
Rapport SGC 084

**LIVSCYKELANALYSER - ÄR DET NÅGOT
FÖR GASBRANSCHEN?**

Jörgen Thunell
Svenskt Gastekniskt Center AB

September 1997



Rapport SGC 084
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--84--SE

Rapport SGC 084

LIVSCYKELANALYSER - ÄR DET NÅGOT FÖR GASBRANSCHEN?

**Jörgen Thunell
Svenskt Gastekniskt Center AB**

September 1997

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

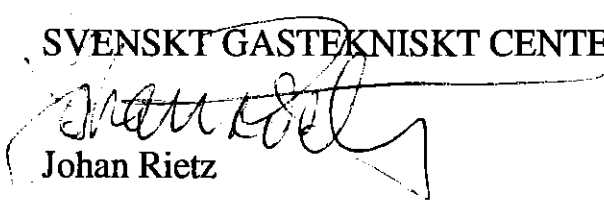
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydgas AB
Vattenfall Naturgas AB
Göteborg Energi AB
Helsingborg Energi AB
Lunds Energi AB
SE Gas AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

Sammanfattning

Genom en livscykelanalys (LCA) skaffar man sig kunskap om hur en produkt totalt förbrukar resurser och påverkar miljön. Man följer, enkelt uttryckt, produkten "från vaggan till graven" och kartlägger därvid produktens behov av material och energi under tillverkning, transport och användning samt vilka miljöeffekter som utsläpp och avfall ger upphov till under dessa skeden.

Likaväl som en LCA kan göras för en "hårdvaruprodukt" typ en personbil, kan LCA göras för "mjukvaruprodukten" energi. Energi är vanligen förknippad med ett bränsle och vid en LCA följer man bränslets väg från utvinning via transporter, behandlingsteg och förbränning fram till och med omhändertagande av restprodukter.

Genom livscykelanalyser kan man bl a

- upptäcka länkar med onormalt stor miljöpåverkan i en tillverkningskedja
- välja tillverkningsalternativ med minimal total miljöpåverkan
- öka miljömedvetenheten inom ett företag

Livscykelanalyser för den egna produkten kan också utgöra ett underlag för potentiella kunder i deras produktval samt underlag för miljömärkningskriterier.

En fullständig LCA omfattar fyra steg: Målbeskrivning, inventering, bedömning av miljöpåverkan och resultattolkning. Många LCA slutar i dag med inventeringssteget (LCI), vilket i energisammanhang innebär en kartläggning av resursförbrukning och föroreningsutsläpp vid t ex användning av 1 m³ naturgas. Bedömning av miljöpåverkan och resultattolkning är två LCA-områden som ännu befinner sig i sin linda och där mycket utvecklingsarbete pågår.

Framtagande av livscykelanalyser för olika energislag får allt större utbredning. I Sverige har Vattenfall gjort en LCI för sitt elproduktions-system och Sydkraft är på gång med motsvarande

för sitt system. I dessa studier ingår även kraftproduktionsanläggningar eldade med naturgas. I Norge har gjorts en mycket omfattande inventering av resursåtgång och föroreningsutsläpp i samband med gasutvinning i Nordsjön.

Frågan i föreliggande rapports titel: "Livscykelanalyser – är det något för gasbranschen?" kan enligt författaren besvaras med ett ja. Förutom Vattenfalls och Sydkrafts studier av större gaseldade kraftverk bör man även ta fram LCA för bl a småskalig kraftvärmeproduktion med gasmotorer, för småskalig värmeproduktion och för gasbaserade industriprocesser. För samordning och enhetlig metodik föreslås också att de olika energibranscherna tillsätter en arbetsgrupp för att behandla dessa frågor.

LIVSCYKELANALYSER - ÄR DET NÅGOT FÖR GASBRANSCHEN?

Innehåll

1. Inledning	1
2. Varför livscykelanalyser?	1
3. Organ engagerade i utveckling av LCA-metoder	2
4. Metodik och begränsningar	4
4.1 Målbeskrivning och omfattning	4
4.2 Inventeringsanalys	5
4.3 Bedömning av miljöpåverkan	6
4.4 Resultattolkning och resultatpresentation	8
4.5 Begränsningar	9
5. Livscykelanalyser av naturgas	9
6. Livscykelanalyser inom energiområdet i sin helhet	17
7. Förslag till svenska LCA-studier inom energigasområdet	17
8. Sammanfattningar av några utförda LCA inom naturgasområdet	19
8.1 Livscykelanalys av Vattenfalls elproduktion	19
8.2 Livscykeldata för schweiziska och "europeiska" energianläggningar	20
8.3 Luftburna utsläpp från hela bränslecykeln vid brittisk elproduktion	22
8.4 LCA-data för norsk olje- och gasutvinning i Nordsjön	23
8.5 ExternE - EU's studie innefattande kostnader för miljöpåverkan	24
8.6 Risø-studie kring miljökostnader vid energiproduktion	26
9. Avslutning	26
10. Referenser	26

1. Inledning

Intresset för hur jordens ändliga resurser utnyttjas och hur mänskliga aktiviteter påverkar miljön har ökat markant under senare år. Intresset bottnar inte enbart i en önskan om ökad kunskap utan också önskan om att kunna påverka. Ett exempel för den enskilda människan är möjligheten att kunna välja en vara, inte enbart efter varans pris och kvalitet utan också efter dess "totala" resursförbrukning och påverkan på miljön. Resursförbrukning och miljöpåverkan återspeglas normalt inte i varans pris men kan kanske i framtiden utläsas ur varudeklarationen eller produktinformationen.

Genom en livscykelanalys (LCA) kan man skaffa sig information om hur en produkt totalt förbrukar resurser och påverkar miljön. Man följer, enkelt uttryckt, produkten från vaggan till graven och kartlägger därvid produktens behov av material och energi under tillverkning, transport och användning samt vilka miljöeffekter som utsläpp och avfall ger upphov till under dessa skeden.

Likaväl som en LCA kan göras för en "hårdvaruprodukt", typ en bil, kan LCA göras för "mjukvaruprodukten" energi. Energi har vanligen sitt ursprung i ett bränsle, t ex kol, och vid en LCA följer man kolet på dess väg från brytning via transport och förbränning fram till och med omhändertagandet av askan. Dessutom beaktas bygande och drift av de anläggningar som bränslet passerar på sin väg, t ex behandlingsanläggningar, transportmedel och kraftverk.

I Sverige har Vattenfall utfört en livscykelanalys av sitt kraftsystem (Ref 1) och Sydkraft arbetar med en motsvarande studie för sitt system. I dessa studier ingår även naturgaseldade anläggningar.

