



LUND UNIVERSITY

Den svenska cement- och kalkindustrin - konsekvenser av EU:s system för handel med utsläppsrätter

Åhman, Max

2004

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Åhman, M. (2004). *Den svenska cement- och kalkindustrin - konsekvenser av EU:s system för handel med utsläppsrätter*. (IMES/EESS Report; Vol. 55). Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund university.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



LUND
UNIVERSITY

Department of Technology and Society
Environmental and Energy Systems Studies

**Den svenska cement- och kalkindustrin –
konsekvenser av EU:s system för handel med
utsläppsrätter**

Max Åhman

December 2004

IMES/EESS Rapport nr:55

*Avdelningen för miljö- och energisystem
Lunds tekniska högskola*

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--04/3046--SE + (1-39)
ISBN 91-88360-73-3

Dokumentutgivare/Organization, Dokumentet kan erhållas från/ The document can be obtained through LUNDS UNIVERSITET Miljö- och energisystem Gerdagatan 13 SE-223 62 Lund, Sverige Telefon: int+46 46-222 86 43 Telefax: int+46 46-222 86 44		Dokumentnamn/Type of document Rapport	
		Utgivningsdatum/Date of issue December 2004	
		Författare/Author(s) Max Åhman	
Dokumenttitel och undertitel/Title and subtitle Den svenska cement- och kalkindustrin — konsekvenser av EU:s system för handel med utsläppsrätter			
Abstrakt/Abstract Den 1 januari 2005 införs ett handelssystem för CO ₂ inom EU som omfattar alla större industrianläggningar. Syftet med rapporten är att analysera effekterna av EU:s handelssystem på den svenska cement- och kalkindustrin. De verkliga effekterna av ökade kostnader för CO ₂ -utsläpp påverkas starkt av (i) hur den aktuella marknaden fungerar (oligopol eller konkurrensutsatt), (ii) hur systemet med fri tilldelning ser ut och (iii) potentialen att effektivisera bort CO ₂ -utsläpp. Då tilldelningen av fria utsläppsrätter till den konkurrensutsatta industrin har varit generös kommer dagens system med handel med utsläppsrätter inte att påverka cement- och kalkindustrins lönsamhet och produktionsvolym mycket i den första fasen (2005-2007). Utan den fria tilldelningen hade sannolikt cementindustrin drabbats av en betydande minskning av exporten. Lönsamheten hade dock inte drabbats i samma utsträckning då den lönsamma hemmamarknaden förblivit relativt stabil. Effekterna på kalkindustrin hade också blivit stora trots möjligheter att överföra stora delar av kostnaden på kunden. På kort sikt finns det ingen större potential för den svenska cement- och kalkindustrin att öka energieffektiviteten. På längre sikt kan effektiviteten öka inom kalkindustrin genom att införa högre grad av förvärmning vid befintliga roterande ugnar. Ekonomiskt kan detta endast motiveras vid ombyggnader och nyinvesteringar som görs huvudsakligen av andra skäl. Den svenska cementindustrin drivs idag redan med bästa möjliga processdesign ur energisynpunkt. Den största CO ₂ -reduktionspotentialen för cementindustrin i Sverige ligger idag i att sänka klinkerinnehållet i cementen. För detta måste dock marknaden efterfråga och acceptera ett lägre klinkerinnehåll i cementen.			
Nyckelord/Keywords Utsläppshandel, flexibla mekanismer, cement, kalk, klimat			
Omfång/Number of pages 39	Språk/Language Svenska	ISRN ISRN LUTFD2/TFEM--04/3046--SE + (1-39)	
ISSN ISSN 1102-3651		ISBN ISBN 91-88360-73-3	
Intern institutionsbeteckning/Department classification Rapport No: 55			

Förord

Denna rapport skrevs mellan augusti och november 2004 med stöd av Statens energimyndighet (STEM) under forskningsprogrammet för internationell klimatpolitik. Värdefulla kommentarer på tidigare utkast har givits av Bengt Johansson, Lars J. Nilsson och Joakim Nordquist, alla vid avdelningen för miljö- och energisystem vid LTH.

Sammanfattning

Den 1 januari 2005 införs ett handelssystem för CO₂ inom EU som omfattar alla större industrianläggningar. I Sverige berörs ca 600 industrianläggningar av systemet.

Cement- och kalkindustrin utmärker sig med mycket höga CO₂-utsläpp i relation till förädlingsvärdet där dessutom ca: hälften av CO₂-utsläppen är en naturlig del av tillverkningsprocessen, s.k. processutsläpp, och kan inte undvikas utan att minska produktionen eller ändra produkten. Detta gör cement- och kalkindustrin till en potentiellt mycket sårbar industrisektor när kostnaderna för att släppa ut CO₂ ökar som en effekt av handeln. Modelleringar på en aggregerad nivå ("top-down") antar ett framtida utsläppspris på mellan 5 och 25 euro/ton CO₂. Denna extra kostnad för att släppa ut CO₂ riskerar generellt att försämra EU:s internationella konkurrenskraft och utsatta industrisektorer kan då konkurreras ut av länder utanför EU:s handelsområde.

Syftet med rapporten är att analysera effekterna av EU:s handelssystem på en utsatt industrisektor, den svenska cement- och kalkindustrin, från ett underifrån perspektiv ("bottom-up"), d.v.s att i detalj studera utformningen av handelssystemet (framförallt den fria tilldelningen av utsläppsrätter), den tekniska och ekonomiska potentialen att reducera CO₂ samt cement- respektive kalkmarknadens konkurrenssituation, och hur den påverkas av det beslutade handelssystemet. De verkliga effekterna av ökade kostnader via ett handelssystem för utsläppsrätter påverkas starkt av (i) hur den aktuella marknaden fungerar (oligopol eller konkurrenssats), (ii) hur systemet med fri tilldelning ser ut och (iii) potentialen att effektivisera bort CO₂-utsläpp.

Då tilldelningen av fria utsläppsrätter till den konkurrenssatta industrin har varit generös kommer dagens system med handel med utsläppsrätter inte att påverka cement- och kalkindustrins lönsamhet och produktionsvolym alltför mycket i den första fasen (2005-2007). Utan den fria tilldelningen hade sannolikt cementindustrin drabbats av en betydande minskning av exporten. Lönsamheten hade dock inte drabbats i samma utsträckning då den lönsamma hemmamarknaden förblivit relativt stabil. Effekterna på kalkindustrin hade också blivit stora trots möjligheter att överföra stora delar av kostnaden på kunden. Ett handelssystem utan fria utsläppsrätter hade drabbat kalkindustrins största kunder, stål och pappers/massa industrierna, med vikande konsumtion av kalk som följd. Handelssystemet ger dock ett bättre incitament till CO₂-reduktion än en CO₂-skatt med begränsningsregler relaterade till försäljningsvärdet.

På kort sikt finns det ingen större potential för den svenska cement- och kalkindustrin att öka energieffektiviteten. På längre sikt kan effektiviteten öka inom kalkindustrin genom att införa högre grad av förvärmning vid befintliga roterande ugnar. Ekonomiskt kan detta endast motiveras vid ombyggnader och nyinvesteringar som görs huvudsakligen av andra skäl.

Den svenska cementindustrin drivs idag redan med bästa möjliga processdesign ur energisynpunkt. Den största CO₂-reduktionspotentialen för cementindustrin i Sverige ligger idag i att sänka klinkerinnehållet i cementen. För detta måste dock marknaden efterfråga och acceptera ett lägre klinkerinnehåll i cementen. Tekniskt skulle det gå att ställa om produktionen till detta relativt snabbt men det lär ta tid att ändra byggnormer och få acceptans på marknaden, framförallt på den konkurrenssatta exportmarknaden

1. Inledning

1997 undertecknades Kyotoprotokollet med syftet är att begränsa utsläppen av växthusgaser. Den främsta växthusgasen idag, sett till total påverkan, är CO₂.

Inom Kyotoprotokollets ram åtog sig EU att sänka sina utsläpp av CO₂ med 8 % från 1990 års nivå till perioden 2008-2012. Sverige skall, enligt bördefördelningen inom EU, begränsa sina utsläpp till att inte *öka* mer än 4 % från 1990 års nivå. Sverige har dock valt att vara mer ambitiöst och har satt ett internt mål att *minska* utsläppen med 4 % från 1990 års nivå.

Inom ramen för Kyotoprotokollet tilläts tre s.k. flexibla mekanismer för att minska kostnaderna för länderna att uppfylla sina åtaganden. De tre flexibla mekanismerna är (i) gemensamt genomförande, (ii) mekanismen för ren utveckling och (iii) handel med utsläppsrättigheter. Den sista, handel med utsläppsrättigheter, är ett instrument för att säkerställa att åtgärder görs där det kostar minst. Gemensamt genomförande och mekanismen för ren utveckling har bredare syfte i form av bl.a. tekniköverföring.

Inom EU skall ett system för handel med utsläppsrättigheter träda i bruk den 1 januari 2005. Systemet innefattar industrianläggningar som är stora utsläppspunkter av koldioxid. Handelssystemet omfattar än så länge bara gasen koldioxid. I Sverige innefattas ca 600 industrianläggningar i handelssystemet. Modelleringar på en aggregerad nivå ("top-down") antar ett utsläppspris år 2005 till 2007 på mellan 5 och 25 euro/ton CO₂. Denna extra kostnad för att släppa ut CO₂ försämrar generellt EU:s internationella konkurrenskraft gentemot länder utanför handelsområdet. Särskilt kännbart kan detta bli för vissa utsatta industrisektorer med höga CO₂-utsläpp och produkter som handlas på en internationell marknad.

Syftet med rapporten är att analysera effekterna av EU:s handelssystem på den svenska cement- och kalkindustrin. Cement- och kalkindustrin utmärker sig med mycket höga CO₂-utsläpp, varav en stor del är processutsläpp¹, samt med produkter som har ett relativt lågt värde jämfört med mängden CO₂ som släpps ut vid tillverkning. Detta gör cement- och kalkindustrin till en potentiellt mycket sårbar industrisektor ifall kostnaderna för att släppa ut CO₂ skulle öka som effekt av handeln eller andra styrmedel.

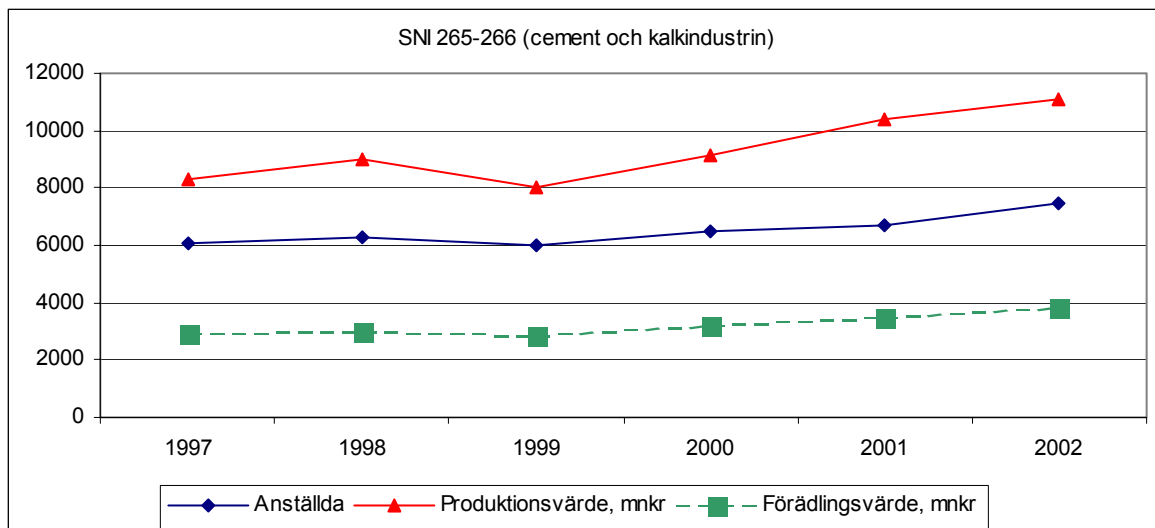
Denna rapport analyserar en specifik sektor från ett underifrån perspektiv ("bottom-up") och har då möjligheter att i detalj studera hur marknaden för cement och kalkprodukter påverkas av ökande CO₂-kostnader, hur detta kommer att påverka produktionen och lönsamheten och hur detaljerna kring utformningen av t.ex. fri tilldelning påverkar handelssystemets styrverkan. Vidare görs en översikt av vilka möjligheter som finns att minska utsläppen av koldioxid på kort och lång sikt.

¹ Med processutsläpp menas sådana utsläpp som inte härrör från förbränning av fossila bränslen utan kommer från den kemiska omvandlingen i materialhanteringen. CO₂ frigörs i kalcineringsprocessen vid bildandet av s.k. bränd kalk.

