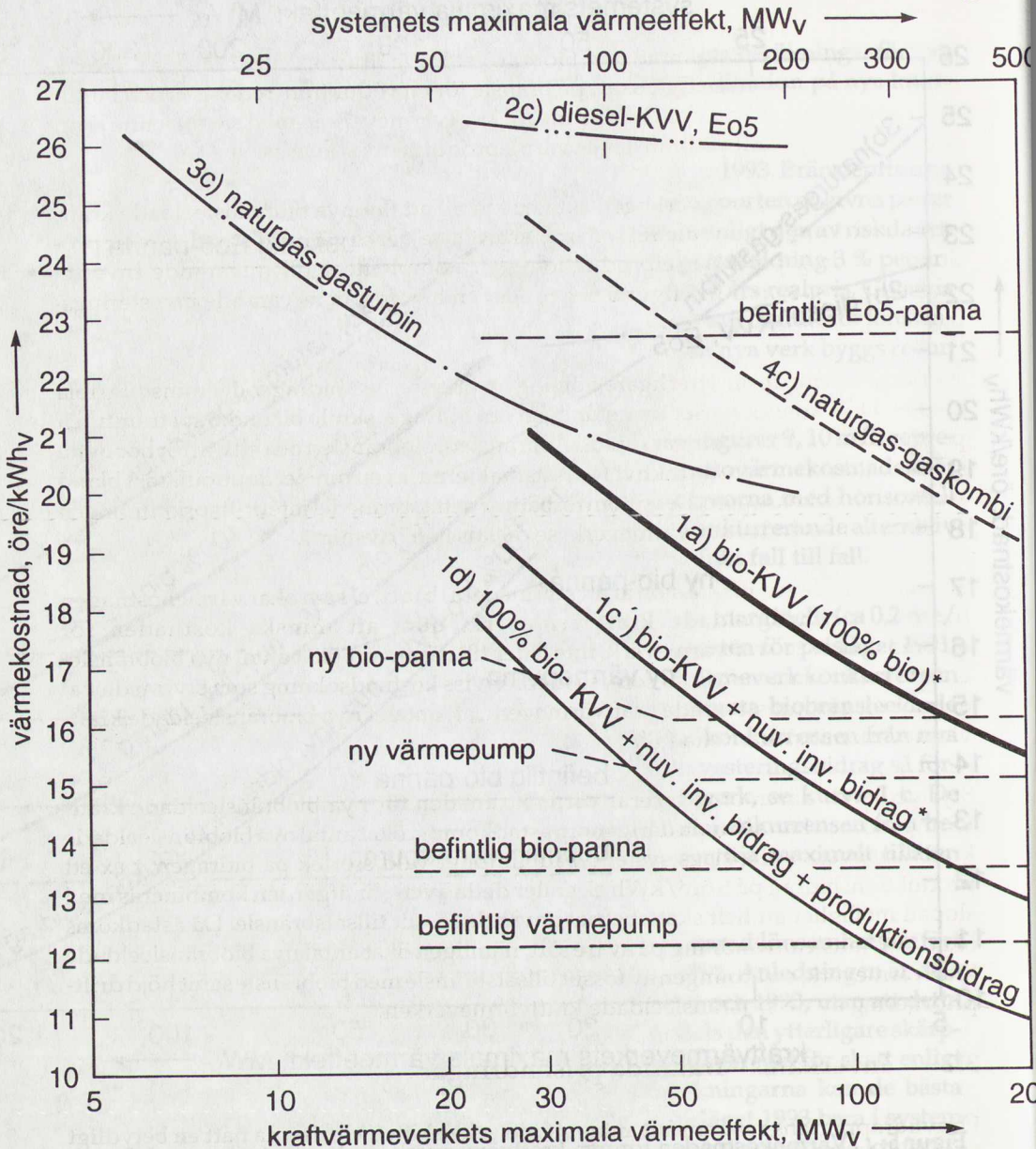
För fossilt bränsleldade kraftvärmeverk visar figur 4 försämrade lönsamhet jämfört med beräkningen i huvudrapportens figur 9 för prisläget 1991. Anledningen är dels viss antagen realprisökning för fossila bränslen mellan 1991 och 1993, utan att detta kompenseras genom någon antagen realprisökning för el, dels den ytterligare skärpning av skatten som Näringsutskottets förslag till tillämpningsregel för skatt enligt kompletteringspropositionen innebär. Enligt de nya beräkningarna kan de bästa fossila bränsleldade kraftvärmeverken bli lönsamma i prisläget 1993 bara i system där vare sig värmepumpar eller fliseldade pannor eller biobränsleldade kraftvärmeverk finns eller är aktuella (t ex därför att det inte finns lämpliga värmekällor för värmepumpar och ingen tillgång till flis på rimligt transportavstånd). De utgör därför inget hot mot biobränsleldade kraftvärmeverk på kort sikt. För de enhetsstorlekar där nya biobränsleldade kraftvärmeverk ger lägre värmekostnad än flispannor med eller utan nuvarande investeringsbidrag ger de också lägre värmekostnad än nya fossila bränsleldade kraftvärmeverk. Figuren tyder på att styrmedel som bara ökar kostnaden för fossila bränsleldade kraftvärmeverk inte skulle leda till att nya biobränsleldade kraftvärmeverk byggs. Däremot kan sådana styrmedel minska utbyggnaden av fossila bränsleldade kraftvärmeverk i mindre system som inte har



Figur 5: Värmekostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) respektive konkurrerande produktionsenheter (horisontell text) i prisläget 1993, penningvärde 1991.