De miljörelaterade studier som den svenska gasbranschen hittills genomfört rör huvudsakligen emissioner i samband med naturgasförbränning, dvs det sista steget i gasens väg från vaggan till graven. Därutöver har några översiktliga studier gjorts av metanläckage från det svenska naturgasnätet. Tiden har emellertid nu ansetts mogen att se över hela naturgaskedjan och denna förstudie är en första ansats i ett sådant arbete.

Målsättningarna med förstudien var att på ett enkelt sätt redovisa metodiken vid framtagande av livscykelanalyser, att se över vilka energirelaterade LCA som utförts utomlands samt att föreslå fortsätta svenska LCA-studier inom energigasområdet. I förstudien ingår även medverkan i inventeringsfasen i ett LCA-projekt inom den europeiska organisationen EUROGAS. Det arbetet redovisas dock i en separat rapport.

2. Varför livscykelanalyser?

Principen att studera hela livscykeln för olika produkter utvecklades i USA redan i slutet av 1960-talet. Från början handlade det mest om energianvändning "från vaggan till graven" men studierna kompletterades successivt med utsläpp från energianvändningen samt förbrukning av naturresurser typ råvaror, mark och vatten. I dag har LCA blivit ett kraftfullt verktyg som bl a kan användas för miljöförbättringar av olika slag.

LCA används både internt och externt. Intern användning innebär att resultaten enbart används inom ett företag eller en organisation. När resultaten görs offentliga, t ex för kunder eller myndigheter, talar man om extern användning. I båda fallen tillämpas samma analysprinciper men kraven på trovärdighet och dokumentation är givetvis större i det senare fallet. I början av 1990-talet användes LCA främst internt men numera är flertalet livscykelanalyser avsedda för såväl internt som externt bruk.

En styrka hos LCA är dess karaktär av "sorteringsverktyg" med vars hjälp man kan skilja mellan väsentligheter och oväsentligheter. Det kan således handla om att identifiera vilken typ av miljöpåverkan som kan ändras genom val av alternativ och det kan handla om att identifiera de steg i livscykeln som svarar för den största miljöpåverkan.

Exempel på viktiga användningsområden för verktyget LCA för exempelvis ett tillverkande företag är följande (Ref 2).

- Jämförelser av olika råvarualternativ, tillverkningsalternativ, energiförsörjningssystem, transportsystem m m för en produkt i syfte att minska miljöpåverkan.

- Identifiering av de steg i hela kedjan, som svarar för huvudsaklig miljöbelastning för att kunna välja förbättringsåtgärder som ger resultat miljömässigt.
- Som underlag för val av underleverantörer.
- Analys av det egna produktsystemet för att få och kunna sprida kunskaper om dess miljöegenskaper och inte minst för att identifiera kunskapsluckor.
- Produktinformation om miljöprestanda.
- Stöd till produktutvecklare vid detaljval av material m m.
- Kvantifiering av miljömässig förbättring av nya produktmodeller.
- Underlag för långsiktig strategisk planering avseende framtida produktutformning eller återvinningssystem.
- Underlag från livscykelanalyser underlättar val mellan tekniker för framtida elproduktion
- Underlag från livscykelanalyser pekar på möjligheter att minska resursförbrukning och miljöpåverkan i befintligt elproduktionssystem.
- LCA-studier bidrar till att förstärka miljöarbetet inom företaget och ger fördjupade kunskaper om verksamhetens resursförbrukning och utsläpp till omgivningen.

Ser vi specifikt till naturgasområdet är även här många av motiven för livscykelanalyser samma som de ovan nämnda. Framför allt är det viktigt att gasbranschen själv medverkar i analyserna, eftersom huvuddelen av erforderliga data endast finns tillgängliga hos gasföretagen. Om "utomstående" gör livscykelanalyser för naturgas finns alltid risk att felaktiga data används, vilket kan ge för naturgaskedjan icke rättvisande resultat.

Exempel på motiv för LCA inom naturgasområdet är:

Exempel på resultat användning inom den offentliga sektorn är:

- Analys av olika avfallsstrategier bl a avseende materialåtervinning.
- Underlag vid offentlig upphandling.
- Underlag för miljömärkningskriterier.

Gentemot ett företags kunder kan en LCA utgöra ett underlag som kunden i sin tur använder vid analys av sina produkter.

Inom energiområdet, dvs där företagets produkt är energi, är motiven för LCA och dess användningsområden i tillämpliga delar samma som vid "hårdvaruprodukter". I den tidigare nämnda Vattenfallstudien (Ref 1) anges följande skäl till genomförandet:

- El används vid tillverkning av nästan alla produkter. För tillverkarens egna livscykelanalyser är det därför viktigt att känna till elenergens resursförbrukning och miljöpåverkan.

- Resultaten kan peka på svaga länkar i produktkedjan där speciella åtgärder bör vidtas. En sådan länk som framför allt uppmärksammas utomlands är metanläckage från äldre naturgasnät.
- Tillförlitliga resultat kan användas gentemot myndigheterna i diskussioner om miljöskatter, miljöavgifter o dyl.
- Gentemot potentiella gaskunder kan LCA av naturgas och alternativa bränslen påverka kunden i hans val av bränsle.

3. Organ engagerade i utveckling av LCA-metodik

Från början fanns inga speciella regler eller riktlinjer för hur livscykelanalyser skulle utföras. I början av 1990-talet tog emellertid organisationen SETAC sig an problemet och den struktur för LCA man där arbetat fram är nu allmänt accepterad.

SETAC står för Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Organisationen har 4.000

medlemmar från hela världen och i deras "Steering Committee" för LCA sitter bl a en svensk, Lars Gunnar Lindfors från IVL. SETAC's riktlinjer finns i ett dokument med titeln "Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice" (Ref 3).

ISO (International Standard Organisation) utvecklar en standard för företagsmiljöledning, ISO 14000, och engagerar sig i anslutning därtill även i LCA-frågor. De standarder som är under framtagande bygger på SETAC's arbeten men ger mer specifika rekommendationer. LCA-frågorna handläggs inom ISO/TC 207 "Environmental Management Systems", Subcommittee 5 (SC5) "Life Cycle Analysis". Inom SC5 finns fem arbetsgrupper (working groups, WG) enligt nedan där även motsvarande ISO-standard angetts.