2. Ekonomiska fakta om den svenska cement- och kalkindustrin med tillhörande byggmaterialindustrier.

Cement- och kalkindustrin i Sverige (SNI 2651) består av 3 cementanläggningar och 7 kalkbränningsanläggningar. I statistiken är det av sekretesskäl² ofta svårt att urskilja cement- och kalkindustrin (SNI 2651). I den samhällsekonomiska statistiken nedan fokuseras på cement- och kalkvaruindustrin (SNI 265-266) som innefattar, förutom cement- och kalkbränningsanläggningarna (SNI2651), även gipstillverkning, fabriksbetong och andra byggmaterialrelaterade produkter baserad på kalk och cement. Anläggningarna som ingår i handelssystemet finns inom SNI 2651 men de ökade kostnader och pålagor riktade mot kalk och cementtillverkning kommer att påverka hela industrin som baseras på dessa produkter (SNI 265-266). Detta gör att huvuddelen av koldioxidutsläppen ryms inom SNI 2651 medan huvuddelen anställda och en stor del av förädlingsvärdet ryms inom de övriga näraliggande sektorerna.

Det sammanlagda produktionsvärdet för SNI 265-266 är ca 10 miljarder SEK och förädlingsvärdet ca 4 miljarder, se figur 1 nedan. Förädlingsvärdet motsvarar 0,2 % av svensk industris samlade förädlingsvärde och 0,1 % av BNP. Cement- och kalkindustrins utsläpp är 2,8 miljoner ton CO₂ per år, se figur 2 nedan, vilket motsvarar 5 % av Sveriges totala och 20 % av industrins utsläpp från energianvändning och från processutsläpp³. Cement- och kalkindustrin står således för en relativt stor del av Sveriges CO₂-utsläpp sett till dess ekonomiska betydelse.

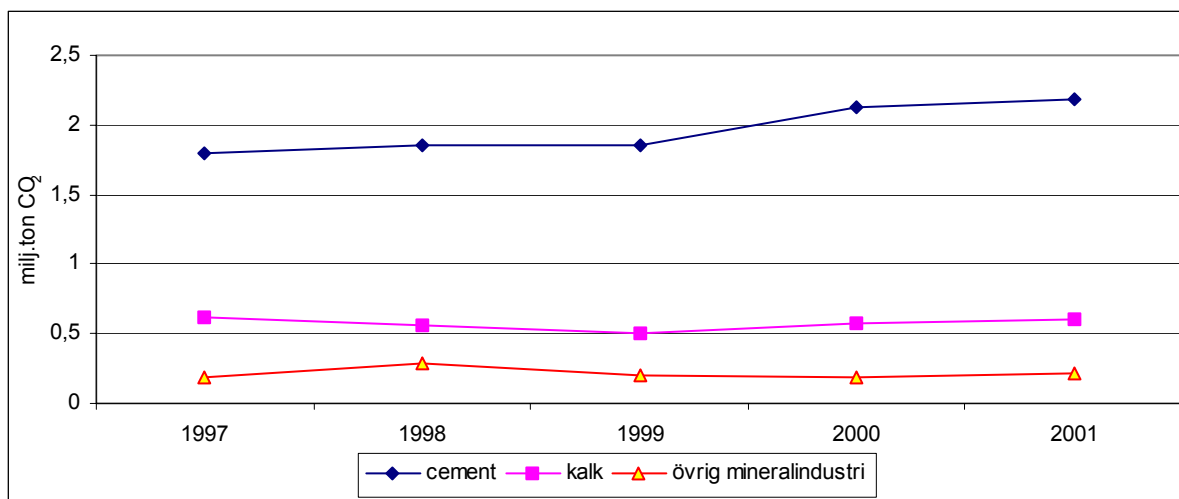


Figur 1. Sektorsfakta för SNI 265- 266 som inkluderar cement och kalkindustrin men även gipstillverkning, fabriksbetong och andra byggmaterialprodukter baserade på kalk och cement.

Källa: SCB (2004)

² Cementindustrin domineras av ett företag, kalkindustrin domineras av två.

³ Sverige släpper totalt ut 54 miljoner ton CO₂ från energi och processer. Industrin släpper ut 10 milj. ton CO₂ från energianvändningen och 4 miljoner ton från processer. Källa: Sveriges rapportering till IPCC



Figur 2. CO₂-utsläpp från av handelsdirektivet berörda anläggningar inom SNI 26
Källa: Regeringen (2003).

2.1 Energianvändning och processutsläpp.

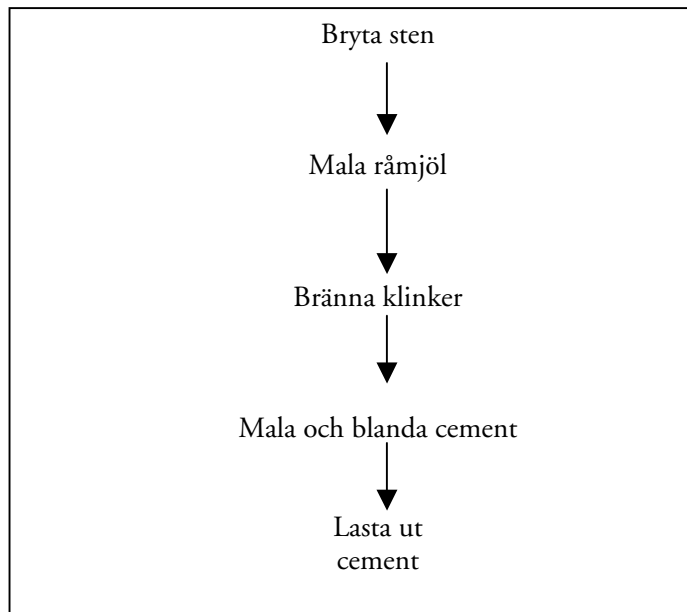
Orsakerna till cement och kalkindustrins höga CO₂-utsläpp kan sökas dels i den relativt höga energianvändningen, mestadels baserad på fossila bränslen, och processutsläppen. Processutsläppen uppstår i produktionen men är inte orsakade av förbränning av fossilt material utan uppstår vid kalcinering av kalksten till kalciumoxid ("bränd kalk") och går således inte att minska för en bestämd mängd producerad kalciumoxid. Både cementindustrin och kalkindustrin har stora processutsläpp och endast hälften av CO₂-utsläppen kommer från förbränning av fossila bränslen.

Cementindustrin använde ca 2100 GWh bränsle och 310 GWh el vid en produktion av 2,3 miljoner ton cement (år 1999). Kalkindustrin använde samma år, vid en produktion av 606 000 ton bränd kalk, ca 870 GWh bränsle och 95 GWh elektricitet (Näringsdepartementet, 2001). Kostnader för energi är en stor del av kostnaden inom cement- och kalkindustrin. För kalkindustrin står energikostnaderna för 50 % av de *rörliga* kostnaderna (EU 2001) och inom cementindustrin är samma siffra mellan 30 och 40 % inom EU (ibid). I Sverige visar tillgänglig statistik att bränsle- och elkostnaderna sjunker från 34 till 27 % av produktionskostnaderna mellan 1990 och 1996⁴.

2.2 Tillverkning av cement

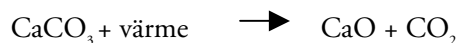
Cementtillverkning i Sverige bedrivs av ett företag, Cementa, som ingår i Heidelbergkoncernen. Cementa har 550 anställda och en omsättning på ca 1,1 miljarder enligt årsredovisningen. År 2003 var den totala cementproduktionen i Sverige 2,49 miljoner ton (inräknat anläggningscement och murcement). Den största delen (1,86 miljoner ton) tillverkades i Slitefabriken på Gotland.

⁴Statistik för näringsverksamhet i SCB:s databas. Data för 1990 till 1996 tillgängliga ” [Kostnader, industristatistik, efter näringsgren SNI92 och kostnadsslag. År 1990-1996](#)”.



Figur 3. Schematisk skiss över cementtillverkning

Vid cementtillverkning, se skiss i Figur 3, bryts och mals kalksten eller märgelsten till ett fint pulver (råmjöl). Råmjölet förbereds så att det innehåller rätt kemisk sammansättning. Efter detta startar den centrala processen i cementtillverkning, att bränna klinker. I denna process värms råmjölet upp till 600- 900 °C i cyklonstegen och släpper då ifrån sig koldioxid och bildar kalciumoxid enligt:



Denna process kallas kalcinering och här sker de stora processutsläppen av koldioxid. Värmen till denna process kommer från de heta förbränningsgaserna från roterande ugnen. Efter kalcineringen i cyklonen går kalciumoxiden vidare till roterande ugnen där kalciumoxiden sintrar och bildar klinker som är huvudingrediensen i cement. För att kalciumoxiden skall sintras behövs en temperatur på 1450 °C som uppnås i slutet av roterande ugnen.

Att bränna klinker görs antingen enligt en våt, semi-våt, semi-torr eller torr process i en roterande ugn⁵. I den våta processen blandas råmjölet med vatten för att få en jämnare och bättre blandning vid bränningen. Detta betyder dock att vattnet måste förångas under processen vilket kostar mycket energi. Den torra processen är en modernare metod där blandningen kontrolleras bättre och det torra råmjölet förvärms. Då inget vatten behöver förångas blir processen betydligt energisnålare. I Sverige används uteslutande den torra processen

Slutligen mals cementen, där klinker och tillsatserna (främst gips) mals och blandas. Andra tillsatser, såsom kalksten, naturliga pozzolaner⁶, kan också tillsättas. I standardcement (Portland) används normalt 95 % klinker och 5 % gips.

Genom att sänka klinkerhalten i cementen reduceras både energianvändningen och processutsläppen. Cementa tillverkar för närvarande cement med 84 till 91 % klinkerhalt (Gäbel 2001, Miljörapporter 2004). Tabell 1 nedan ger grundfakta om svensk cementproduktion år 2003.

⁵ Äldre och mindre cementbruk kan även använda sig av s.k. schaktugnar. Idag används schaktugnar företrädesvis Kina

⁶ Pozzolaner är ett samlingsnamn för diverse naturliga kisel-, eller aluminiummaterial som kan fungera som bindemedel i cement.

Tabell 1. Produktion och CO₂-utsläpp för cementindustrin år 2003

Cementfakta 2003	Cementproduktion (ton)	Klinkerproduktion (ton)	CO ₂ utsläpp (ton)	Tilldelning 2005-2007 (ton)
Slite (Portlandcement)	1 866 683	1 704 987	1 460 000	1 643 554
Skövde (Murcement)	431 000	349 000	295 000	322 136
Degerhamn (anläggningscement och P-400 cement)	193 300	179 949	232 811 ^a	232 811
Totalt	2 103 083	2 233 936	1 987 811	2 198 501

Källa: Inskickade miljörapporter 2003 och den nationella fördelningsplanen

^a CO₂ ej med i miljörapport, Siffror från nationell fördelningsplan. Går ej att beräkna CO₂ från bränsle då miljörapporten innehåller en rad odefinierade bränslen ("specialbränsle A" och "specialbränsle B")

Koldioxidintensiteten för produktion av standardcement vid Slitefabriken är 0,785 ton CO₂ per ton cement. Slitefabriken gör den största mängden cement och är den enda fabriken i Sverige som exporterar cement i någon nämnvärd omfattning.

2.2.1 Internationell jämförelse

För cement, där det finns en liten internationell handel, är det relevant att jämföra med konkurrentländer inom och utom handelsområdet. Tabell 3 nedan ger en jämförelse av några valda indikatorer med betydelse för CO₂-utsläppen.

Tabell 3: Jämförelse av viktiga indikatorer för cementtillverkning.

Indikatorer	kg CO ₂ /kg cement ^a	GJ/ton cement ^c	Klinker/cement ^a
Japan	0,73	3,1	0,80
USA	0,99	5,25 – 5,5 ^d	0,88
Europa	0,84	4,1	0,81
Sverige	0,80 ^b	3,65 ^b	0,89 ^b

^a Uppskattade siffror från WBCSD (2002).

^b Egna beräkningar baserade på inskickade miljörapporter till länsstyrelser

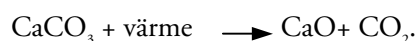
^c Worrell et al 2001, avser situationen 1994

^d Högre värde avser uppskattning av van Oss (2000)

Japan är det land som producerar cement med lägst energiinsats och lägst utsläpp av CO₂. Detta kan tillskrivas en mycket effektiv produktion (moderna anläggningar) och ett lågt klinkerinhåll i cementen. USA har en stor andel (25 %) våta energikrävande anläggningar och en marknad för cement med ett högt klinkerinhåll (delvis p.g.a. byggstandarder). Detta återspeglas i de relativt höga CO₂-utsläppen och den höga energianvändningen per producerat ton cement. Europa ligger någonstans mitt emellan USA och Japan med 6 % våta anläggningar och 16 % semi-våta eller semi-torra. Sverige har endast torra anläggningar och ligger således bättre till än genomsnittet inom EU.

2.3 Tillverkning av kalkprodukter

Det bryts 8,9 miljoner ton kalksten (CaCO₃) om året i Sverige. En del av denna sten används för att tillverka bränd kalk. Processen är samma som i cementindustrin, kalkstenen värms upp till mellan 950 och 1000 C beroende på kvalitet och släpper då ifrån koldioxid och bildar kalciumoxid enligt nedan:



Kalkproduktionen i Sverige bedrivs i huvudsak av två företag med bas i norra Europa, Nordkalk och Svenska Mineral AB (SMA). Den totala produktionen av bränd kalk uppgår till ca 600 000 ton kalk per år i Sverige. Stålintustrin köper 55 % av den brända kalken och pappersbruken 15 %. Resten köps till stor del av byggindustrin och kalk används även till rökgasrening i danska kolkraftverk. Kalksten fraktas per båt bl.a. från Gotland till Oxelösund och Luleå. Bränd kalk används däremot mestadels lokalt, detta p.g.a. svårigheter och kostnader med att frakta bränd kalk (ÅF 2003).