Kompletteringspropositionens skatteregler enligt den av riskdagen godkända tillämpningen + CO_2 -skatt på fossilt bränsle för elproduktion.

(Kurva 1d visar inverkan av produktionsbidraget till biobränsleddade kraftvärmeverk, samtidigt som möjligheten att använda helt skattefritt kol som tillsatsbränsle slopas).



Figur 6: Värmekostnaden för nya kraftvärmeverk (sluttande text) respektive konkurrerande produktionsenheter (horisontell text) i prisläget 1993, penningvärde 1991.

Kompletteringspropositionens skatteregler enligt den av riskdagen godkända tillämpningen + CO₂-skatt på fossilt bränsle för elproduktion + energiskatt på bränsle för kraftvärmeverkens värmeproduktion.

(Kurva 1d visar inverkan av produktionsbidraget till biobränsleddade kraftvärmeverk, samtidigt som möjligheten att använda helt skattebefriat kol som tillsatsbränsle slopas).

förutsättningar för förbränning av biobränsle. Detta illustreras ytterligare i figur 5, där konsekvensen av en CO₂-skatt på bränsle för elproduktion redovisas och i figur 6 där konsekvenserna av en belastning av kraftvärmeverken med såväl denna skatt som med energiskatt på bränsle för värmeproduktion redovisas.

De enda styrmedel som verkligen skulle leda till att fler nya biobränsleeldade kraftvärmeverk byggs är styrmedel som minskar dessa verks värmekostnad, t ex ett produktionsbidrag per kWh elproduktion som komplement till nuvarande investeringsbidrag, se kurva 1d i figur 5 och 6, eller en höjning av nuvarande investeringsbidrag.

Av dessa styrmedel är ytterligare höjning av investeringsbidraget det minst flexibla medlet. Dess konsekvenser kvarstår även om bidraget skulle bli onödigt i framtiden på grund av prisförändringar för fossila bränslen, biobränslen och el. Därför bör detta styrmedel vara mindre attraktivt för statsmakterna, även om det är populärast bland kraftvärmeverkens ägare. Dessutom förbättrar detta styrmedel inte driftsprioriteringen av biobränsleeldade kraftvärmeverk, se diskussion i avsnitt 2.

Slutsatsen av denna diskussion är att styrmedel a) b) och c) som ökar värmekostnaden för fossilt bränsleeldade kraftvärmeverk, utan att minska kostnaden för biobränsleeldade kraftvärmeverk, inte leder till nämnvärt ökat antal nya biobränsleeldade kraftvärmeverk. Tvärt om, så medför viss kostnadsökning som styrmedlet a) medför för biobränsleeldade kraftvärmeverk, att antalet nya biobränsleeldade kraftvärmeverk minskar i detta fall.

Styrmedlet d) däremot reducerar värmekostnaden för nya biobränsleeldade kraftvärmeverk och kan sålunda därigenom åstadkomma ökat antal nya biobränsleeldade kraftvärmeverk i alla slags system. Vid lämpligt vald storlek på bidragen, t ex ett produktionsbidrag på 6 öre/kWh el, gäller detta även när åtgärden kombineras med slopad möjlighet att helt skattebefriat använda fossilt tillsatsbränsle. Då åstadkoms ökad biobränsleanvändning på av tre sätt, nämligen ökat antal nya biobränsleeldade kraftvärmeverk, ersättningen av fossilt tillsatsbränsle med biobränsle samt höjd driftprioritering av de biobränsleeldade kraftvärmeverken.

3.2 Inverkan av framtida prisändringar

I huvudrapportens referensfall antas att vid sekelskiftet, elpriserna nått en betydligt högre nivå än idag delvis som en konsekvens av den friare internationella elmarknaden och delvis som en konsekvens av höjda priser på kondenskraftverkens bränslen. Inträffar detta och de antagna bränsleprisändringarna, förbättras konkurrenskraften för såväl fossilt bränsleeldade som biobränsleeldade kraftvärmeverk i förhållande till andra alternativ, t ex fliseldade värme pannor, se huvudrapportens figur 10. Då finns ett effektområde där konkurrens mellan dessa två varianter av kraftvärmeverk kan uppstå, så att en hårdare skattebelastning på fossila bränslen för kraftvärmeproduktion kan skapa ytterligare marknadsandel för biobränsleeldade kraftvärmeverk. Mycket kan dock hända före år 2000, t ex en svagare prisutveckling för el, krav på en mini-

miskatt på bränsle för elproduktion inom EG m m, som kan rubba denna slutsats. Därför finns knappast anledning att idag ta ställning till de åtgärder som kan behövas på så lång sikt.

På ännu längre sikt (efter år 2000) kommer enligt huvudrapportens slutsatser bio-bränsleeldade kraftvärmeverk med konventionell teknik eller nyare teknik att få en ännu starkare roll även utan bidrag. Det finns därför, enligt min mening, anledning att idag välja styrmedel bara för de resultat man önskar uppnå på kort sikt, dvs under 1990-talet, utan att i allt för hög grad låta valet påverkas av vad som kan hända på lång sikt.

Referenser

Referens 1:

Skatteregler för kraftvärme: Konsekvenser av dagens regler och av de förändringar som den sk Visby-domen respektive en anpassning till skatteregler inom EG, kan föra med sig.