WG 1 Principer och riktlinjer	ISO14040
WG 2 Inventeringsanalys, generellt	ISO14041
WG 3 Inventeringsanalys, specifikt	
WG 4 Miljöpåverkan	ISO14042
WG 5 Miljöförbättringar	ISO 14043

Standarden ISO 14040 beräknas vara klar under 1997 och övriga kommer successivt under de närmaste åren. Alla arbeten är påbörjade och vissa finns redan som "drafts", dvs i konceptform.

På det europeiska planet har EU inom sitt Environment and Climate Programme anslagit medel för ett "European Network for Strategic Life Cycle Assessment Research and Development" med förkortningen LCANET. Sju europeiska universitet och forskningsinstitut, däribland IVL i Sverige, driver projektet som har till uppgift

- att vara ett diskussionsforum för forskning och utveckling inom LCA-området
- att beskriva nuvarande läge vad gäller LCA-metodiken och att med utgångspunkt härifrån identifiera forsknings- och utvecklingsbehov.

Resultatet från den senare uppgiften skall inarbetas i EU's Environment and Climate Programme för perioden 1999 - 2003.

1991 startade på nordisk basis projektet LCA-NORDEN. Projektet initierades av Nordiska ministerrådets kommitté för renare teknologi och följande mål formulerades:

- Utarbeta ett ramverk för livscykelanalyser byggt på nordisk konsensus.
- Förse industrin m fl med en handledning för livscykelanalyser som bl a kan utnyttjas när resultaten skall kommuniceras till myndigheter.
- Påverka det internationella arbetet inom området.

Inom projektet togs ett antal tekniska rapporter fram som tillsammans utgör grunden för slutrapporten i juni 1995: "Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment" (Ref 4). Även dessa nordiska riktlinjer baserar sig i stort på SETAC's arbeten.

Beskrivningarna i nästa kapitel av metodik och begränsningar är i huvudsak hämtade från två förenklade sammandrag av de nordiska riktlinjerna (Ref 2 och ref 5).

Sverige ligger långt framme när det gäller utveckling inom LCA-området. En av de större aktörerna är Centrum för Produktrelaterad miljöanalys (CPM) vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. De arbetar bl a med att förbättra och samtidigt förenkla LCA-metodiken samt att sprida kunskap om hur miljön påverkas vid tillverkning och användning av produkter. CPM är ett s k kompetenscentrum som finansieras av NUTEK och ett tiotal medlemsföretag. Bland industriintressenterna finns från energibranschen Vattenfall AB.

Vid Chalmers finns även Chalmers Industriteknik (CIT), en stiftelse som bedriver kontraktsforskning och som skall underlätta kontakter mellan högskolan och näringslivet. Inom CIT finns enheten Ekologik med lång och praktisk erfarenhet av LCA av olika produkter och tjänster och som nu bl a utvecklar metoder som förbättrar och förenklar LCA-arbetet. Enheten ägnar sig också åt handledning, utbildning, rådgivning och granskning av andras analyser.

Ett annat svenskt organ som arbetar med utveckling av LCA-metodiken är IVL (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning). Som nämnts tidigare medverkar IVL såväl i SETAC's styrgrupp för LCA som i EU's nätverk LCANET.

4. Metodik och begränsningar

LCA står på engelska för Life Cycle Assessment. Ordet "assessment" indikerar att värderingar ingår i en LCA, dvs att det inte helt och hållet är en faktabaserad analys. Man ser dock även den engelska benämningen Life Cycle Analysis som alltså inte är en korrekt uttydning av LCA.

I Sverige översätter vi LCA till livscykelanalys och det är främst för att kunna behålla den vedertagna förkortningen LCA. Tidigare har vi i Sverige använt begreppet livstidsanalys, ett ord som i sin första del är bättre än "livscykel" men i sin andra del felaktigt anger att det är en analys.

LCA-arbetet delas in i ett antal faser. Dessa faser återfinns hos ISO och SETAC samt i de nämnda nordiska riktlinjerna. De kan därför sägas vara internationellt förankrade.

Faserna är följande:

På engelska

- Goal Definition and Scoping
- Inventory Analysis
- Impact Assessment

På svenska

- Målbeskrivning och omfattning
- Inventerings- eller materialflödesanalys¹⁾
- Bedömning av miljöpåverkan

som uppdelas i

- | | |
|--------------------|--------------------|
| – Classification | – Klassificering |
| – Characterisation | – Karakterisering |
| – Valuation | – Värdering |
| • Interpretation | • Resultattolkning |

Nedan följer en kortfattad orienterande beskrivning av vad som ingår i de olika faserna.

4.1 Målbeskrivning och omfattning

Här skall först och främst framgå vilket syfte analysen har och hur resultaten skall användas. Alla

avgränsningar och antaganden som gjorts skall också anges, t ex olika tekniska systemgränser. Här bör det framgå vilka livscykel-faser och miljöeffekter som inkluderas i studien. Om studien endast omfattar inventeringsfasen brukar den benämnas LCI = Life Cycle Inventory.

En viktig del är definitionen av "funktionell enhet", dvs den enhet som alla resultat hänförs till. I energisammanhang kan det vara en kWh el från ett visst kraftsystem eller 1 MJ värme från en naturgaseldad panna. Det kan också vara en produkt, t ex en Volvo personbil, eller "en kvadratmeter målad yta". I en jämförande studie är det nödvändigt att den funktionella enheten beskriver den faktiska funktion som de jämförda produkterna/tjänsterna utför; är produkternas funktioner olika är det svårare att göra en jämförelse. Vid jämförelse av olika uppvärmningsmetoder för en lokal skall kanske därför den funktionella enheten inte vara 1 MJ värme utan i stället 20°C lokaltemperatur.

Fasen "Målbeskrivning och omfattning" är till stor del subjektiv genom att den i hög grad baseras på fria val. Det finns inga fasta regler för vilka systemgränser som väljs. Det viktiga är att valen motiveras och anges tydligt. Valen av systemgränser styr givetvis vilka slutsatser som kan dras av studien. Den grundläggande principen är därför att systemgränser väljs så att den formulerade frågan kan besvaras på åsyftat sätt.

Ett exempel på hur systemgränserna påverkas av målsättningen är följande. Antag att syftet med en LCA är att ligga till grund för miljöförbättringar i ett existerande naturgasnät. Det är då onödigt att i LCA'n inkludera miljöpåverkan från bygget av naturgasnätet, eftersom denna påverkan redan skett och inte kan ändras. Skulle däremot syftet med en LCA vara att minimera miljöeffekterna från ett planerat nytt naturgasnät bör naturligtvis alla faserna i livscykeln (bygge, transporter, drift, rivning m m) beaktas.