Nordkalk har 200 anställda i Sverige och en omsättning på 252 miljoner euro för hela koncernen (inte bara Sverige). Verksamheten i Sverige är lokaliserad till Luleå (järnverket) och Köping. Nordkalk är dessutom delägare i Lärbo på Gotland.

SMA har en omsättning på 360 miljoner SEK och 150 anställda. Verksamheten finns i Sandarna, Boda, Rättvik och Oxelösund (järnverket). Anläggningarna i Oxelösund och Luleå är integrerade med respektive järnverk.

Praktiskt ligger energibehovet för att bränna kalk mellan 3,6 till 6,1 GJ/ton CaO inom EU (EU 2001). Energin behövs dock kraftigt med ugnstypen. Det finns i Sverige två typer av kalkugnar, roterande ugnar och schaktugnar, se Tabell 2 för en översikt. Roterande ugnarna som finns i Köping, Rättvik och Sandarna, använder 5 till 8 GJ/ton CaO och schaktugnar som finns i Lärbo, Boda, Oxelösund och Luleå förbrukar 3,5 till 4,1 GJ/ton CaO. Energin behövs också med om råvaran är kalksten/dolomitsten eller mesakalk. Mesakalk är en blandning av kalk och vatten som används vid bränning av kalk till användning i massa/pappersindustrin. Den brända kalken "släcks" i processen och restprodukten, mesakalken, återanvänds. Då mesakalken innehåller vatten krävs mer energi för att bränna kalken igen.

Roterande ugnar kan bränna finare fraktioner av råvaran medan schaktugnar måste använda grövre fraktioner. De båda ugnstyperna använder således olika segment av den brutna råvaran och kan komplettera varandra så att minimal mängd sten behöver brytas i botten. Kvaliteten på den brända kalken från de båda ugnstyperna skiljer sig åt. Roterande ugnarna ger en mer hårdbränd och hållfastare bränd kalk som har stora fördelar i hanteringen hos vissa kunder (Wikander 2004). Kalk från roterande ugnar är framförallt efterfrågad för framställning av rostfritt stål som vill ha ren kalk med minimalt kolinnehåll.

Tabell 2. Utsläpp från kalkbränningsanläggningar.

Kalkfakta 2003	Anläggningar	Ugnstyp	Produktion av bränd kalk (ton)	Utsläpp av CO ₂ (ton)	Tilldelning 2005-2007 (ton)
Nordkalk	Luleå (Järnverket)	Schakt	97 384	95 600 ^a	119 580
	Köping	Roterande ugn	139 044	219 464	247 864
	Lärbo (delvis ägt Lhoist)	Schakt	130 541	141 121	148 400
	<i>Totalt Nordkalk</i>			<i>366 969</i>	<i>456 185</i>
SMA	Sandarne	Roterande ugn	29 587	41 500 ^a	30 679 till 44 926 ^b
	Boda	Schakt	74 178	79 500 ^a	97 041
	Rättvik	Roterande ugn	53 914+15 426 från dolomitsten	82 700 ^a	122 826
	Oxelösund (Järnverket)	Schakt	85 122	87 400 ^a	131 042
	<i>Totalt SMA</i>			<i>258 227</i>	<i>291 100</i>
Totalt			625 196	747 285	897 432 + 14 247

Källa: Inskickade miljörapporter år 2003 och den nationella tilldelningsplanen.

^a Uppgifter om CO₂-utsläpp ej tillgängliga. Beräknat utifrån inrapporterad bränsleanvändning i miljörapporter och beräknade processutsläpp.

^b Sandarnes tilldelning ökar med åren till följd av planerad nyinvestering i produktion.

Processutsläppen från bränd kalk skiljer sig åt beroende på om råvaran är kalksten eller dolomitsten. Bränd kalk från kalksten ger 0,785 ton CO₂/ ton CaO i processutsläpp (vid kalcineringen) och bränd kalk från dolomitsten ger 0,913 ton CO₂ per ton CaO.

CO₂-intensiteten för bränd kalk i Sverige har gått ned från 1,38 ton CO₂ per ton bränd kalk 1990 till 1,13 ton CO₂ per ton bränd kalk 2002 (ÅF 2003). Detta förklaras främst av en utökning av schaktugnsbränd kalk under 1990-talet (Wikander 2004).

2.3.1 Jämförelse

Det kan observeras att tillverkning av bränd kalk och klinker till cement är ganska lika med skillnaden att kalken värms till en högre temperatur i cementtillverkningen för att sintra till klinker. Detta borde betyda att tillverkning av bränd kalk använde mindre energi men så är inte fallet. Tvärtom visar både statistiken och EU:s BAT referensdokument att kalkbränningsanläggningar i Sverige och inom EU har i genomsnitt ett större värmebehov per ton kalciumoxid ("bränd kalk") än cementindustrin. Den tekniska förklaringen finns i att

cementindustrin använder betydligt mer avancerade förvärmningssystem vid tillverkningen av klinker och använder således energin effektivare. Huruvida denna teknik till fullo går att överföra till tillverkning av bränd kalk som slutprodukt för t.ex. stålindustrin är oklart.

För kalk, där marknaden endast är lokal, finns det ingen bra jämförande internationell statistik förutom den generella vägledning som EU:s BAT⁷ referensdokument ger (EU 2001).

⁷ BAT; Best Available Techniques. Se avsnitt 4.1 för förklaring

3. Marknaden för cement och kalk

3.1 Cement

Cementtillverkning är en kapitalintensiv industri. En stor cementanläggning kostar över 150 miljoner euro per miljoner ton årskapacitet vilket är lika mycket som tre års omsättning (CEMBUREAU 1999).

Av de 2,49 miljoner ton som tillverkades 2003 gick ca 43 % på export, främst till USA men även mindre mängder till t.ex. Nigeria. Detta är väldigt stor andel internationellt sett. Världshandeln med cement omsätter endast 6 till 7 % av den totala produktionen, till stor del på grund av höga transportkostnader (IEA 1999). På lastbil transporteras cement oftast inte över 150 km och den långväga exporten sker uteslutande per båt eller med tåg (från Kanada till USA). Höga transportkostnader och liten världshandel gör att internationell konkurrens således inte är ett hot mot den europeiska branschen som helhet men däremot kan den vara ett hot mot enskilda anläggningar.

Cement säljs på en ”delad” marknad som består av en regional marknad och en internationell spotmarknad. Sverige är en regional marknad som domineras till 90 % av Cementa. Situationen är likadan i resten av Europa. Priset på cement i Sverige ligger kring 600 till 700 SEK/ton (ÅF 2003). Liknade uppgifter kommer från England, 45 till 55 GBP (Oxera 2004) och USA, 76 USD (van Oss and Padovani, 2002). På den internationella spotmarknaden säljer cementindustrin så länge den får täckningsbidrag och priset varierar kraftigt under säsongen men ligger normalt mellan 25 till 40 USD levererat fritt vid fabrik. År 2000 exporterade Sverige till USA för ett snittpris på 31 USD/ton (van Oss and Padovani, 2002). Till detta pris kommer en transport och försäkringskostnad på i snitt 11 USD/ton (ibid). Transportkostnaderna för Sverige har inte varit tillgängliga men uppskattningar från USA ger transportkostnader på ca 5 USD för 50 miles. Tabell 4 visar en sammanställning över cementpriserna i Sverige och internationellt.

Tabell 4. Uppskattade priser och kostnader för cement och transporter av cement.

Försäljningspris regionalmarknad (Sverige)	Spotmarknadspris	Transportkostnader med lastbil	Transportkostnader med båt till USA
600-700 kr ^a , inklusive transport	25 till 40 USD ^{b,d} 31 USD snittpris till USA år 2000 ^b	5 USD för 50 miles, max ca 15 USD ^c	11 USD ^b

^a ÅF (2003)

^b van Oss and Padovani (2002)

^c WBCSD (2002)

^d La Cour och Möllergaard (2002)

Cementmarknaden har på senare år varit alltmer i fokus för olika länders konkurrensmyndigheter. EU-kommissionens generaldirektorat för konkurrensfrågor (DG Competition) beskriver den europeiska cementmarknaden som bestående av ett antal regionala oligopol, se t.ex. konkurrensärendet La Farge / Blue Circle (DG Comp, 2000). I Danmark har skälen till de stora prisskillnaderna mellan hemmamarknaden och exporten varit uppe för diskussion, se Konkurrencestyrelsen (1998) och även La Cour och Möllergaard (2002).

Det finns dock en del rationella skäl till varför cementmarknaden ser ut som den gör. Förklaringen står delvis att finna i höga transportkostnader på land som ger upphov till marknadsuppdelningen. Till havs är det dock inte så dyrt att transportera, se exempel i Tabell 4 ovan, vilket märks på den långväga svenska exporten till USA och Nigeria. Cementas export från Slitefabriken kan antas mest gå till amerikanska cementföretag inom Heidelberggruppen (se t.ex. Heidelbergs årsredovisning 2003).

3.2 Kalk

Marknaden för bränd kalk ser lite annorlunda ut än cementmarknaden. Priset för kalk är ca. 600 kr/ton och marknaden är mestadels lokal (ÅF 2003). Bränd kalk exporteras dock till Danmark för rening av rökgaser i värmeverk. Exporten motsvarar idag ungefär 8 % av totalproduktionen (Wikander 2004). Skälen till exporten kommer sig av att Danmark har roterande ugnar och det blir billigare att exportera från Gotlandsfabriken (schaktugn med lägre kostnader).

Kalken bränns nära där den används, oftast inne på bruksområdet, se t.ex. Luleå och Oxelösund. Det är tekniskt svårt och kostsamt att frakta bränd kalk, därför importeras/exporteras oftast kalksten medan själva

kalcineringen sker lokalt. Stålindustrin och massa/pappersindustrin står för den stora användningen av bränd kalk i Sverige (ca 70 %). Kalken är en viktig i både stålframställning (det går åt ca 40 kg kalk till 1 ton stål) som slaggbildare och i massa/pappersframställning. Framförallt i massa/pappersframställning är kvalitetskraven höga. Det ekonomiska värdet av insatt kalk som del av det slutgiltiga saluvärdet på stål är lågt men tekniskt nödvändigt⁸. Flera av kalkbränningsanläggningarna är integrerade i stålframställningsprocessen (se Luleå och Oxelösund) och priset förhandlas fram på årsbasis. Tidigare ägde stålbolagen själva sina kalkanläggningar men idag är de sålda till utomstående bolag. Kalkbränningsanläggningar som ej redovisas inom SNI 265-266 i statistiken förekommer inom t.ex. sockerindustrin (Örtofta och Köpingsbro Sockerbruk) och inom pappers/massa industrin (t.ex Södra Mönsterås).

⁸ En enkel uppskattning ger $40 \text{ kg kalk/ton stål} \times 600 \text{ SEK/ton kalk} = 24 \text{ SEK/ton stål}$ vilket skall jämföras med saluvärdet på handelstål som är $>1000 \text{ SEK/ton}$.

4. Möjligheter att reducera koldioxidutsläpp

Ett av syftena med koldioxidavgifter och handel med utsläppsrätter är att stimulera till användning och utveckling av tekniker som reducerar koldioxidutsläppen. Cement och kalkindustrin kan i princip skilja på tre olika strategier;

- (i) Energieffektivisering
- (ii) Bränslebyte
- (iii) Reducera klinkerinnehållet (endast cement)

Energieffektivisering⁹ och bränslebyte berör främst de utsläpp som härrör från bränslet medan strategin att reducera klinkerinnehållet minskar även processutsläppen, d.v.s. den koldioxid som kommer från kalcineringen. Möjligheterna att reducera koldioxidutsläppen bör också differentieras om möjligheterna finns på kort eller lång sikt. Kort sikt innebär att insatser går att göra direkt, eller inom ett år eller går att implementera så fort ekonomin tillåter, t.ex. vid nästa nyinvestering. Insatser på lång sikt innebär att tekniken eller åtgärderna kräver utvecklingsinsatser i form av teknikutveckling eller t.ex. att ändring av byggkoder.

4.1 Energieffektivisering

Inom IPPC¹⁰ direktivet har EU tillsammans med industrin tagit fram ett ”Best Available Techniques” (BAT) referensdokument för både cement- och kalkindustrin. Dokumenten skall kunna användas för att jämföra kommersiellt gångbara tekniker och visa vilka som är bäst ur miljösynpunkt. Myndigheter kan använda dessa dokument för att ställa miljökrav på tillståndspliktiga industrier vid tillståndsprövningar som t.ex. vid nyetableringar eller ombyggnader som kräver större nyinvesteringar. BAT utgår från vad som är tillgänglig teknik idag och ekonomiskt rimligt utifrån miljönyttan. Energieffektiviseringspotentialerna nedan baserar sig på EU:s BAT referensdokument. Andra studier finns som kan användas på en mer detaljerad anläggnings-specifik nivå (se ex. Worrell et al 2001, IEA 1999) men den större, mer långsiktiga potential som finns i att använda sig av rätt processdesign täcks väl av EU:s BAT referensdokument.