Peter Margen, Margen-Consult AB för NUTEK och Biobränslekommissionen, april 1992 (Kan rekvideras från NUTEK).

Referens 2:

Preliminär version av NUTEKs energiprognos för år 2000 (kan komma att revideras före publicering i september 1992.)

Svenska Kraftvärmeverk som kan använda bibränsle

Verk som varit i drift under en längre tid

	MW _e	MW _v	
Borås	50	~ 100	
Jönköping	7	?	
Linköping	28	72	
Nässjö	~ 7	~ 18	
Uppsala	~ 130	~ 200	Konverterad till torvpulver; träpulver?
Växjö	18	47	
Örebro	60	~ 100	

Verk som tagits i drift nyligen eller under konvertering/uppförande

Hässleholm	1	2
Karlstad	~ 15	35
Karlskoga	34	~ 70
Falun	10	55
Hudiksvall	14	36
Katrineholm	15	30
Kiruna	10	25
Malå	3	12
Värnamo	6	10

Beslutade nya verk eller konverteringar

Norrköping	~ 30	~ 90	Ny flispanna för existerande turbin
Nyköping	34	58	Flis
Enköping	25	50	Flis
Hässelby	<u>64</u>	<u>128</u>	Träpulver (konvertering planerad)
Totalt	~ 570	~ 1150	

Swenska Karlebyns stads kommunala bidrag

Verk som varit i drift under en längre tid

Örebro	- 100	60
Västbo	- 47	18
Uppsala	- 100	100
Nässjö	- 18	7
Länköp	- 28	28
Konvokt för tillfälligt förbrukade		

Verk som tagits i drift nyligen eller under konvoktion (spårande)

Värnamo	10	8
Mala	12	3
Kiruna	10	10
Karlskoga	34	20
Karlskoga	22	10
Fludikvall	14	36
Karlskoga	15	30
Karlskoga	10	25
Karlskoga	15	15
Karlskoga	35	35
Karlskoga	1	1

Resultat nya verk eller konvoktion

Totalt	- 870	- 1130
Hässelby	64	128
Enköping	25	50
Nyköping	34	38
Norköping	30	90
My tillgång för existensbidrag		

Koldioxidskatt på bränslen för elproduktion – modellberäkningar

1. Inledning
2. Elbalanser och kostnader med en koldioxidskatt
3. Lägre bränslepriser
4. Ökad import
5. Kommentarer

Bilaga 1. Elanvändningen 1991 samt prognos för år 2000

Bilaga 2. Produktionskapacitet 1991 och 2000

Bilaga 3. Kraftslagens rörliga kostnader

Bilaga 4. Importförutsättningar

Syftet med dessa beräkningar är att illustrera hur införandet av en koldioxidskatt på bränslen för elproduktion påverkar produktionskostnaderna och produktionsfördelningen mellan kraftslagen. Skatten antas uppgå till 8 öre/kg koldioxid.

Vi har studerat effekterna av skatten dels i det svenska systemet enbart och dels då hänsyn tas till import som en följd av produktionsoptimering mellan grannländerna.

De elbalanser som presenteras avser år 2000, och är resultat av modellberäkningar med verkets kraftbalansmodell "ELFIN". Med hjälp av en kraftbalansmodell kan man uppskatta hur elproduktionssystemet utnyttjas. Givet elanvändningen och data för de kraftslag som ingår i produktionssystemet beräknar modellen när de olika kraftslagen behövs, hur mycket de förväntas producera och den kortsiktiga marginalkostnaden¹ i systemet.

Vi har dock inte haft möjlighet att studera de långsiktiga effekterna av en koldioxidskatt på bränslen för elproduktion. Vi har inte tagit hänsyn till hur en skatt skulle påverka utbyggnaden av elproduktionssystemet fram till år 2000. Samtliga beräkningar baseras på det produktionssystem som vi utgick från i Energirapport 1992.

Vi har inte heller tagit hänsyn till hur en koldioxidskatt skulle påverka elpriset och elanvändningsnivån. Vi har även i det fallet utgått från den prognos över elanvändningens utveckling fram till år 2000 som redovisas i Energirapport 1992.

2. *Elbalanser och kostnader med en koldioxidskatt*

Tabell 1 visar en elbalans för år 2000. I tabellen visas som jämförelse också den faktiska balansen för 1991 (icke temperaturkorrigerad). Balansen för år 2000 baseras på verkets bränsleprisprognos fram till sekelskiftet. Priset på råolja förväntas öka från 17,5 dollar per fat 1991 till 25 dollar per fat 2000, det internationella kolpriset väntas under perioden öka från 46,5 dollar per ton till 50 dollar per ton och dollarkursen väntas uppgå till 7 kronor.

¹ Den kortsiktiga marginalkostnaden avspeglar de rörliga kostnaderna i systemet. Den kortsiktiga marginalkostnaden för ett år definieras som summan av ett tidsviktat medelvärde av den rörliga kostnaden för det dyraste kraftslag som används vid olika tidpunkter och en s k bristkostnad. Bristkostnaden avspeglar leveransförmågan i systemet.