1) Man säger ibland material- och energiflödesanalys. Inflöden i en LCA skall dock i princip enbart vara materialflöden. I stället för energiflöden bör alltså anges inflöden av olja, kol, gas, uran m m. Elenergi bör således ej vara ett inflöde utan all använd el framställs innanför "systemgränserna"

I detta sammanhang kan även nämnas något allmänt om vad som normalt inte tas med i en livscykelanalys:

- Olyckor. Risker för stora olyckshändelser som inträffar mycket sällan har hittills inte inkluderats i LCA. Ett exempel är kärnkraftolyckor.
- Spill. Tillfälliga spill till följd av driftstörningar eller mer frekventa olyckor borde inkluderas men vanligen är det svårt att finna data som möjliggör kvantifiering. Normalt ingår därför spill inte i LCA.
- Personal. Resor till och från arbetet, utsläpp och avfall från lunchrum etc ger upphov till miljöstörningar men inkluderas vanligen inte i LCA. Miljöpåverkan av personal kan dock inkluderas om det är motiverat av målen med studien.

4.2 Inventeringsanalys

Inventeringsanalysen skall vara faktabaserad och så objektiv som möjligt. Alla flöden av olika material till och från det studerade tekniska systemet samt mellan systemets olika delar kvantifieras. Material skall därvid tolkas i en vid bemärkelse, det omfattar således råvaror, bränslen, färdiga produkter, emissioner, avfall, osv.

Inventeringsfasen kan indelas i tre steg:

1. Uppställande av processträd, det vill säga flödesschema enligt de systemgränser som valts.
2. Datainsamling
3. Beräkningar

I det första steget preciseras de delsystem som det totala studerade systemet består av. För exempelvis en naturgaskedja kan det gälla borrhälsformar, högtrycksledningar, M/R-stationer, distributionsledningar och den anläggning där gasen slutanvänds.

När man har en rimligt detaljerad bild över vilka delsystem och delprocesser som ingår så måste vissa

beslut fattas innan man kan gå vidare och börja samla data, exempelvis:

- Hur långt bakåt mot "vaggan" skall data insamlas? Skall man exempelvis ta med emissioner från den fabrik som tillverkar borrhälsvätska för den borrhäls efter gas som återfinns i naturgaskedjan?
- Hur skall man fördela (allokera) resursanvändning och emissioner då två eller flera produkter kommer ut från samma anläggning? Ett exempel här är samtidig gas- och oljeutvinning från en borrhälsplattform.

När de tekniska systemen och deras gränser preciseras återstår vissa andra preciseringar innan datainsamlingen kan påbörjas. Exempel på sådana är:

- Geografisk avgränsning. Skall resultatet appliceras på en enstaka anläggning eller gälla som ett svenskt medelvärde?
- Giltighet i tiden eller tekniknivå
- Vilka utsläpp som skall beaktas

Dessa preciseringar kan även läggas in i måldefinitionen.

Datainsamlingen är vanligen det mest tidskrävande momentet i inventeringsanalysen. Ofta går det inte att få fram exakta data för just den systemdel som avses utan man får då förlita sig till litteraturvärden, schablonvärden, egna bedömningar eller uppgifter andra har använt sig av i jämförbara LCA-studier.

Beräkningsdelen kan innefatta omräkningar av tillgängliga data till att gälla den studerade funktionella enheten. Det kan exempelvis finnas uppgifter om emissioner vid tillverkning av ett kilo stål. Dessa data kan då behöva räknas om till data relaterade till en viss stålledning ingående i ett naturgasnät.

Inventeringsanalysen är den del av en LCA som det finns längst erfarenhet av. Resultaten består av in- och utflödesdata från det studerade systemet gällande per aktuell funktionell enhet.

Ibland behöver en LCA inte sträcka sig längre än till och med inventeringsfasen. Om man till exempel studerar två alternativa produktionsprocesser och finner att den ena är överlägsen den andra såväl i material- som emissionshänseende, då behöver man inte gå vidare om syftet med studien var att klarlägga vilket alternativ som orsakar minst materialåtgång och lägsta emissioner.

4.3 Bedömning av miljöpåverkan

Nu kommer vi till de svåra delarna i en livscykelanalys. Det kan ha varit relativt enkelt att beräkna (eller eventuellt mäta) utsläppen av luftföroreningar i en viss produktcykel, men här gäller det att översätta utsläppsvärdena till bidrag till hälsoeffekter, försurning, klimatförändring osv. Än svårare är det att få fram en viktning mellan de olika miljöeffekterna så att de kan jämföras med varandra. Hur skall man t ex värdera ett visst antal cancerfall i förhållande till en viss höjning av jordens medeltemperatur?

För att underlätta arbetet i bedömningsfasen har denna uppdelats i tre delar:

- klassificering
- karakterisering
- värdering

Före klassificeringen görs även ett val av de miljöeffekter som skall ingå.

Genom uppdelningen håller man isär de mer faktabaserade momenten – klassificering och karakterisering – från det mer värdebaserade momentet värdering.

Uppdelningen i klassificering och karakterisering tillkom för att man enkelt skulle kunna följa hur miljöeffektbedömningen görs. Klassificeringen kan nämligen till största delen göras i anslutning till inventeringsfasen. Karakterisering är fortfarande under utveckling och kan bara delvis genomföras på grund av brist på generellt accepterade metoder.

Utvecklingen av värderingsmetoder har egentligen bara påbörjats. Trots detta har man på vissa håll "löppt hela linan ut" och exempelvis försökt räkna om alla hälso-, miljö- och klimateffekter till en

kostnad per enhet använd energi. Två exempel på sådana studier ges längre fram i rapporten. Egentligen ingår en sådan kostnadsberäkning inte i en livscykelanalys, vilket kommer att framgå av den fortsatta redovisningen nedan.

Delsteget Klassificering

I delsteget klassificering grupperas emissioner m m i olika "påverkanskategorier". Så grupperas t ex svaveldioxid och kväveoxider under kategorin försurning. Emissioner av kväve- och fosforföreningar grupperas under kategori eutrofiering (övergödning) osv.

En klassificering resulterar således i en lista där utsläpp av olika ämnen sammanställs under den eller de typer av "effekter" de bidrar till. Listan skall även omfatta resursförbrukning i form av råvaror, mark och vatten, eftersom detta också är en form av miljöpåverkansseffekt.

En viktig fråga är vilka effekter som skall inkluderas i en fullständig LCA. Någon generell och allmänt accepterad förteckning finns ej i dag utan det förekommer olika förslag. Förslagen är dock relativt likartade.