4.1.1.Cement

Potentialen för energieffektivisering består mestadels i att skifta från semi-torr, semi-våt eller våt process till en torr process. Den energieffektivaste anläggningen är en torr process med förvärmning (4 till 6 steg) och en förkalcinering. Tabell 5 visar vilka processtekniker som finns och vilken förväntad energianvändning de kräver.

Tabell 5. Olika processtekniker för framställning av klinker. Data från EU:s BAT referensdokument (EU 2001)

Processteknik	Torr			Semi-torr		Semi-våt		Våt	
	Lång 1-2 stegs SP ^a	4 stegs SP	4-6 stegs PC ^b Slite!	Lång	Lepol ^c	Lepol (3 kamrar)	3 och 4 steg SP och PC med tork	Lång	2 stegs PC med tork
Råvara	torr råmjöl			pelleterat råmjöl		filterkaka (pressad)		Slurry	
Fukthalt (%)	0,5 – 1,0			10-12		16-21		28-43	
Ugnskapacitet (ton klinker/dag)	300- 2800	300- 4000	2000- 10000	300- 1500	300- 2000	300- 3000	2000- 5000	300- 3600	2000- 5000
Specifik värme (GJ/ton klinker)	3,6-4,5	3,1-3,5	3,0-3,2	3,5-3,9	3,2-3,6	3,6-4,5	3,4-3,6	5,0-7,5	4,5-5,0

^a SP=Cyclone preheater kiln, Ugn med förvärmning i cyklon

^b PC=Cyclone preheater/precincer kiln; Ugn med förvärmning och förkalcinering i cyklon

^c Lepol= travelling grate preheater kiln, Ugn med förvärmning i rörlig rostbädd

Till den specifika värmen kommer en elektricitetsförbrukning på mellan 90-130 kWh per ton cement.

Fabriken på Slite är en torr process med 5-stegs förvärmning med cyklon och förkalcinering, alltså en ur energisynpunkt bra anläggning (Gäbel 2001). Inom EU finns det ca 320 anläggningar som tillsammans

⁹ Energieffektivitet avser här den tekniska effektiviteten som fås genom att uppgradera och modernisera anläggningar, inte den lägre energiintensiteten (GJ/ton cement) som fås av att ersätta klinker med andra ämnen i cement (strategi (iii)).

¹⁰ IPPC; Integrated Prevention and Pollution Control.

producerar 172 miljoner ton cement (1995). Den specifika energianvändningen för klinkerproduktion gått ner från 6 GJ/ton klinker 1960 till 3,7 GJ/ton klinker 1990 inom EU (CEMBUREAU, 1999). För närvarande drivs ca 25 % av cementanläggningarna i EU enligt en våt process (ibid). Inom EU finns det därför en potential att öka energieffektiviteten genom byte till modernare processer. Dock är det inte alla anläggningar som enkelt kan bytas till torra anläggningar. Råmaterialet sätter vissa begränsningar till om det går att använda en torr process. Detta anses bl.a. vara skälen till Storbritanniens, Belgiens och Danmarks våta anläggningar (EU 2001).

4.1.2 Kalk

I princip finns det schaktugnar, roterande ugnar och olika typer av fluidiserande ugnar. Tabell 6 ger en översikt över olika ugnstekniker och deras värme- och elbehov enligt EU:s BAT referensdokument.

Tabell 6 Energibehov vid kalkbränning och ugnstyp.

Ugnstyp		Värmebehov (GJ/ton kalk)	Elbehov (kWh/ton kalk)
Schaktugnar	Vanliga schaktugnar ^a	4,0-4,7	5-45
	Parallell-flödes regenerativ schaktugn	3,6-4,2	20-40
Roterande ugnar	Lång roterande ugn	6,5-7,5	18-25
	Roterande ugnar med förvärmning ^b	4,8-6,1	17-100
Fluidiserande ugnar	Rörlig rostbädd	3,7-4,8	31-38
	Övriga fluidiserande ugnar ^c	4,6-5,4	20-25

Källa: EU (2001)

^a Bl.a nämns ”Mixed feed - double-inclined - multi-chamber-, and annular shaft kilns” i EU:s BAT dokument.

^b Rostbädd och cyklon förvärmning finns. Observera att det är rostbädden som använder uppemot 100 kWh_{el}/ton kalk medan en ugn med cyklon använder 23 till 40 kWh_{el}/ton

^c T.ex ”gas suspension calcination kiln”

Schaktugnarna är de minst energikrävande medan de roterande ugnarna använder mest energi. Genom att installera förvärmare kan man dock sänka energibehovet i roterande ugnar väsentligt, se Tabell 6 och jämförelse med roterande ugnar använda vid cementtillverkning. Schaktugnarna har mindre möjligheter att förbättras förutom kontinuerligt effektivitetsarbete. En vidare övergång från de mer energikrävande roterande ugnarna till schaktugnar försvåras tekniskt dels av kvalitetskrav på kalken och dels av möjligheten att utnyttja optimal andel av den brutna kalken vilket kräver en kombination av både schakt och roterande ugnar. Roterande ugnar används för kalkproducenter som producerar för rostfritt stål och pappers/massaindustrin där kvalitetskraven är höga. Det har inte byggts en roterande ugn i Europa sedan 1980-talet men det är svårt att ersätta dagens befintliga roterande ugnar med schaktugnar av både ekonomiska och av tekniska skäl.

Tabell 7 ger en el- och värmeintensiteter för svenska anläggningar baserat på inrapporterade bränslemängder i miljörapporterna. De svenska anläggningarna ligger generellt bra till i förhållande till EU:s BAT referensdokument. Köping, Sandarne respektive Rättvik använder mest energi per ton bränd kalk, se Tabell 7. Köping använder mest vilket förklaras av att det är (i) en roterande ugn, (ii) som inte har någon förvärmning och (iii) dessutom bränner en hel del mesakalk. Sandarna är en roterande ugn som har förvärmning men bränner mesakalk medan Rättvik är en ”vanlig” roterande ugn. Schaktugnarna (Boda, Oxelösund, Luleå och Lärbo) ligger betydligt lägre i energianvändning.

Tabell 7. Värme- och elintensitet för svenska kalkbränningsanläggningar

Svenska kalkbränningsanläggningar	Ugnstyp	Värmeförbrukning ^a och elförbrukning ^b	El-intensitet (kWh/ton)	Värmeintensitet (GJ/ton)
Boda	Schakt	23 332 GJ 5 080 MWh el	68	4,1
Rättvik	Roterande ugn (bränner även dolomitsten)	26 964 GJ 6 954 MWh el	100	5,0
Köping	Roterande ugn (ingen förvärmning)	89 622 GJ 1 580 MWh el ^c	11	8,3
Oxelösund	Schakt	22 592 GJ 4 363 MWh el	51	3,4
Luleå	Schakt	29 580 GJ 7 454 MWh el	76	3,9
Lärbo	Schakt med förvärmning	33 008 GJ 6 462 MWh el	49	3,3
Sandarna	Roterande ugn m. förvärmning	13 683 GJ 2 527 MWh el	85	6,0

^a Siffror från miljörapporter, omräknade från ton eller m³ till GJ. 1 MWh = 3,6 GJ

^b Elförbrukning redovisad i miljörapporter (total)

^c Denna siffror är kontrollerad med platschefen (Göran Sandström). Oklart varför den är så låg jämfört med andra.

Kostnad för en roterande ugn med förvärmning vid nyinvestering är ca 180 till 200 miljoner kr för en kapacitet om 150 000 ton/år vilket är en normal ugnstorlek i Sverige (Wikander 2004). I dagsläget uppges detta ej som lönsamt. En installation av förvärmarsystem i en befintlig roterande ugn antas kosta mellan 80 till 100 miljoner kr (Wikander 2004). En uppgradering av en befintlig roterande ugn med ett förvärmarsystem ger dock sämre kvalite och lägre energieffektivitet än en ny anläggning. Priset för en schaktugn (nyinstallation) antas vara 100 till 110 miljoner kr (ibid).

4.2 Bränslebyte

4.2.1. Cement

Inom EU kommer ca 10 % av bränslet från s.k. alternativa källor. Med alternativa bränslen avser cementtillverkarna bränslen som ursprungligen inte varit ämnade åt att förbrännas t.ex.. bildäck och riskavfall. Som konventionella bränslen avses t.ex kol, lignit, petroleumkoks, brännolja och naturgas. I Slitefabriken används bildäck, konverterad olja, plast/gummi och kött- och benmjöl, se Tabell 8, som alternativ till de konventionella. Konverterad olja¹¹, bildäck och plast/gummi är dock inte koldioxidneutrala då de släpper ut kol tidigare lagrat i jordskorpan och måste således inneha utsläppsätter. Endast CO₂-utsläpp från biomassabaserade bränslen, t.ex. kött- och benmjöl, slipper köpa utsläppsätter.

¹¹ Konverterad olja är tillvaratagen returoolja som uppgraderats till eldningsolja 1.

Tabell 8. Bränsleanvändning inom EU och Sverige

EU (1995)	Slitefabriken (2003)	
	Värme	El (GWh)
<p>Konventionella 36 % kol, 39 % Petroleumkoks, 6 % Lignit, 7 % Brännolja, 2 % gas,</p> <p>Alternativa: 10 % alternativa bränslen^a</p>	<p>Konventionella: Kol: 123 985 ton, Petroleumkoks: 34 679 ton Eldningsolja 1: 657 ton , Diesel: 1109 ton</p> <p>Alternativa: (29,7 % av energin enligt Slite) Konverterad olja: 2161 ton, Bildäck: 31 441 ton, Plastgummi: 9953 ton, Specialbränsle: 5054 ton , Kött- och benmjöl: 10 738 ton</p>	253

Källa: EU (2001) och inskickad miljörapport (2004).

^a Se definition i kapitlet ovan

Slite använde år 2003 bränslen enligt Tabell 8. Inom Heidelberggruppen (i vilken Cementa ingår) har användningen av alternativa bränslen ökat från 4 % år 1990 till 12 % år 2000 varav biomassa stod för 1,2 % (Heidelberg Environmental Report 2002). Farligt avfall används allt oftare i cementugnar som ett alternativ bränsle. Den stabila och höga temperaturen i cementugnen är en fördel när farligt avfall skall förbrännas då det är viktigt att materialet förbränns bra och inga rester lämnar ugnen oförbränt. Oorganiska material i avfallet (t.ex. metall från bildäck) blandas in i cementen och behöver alltså inte tas om hand om separat. De alternativa bränslen som idag används av cementindustrin, t.ex. bildäck, gummi, har dessutom ett högt värmevärde vilket alltid är en fördel.

4.2.2. Kalk

Kalkindustrin använder gärna homogena bränslen (jämför med cementindustrins blandning) vilket bl.a beror på att kvalitetskraven avseende föroreningar är väldigt höga på slutprodukten då den används i nya processer (stål- och massa/pappersprocesser). Idag används framförallt olja men även koksgas och kol, se Tabell 9 nedan.

Tabell 9. Bränsleanvändning 2003

Anläggningar	Värme
Boda	7924 m ³ olja (varav en del konverterad)
Rättvik	9707 ton konverterad olja
Köping	273 ton olja 4462 ton konv.olja 34600 ton kol
Oxelösund	7673 m ³ olja
Luleå	21716 kNm ³ koksgas
Lärbo	11883 ton olja
Sandarna	4926 ton konverterad olja

Källa: Inskickade miljörapporter

Farligt avfall är inte aktuellt för kalkindustrin då förbränningstemperaturen är lägre vilket skulle innebära att rester skulle återfinnas i slutprodukten. De ofta höga kvalitetskraven är även ett hinder för att öka andelen alternativa bränslen successivt genom inblandning. De höga kvalitetskraven gäller framförallt bränd kalk som används som slaggbildare vid ståltillverkning. Att helt byta till biobränslen anses av kalkindustrin svårt p.g.a. det låga värmevärdet och att det skulle kräva stora nyinvesteringar. Naturgas är ett, enligt branschen (ÅF 2003), mer realistiskt alternativ på sikt. Vid sulfatbruk idag (se t.ex Södra) används dock upptill 100 % biomassa (bark) vid förbränning av mesakalk till bränd kalk vilket visar att det är tekniskt möjligt. Här blandas även olja och bark i förbränningen vilket visar att även inblandning är tekniskt möjligt när kalken används vid massatillverkning. Sulfatbruken har egen fri tillgång på bark och huruvida biomassa för fristående kalkbruk är tillgängligt och ekonomiskt möjligt är ovisst.

4.3 Reducera klinkerinnehållet (bara cement)

Det enda sättet att minska *processutsläppen* är att minska klinkerinnehållet i cementen. Olika klasser av cement definieras beroende på hur stor andel klinker cementen innehåller. Det finns många olika klassindelningar och standarder och Tabell 10 visar en indelning gjord av Worell et al (2001) som visar på hur mycket och vilka tillsatser som blandas in idag.