Tabell 1 Elbalans för 1991 samt prognos för år 2000, TWh

	1991	2000
Vattenkraft	62,3	64,5 ¹
Kärnkraft	73,5 ²	72,0
Kraftvärme i industrin	3,0	4,5
<i>varav olja</i>	1,2	0,9
<i>bio, kol m m</i>	1,8	3,6
Kraftvärme i fjärrvärmenät	3,4	8,4
<i>varav olja</i>	0,6	2,6
<i>gas</i>	0,5	1,2
<i>kol</i>	2,0	2,5
<i>bio, torv mm</i>	0,3	2,0
Oljekondens	0,3	1,8
Gasturbiner	0,1	0,1
Import-export	-0,9	4,0 ³
Total tillförsel⁴	141,6	155,3

1) Ett år med normala nederbördsförhållanden

2) Kärnkraftproduktionen under 1991 var rekordstor

3) Vi har antagit att den rörliga kostnaden på fast import är så låg (ca 5 öre/kWh) att den fasta, avtalsbundna importen utnyttjas helt.

4) Vi har inte tagit med elproduktionen i vindkraftverk år 2000.

En koldioxidskatt skulle belasta de fossila bränslena i förhållande till deras kolinnehåll. Med en skatt på 8 öre/kg koldioxid beräknas kolpriset öka med 2,7 öre/kWh, oljepriset med 2,1 öre/kWh och priset på naturgas med 1,6 öre/kWh. Hur effekterna av dessa prishöjningar påverkar kraftslagens rörliga kostnader visas i bilaga 3.

Skulle då en sådan skatt påverka produktionsfördelningen mellan de olika kraftslagen i det svenska produktionssystemet? I tabell 2 jämförs modellberäkningar av balansen år 2000 utan respektive med koldioxidskatten.

Tabell 2 Elbalans för år 2000 utan respektive med skatt på 8 öre/kg koldioxid, TWh

	Utan skatt	Med skatt
Vattenkraft	64,5	64,5
Kärnkraft	72,0	72,0
Kraftvärme i industrin	4,5	4,4
varav olja	0,9	0,8
<i>bio, kol m m</i>	3,6	3,6
Kraftvärme i fjärrvärmenät	8,4	8,5
varav olja	2,6	2,5
<i>gas</i>	1,2	1,4
<i>kol</i>	2,5	2,5
<i>bio, torv mm</i>	2,0	2,1
Oljekondens	1,8	1,8
Gasturbiner	0,1	0,1
Import-export	4,0	4,0
Total tillförsel	155,3	155,3

Som framgår av tabellen skulle en skatt på 8 öre/kg koldioxid sannolikt inte leda till några större förändringar av rangordningen av kraftslagens rörliga kostnader, och påverkar därmed inte heller hur produktionssystemet utnyttjas i någon större utsträckning. Skillnaden i produktionsfördelning blir marginell och inom modellens felmarginal.

En koldioxidskatt på 8 öre/kg koldioxid påverkar däremot systemets kortsiktiga marginalkostnad. Enligt våra beräkningar ökar marginalkostnaden år 2000 med drygt 4 öre/kWh om koldioxidskatten införs. Den kortsiktiga marginalkostnaden för balanserna i tabell 2 har beräknats till ca 30 öre/kWh utan skatt respektive ca 34 öre/kWh med skatt².

² Varav ca 6 öre/kWh utgörs av energibrickkostnad

För att undersöka om koldioxidskatten skulle påverka produktionsfördelningen och den kortsiktiga marginalkostnaden vid lägre bränslepriser har vi gjort modellberäkningar utan respektive med en koldioxidskatt, baserade på dagens bränslepriser. Elanvändningsnivån antas oförändrad jämfört med fallet med högre bränslepriser, eftersom vi inte har haft möjlighet att korrigera prognosen.

Resultaten av dessa beräkningar visas i tabell 3.

Tabell 3 Elbalans för år 2000 utan respektive med skatt på 8 öre/kg koldioxid, 1991 års bränslepriser, TWh

	Utan skatt	Med skatt
Vattenkraft ¹	64,5	64,5
Kärnkraft	72,0	72,0
Kraftvärme i industrin	4,4	4,4
<i>varav olja</i>	0,8	0,8
<i>bio, kol m m</i>	3,6	3,6
Kraftvärme i fjärrvärmenät	8,4	8,4
<i>varav olja</i>	2,7	2,7
<i>gas</i>	1,4	1,4
<i>kol</i>	2,5	2,5
<i>bio, torv mm</i>	1,8	1,8
Oljekondens	1,9	1,9
Gasturbiner	0,1	0,1
Import-export ²	4,0	4,0
Total tillförsel³	155,3	155,3

Inte heller i detta fall påverkas produktionsfördelningen av skatten enligt våra beräkningar.

Däremot kan man möjligen konstatera att jämfört med balansen som baseras på verkets bränsleprisprognos leder de lägre bränslepriserna, oavsett koldioxidskatten, till en något större användning av fossilbränslebaserad kraftvärme på bekostnad av biobränslebaserad kraftvärme.

Systemets kortsiktiga marginalkostnad skulle bli omkring 10 öre/kWh lägre än vid de högre bränslepriserna, d v s ca 20 respektive ca 24 öre/kWh utan respektive med koldioxidskatt.

Sammanfattningsvis skulle en koldioxidskatt på 8 öre/kWh förmodligen inte leda till annat än marginella skillnader i produktionsfördelningen i det svenska systemet. Det är samma kraftslag på marginalen med som utan skatt.

Däremot beräknas den kortsiktiga marginalkostnaden öka med ca 4 öre/kWh som en följd av skatten och effekten av en motsvarande elprisökning skulle bli en anpassning på efterfrågesidan till en lägre elanvändningsnivå.