I de nordiska riktlinjerna betonas vikten av att alltid redovisa en klassificeringslista som upptar alla typer av påverkan – en "totallista" – även om alla effekter inte beaktas i studien. På så sätt kan man också tydligt visa vilka typer som inte inkluderats i studien.

Förslag till "totallista" enligt de nordiska riktlinjerna visas nedan:

1. Resursförbrukning
 - Energi och material
 - Mark
 - Vatten
2. Hälsoeffekter (inkl arbetsmiljö)
 - Toxiska effekter
 - Fysiska effekter
 - Psykologiska effekter
 - Sjukdomar orsakade av biologiska organismer

3. Ekologiska effekter
 - Växthuseffekten
 - Nedbrytning av stratosfäriskt ozon
 - Eutrofiering av terresta system
 - Bildning av fotokemiska oxidanter
 - Ekotoxiska effekter
 - Effekter på den biologiska mångfalden
4. Inflöden som ej har följts ända från "vaggan"
5. Utflöden som ej har följts ända till "graven"

Delsteget Karakterisering

I detta delsteg försöker man kvantifiera bidraget till en viss miljöeffekt från olika emissioner.. Utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider, som listats under försurning, kan exempelvis räknas om till svaveldioxidekvivalenter.

Omräkningen görs med hjälp av ekvivalensfaktorer, dvs karakteriseringsfaktorer, som på något sätt anger olika ämnens relativa bidrag till en miljöeffekt.

I detta sammanhang gäller det också att ha ett användbart och standardiserat "mått" för varje effektkategori. På vilket sätt skall vi numeriskt ange t ex klimatpåverkan?

För just klimatpåverkan och ozonnedbrytning finns standardiserade "mått". Klimatpåverkan anges som Global Warming Potential, GWP, och uttrycks i koldioxidekvivalenter. Ozonnedbrytning anges på motsvarande sätt som Ozon Depletion Potential, ODP, och uttrycks i CFC 11 ekvivalenter.

För övriga kategorier finns flera olika förslag vilka kan skilja sig åt genom att man tar med olika mycket i vikt faktorn eller genom att "måttet" definieras på olika sätt.

Detta innebär att metodvalet många gånger kan styra resultatet och för att eliminera sådana svagheter bör flera metoder användas parallellt.

Karakteriseringen resulterar således i en slags påverkansprofil för det studerade systemet uttryckt i mått som dock fortfarande långt ifrån beskriver verklig miljöpåverkan. Vi kan t ex ha samlat ihop

alla utsläpp som påverkar försurningen och fått fram ett antal g/år svaveldioxidekvivalenter, men vi vet ännu inte vilken inverkan denna mängd har på försurningen. Däremot kan vi genom att jämföra värdet med det sammanvägda "försurningsutsläppet" för en annan livscykel, se vilken cykel som har störst inverkan på försurningen.

Resultatet från karakteriseringen ger alltså inga absolutvärden utan kan bara användas vid jämförelser inom respektive effektkategori.

Sista delsteget - Värderingen

Värderingen är ett något oegentligt ordval och inom ISO-arbetet har termen "viktning" börjat användas i stället. Den egentliga värderingen görs i LCA-rapportens redovisning av fasen "Resultat-tolkning" eller, om denna fas saknas, av mottagaren av resultaten. Vad som avses i delsteget Värdering är i stället användning av värderingsmetoder. Här sker en fortsatt viktning och summering, men nu är det fråga om metoder för hur man viktar de olika kategorierna mot varandra. Hur väger vi t ex övergödning av ett vattenområde mot försurning av ett markområde?

Viktningen sker genom användning av metoder som utformats så att de på något sätt fångar upp och beskriver hur det omgivande samhället förväntas värdera miljöpåverkan i de olika kategorierna. Befintliga metoder delas in i två huvudtyper:

1. Fallspecifika, expertbaserade metoder
2. Formaliserade, kvantitativa metoder

I första typen får en expertpanel på ett ordnat sätt välja bästa eller poängsätta de studerade alternativen påverkan avseende ett antal punkter. Denna metod används i speciella fall och inte vid mer rutinmässig användning av LCA.

Den andra typen är den man i dagligt tal närmast förknippar med värderingsmetoder. Metoder av denna typ resulterar i vikt faktorer som kan tabelleras och användas. Det finns tre olika principer för att ta fram dessa vikt faktorer:

1. Viktningen baseras på hur mycket samhället är villigt att betala för att undvika en påverkan.

Påverkan kan vara en emission (kostnaden för att t ex undvika utsläpp av ett kg svaveldioxid) eller en "sluteffekt" (kostnaden för att t ex undvika en viss överdödlighet) eller något annat.

2. Viktningen baseras på förhållandet mellan nuvarande miljöbelastning inom en region och ett uppställt mål. Målet kan antingen vara formulerat på naturvetenskapliga grunder eller politiskt beslutat.

3. Panelmetoder

Att i denna förstudie närmare gå in på de olika värderingsmetoderna skulle föra alltför långt. Den intresserade läsaren hänvisas i stället till de tidigare nämnda referenserna från SETAC (Ref 3) och Nordiska Ministerrådet (Ref 4).

4.4 Resultattolkning och resultatpresentation

I detta avsnitt diskuteras hur man kan tolka och presentera studiens resultat, dock ej hur man värderar resultaten eller drar slutsatser därav.

I samband med resultattolkningen får man inte glömma huvudsyftet med LCA som är att beskriva olika alternativa systems resursanvändning och potentiella miljöpåverkan på ett sådant sätt att man kan använda resultaten för att välja bästa alternativ eller klarlägga vilka delar av ett produktsystem som dominerar resursmässigt eller miljömässigt. Den som genomför en LCA skall strukturera och renodla aktuell frågeställning så långt möjligt för att användaren/beslutsfattaren skall ha klarlagda punkter för sin värdering eller bedömning.

I fasen Resultattolkning används allt underlag från det tidigare analysarbetet, dvs underlag från såväl inventerings- som bedömningsfaserna. Man använder t ex karakteriseringen för att få en överskådlig bild av underlaget och inventeringsresultatet för att diskutera detaljer där så behövs. Själva arbetsgången är en iterativ process och viktigt att komma ihåg är att i denna även skall ingå känslighets- och osäkerhetsbedömningar.

Osäkerheten bottenar i "fel" som kan bero på

- fel i inventeringsmodellen (systemgränser och ansatser)
- osäkra inventeringsdata eller brist på data (dataluckor)
- fel i klassificeringen och karakteriseringsmetoden samt dataluckor

Osäkerheten framträder ofta tydligt när något steg eller någon fas i LCA utförs efter olika alternativa metoder. I de nordiska riktlinjerna rekommenderas användning av mer än en metod och för stegen karakterisering och värdering är det nästan ett krav för att slutsatser skall kunna dras.