Tabell 10 Cementtyper

Cementtyp	Komposition
Portlandcement	95 % klinker, 5 % gips
Portland-slagg cement	60 % klinker
Portland-pozzolaner cement Portland-flygaska cement	40 % slagg, pozzolaner eller flygaska
Masugnsslagg cement	20-65 % klinker 35-80 % masugnsslagg
Pozzolanisk cement	60 % klinker 40 % pozzolaner
Murcement	Blandning av klinker och malen kalksten

Källa: Worrel et al 2001

EU har en egen standard där cement delas in i tre grupper, I, II och III, beroende på andelen klinker i cementen. Grupp I har minst 95 % klinker (portlandcement), grupp II minst 80 % och grupp III minst 60 %. I Sverige tillverkas mest cement enligt EU-grupp II (Gäbel 2001).

Användningen av blandad cement (alla cementsorter förutom ren portlandcement) varierar mellan världsdelarna. Inom EU står portlandcementen (95% klinker) endast för ca 43 % av försäljningen medan resten av cementen är utblandad i varierande grad med flygaska, pozzolaner eller masugnsslagg (EU 2001). Detta kan man även se i statistiken där det genomsnittliga klinker/cementförhållandet i Europa är 81 %, se Tabell 3. I USA säljs betydligt mer ren portlandcement vilket ger ett klinker/cement förhållande i USA på 88%. Användningen av blandad cement styrs bl.a. av cementstandarder¹², byggstandarder och av tillgång och närhet till tillsatsmaterial bl.a. från järnverk (Worell et al 2001). I USA är det t.ex. inte tillåtet att använda annat än grupp I cement vid byggnation. Blandad cement har lite annorlunda egenskaper, bl.a. tar det längre tid för den färdiga betongen att nå full styrka än om den vore blanda på portlandcement men å andra sidan blir betongen slutligen starkare.

Den globala potentialen för att sänka CO₂-utsläpp med hjälp av inblandning av tillsatsämnen uppges vara någonstans mellan 5 och 20 % (IEA 1999) men med stora lokala variationer. Idag producerar Slite cement med 84 % klinker, 10 % kalksten och 6 % återanvänt material (industrisand och järnoxid) (Gäbel 2001). Att blanda ut cementen och minska klinkerinnehållet är det tekniskt sett snabbaste och billigaste sättet att sänka CO₂-utsläppen. Cement med lägre klinkerinnehåll måste dock accepteras på marknaden ifall denna strategi skall vara realistisk. I Sverige introducerades 1999 en ny produkt, ”byggcement”, som innehåller 90 % klinker (Gäbel 2001). Detta kan ses som ett positivt sätt att skapa acceptans på Sverigemarknaden för cement med lägre klinkerinnehåll. Handel med utsläppsrättigheter och ökande energikostnader är drivkrafter inom EU för att minska klinkerinnehållet. Sveriges export till USA består uteslutande av cement grupp I och på den amerikanska marknaden ses för närvarande inga tecken på en ökad acceptans för cement med lägre klinkerinnehåll.

4.4 Sammanslagen potential

Svensk cement produceras idag med energieffektiva processer. Ytterligare teknisk potential att höja energieffektiviseringen finns, jämför bl.a. med Japan, men de stora stegen är redan tagna i och med att man använder sig av en torr process med förvärmning i 5-steg och förkalcinering. Potentialen att minska CO₂-intensiteten på längre sikt är således genom bränslebyte och/eller genom att ändra produkten (sänka klinkerinnehållet).

Gäbel (2001) demonstrerar med en simuleringsmodell på Slitefabrikens potential att minska CO₂-utsläppen. I nio scenarier visar hon hur det är möjligt att med fortsatt goda prestanda på produkten (cement) sänka utsläppen av CO₂ från 780 kg till 480 kg CO₂ per 1000 kg cement (Gäbel 2001). Denna reduktion fås framförallt genom att sänka klinker/cement förhållandet från 85 % till 60 %. I Scenarierna ingår även att ersätta mellan 40 till 80 % av de konventionella bränslena med alternativa bränslen. De alternativa bränslen som Gäbel

¹² 1991 hade endast 59 länder en cementstandard för blandad cement (Worrel et al. 2001)

antar är inte biomassabaserade och i simuleringsresultatet ovan (480 kg CO₂/ton cement) räknas således CO₂-utsläppen från de alternativa bränslena med. CO₂-reduktionen kommer alltså främst från en reduktion av processutsläppen. Med biobaserade bränslen skulle man kunna reducera även de bränslerelaterade utsläppen och den totala reduktionspotentialen skulle då bli ännu större. Reduktionen av CO₂-utsläpp fås ovan utan att äventyra produktprestanda och utan avancerade energieffektiviseringsåtgärder inom processen. Gäbel (2001) räknar även ut kostnaderna för detta men tyvärr redovisas inga resultat.

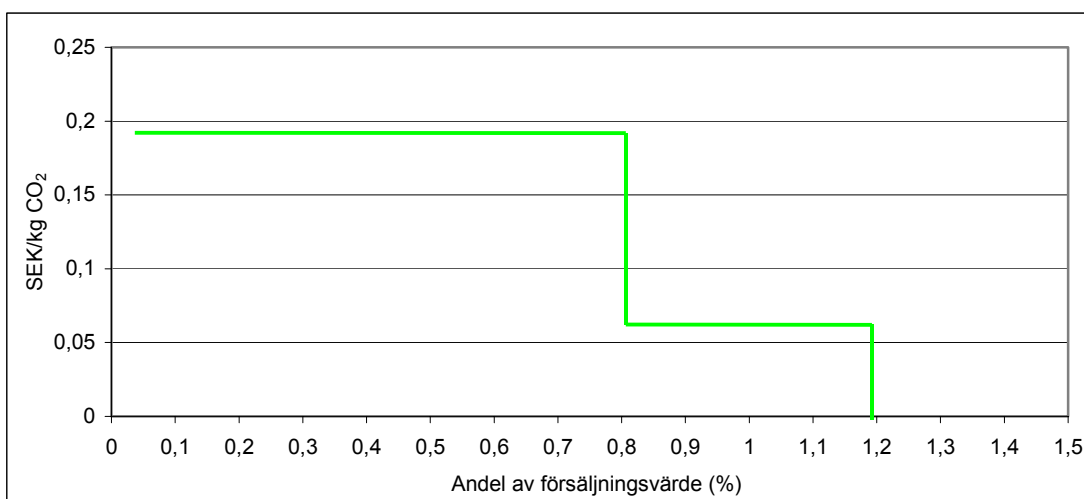
För kalkindustrin går det inte att minska processutsläppen. Endast de bränslerelaterade utsläppen kan minskas genom effektivisering eller/och bränslebyte. För kalkindustrin är potentialen att minska CO₂-intensiteten genom bränslebyte begränsad på kort sikt. På längre sikt är det dock tekniskt möjligt att introducera biobränslen eller naturgas/biogas som kan minska CO₂-intensiteten. Eventuellt kan det finnas tekniska begränsningar för de kalkverk som levererar till stålverk vid t.ex. tillverkning av rostfritt stål med höga kvalitetskrav. Det finns en effektiviseringspotential genom att t.ex. installera förvärmare på befintliga roterande ugnar. Ett vidare skifte från roterande ugn till den effektivare schaktugnen uppges inte vara möjligt av industrin. Givet de relativt höga investeringskostnaderna jämfört med försäljningsvärdet på kalken kommer nyinvesteringar i energieffektivare teknik eller teknik som tillåter förnybara bränslen endast att ske på sikt och med hjälp av ekonomiska incitament (som t.ex. handelssystemet).

5. Antaganden och teoretiska effekter av CO₂-skatter och handel med utsläppsrättigheter

5.1 Nuvarande ekonomiska styrmedel – energi- och koldioxidskatt

Sverige har idag både en energiskatt och en CO₂-skatt. Syftet med skatterna är, förutom det fiskala syftet, att styra mot energieffektiviseringar, bränslebyten (främst CO₂-skatten) och konsumtionsminskning¹³. CO₂-skatten betalas av producenterna medan energiskatten betalas av konsumenterna. Den generella CO₂-skatten är idag 91 öre/kg CO₂ medan energiskatten varierar med olika bränslen¹⁴. Energiskatten har idag främst ett fiskalt syfte medan CO₂-skatten är miljöstyrande. De senare åren har energiskatten sänkts för att ge utrymme för en ökad CO₂-skatt. För industrin gäller ett antal undantag och begränsningsregler från de generella skattenivåerna av industripolitiska hänsyn.

Tillverkningsindustrin i Sverige betalar idag ingen energiskatt på bränslen som används i tillverkningsprocessen och endast 21 % av koldioxidskatten på bränslen¹⁵ för uppvärmning och inom processen. För den energiintensiva industrin finns dessutom ytterligare nedsättningar nämligen att den koldioxidskatt som överstiger 0,8 % av försäljningsvärdet reduceras med 76 %. För närvarande gäller dessutom speciellt för cement-, kalk- och gipsindustrin (SNI 265) att om koldioxidskatten som överstiger 1,2 % av försäljningsvärdet reduceras marginalskatten till 0 %. Industrin betalar ingen koldioxidskatt på utsläpp från kalcineringsprocessen utan endast på de bränslerelaterade utsläppen. Detta får en del konsekvenser på vilka ekonomiska incitament CO₂-skatten egentligen ger till effektivisering, bränslebyte eller minskad konsumtion. Figur 4 nedan visar de faktiska nivåerna på CO₂-skatten med begränsningsreglerna för cement och kalkindustrin som funktion av försäljningsvärdet.



Figur 4 Koldioxidskatt för SNI 265 som andel av försäljningsvärdet med begränsningsregler.

Effekterna av begränsningsreglerna blir att cement och kalkindustrin betalar högst 1,2 % av försäljningsvärdet förutsatt att den total skattenivån överstiger denna nivå (vilket den gör med marginal för de berörda industrierna).

Om vi antar att försäljningsvärdet över ett år i genomsnitt är 540 kr¹⁶ för 1 ton och orsakar ca 780 kg CO₂, varav hälften bränslerelaterat, blir den faktiska CO₂-skatten:

$$1,2 \% \text{ av } 540 \text{ kr per ton cement} / 780 \text{ kg CO}_2 \text{ per ton cement} = \mathbf{0,8 \text{ öre/kg CO}_2^{17}}.$$

¹³ Syftet är att med ekonomiska medel styra över konsumtionen mot hållbara konsumtionsmönster.

¹⁴ T.ex är energiskatten på eldningsolja idag 732 kr/m³ (CO₂-skatten är 2598 kr/m³) och energiskatten på kol är 312 kr/ton (CO₂-skatt på 2260 kr/ton).

¹⁵ Bränslen som används för drift av motorfordon har ingen nedsättning. Tillverkningsindustrin betalar dessutom en minimiskatt på 0,5 öre/kWh på elektricitet sedan 1 juli 2004.

¹⁶ Vi antar att 60% säljs inom Sverige för 700 kr och 40% säljs internationellt för 300 kr, se kapitel 3

¹⁷ Räknar vi endast på de bränslerelaterade CO₂-utsläppen blir skatten 1,6 öre/kg CO₂.

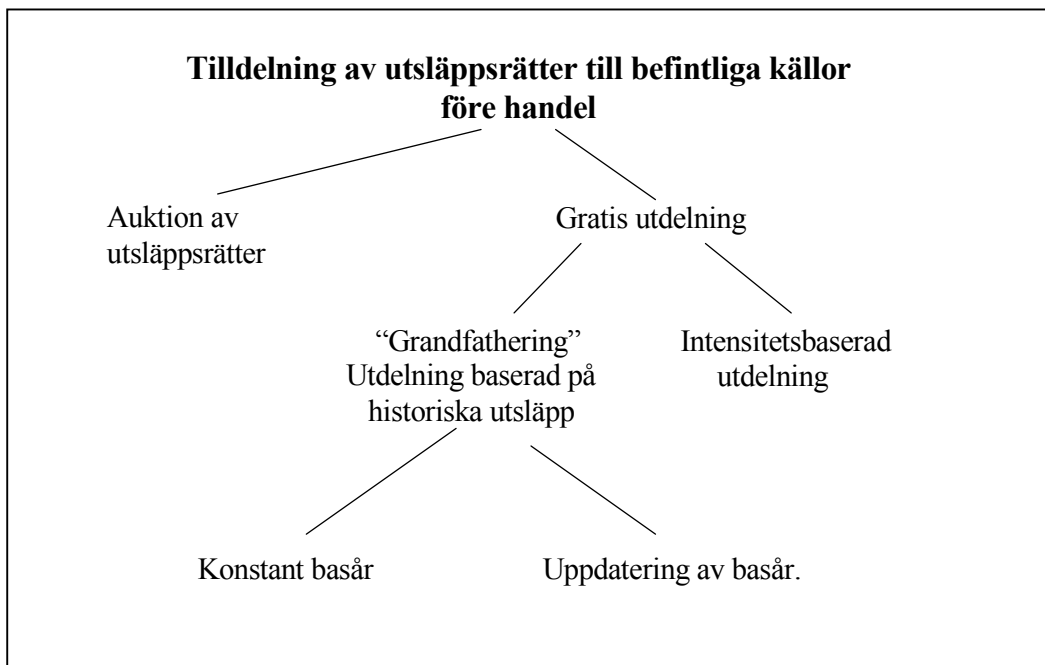
Detta är det ekonomiska incitamentet koldioxidskatten ger att minska *produktionen* av cement då enda sättet att minska den totala CO₂-skatten på är att minska det totala försäljningsvärdet.