4. *Ökad import*

Vi har inte räknat med något tillfälligt kraftutbyte mellan Sverige och andra länder i föregående exempel. Skulle möjligheterna till import av kraft, vid sidan av den kontrakterade importen på 4 TWh, i kombination med en koldioxidskatt i Sverige påverka produktionskostnaderna och produktionsfördelningen i den svenska kraftbalansen?

För att försöka svara på detta har vi gjort följande modellberäkning:

Beräkningen baseras på de bränslepriser som verket har prognostiserat för år 2000.

Förutom det svenska produktionssystemet (bilaga 2) har vi räknat med ytterligare sex "kraftslag", som ska motsvara import från Sjöland, norra Finland, södra Finland, norra Norge, södra Norge och Tyskland.

Importmöjligheterna har bestämts av överföringskapaciteten. Vi har utgått från den befintliga överföringskapaciteten samt den nya kabeln mellan Sverige och Tyskland, som beräknas vara i drift tidigast 1994. Från den totala kapaciteten har vi dock dragit bort kapacitet som behövs för fasta kraftavtal och störningsreglering.

Kostnaderna för den importerade kraften i våra beräkningar motsvarar kolkondensens rörliga kostnad³ (exkl. koldioxidskatt) plus överföringsförluster. I Finland, Danmark och Tyskland är kondenskraft det dominerande marginella kraftslaget. Norge har däremot ingen kondenskraft, men vi har antagit att priset på den norska elen omkring sekelskiftet kommer att motsvara produktionskostnaderna i ett kondenskraftverk.

Möjligtvis kan även billigare kraftslag som kraftvärme periodvis utsättas för importkonkurrens. Men i och med att ökningen av den rörliga kostnaden i kraftvärmeverken vid införandet av en koldioxidskatt på 8 öre/kg koldioxid

³ 21 öre/kWh

beräknas vara av samma storleksordning som de marginella överföringsförlusterna vid import tror vi inte på några större effekter för kraftvärmen.

Överföringsförlusterna har vi beräknat från en skattning av överföringsavståndet från respektive land och till mellersta Sverige, de marginella specifika överföringsförlusterna på stamnätet under 1990 samt det beräknade värdet av kraften under höglasttid⁴ år 2000. Det är ju framför allt under höglasttid som import av kraft till en kostnad motsvarande kolkondens kan bli aktuell, och under höglasttid är förlusterna dyra⁵.

I och med att vi har räknat med överföringsförlusterna som enda transportkostnad utgår vi från att övriga kostnader för att transportera kraften (abonnemangsavgifter m m) är fasta.

I bilaga 4 redovisas vilka kapaciteter och kostnader vi har räknat med för den tillfälliga kraftimporten.

I tabell 4 visas de balanser som är resultaten av dessa beräkningar.

⁴ ca 30 öre/kWh

⁵ Förlusterna har värderats till mellan drygt 1 och knappt 5 öre/kWh, beroende på transportsträcka

Tabell 4 Elbalans för år 2000 utan respektive med skatt på 8 öre/kg koldioxid, med möjligheter till tillfällig import, TWh

	Utan skatt	Med skatt
Vattenkraft	64,5	64,5
Kärnkraft	72,0	72,0
Kraftvärme i industrin	4,4	4,4
varav olja	0,8	0,8
<i>bio, kol m m</i>	3,6	3,6
Kraftvärme i fjärrvärmenät	8,4	8,4
varav olja	2,5	2,5
<i>gas</i>	1,4	1,4
<i>kol</i>	2,5	2,5
<i>bio, torv mm</i>	2,0	2,1
Oljekondens	0,0	0,0
Gasturbiner	0,0	0,0
Fast import	4,0	4,0
Tillfällig import	2,0	2,0
Total tillförsel	155,3	155,3

Om vi först jämför balansen utan skatt i tabell 4 med balansen utan skatt och tillfällig import i tabell 2 kan vi konstatera att en produktionsoptimering som innefattar våra närmaste grannländer enligt våra beräkningar medför att svensk oljekondens (ca 2 TWh) ersätts av i första hand dansk kolkondens. (Med våra antaganden om förlustkostnader blir import från Danmark det billigaste alternativet för Sverige.) Den kortsiktiga marginalkostnaden uppgår till ca 26 öre/kWh, att jämföra med knappt 30 öre/kWh i balansen utan import och skatt.

Med ett införande av en koldioxidskatt förändras dock inte heller i detta fall produktionsfördelningen, som framgår av tabell 4.

I motsats till föregående exempel ökar emellertid inte den kortsiktiga marginalkostnaden nämvärt på grund av skatten eftersom importen utgör det marginella kraftslaget både utan och med skatt. Den kortsiktiga marginalkostnaden för balansen med skatt i tabell 4 beräknas öka med mindre än

5. — *Kommentarer*

Enligt våra beräkningar skulle alltså inte en skatt på 8 öre/kg koldioxid påverka produktionsfördelningen i det svenska systemet i någon större utsträckning. Utan möjligheter till import av tillfällig kraft skulle dock skatten medföra högre elpriser. Med möjligheter till tillfällig import minskar troligen priseffekten.