En uppgift för genomföraren är bl a att ställa osäkerheterna (felmarginalerna) i relation till skillnaden i miljöpåverkan mellan exempelvis två olika alternativa produktionsprocesser. Är felmarginalerna större än skillnaden i miljöpåverkan kan slutsatser knappast dras om alternativens inbördes ordning i miljöhänseende. Däremot kan resultaten under de olika antagandena och förutsättningarna visas och därmed lämnas åt läsaren att dra eventuella slutsatser. Det är alltså en fördel att inte bara visa den totala osäkerheten utan också vad osäkerheten består av.

Det finns ännu inte genomarbetade principer för hur resultatet av en LCA skall presenteras. Osäkerheten är ofta så stor att redovisningen ej bör ske som numeriska värden eller ej ens som stapeldiagram. I Vattenfalls studie (ref 1) presenteras siffrvärden i form av t ex utsläppt mängd kväveoxider per producerad kWh el men då är att märka att studien slutar vid inventeringsfasen, dvs en fas där man har relativt säkra datauppgifter. Går man längre i analysen, dvs försöker uppskatta miljöeffekterna av utsläppen, så ökar osäkerheten. En presentationsmetod som blivit vanlig vid större osäkerheter och som också föreslås i de nordiska riktlinjerna är att utnyttja en semikvalitativ metod för att t ex ange skillnader mellan två studerade alternativ. Presentationen kan då se ut som nedan.

Effektkategori	Alternativ A jämfört med referensalternativet
Förnybar energi	--
Icke förnybar energi	--
Förnybara material	--
Icke förnybara material	--
Toxiska hälsoeffekter	-?
Annan hälsopåverkan	?
Klimatpåverkan	0-?
Försurning	-?
Eutrofiering	++
Oxidantbildning	?

Innebörden i beteckningarna är:

++	signifikant bättre
+	troligen bättre
--	signifikant sämre
-	troligen sämre
0	går ej att skilja (likvärdiga)
?	vet ej

4.5 Begränsningar

Livscykelanalyser används främst i vägledande syfte och definitionsmässigt ger en LCA aldrig ett direkt svar på en övergripande problemställning. Anledningen är att LCA-metodiken i sig har inbyggda begränsningar. Dessa visar sig bl a i att olika metoder ger olika resultat, men kunskaperna om hur olika metodval och andra avgränsningar påverkar resultaten är i dag väsentligt större än bara för några år sedan.

Det är inte bara metodfrågorna som ger problem. Tillgången till data är vanligen ett stort bekymmer. Man tvingas ta det man har, vilket innebär att datakvaliteten kan variera högst avsevärt. För att övervinna dessa hinder görs stora insatser, främst inom industrin, för att både ta fram offentliga databaser för exempelvis råmaterial och enhetsprocesser och komma överens om vilken typ av information som skall lagras.

Det finns dock skäl som gör att LCA i första hand är en överslagsmetod - ett sorteringsverktyg. Några sådana skäl är:

- De databaser som löpande görs tillgängliga innehåller enbart medelvärden inom ganska grova intervall, exempelvis medelvärden för Europa i sin helhet, och anger sällan osäkerheten.
- En LCA är aldrig fullständig och innehåller alltid förenklingar. Ofta följs inte allt material från vaggan till graven, så kan t ex utsläpp från deponier aldrig bli fullständigt beskrivna. Vissa processer som bedöms vara av mindre betydelse tas inte med och alla data finns inte tillgängliga för alla delsteg. Viss information blir med andra ord kvalitativ eller relativt sett grov.
- De miljöeffekter som inkluderas är alltid ett urval. Dessutom kan bara potentiella effekter beaktas, aldrig de faktiska.

I stället för att försöka utveckla en fulländad metodik, vilket knappast kommer att gå, så löser man problemen genom att begränsa vad man kan få ut ur en LCA till i första hand ett överslag, varav man kan plocka ut viktiga delar för fortsatta detaljstudier.

Ett viktigt förbehåll är att LCA bara ger meningsfulla resultat om hela system eller snarare olika sätt att utforma system jämförs. Det går till exempel inte att jämföra olika förpackningsmaterial med varandra utan att hela förpackningssystem som uppfyller samma funktion jämförs. Detta resonemang kan även applicera på energiområdet. Tidigare har nämnts att man vid t ex lokaluppvärmning inte bör begränsa jämförelsen till 1 MJ värme från olika bränslen utan se på funktionen "20°C lokaltemperatur"

Man skall slutligen observera att många databaser ger LCA-information "från vaggan till grinden", dvs alla LCA delar fram till dess man har 1 kg av ett material som halvfabrikat vid fabriken. Sådan information är inte en LCA utan den är avsedd att användas vidare i en full LCA.

5. Livscykelanalyser av naturgas

Likaväl som man kan göra en LCA för en produkt eller ett elkraftssystem, kan man göra en LCA för naturgas. Det viktiga är, vilket tidigare påpekats,

att man klarar ut syftet med och avgränsningarna för en sådan studie.

Exempel på syften med en naturgas-LCA är:

1. att ingå som del i en större LCA avseende t ex ett elproduktionssystem där vissa kraftverk eller kraftvärmeverk eldas med naturgas
2. att utgöra underlag för en kund som använder naturgas i sina tillverkningsprocesser och som vill göra egna LCA för sina produkter
3. att utgöra en del av "beslutsunderlaget" för kunder som har möjlighet att välja mellan olika bränslen
4. att ge gasbranschen indikationer på var i bränslekedjan som miljöförbättrande åtgärder i första hand bör sättas in
5. att ge gasbranschen information om naturgasens totala miljöpåverkan i relation till andra energislag
6. att utgöra underlag i diskussioner om miljöskatter och miljöavgifter för olika energislag

Syftet med en LCA styr i viss mån avgränsningar och val av systemgränser. För ett syfte enligt punkt 1 ovan räcker det kanske med att studera gasens väg i en enda ledning fram till kraftproduktionssystemets enda gaskraftverk. Med syfte enligt punkt 6 måste man sannolikt studera ett helt nationellt naturgasnät med transmissionsledningar, distributionsledningar, gaslager och olika slags gasanvändning.

Vid sådana syften som innefattar jämförelser med andra bränslen eller andra energislag är det viktigt att livscykelanalyserna för alla de aktuella energislagen utförs enhetligt, dvs med samma metodik och samma avgränsningar. Givetvis bör använda data vara av jämförlig kvalitet.