Skatteincitamentet att minska koldioxidutsläppen genom *effektivisering*, d.v.s. samma produktionsvolym men med mindre CO₂-utsläpp, blir således **0 öre/kg CO₂** då den totala skattenivån förblir oförändrad vid ett konstant totalt försäljningsvärde.

5.2 Handel och tilldelning av utsläppsrätter

I ett handelssystem med utsläppsrätter ges företag endast tillstånd att släppa ut CO₂ i atmosfären ifall företaget innehar motsvarande utsläppsrätter för CO₂. Utsläppsrätterna kan köpas och säljas på en marknad och det totala antalet utsläppsrätter är begränsat av staten. Således får man teoretiskt ett system med hög måluppfyllelse (utsläppen överstiger aldrig taket) och hög ekonomisk effektivitet. Storleken på de totala utsläppen, den s.k. utsläppsbubblan, avspeglar ambitionsnivån och lägger på så vis grunden för vilka kostnader och vilken effekt ett handelssystem får. Inom handelssystemet ingår en verksamhets alla CO₂-utsläpp, d.v.s. man skiljer inte på processrelaterade och bränslerelaterade utsläpp som i fallet med den nuvarande CO₂-skatten.

När väl den totala ambitionsnivån på CO₂-reduktion är bestämd så påverkas handelssystemets effektivitet och dess konsekvenser för industrin av hur dagens utsläpp vid befintliga anläggningar hanteras vid starten av ett handelssystem. Figur 5 nedan ger en schematisk överblick över hur tilldelningen kan gå till.



Figur 5. Principiellt schema för tilldelning av utsläppsrätter till befintliga utsläppskällor före handel. Omarbetat från Johansson (2004)

Principiellt kan man skilja på fri allokering, d.v.s. att ge ut de initiala utsläppsrättigheterna gratis, och auktionering där alla utsläpp måste köpas. Det samhällsekonomiskt effektivaste systemet, om man inte tar hänsyn till kostnaderna för en forcerad strukturanpassning, är att auktionera ut utsläppsrättigheterna från början, d.v.s. alla måste betala fullt ut från början och anpassa sig direkt.

Gratis tilldelning används för att skydda nuvarande industrier eller ge tid till anpassning för ökade kostnader. Grattistilldelningen kan ske på grundval av historiska utsläpp (grandfathering) eller kan man använda ett intensitetsbaserat system med koldioxidintensitet som grund, t.ex. CO₂ per förädlingsvärde eller CO₂ per mängd produkt. I Sverige, och inom stora delar av övriga EU, har man valt att använda ett grandfatheringsystem vilket betyder att en stor del av utsläppen kommer att delas ut gratis till företagen baserat på historiska utsläpp.

Vidare kan man skilja på ett grandfathering system som utgår från ett *konstant* basår eller ett system där basåret *uppräknas*. Skillnaden är att i ett system med konstant basår förändras inte grunden för tilldelning, d.v.s. rätten att släppa ut en viss mängd koldioxid gäller hela handelssystemets tid. I ett system med uppdaterat basår är den fria tilldelningen av utsläppsrättigheter tidsbegränsad och omförhandlas inför en ny period. Den viktiga skillnaden blir att föregående periods utsläpp kan förväntas påverka den fria tilldelning inför kommande period i ett system med uppdaterat basår.

EU-direktivet anger att minst 95 % av utsläppsrätterna skall delas ut gratis för den inledande perioden (2005-2007) och inför den andra perioden (2008-2012) skall minst 90 % delas ut gratis. Det är upp till länderna själva att välja fördelningsprincip (grandfathering eller intensitetsbaserad) och fördela de fria utsläppsrätterna till berörda industrier. Hela allokeringsplanen, inklusive de totala antalet utsläppsrätter, måste dock godkännas av EU. Efter 2012 finns idag inga beslut om att fortsätta handelssystemet. Sverige har för första perioden delat ut utsläppsrättigheter gratis till de berörda cement- och kalkanläggningarna som motsvarar de historiska utsläppen av CO₂-utsläpp och även deras förväntade *ökning* av processutsläpp¹⁸.

5.3 Priset på utsläppsrätter

Priset på utsläppsrätter varierar och det finns få ordentliga uppskattningar på vad priset skulle bli med nuvarande system då viktiga faktorer såsom nationella tilldelningsplaner och det totala utsläppstaket inte varit bestämt tidigare. De flesta modelleringar som räknar på effekterna antar nivåerna 5, 10 eller 25 euro/ton CO₂, se t.ex. ITPS (2004) Oxera (2004), Profu (2003). En liten terminshandel har redan startat och i dagsläget (15 oktober 2004) när ett flertal nationella allokeringsplaner är färdiga och godkända ligger terminspriserna på 8 till 9 euro/ton CO₂ åren 2006 och 2007 (Point Carbon 2004).

Tabell 11 nedan jämför värdet på utsläppsrätter med ett antaget handelspris på 10 euro/ton med några nyckeldata för de största anläggningarna inom cement- och kalkindustrin. Tabell 11 visar även siffror på hur pass kapitalintensiva branscherna är

Tabell 11. Uppskattat värde på produktion, CO₂-skatt, försäljning, utsläppsrätter och investeringskostnader

Värden i utsläppshandeln	Cement Slitefabriken	Kalk Nordkalk Köping ^d
Värde på produkt (SEK/ton)	700/300 ^a	600
Antaget värde på utsläppsrätt (SEK/ton CO ₂)	90	90
Värde på total försäljning (SEK/år)	930 milj. ^b	84 milj. ^c
Uppskattad CO ₂ -skatt enligt 1,2 % regeln (SEK/år)	11,2 milj.	1,13 milj.
Värde på tilldelade utsläppsrätter (SEK/år)	148 milj.	22,3 miljoner
Nyinvesteringskostnad (SEK/milj.ton årskapacitet)	1 350 miljoner	1 000–1300 miljoner
Nyinvesteringsvärde på befintlig fabrik (SEK)	3000 – 3500 miljoner	140 miljoner

^a Marknaden är delad i en hemmamarknad (oligopol) och en internationell spotmarknad. 300 kr/ton cement antaget medelpris för spotmarknaden.

^b Beräknat på 0,9 miljon ton sålt på hemmamarknad och 1 miljoner ton sålt på spotmarknad

^c Beräknat på en årsproduktion på 140 000 ton kalk

^d Roterande ugn

Det antagna priset på utsläppsrätter är 15 % av försäljningsvärdet vilket får anses högt. Med samma antaganden om utsläppspris så motsvarar värdet på den fria tilldelningen 5 respektive 10 % av nyinvesteringskostnaden. Alternativet att inte utnyttja befintliga investeringar eller flytta befintliga investeringar enbart på grund av de ekonomiska incitament som CO₂-handeln ger verkar osannolikt.

5.4 Ökade CO₂-kostnader och antaganden om marknader, tilldelningen av utsläppsrätter och effektiviseringspotential

Cement- och kalkindustrin kommer att drabbas av ökade kostnader för sina koldioxidutsläpp. Även om dagens nivå på utsläpp blir gratis så ändras den ekonomiska incitamentsstrukturen för företagen med handelssystemet. Inom handelssystemet finns det möjlighet att minska CO₂-utsläppen och sälja överblivna rättigheter samtidigt som en utsläppsnivå utöver den tilldelade måste köpas. Hur företagen inom ett handelssystem med

¹⁸ Notera att bränslerelaterade utsläpp inte räknas upp med prognosen

grandfathering kommer att påverkas med avseende på lönsamhet och produktionsvolym av utsläppsrätterna beror på:

- (i) hur marknadsstrukturen ser ut
- (ii) hur framtida utsläppsrättigheter delas ut
- (iii) möjligheter till att undvika CO₂-utsläpp utan produktionsminskning (effektivisering)

Beroende på vilka antaganden som är inbäddade i ekonomiska modeller om hur marknaden fungerar, hur de gratis tilldelade utsläppsrätterna värderas inom företaget och vilken effektiviseringspotential som finns, får man olika resultat.

(i) Marknadsstruktur

Antagande om på vilken marknad företagen säljer sina produkter är mycket viktig och man kan skilja på en konkurrensutsatt marknad och en oligopol marknad.

På en perfekt konkurrensutsatt marknad kan inte ett enskilt företag påverka marknaden och därför slår ökade kostnader direkt mot företaget. Priset på en konkurrensutsatt marknad närmar sig teoretiskt den rörliga marginalkostnaden för produktionen och således kan inga ökade kostnader för CO₂-utsläpp övervältras på kunden utan att konkurreras ut av företag utanför EU:s handelsområde.

På en oligopol marknad domineras marknaden av ett fåtal större aktörer som utövar ett synbart inflytande på marknaden. Priskonkurrensen är begränsad och delvis ersatt med en konkurrens om baserad på produktionsvolym. Priset på en oligopol marknad blir högre än marginalkostnaden vilket ger större vinstmarginaler. Delar av de ökade CO₂-kostnaderna kan övervältras på kunden och resten av kostnaden absorberas av företaget. Produktionsvolymen behålls konstant. På en oligopol marknad kan ett handelssystem som enbart ger ökade kostnader på marginalen teoretiskt få märkliga effekter. Om företagen överför en del av sina ökade marginalkostnader till priset kan den totala effekten bli en företagsekonomisk vinst då ökade kostnader enbart drabbar försäljning på marginalen medan intäkterna från prisökningen gäller all försäljning, se Oxera (2004).

(ii) Framtida utsläppsrätter

Vad som är ekonomiskt rationellt påverkas också av om de gratis utdelade utsläppsrätterna allokeras efter ett konstant basår (vid systemets början) eller om basåret uppdateras efterhand.

Med ett konstant basår ses de gratis tilldelade utsläppsrätterna som en förmögenhetsöverföring till företaget. Värdet på varje koldioxidutsläpp blir den samma som handelspriset eftersom företaget fritt kan välja att minska produktionen och sälja sina utsläppsrättigheter.

Med ett system med uppdaterat basår kommer företagets utsläpp under perioden 2005-2007 att påverka den fria tilldelningen 2008-2012. Antag att de framtida fria tilldelningarna är beroende på vad företaget släpper ut de närmaste åren. Då blir värdet av att sälja de gratis tilldelade utsläppsrätter lägre än marknadspriset eftersom man samtidigt säljer ”rätten” att släppa ut denna mängd nästa period. Hur mycket värdet egentligen sänks från priset beror på framtida priser och hur mycket av dessa sålda rättigheter företaget får behålla nästa period.

I extremfallet kan värdet under åren 2005-2007 t.o.m. vara negativt vid en försäljning om det framtida priset på utsläppsrätter blir högre än dagens pris (vad de flesta antar). I ett system med uppdaterat basår ses inte de gratis tilldelade utsläppsrättigheterna som en förmögenhetsöverföring utan som ett produktionsbidrag som blir beroende av en fortsatt produktionsvolym och endast bör realiseras ifall man lägger ner verksamheten.

(iii) Effektiviseringspotential

Potentialen att reducera CO₂-utsläpp genom effektivisering till en försvarbar kostnad påverkar naturligtvis effekterna av ett handelssystem. Vid bedömning av effektiviseringspotentialen skiljer man på teknisk potential och ekonomisk potential. Syftet med ekonomiska styrmedel är att göra en större del av den tekniska potentialen till en ekonomisk potential, d.v.s. göra fler teknisk möjliga effektiviseringsinsatser lönsamma.

De antagna effektiviseringspotentialerna utgår normalt från en oförändrad och väldefinierad produkt (t.ex. portlandcement) i rymns således inom produktionsprocessen, s.k. *processeffektiviseringar*. Exempel är att byta till en effektivare processdesign (från våt till torr process) eller stegvisa kontinuerliga förbättringar inom varje befintligt processteg.

Mycket av den faktiska effektiviseringspotentialen kan dock vara att ändra på produkten istället, s.k. *produkt effektiviseringar*. Detta innebär dock att man ändrar produktens kvalite (inte nödvändigtvis till det sämre) vilket ställer krav på acceptans på marknaden. Detta är förändringar som delvis står utanför tillverkarens kontroll. Ökade kostnader från ekonomiska styrmedel kan få genomslag på produktpriset och styra efterfrågan mot mer effektiva produkter. Den ekonomiska potentialen är dock betydligt mer svårbedömd än för

processeffektiviseringar där ett bra investeringsunderlag räcker för att göra en god bedömning. Strategin att effektivisera genom att sänka klinkerhalten i cement är ett typexempel på produkteffektivisering. Ett annat mer drastiskt exempel är att bygga hus mer med trästomme istället för med betongstomme. Det sistnämnda skulle få drastiska effekter för cementindustrin.