Samtliga beräkningar som vi har redogjort för här avser år med normala nederbördsförhållanden⁶. Under torra år med lite vattenkraft utnyttjas de svenska oljekondensanläggningarna betydligt mer än under ett " normalt " år. Under sådana förhållanden skulle inte oljekondensproduktionen kunna ersättas av import och koldioxidskatten skulle därmed få genomslag på marginalkostnaden i det svenska systemet.

Vi har hittills endast berört de kortsiktiga effekterna av införandet av en koldioxidskatt. En långsiktig effekt av en koldioxidskatt skulle troligen vara att en utbyggnad av elproduktionsanläggningar med inga eller små koldioxidutsläpp stimulerades. Huruvida nivån 8 öre/kg koldioxid är tillräcklig är dock osäkert.

Utän en relativt omfattande import av tillfällig kraft skulle också efterfrågan i Sverige bli lägre med en koldioxidskatt, eftersom de kortsiktiga marginalkostnaderna i systemet, liksom elpriserna, skulle öka.

⁶ Vattenkraftproduktionen varierar i verkligheten med upp till 20 % kring normalårsvärdet.

Elanvändningen 1991 samt prognos till år 2000, TWh

	1991	Utveckling, procent per år	2000
Industri	50,7	1,3	57,0
Transporter	2,5	1,9	2,9
Bostäder, service mm	68,5	1,7	79,4
Fjärrvärme, raffinaderier	10,6	-6,8	5,6
Distributions- förluster	9,4	1,0	10,3
Total användning netto	141,6	1,0	155,3
varav avkopplings- bara elpannor	8,2	-20,8	1,0
Prima elanvändning (temperaturkorr. och exkl. elpannor)	134,7	1,5	154,3

Produktionskapacitet, MW

	1991	2000	Ökning
Vattenkraft	16318	16693	375
Kärnkraft	9959	10022	0
Ind mt			
fast	720	720	0
olja	180	180	0
Kvv (inkl kondens svansar)			
kol	630	630	
bio	250	550	300
olja	710	710	
gas	125	375	250
Oljekondens	3198	3198	0
Gasturbiner	1700	1872	172
Fast import	0	670	670

Kraftslagens rörliga kostnader, öre/kWh, 1991 års penningvärde

	Bränslepriser år 2000 enligt Energirapport 1992		1991 års bränslepriser	
	Utan skatt	Med skatt	Utan skatt	Med skatt
Fast import	5,0	5,0	5,0	5,0
Kärnkraft	6,5	6,5	6,5	6,5
Kraftvärme i industrin				
-olja	12,0	14,6	7,2	9,8
-bio, kol m m	4,2	4,2	4,2	4,2
Kraftvärme i fjärrvärmenät				
-olja	15,0	17,6	9,0	11,6
-gas	15,0	17,1	9,0	11,1
-kol	8,9	12,2	4,9	8,2
-bio m m	13,4	13,4	13,4	13,4
Oljekondens 1	27,0	32,2	15,9	21,2
Oljekondens 2	30,0	35,5	17,3	22,8
Oljekondens 3	34,0	40,6	20,1	26,7
Gasturbiner	58,0	65,2	42,1	49,3

Importförutsättningar

"Kraftslag"	Kapacitet MW	Rörlig kostnad öre/kWh
Själland	650	21,0+1,3=22,3
Norra Finland	190	21,0+5,3=26,3
Södra Finland	190	21,0+2,8=23,8
Norra Norge ¹	380	21,0+4,4=25,4
Södra Norge ¹	350	21,0+1,5=22,5
Tyskland	300	21,0+2,2=23,2