Ett "processträd" för ett bränsles livscykel kan i förenklad form illustreras som i figur 1 (sid 12). De grova vertikala pilarna markerar bränslets väg från dess utvinning till omhändertagandet som aska eller dylikt. De horisontella pilarna illustrerar faserna

bygge, drift och rivning av de olika anordningar eller systemdelar som bränslet passerar på sin väg från "vaggan till graven".

"Processträdet" ser givetvis olika ut för olika bränslen. Det kan t ex förekomma flera transportled och i fallet naturgas finns ingen restprodukt av typ aska att ta hand om.

Som exempel kan vi ta en livscykelanalys av ett naturgaseldat kraftvärmeverk i Sverige som förses med gas från de danska nordsjöfälten. En sådan LCA bör i sin fullständiga form omfatta faserna bygge, drift och rivning för följande systemdelar:

1. Berörda olje/gas-plattformar i Nordsjön
2. Sjöledning plattformar - Nybro, Danmark
3. Gasbehandlingsanläggningen i Nybro
4. Landledning Nybro - Dragör
5. Mätstationen i Dragör
6. Sjöledningen Dragör - Klagshamn
7. Mottagningsstationen i Klagshamn
8. Stamledningen Klagshamn - M/R-station
9. M/R-stationen
10. Högtrycksledning M/R-station - kraftvärmeverket
11. Reglerstation vid kraftvärmeverket
12. Kraftvärmeverket

Vid det praktiska LCA-utförandet får man bedöma om varje cykel-fas skall studeras för samtliga systemdelar. Så t ex räknar man normalt inte med att gräva upp en gasledning när den är utträtt, vilket innebär att ledningens rivnings/demontagefas utgår och i princip ersätts av en deponering. Det kan också vara så att gasmängden till kraftvärmeverket är försumbart liten jämfört med all gasutvinning på plattformarna. Detta gör att en analys av den del av kraftvärmeproduktionens miljöpåverkan som kan hänföras till bygget av plattformarna är försumbar.

En annan bedömning är hur långt tillbaka mot vaggan man skall gå. Skall man t ex studera tillverkningsprocessen för de kemikalier som används i en viss systemdel under drift? Detta får avgöras från fall till fall. Om en kemikalie fordrar mycket energi för sin tillverkning och kemikalien används i relativt stor mängd, så bör kemikaliens tillverkning inkluderas.

Vanligen räknar man om alla utsläpp m m under bygg- och rivningsfasen till att gälla driftfasen. Det tillgår helt enkelt så att bygg- resp rivningsfasens utsläpp fördelas på det antal år systemet antas vara i drift eller på det antal energienheter som systemet antas producera, transportera eller använda under sin livstid.

För varje fas och för varje systemdel kan energi- och materialflöden illustreras enligt figurerna 2 - 4, se sidorna 13-15.

Tidigare har sagts att som input i en LCA endast bör förekomma material, dvs ej "energi". Om energin förekommer långt bak i en kedja bör den dock kunna accepteras som input under förutsättning att de emissioner den orsakat vid sin framställning är inkluderade. Det finns, bl a i Vattenfalls LCA (Ref 1), uppgifter om elsystemets sammansättning i olika länder, vilket gör att man relativt enkelt kan ta fram emissioner från elanvändning vid tillverkning beroende på i vilket land tillverkningen sker.

Det gäller nu att i inventeringsdelen av LCA skaffa fram siffervärden på relevanta energi- och materialflöden för de olika systemdelarna. Lämpligen gör man upp en lista för varje systemdel enligt mallen i tabell 1 (sid 16). För varje systemdel anges i rubrikkolumnen de material som är aktuella, t ex stål och betong, samt de utsläpp som skall anges, t ex SO_2 , NO_x , CO_2 , CO och stoft.

Eftersom många personer kan vara inblandade i datainsamlingen bör man inte ha speciella krav på de enheter som data skall anges i. Huvudsaken är att den som är ansvarig för datasammanställningen kan räkna om alla data i en klassificeringsgrupp till att gälla för den valda funktionella enheten. Om en datainsamlare anger stålåtgången i en gasledning till 300 kg/m så skall den som gör sammanställningen kunna räkna om detta till exempelvis kg/MJ transporterad gasenergi.

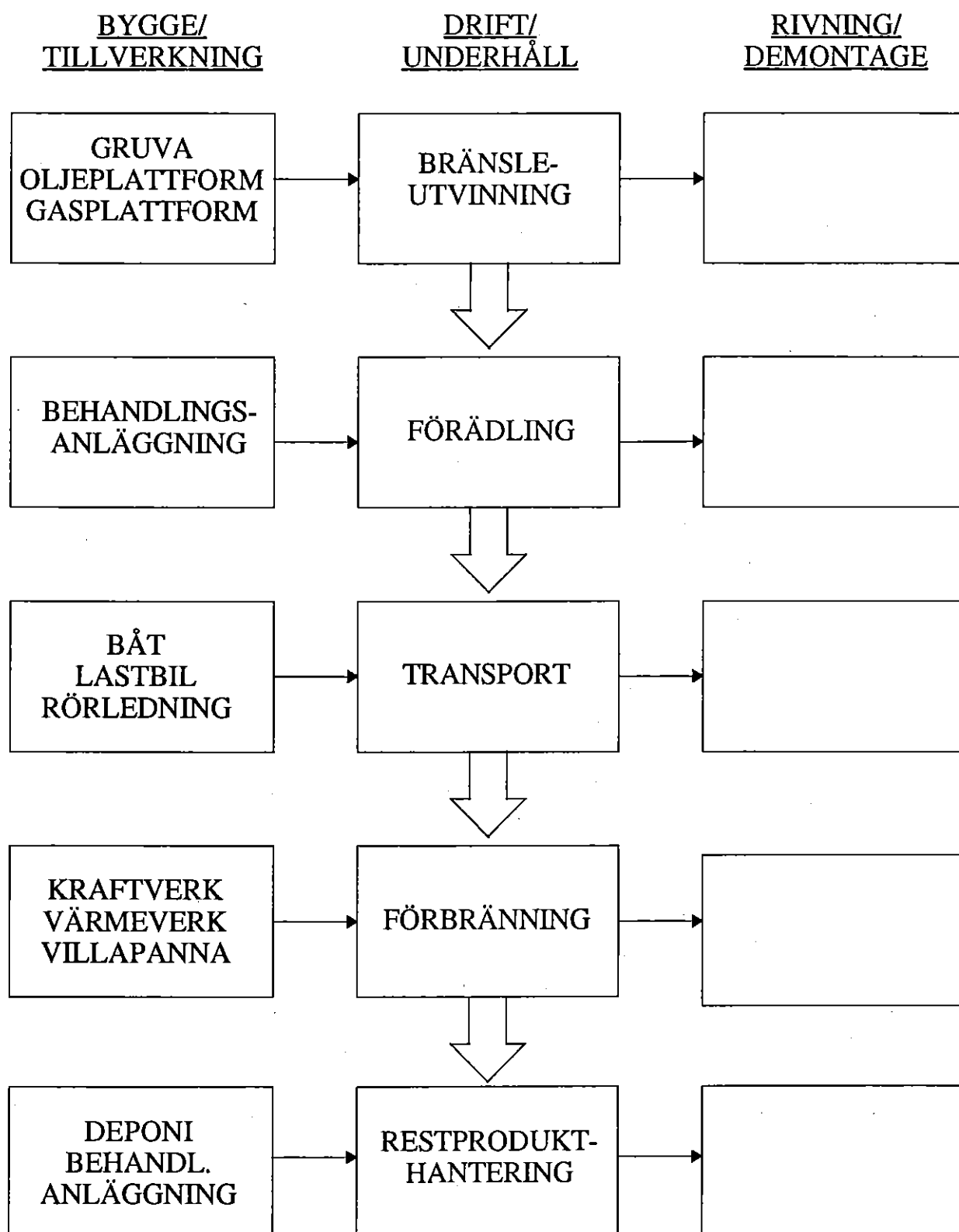
Klassificering, karakterisering och värdering följer de riktlinjer som tidigare angetts i kapitel 4. Även för naturgaskedjan gäller att karakterisering och värdering är svår att göra i brist på allmänt accepterade metoder. Med de syften med naturgas-LCA som exemplifierats ovan torde man emellertid komma långt med enbart inventeringsfasen. Det är