6. Effekter på cement- och kalkindustrin

I det gamla systemet med CO₂-skatter med begränsningsregler fick cement och kalkindustrin ett incitament att minska produktionen med 0,8 öre/kg CO₂ och ett incitament för att energieffektivisera på 0 öre/kg CO₂. Med EU:s system för handel med utsläppsrätter kommer incitamentsstrukturen att ändras till det bättre trots en generös tilldelning av gratis utsläppsrätter. Det ekonomiska incitamentet att minska CO₂-utsläppen blir lika med handelspriset (9 öre/kg CO₂ om vi antar ett pris på utsläppsrätter om 10 euro/ton CO₂). Systemet med den fria tilldelningen innebär dock en rabatt på handelspriset om de kommande utsläppen tillåts påverka kommande fria tilldelningar. Företagen har alltid möjligheten att minska sina utsläpp och sälja rättigheterna till handelspriset. Det verkliga värdet på de gratis tilldelande utsläppsrätterna för företaget och förmågan att bära kostnader för nya utsläppsrätter avgörs av marknadssituationen och antaganden om framtida tilldelningar, se kapitel 5. Tabell 12 nedan ger incitamentsstrukturen för de båda systemen.

Tabell 12. Skillnad i ekonomiska incitament mellan dagens CO₂-skattesystem och det föreslagna systemet med handel med utsläppsrätter.

Ekonomiska incitament Incitamentssystem	Genom produktionsminskning (öre/kg CO₂)	Genom effektivisering (öre/kg CO₂)
Dagens CO ₂ - skattesystem med alla undantag	0,8	0
EU:s system med handel med utsläppsrätter 2005-2012	< 9	

Antaget ett utsläppspris på 10 euro/ton CO₂

Skillnaderna i antaganden om på vilken typ av marknad företagen verkar belyses genom två aktuella studier gjorda av ITPS (2004) och Oxera (2004). Oxera antar en oligopol marknad där 86 % av de ökade kostnaderna förs över på konsumenterna medan ITPS antar en konkurrensutsatt marknad där inga kostnader kan absorberas av företagen. Antagande om framtida utsläppsrätter och effektiviseringspotential är däremot ungefär desamma, d.v.s studierna antar att företagen inte kan påverka den framtida tilldelningen och att effektiviserings-potentialen är mycket begränsad.

Oxera studerade elektricitet, stål-, pappers-, aluminium- och cementmarknaden i England och ITPS studerade hela industrisektorn i Sverige. Oxera (2004) förutspår att den brittiska cementindustrin kommer att tjäna företagsekonomiskt på handeln och att volymen producerad cement endast minskar mycket marginellt medan ITPS (2004) förutspår en drastisk försvagning av produktionen och länsamheten i Sverige och att exporten helt och hållet att slås ut (-90 %).

En del av skillnaderna beror på skillnader mellan den brittiska och svenska cementindustrin (framförallt exporten) men huvuddelen av skillnaderna i slutsatser står att finna i olika antaganden om grundläggande marknadsförhållanden.

Studierna av ITPS (2004) och Oxera (2004) har åtminstone en sak gemensamt, nämligen att potentialen till effektiviseringar inom cement- och kalkindustrin anses vara ingen eller försumbar. ITPS och Oxera ser dock enbart till processeffektiviseringar d.v.s. utgår från en oförändrad produkt. Bottom-up studier som t.ex. Worrel et al (2001), Gäbel (2001) och även EU:s BAT referensdokument identifierar flera olika typer potentialer av olika storlek varav en del är produkteffektiviseringar (mest att sänka klinkerinnehållet).

Nedan följer en uppskattning av effekterna från ett underifrån perspektiv ("bottom-up") där vi tagit hänsyn till de faktiska förhållandena som gäller för cement- och kalkindustrin i Sverige.

6.1 Cement

Cementindustrin kan beskrivas som en delad marknad, se kapitel 3, där hemma-marknaden är en oligopol/monopol marknad och där exportmarknaden är en hårt konkurrensutsatt spotmarknad där cement säljs så länge priset ger producenten ett täckningsbidrag. Sveriges cementindustri är unik med en ovanligt stor del av produktionen som går på export till länder utanför handelsområdet, främst till USA.

Den fria tilldelningen av utsläppsrätter motsvarar en prognostiserad produktionsökning. Slitefabriken får t.ex. gratis utsläppsrätter motsvarande 1 643 554 ton CO₂ som skall jämföras med utsläppen år 2003 som var 1 460 000 ton CO₂. En ökning med 12 %. Med ett antagande om att utsläppsrätterna kommer att omförhandlas

inför nästa åtagandeperiod (efter 2007) och att utsläppsnivåerna 2005-2007 kommer att avgöra hur stor den fria tilldelningen blir 2008-2010, så bör Cementa endast värdera de utsläppsrätter som de tvingas köpa. Att minska produktionen, enbart med hänvisning till värdet av att sälja de fritt tilldelade utsläppsrätterna, kan långsiktigt få stora ekonomiska konsekvenser.

En trolig utveckling från ovanstående resonemang är att handelssystemet kommer att ha en dämpande effekt på exporttillväxten och att effekten inom Sverige blir att priset eventuellt höjs något. Cementa skulle på så vis tjäna företagsekonomiskt på handelssystemet men då den Svenska cementmarknaden redan idag är under övervakning från konkurrensmyndigheter och under prispress är framtida prishöjningar motiverade av ökade marginalkostnader för handelssystemet osannolika.

Cementproduktionen i Sverige håller hög standard då det gäller CO₂-utsläpp och energiintensitet. Förutom kontinuerligt effektiviseringsarbete finns det idag inga givna processtekniker som skulle sänka energiintensiteten avsevärt. Gäbel (2001) visar på de stora potentialer som finns till CO₂-reduktion genom bränslebyte och genom att sänka klinkerinnehållet. Dessa åtgärder skulle tekniskt sett gå att implementera ganska snabbt men praktiskt tar det tid att få acceptans för t.ex. nya produktsorter på cementmarknaden och att arbeta upp infrastruktur kring alternativ bränsle försörjning.

6.2 Kalk

Kalkindustrin är hårt knuten till sina kunder som mestadels består av stålindustrin, massa/pappersindustrin samt byggindustrin. Marknaden är lokal/regional och exporten är liten och begränsad till Danmark. Denna industrigren kommer alltså inte att drabbas av ökad konkurrens från länder utanför handelsområdet. Efterfrågan på kalk förväntas stiga de kommande åren med ca 70 000 ton p.g.a. en planerad ny anläggning i Husum (Wikander 2004). Den fria tilldelningen har räknats in och justerats uppåt för den förväntade produktionsökning.

Även här är det rimligt att anta att utsläppsrätterna endast kommer att värderas på marginalen d.v.s. de gratis tilldelade utsläppsrätterna kommer att ses just som driftbidrag. Eventuella ökade kostnader (vid ett pris på 10 euro per ton CO₂ blir kostnadsökningen för bränd kalk rejäl) kommer att delvis överföras på kunden. Relativt lite är känt om möjligheterna att effektivisera. Det finns dock tecken på att åtminstone en effektivisering på 20 % kan åstadkommas genom kända investeringar (installation av förvärmning) som idag inte är lönsamma. EU:s handel med utsläppsrätter kommer att ge ett större, om än inte tillräckligt, investeringsutrymme för sådana insatser.

7. Slutsatser

Ovanstående genomgång av cement- och kalkindustrin i Sverige visar att det är viktigt att ha en relativt detaljerad kunskap om hur marknaden fungerar, om hur detaljerna kring tilldelning är utformade och de faktiska tekniska och ekonomiska möjligheterna att undvika CO₂-utsläpp för att kunna förutspå effekterna på enskilda industrier av ett handelssystem. Resultat från aggregerade modeller bör således tolkas med försiktighet då rimliga variationer i grundläggande antagande får stora konsekvenser för resultatet.

Då tilldelningen av fria utsläppsrätter till den konkurrensutsatta industrin räknat in prognostiserade produktionsökningar så kommer handeln med utsläppsrätter inte att påverka vare sig produktionsvolymen eller lönsamheten i industrin i någon större utsträckning i den första fasen (2005-2007). Dock ger det handelssystem ett bättre ekonomiskt incitament än CO₂-skatt med begränsningsregler relaterade till försäljningsvärde. Utan den fria tilldelningen hade sannolikt cementindustrin drabbats av en betydande minskning av exporten. Lönsamheten hade dock inte drabbats i samma utsträckning då den lönsamma hemmamarknaden förblivit relativt stabil. Kalkindustrin har också en relativt skyddad hemmamarknad men effekterna på kalkindustrin hade indirekt blivit kännbara trots möjligheter att överföra stora delar av kostnaden på kunden. Ett handelssystem utan fria utsläppsrätter hade nämligen drabbat kalkindustrins största kunder, stål och pappers/massa industrierna, med vikande konsumtion av kalk som följd.

På kort sikt finns det ingen större potential för den svenska cement- och kalkindustrin att öka energieffektiviteten. På lång sikt kan effektiviteten öka inom kalkindustrin genom att införa högre grad av förvärmning vid befintliga roterande ugnar. Ekonomiskt kan detta endast motiveras vid ombyggnader och nyinvesteringar som görs huvudsakligen av andra skäl. För cementindustrin kan handelssystemet öka trycket att konvertera fler våta, semi-våta eller semi-torra anläggningar till torra anläggningar inom EU. Den största CO₂-reduktionspotentialen för cementindustrin i Sverige idag ligger dock i att ändra marknaden till att efterfråga och acceptera ett lägre klinkerinhåll i cementen. Tekniskt skulle de gå att ställa om produktionen till detta relativt snabbt men det lär ta tid att ändra byggnormer och få acceptans på marknaden, framförallt den konkurrensutsatta exportmarknaden.

Storleken på utsläppsbubblan inom handelssystemet och principerna för tilldelningen av fria utsläppsrätter är anpassat för att ge ekonomiska incitament till CO₂-reduktion genom tekniska lösningar men att samtidigt skydda dagens nivå på produktion. Förhoppningarna om vad handelssystemet kan åstadkomma bör ses i ett mer långsiktigt perspektiv där handelssystemet ger en signal till industrin på vad man långsiktigt bör satsa på. Ett av de långsiktiga målen med klimatpolitiken är dock att styra mot en mer uthållig konsumtion vilket kan betyda att vi måste acceptera högre kostnader även för dagens produktionsnivå för att styra mot en lägre konsumtion av t.ex. cement- och kalkprodukter.

8. Referenser

- CEMBUREAU (1999). "Best Available Techniques" for the cement industry. Cembureau, Brussels
- DG Comp. (2000). Case No COMP/M.1874-LAFARGE / BLUE CIRCLE. Regulation (EEC) no 4064/89 Merger Procedure. European Communities Luxembourg.
- Gäbel K. (2001) A Life Cycle Process Model – Simulation of Environmental, Product and Economic Performance in Cement Production. Licentiate thesis, Chalmers University of Technology. Göteborg Sweden.
- Heidelberg (2004). Environmental Report 2003
- IEA (1999) The Reduction of Greenhouse Gas Emissions from the Cement Industry. Report Number PH3/7 May 1999, Paris France
- ITPS (2004). Basindustrin och Kyoto – effekter på konkurrenskraft av handel med utsläppsrätter. Rapport A2004:019 Institutet för tillväxt politiska studier, Östersund.
- EU (2001). Integrated Pollution Prevention and Control – reference document on best available techniques in the Cement and lime manufacturing industries. December 2001, Brussels
- Johansson B. (2004). Climate Policy Instruments and Industry – Effects and Potential Responses in the Swedish Context. Submitted to Energy Policy
- Konkurrencestyrelsen (1998). Aalborg Portland har misbrukat selskabets dominerande ställning på cementmarknaden. Pressemeddelelse. Konkurrencestyrelsen. Danmark.
- La Cour och Möllergaard, (2002). Market Domination: Test Applied to the Danish Cement industry, European Journal of Law and Economics. 14: 99-127
- Miljörapporter (2003). Inskickade miljörapporter till kommuner och länsstyrelser
- Näringsdepartementet (2001). Svensk basindustrin – konkurrenskraft och hållbar utveckling, Ds 2001:63. Fritzes förlag Stockholm
- Oxera (2004). CO₂ emissions trading: How will it affect the UK industry ?. Tillgänglig från www.oxera.com
- PointCarbon (2004). Carbon Market Europe, October 15 – 2004. Nerladdat från www.pointcarbon.com
- Profu (2003). Styrmedel inom klimatpolitiken – modellberäkningar samt problemorienterade beskrivningar och analyser. Rapport ER 21:2003, Statens energimyndighet, Eskilstuna
- Regeringen (2003). Handla för bättre klimat. SOU 2003:60. Fritzes förlag Stockholm
- SCB (2004). Sveriges statistiska databaser. www.scb.se
- WBCSD (2002). Towards a sustainable cement industry – Substudy 8 Climate change. Nerladdat från www.wbcdcement.org.
- Worrell E, Price L., Martin N., Handriks C, Ozawa Meida L. (2001). Carbon Dioxide Emissions from the Global Cement Industry. Annual Review Energy and Environment 26 pp. 303-29.
- van Oss, H. and Padovani, A. (2002). Cement Manufacture and the Environment. Journal of Industrial Ecology vol 6 no 1. MIT USA

van Oss, H. (2000). Minerals Yearbook: Volume 1- Metals and Minerals. US Geological Survey – Minerals Information, US Government. Nerladdad från <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement>

Wikander (2004). Personlig kommunikation. Alf Wikander, ordf. Kalkföreningen

ÅF (2004). Den handlande sektorns konkurrenssituation – snabbutredning för FlexMex utredningen. Stockholm 2003-04-11. ÅF-energikonsult.