Statens offentliga utredningar 1992

Kronologisk förteckning

1. Frihet – ansvar – kompetens. Grundutbildningens villkor i högskolan. U.
2. Regler för risker. Ett seminarium om varför vi tillåter mer föroreningar inne än ute. M.
3. Psykiskt stördas situation i kommunerna – en probleminventering ur socialtjänstens perspektiv. S.
4. Psykiatri i Norden – ett jämförande perspektiv. S.
5. Koncession för försäkringssammanslutningar. Fi.
6. Ny mervärdesskattelag.
– Motiv. Del 1.
– Författningstext och bilagor. Del 2. Fi.
7. Kompetensutveckling - en nationell strategi. A.
8. Fastighetstaxering m.m. – Bostadsrätter. Fi.
9. Ekonomi och rätt i kyrkan. C.
10. Ett nytt bolag för rundradiosändningar. Ku.
11. Fastighetsskatt. Fi.
12. Konstnärlig högskoleutbildning. U.
13. Bundna aktier. Ju.
14. Mindre kadmium i handelsgödsel. Jo.
15. Ledning och ledarskap i högskolan – några perspektiv och möjligheter. U.
16. Kroppen efter döden. S.
17. Den sista undersökningen – obduktionen i ett psykologiskt perspektiv. S.
18. Tvångsvård i socialtjänsten – ansvar och innehåll. S.
19. Långtidsutredningen 1992. Fi.
20. Statens hundskola. Ombildning från myndighet till aktiebolag. S.
21. Bostadsstöd till pensionärer. S.
22. EES-anpassning av kreditupplysningslagen. Ju.
23. Kontrollfrågor i tull datoriseringen m.m. Fi.
24. Avreglerad bostadsmarknad. Fi.
25. Utvärdering av försöksverksamheten med 3-årig yrkesinriktad utbildning i gymnasieskolan. U.
26. Rätten till folkpension – kvalifikationsregler i internationella förhållanden. S.
27. Årsarbetstid. A.
28. Kartläggning av kasinospel – enligt internationella regler. Fi.
29. Smittskyddsinstitutet – ny organisation för Sveriges nationella smittskyddsfunktioner. S.
30. Kreditförsäkring – Några aktuella problem. Fi.
31. Lagstiftning om satellitsändningar av TV-program. Ku.
32. Nya Inlandsbanan. K.
33. Kasinospelsverksamhet i folkrörelsernas tjänst? C.
34. Fastighetsdatasystemets datorstruktur. M.
35. Kart- och mätningutbildningar i nya skolformer. M.
36. Radio och TV i ett. Ku.
37. Psykiatri och dess patienter – levnadsförhållanden, vårdens innehåll och utveckling. S.
38. Fristående skolor. Bidrag och elevavgifter. U.
39. Begreppet arbetsskada. S.
40. Risk- och skadehantering i statlig verksamhet. Fi.
41. Angående vattenskotrar. M.
42. Kretslopp – Basen för hållbar stadsutveckling. M.
43. Ecocycles – The Basis of Sustainable Urban Development. M.
44. Resurser för högskolans grundutbildning. U.
45. Miljöfarligt avfall – ansvar och riktlinjer. M.
46. Livskvalitet för psykiskt långtidssjuka – forskning kring service, stöd och vård. S.
47. Avreglerad bostadsmarknad, Del II. Fi.
48. Effektivare statistikstyrning – Den statliga statistikens finansiering och samordning. Fi.
49. EES-anpassning av marknadsföringslagstiftningen. C.
50. Avgifter och högkostnadsskydd inom äldre- och handikappomsorgen. S.
51. Översyn av sjöpolisen. Ju.
52. Ett samhälle för alla. S.
53. Skatt på dieselolja. Fi.
54. Mer för mindre – nya styrformer för barn- och ungdomspolitiken. C.
55. Råd för forskning om transporter och kommunikation. K.
Råd för forskning om transporter och kommunikation. Bilagor. K.
56. Färjor och farleder. K.
57. Beskattning av vissa naturaförmåner m.m. Fi.
58. Miljöskulden. En rapport om hur miljöskulden utvecklas om vi ingenting gör. M.
59. Läraryppdraget. U.
60. Enklare regler för statsanställda. Fi.
61. Ett reformerat åklagarväsende. Del. A och B. Ju.
62. Forskning och utveckling för totalförsvaret – förslag till åtgärder. Fö.
63. Regionala roller – en perspektivstudie. C.
64. Utsikt mot framtidens regioner – sju debattinlägg. C.
65. Kartboken. C.
66. Västsverige – region i utveckling. C.
67. Fortsatt reformering av företagsbeskattningen. Del 1. Fi.
68. Långsiktig miljöforskning. M.
69. Meningsfull vistelse på asylförläggning. Ku.
70. Telelag. K.
71. Bostadsförmedling i nya former. Fi.
72. Det kommunala medlemskapet. C.

Statens offentliga utredningar 1992

Kronologisk förteckning

73. Vålfärd och valfrihet – service, stöd och vård för psykiskt störda. S.
74. Prova privat – Provning och mätteknik inom SP och SMP i europaperspektiv. N.
75. Ekonomisk politik under kriser och i krig. Fi.
76. Skogspolitiken inför 2000-talet. Huvudbetänkande. Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor I. Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor II. Jo.
77. Psykiskt störda i socialförsäkringen – ett kunskapsunderlag. S.
78. Utredningen om vissa internationella insolvensfrågor. Ju.
79. Statens fastigheter och lokaler – ny organisation. Fi.
80. Kriminologisk och kriminalpolitisk forskning. Ju.
81. Trafikpolisen mer än dubbelt bättre. Ju.
82. Genteknik – en utmaning. Ju.
83. Aktiebolagslagen och EG. Ju.
84. Ersättning för kränkning genom brott. Ju.
85. Förvaltning av försvarsfastigheter. Fö.
86. Ett nytt betygssystem. U.
87. Åtgärder för att förbereda Sveriges jordbruk och livsmedelsindustri för EG – förslag om vegetabiliesektorn, livsmedelsexporten och den ekologiska produktionen. Jo.
88. Veterinär verksamhet – behov, organisation och finansiering. Jo.
89. Bostadsbidrag – enklare – rättvisare – billigare. S.
90. Biobränslen för framtiden. Jo.
91. Biobränslen för framtiden. Bilagedel. Jo.

Statens offentliga utredningar 1992

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

- Bundna aktier. [13]
- EES-anpassning av kreditupplysningslagen. [22]
- Översyn av sjöpolisen. [51]
- Ett reformerat åklagarväsende. Del A och B. [61]
- Utredningen om vissa internationella insolvensfrågor. [78]
- Kriminologisk och kriminalpolitisk forskning. [80]
- Trafikpolisen mer än dubbelt bättre. [81]
- Genteknik – en utmaning. [82]
- Aktiebolagslagen och EG. [83]
- Ersättning för kränkning genom brott. [84]

Försvarsdepartementet

- Forskning och utveckling för totalförsvaret – förslag till åtgärder. [62]
- Förvaltning av försvarsfastigheter. [85]