Reports from the Department of Environmental and Energy Systems Studies

Lars Nilsson, Eric D. Larson, **A System-Oriented Assessment of Electricity Use and Efficiency in Pumping and Air-Handling**, IMES/EESS Report No. 1, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, September 1990.

Tomas Ekwall, **Energy Demand for Residential Air Conditioning in Developing Countries**, IMES/EESS Report No. 2, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, February 1991.

Tomas Ekwall, **Elektrotermiska processer i svensk industri**, IMES/EESS Report No. 3, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, April 1991.

Per Svenningsson, **Omvandling av energi - hur stort är primärenergibehovet för att leverera energi till slutlig användning?**, IMES/EESS Report No. 4, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, September 1991.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--91/3001--SE + (1-121)

ISBN 91-88360-01-6

Johan Callin, Björn Svennesson, Eric White, **Energy and industrialization, The choice of technology in the paper and pulp industry in Tanzania**, Master Thesis, IMES/EESS Report No. 5, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, February 1991.

Mattias Lundberg, **Samproduktion av el och värme med gasturbiner och gasmotorer, En analys av hur mycket el som kan produceras med kraftvärmeteknik som har högt el till värmeförhållande**, IMES/EESS Report No. 6, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, September 1991.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--91/3002--SE + (1-140)

ISBN 91-88360-00-8

Brita Olerup, **Att genomföra förändringar - En effektivare energi-användning**, IMES/EESS Report No. 7, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 1991.

Anders Mårtensson, **Energy Efficiency Improvement by Measurement and Control. A case study of reheating furnaces in the steel industry**, IMES/EESS Report No. 8, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, March 1992.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--92/3003--SE + (1-48)

ISBN 91-88360-02-4

Deborah Wilson, **Evaluating Alternatives: Aspects of an Integrated Approach Using Ethanol in Thailand's Transportation Sector**, IMES/EESS Report No. 9, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 1993.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--93/3004--SE + (1-42)

ISBN 91-88360-04-0

P. Schlyter, G. Bengtsson, **Bedömning av kronutglesning hos gran och tall i fält och i storskaliga flygbilder**, IMES/EESS Report No. 10, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 1993.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--93/3005--SE + (1-33)
ISBN 91-88360-06-7

Anders Mårtensson, **Supply Quality Control at Large Scale Integration of Renewable Energy Sources of Electricity in the Swedish National Grid**, IMES/EESS Report No. 11, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 1993.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--93/3006--SE + (1-29)

ISBN 91-88360-08-3

Anders Mårtensson, **Evaluating Energy Efficiency Improvements - A Case Study on Information Technology for Steel Heating Furnaces**, IMES/EESS Report No. 12, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, July 1993.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--93/3007--SE + (1-41)

ISBN 91-88360-09-1

Lars Lundahl, **The Wind Water Tunnel at IMES- A Facility for Empirical Studies of Aerosol Deposition**, IMES/EESS Report No. 13, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, March 1994.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--94/3008--SE + (1-36)

ISBN 91-88360-11-3

Joel Swisher, **Dynamics of Electric Energy Efficiency in Swedish Residential Buildings**, IMES/EESS Report No. 14, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, March 1994.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--94/3009--SE + (1-25)

ISBN 91-88360-18-0

Joel Swisher, Lena Christiansson, **Dynamics of Energy Efficiency in Lighting and Other Commercial Uses in Sweden**, IMES/EESS Report No. 15, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, April 1994.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--94/3010--SE + (1-33)

ISBN 91-88360-15-6

Richard Weston, **Aerosol Deposition: Process Modelling Experiments**, IMES/EESS Report No. 16, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, April 1994.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--94/3011--SE + (1-50)

ISBN 91-88360-14-8

Pål Börjesson, **Energianalyser av biobränsleproduktion i svenskt jord- och skogsbruk - idag och kring 2015**, IMES/EESS Report No. 17, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, July 1994.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--94/3012--SE + (1-63)

ISBN 91-88360-20-2

Annika Carlsson, **Developing a Methodology to Assess Environmental Effects of Consumption Patterns - A Case Study**, IMES/EESS Report No. 18, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 1994.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--94/3013--SE + (1-61)

ISBN 91-88360-19-9

Annika Carlsson, **Swedish Food Consumption and the Environment - a Trend Analysis During the Period of Consumerism**, IMES/EESS Report No. 19, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, June 1995.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--95/3014--SE + (1-40)

ISBN 91-88360-21-0

Britt-Marie Johnsson, **Axis och miljö - en nulägesrapport**, IMES/EESS Report No. 20, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, April 1996.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--96/3015--SE + (1-62)

ISBN 91-88360-26-1

Lena Christiansson, **Dynamics of Electricity Efficiency in Commercial Air-Distribution Systems in Sweden**, IMES/EESS Report No. 21, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, April 1996.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--96/3016--SE + (1-24)

ISBN 91-88360-28-8

Mindaugas Raulinaitis, **Biomass for Heat and Electricity: a Sustainable Resource in the Lithuanian Energy System**, IMES/EESS Report No. 22, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, August 1996.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--96/3017--SE + (1-48)

ISBN 91-88360-29-6

Jürgen Salay, **Electricity Production and SO₂ Emissions in Poland's Power Industry**, IMES/EESS Report No. 23, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, September 1996.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--96/3018--SE + (1-38)

ISBN 91-88360-31-8

Annika Carlsson, **Greenhouse Gas Emissions in the Life-Cycle of Carrots and Tomatoes**, IMES/EESS Report No. 24, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, June 1995.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--97/3019--SE + (1-74)

ISBN 91-88360-35-0

Sophia Chong, **Institutions in an Era of Global Warming on Institutional Dynamics in the European Union**, IMES/EESS Report No. 25, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 1997.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--98/3020--SE + (1-22)

ISBN 91-88360-38-5

Johannes Stripple, **The Image of Climate Change: On Organisational Cognition and Responses**, IMES/EESS Report No. 26, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, January 1999.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--98/3021--SE + (1-24)

ISBN 91-88360-39-3

Jessica Johansson and Ingrid Wigstrand, **Källsortering för ökad återvinning hos Skanska Prefab, (Increased recovery through source separation at Skanska Prefab)**, IMES/EESS Report No. 27, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, June 1998.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--98/3022--SE + (1-168)

ISBN91-88360-41-5

Joakim Nordqvist, **Rural Residential District Heating in North China**, IMES/EESS Report No. 28, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, June 2000.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--00/3023--SE + (1-75)

ISBN91-88360-45-8

Jannice Hansson, **Miljöledningssystem i Skanska Väg, Region Syd**, IMES/EESS Report No. 29, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, June 2000.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--00/3024--SE + (1-xx)

ISBN91-88360-46-6

Peter Helby, **Voluntary agreements, implementation and efficiency. European relevance of case study results. Reflections on transferability to voluntary agreement schemes at the European level.** IMES/EESS Report No. 30, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 2000.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--00/3025--SE + (1-64)

ISBN91-88360-47-4

Jonas Kågström, Kerstin Åstrand and Peter Helby, **Voluntary agreements, implementation and efficiency. Swedish country study report. Covering the EKO-Energi programme. With case studies in pulp and paper and heavy vehicle manufacturing.** IMES/EESS Report No. 31, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 2000.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--00/3026--SE + (1-105)

ISBN91-88360-48-2

Peter Helby, **Renewable energy projects in Sweden: An overview of subsidies, taxation, ownership and finance.** IMES/EESS Report No. 32, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 2000.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--00/3027--SE + (1-36)

ISBN91-88360-49-0

Peter Helby, **Renewable energy projects in Denmark: An overview of subsidies, taxation, ownership and finance.** IMES/EESS Report No. 33, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 2000.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--00/3028--SE + (1-52)

ISBN91-88360-50-4

Pål Börjesson, **Framtida tillförsel och avsättning av biobränslen i Sverige - Regionala analyser.** IMES/EESS Report No. 34, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, June 2001.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--01/3029--SE + (1-49)

ISBN91-88360-51-2

Bengt Johansson, Pål Börjesson, Karin Ericsson, Lars J Nilsson and Per Svenningsson, **The Use of Biomass for Energy in Sweden – Critical Factors and Lessons Learned.**

IMES/EESS Report No. 35, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, August 2002.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--02/3030--SE + (1-46)

ISBN 91-88360-53-9

Birgitta Henecke and Jamil Khan, **Medborgardeltagande i den fysiska planeringen – en demokratiteoretisk analys av lagstiftning, retorik och praktik.**

IMES/EESS Report No. 36, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, November 2002.

ISSN 1102-3651

ISSN 1404-6741

ISRN LUTFD2/TFEM--02/3031--SE + (1-44)

ISBN 91-7267-134-3

Pål Börjesson, Göran Berndes, Fredrik Fredriksson and Tomas Kåberger, **Multifunktionella bioenergiödlingar.**

IMES/EESS Report No. 37, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, November 2002.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--02/3032--SE + (1-112)

ISBN 91-88360-54-7

Pål Börjesson, Anders Christian Hansen, Peter Helby, Anders Roos, Håkan Rosenqvist and Linn Takeuchi, **Market development for sustainable bioenergy systems in Sweden. (The BIOMARK project).**

IMES/EESS Report No. 38, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, January 2004.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3033--SE + (1-193)

ISBN 91-88360-55-5

Nilla Emanuelsson, Lotta Strömberg, **Förslag på energisystemlösningar för bostäder tillhörande Högestads och Christinehofs Fideikommiss AB.**

IMES/EESS Report No. 39, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, January 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/5001--SE + (1-105)

Lena Neij, Per Dannemand Andersen, Michael Durstewitz, Peter Helby, Martin Hoppe-Kilpper, Poul Erik Morthorst, **Experience curves: a tool for energy policy programmes assessment.**

IMES/EESS Report No. 40, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, January 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3034--SE + (1-146)

ISBN 91-88360-56-3

Peter Joelson, **Environment and Economy in Symbiosis? Experiences of Environment Management with Environmental Management System from Small Swedish Energy Enterprises.**

IMES/EESS Report No. 41, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/5002--SE + (1-94)

Linn Takeuchi, **Subcontractors and Component Suppliers in the Swedish Wind Power Industry.**

IMES/EESS Report No. 42, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3035--SE + (1-95)
ISBN 91-88360-60-1

Petter Rönnborg, **Borta med vinden: En analys av konkurrensen mellan leverantörer av vindkraftverk i Sverige.**

IMES/EESS Report No. 43, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3036--SE + (1-76)

ISBN 91-88360-62-8

Maria Berglund and Pål Börjesson, **Energianalys av biogassystem.**

IMES/EESS Report No. 44, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3037--SE + (1-90)

ISBN 91-88360-63-6

Pål Börjesson and Maria Berglund, **Miljöanalys av biogassystem.**

IMES/EESS Report No. 45, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, May 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3038--SE + (1-80)

ISBN 91-88360-64-4

Kerstin Åstrand och Lena Neij, **Styrmedel för vindkraftens utveckling i Sverige.**

IMES/EESS Report No. 46, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, November 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3039--SE + (1-102)

ISBN 91-88360-65-2

Jamil Khan, **Planering av biogasanläggningar.**

IMES/EESS Report No. 47, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, July 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3040--SE + (1-54)

ISBN 91-88360-66-0

Bengt Johansson, **Nationella mål och flexible mekanismer.**

IMES/EESS Rapport Nr. 48, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, November 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3041--SE + (1-28)

ISBN 91-88360-67-9

Ole Langni , **Governance Structures for Promoting Renewable Energy Sources.**

IMES/EESS Report No. 49, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, December 2003.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--03/3042--SE + (1-280)

ISBN 91-88360-68-7

Anna Evander, **Framtida utformning av CDM.**

IMES/EESS Rapport Nr. 50, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, januari 2004.

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--04/5003--SE + (1-67)

Maria Andersson, **Utvärdering av miljöarbetet på Forsmark relaterat till införande av ett miljöledningssystem - med inriktning mot avfallshantering och upphandling.**
IMES/EESS Report No. 51, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, januari 2004
ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--04/5004--SE + (1-74)

Linda Gustavsson, **Utvärdering av miljöarbetet på Ringhals kärnkraftverk – efter införandet av ett certifierat miljöledningssystem.**
IMES/EESS Report No. 52, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, januari 2004.
ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--04/3043--SE + (1-90)
ISBN 91-88360-69-5

Max Åhman, **Government policy and environmental innovation in the automobile sector in Japan.**
IMES/EESS Report No. 53, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, January 2004
ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--04/3044--SE + (1-31)
ISBN 91-88360-70-9

Pål Börjesson, **Energianalys av drivmedel från spannmål och vall.**
IMES/EESS Report No. 54, Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, March 2004.
ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--04/3045--SE + (1-16)
ISBN 91-88360-71-7

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2 / TFEM--04 / 3046-SE + (1-39)
ISBN 91-88360-73-3