Socialdepartementet

- Psykiskt stördas situation i kommunerna – en probleminventering ur socialtjänstens perspektiv. [3]
- Psykiatri i Norden – ett jämförande perspektiv. [4]
- Kroppen efter döden. [16]
- Den sista undersökningen – obduktionen i ett psykologiskt perspektiv. [17]
- Tvångsvård i socialtjänsten – ansvar och innehåll. [18]
- Statens hundskola. Ombildning från myndighet till aktiebolag. [20]
- Bostadsstöd till pensionärer. [21]
- Rätten till folkpension – kvalifikationsregler i internationella förhållanden. [26]
- Smittskyddsinstitutet – ny organisation för Sveriges nationella smittskyddsfunktioner. [29]
- Psykiatri och dess patienter – levnadsförhållanden, vårdens innehåll och utveckling. [37]
- Begreppet arbetsskada. [39]
- Livskvalitet för psykiskt långtidssjuka – forskning kring service, stöd och vård. [46]
- Avgifter och högkostnadsskydd inom äldre- och handikappomsorgen. [50]
- Ett samhälle för alla. [52]
- Välfärd och valfrihet – service, stöd och vård för psykiskt störda. [73]
- Psykiskt störda i socialförsäkringen – ett kunskapsunderlag. [77]
- Bostadsbidrag – enklare – rättvisare – billigare. [89]

Kommunikationsdepartementet

- Nya Inlandsbanan. [32]
- Råd för forskning om transporter och kommunikation. Råd för forskning om transporter och kommunikation. Bilagor. [55]
- Färjor och farleder. [56]
- Telelag. [70]

Finansdepartementet

- Koncession för försäkringssammanslutningar. [5]
- Ny mervärdesskattelag. – Motiv. Del 1. – Författningstext och bilagor. Del 2. [6]
- Fastighetstaxering m.m. – Bostadsrätter. [8]
- Fastighetsskatt. [11]
- Långtidsutredningen 1992. [19]
- Kontrollfrågor i tull datoriseringen m.m. [23]
- Avreglerad bostadsmarknad. [24]
- Kartläggning av kasinospel – enligt internationella regler. [28]
- Kreditförsäkring – Några aktuella problem. [30]
- Risk- och skadehantering i statlig verksamhet. [40]
- Avreglerad bostadsmarknad, Del II. [47]
- Effektivare statistikstyrning – Den statliga statistikens finansiering och samordning. [48]
- Skatt på dieselolja. [53]
- Beskattnings av vissa naturaförmåner m.m. [57]
- Enklare regler för statsanställda. [60]
- Fortsatt reformering av företagsbeskattningen. Del 1. [67]
- Bostadsförmedling i nya former. [71]
- Ekonomisk politik under kriser och i krig. [75]
- Statens fastigheter och lokaler – ny organisation. [79]

Utbildningsdepartementet

- Frihet – ansvar – kompetens. Grundutbildningens villkor i högskolan. [1]
 - Konstnärlig högskoleutbildning. [12]
 - Ledning och ledarskap i högskolan – några perspektiv och möjligheter. [15]
 - Utvärdering av försöksverksamheten med 3-årig yrkesinriktad utbildning i gymnasieskolan. [25]
 - Fristående skolor. Bidrag och elevavgifter. [38]
 - Resurser för högskolans grundutbildning. [44]
 - Läraryrket. [59]
 - Ett nytt betygssystem. [86]
-

Statens offentliga utredningar 1992

Systematisk förteckning

Jordbruksdepartementet

- Mindre kadmium i handelsgödsel. [14]
Skogspolitiken inför 2000-talet. Huvudbetänkande. [76]
Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor I. [76]
Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor II. [76]
Åtgärder för att förbereda Sveriges jordbruk och livsmedelsindustri för EG – förslag om vegetabilie-sektorn, livsmedelsexporten och den ekologiska produktionen. [87]
Veterinär verksamhet – behov, organisation och finansiering. [88]
Biobränslen för framtiden. [90]
Biobränslen för framtiden. Bilagedel [91]

Arbetsmarknadsdepartementet

- Kompetensutveckling - en nationell strategi. [7]
Årsarbetstid. [27]

Kulturdepartementet

- Ett nytt bolag för rundradiosändningar. [10]
Lagstiftning om satellitsändningar av TV-program. [31]
Radio och TV i ett. [36]
Meningsfull vistelse på asylförläggning. [69]

Näringsdepartementet

- Prova privat – Provning och mätteknik inom SP och SMP i europaperspektiv. [74]

Civildepartementet

- Ekonomi och rätt i kyrkan. [9]
Kasinospelsverksamhet i folkrörelsernas tjänst? [33]
EES-anpassning av marknadsföringslagstiftningen. [49]
Mer för mindre – nya styrformer för barn- och ungdomspolitiken. [54]
Regionala roller – en perspektivstudie. [63]
Utsikt mot framtidens regioner – sju debattinlägg. [64]
Kartboken. [65]
Västsverige – region i utveckling. [66]
Det kommunala medlemskapet. [72]

Miljö- och naturresursdepartementet

- Regler för risker. Ett seminarium om varför vi tillåter mer föroreningar inne än ute. [2]
Fastighetsdatasystemets datorstruktur. [34]
Kart- och mätningutbildningar i nya skolformer. [35]
Angående vattenskotrar. [41]
Kretslopp – Basen för hållbar stadsutveckling. [42]
Ecocycles – The Basis of Sustainable Urban Development. [43]
Miljöfarligt avfall – ansvar och riktlinjer. [45]
Miljöskulden. En rapport om hur miljöskulden utvecklas om vi ingenting gör. [58]
Långsiktig miljöforskning. [68]