först vid jämförelser med andra bränslen, med andra miljöprofiler som det än så länge är svårt att säga att bränsle A är bättre än bränsle B, miljömässigt sett.

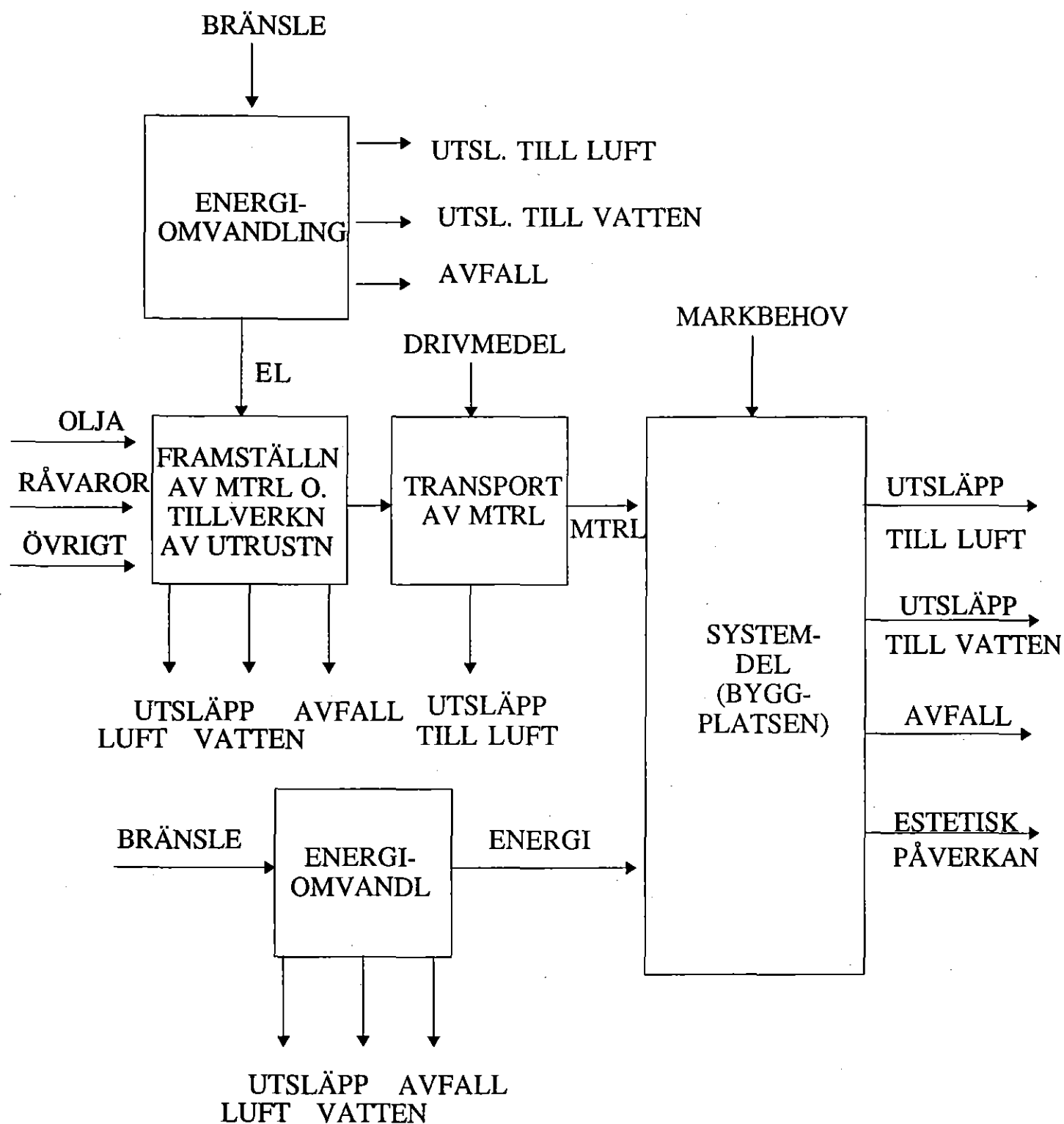
Inom den europeiska naturgasindustrin har som tidigare nämnts under 1997 påbörjats en omfattande inventering (LCI) som skall resultera i relevanta naturgasdata att senare användas i fullständiga livscykelanalyser. Inventeringen görs inom ett antal europeiska gasföretag och data sammanställs av en speciell LCI-grupp under den europeiska naturgasorganisationen EUROGAS.

I övrigt har inom olika naturgasföretag och -organisationer gjorts sammanställningar av karaktären livscykelanalyser eller delar därav. I allmänhet omfattar varje studie endast en begränsad del av påverkan på omgivningen eller en begränsad del av naturgassystemet. Några exempel på studier utförda inom gasbranschen och studiernas omfattning ges nedan.

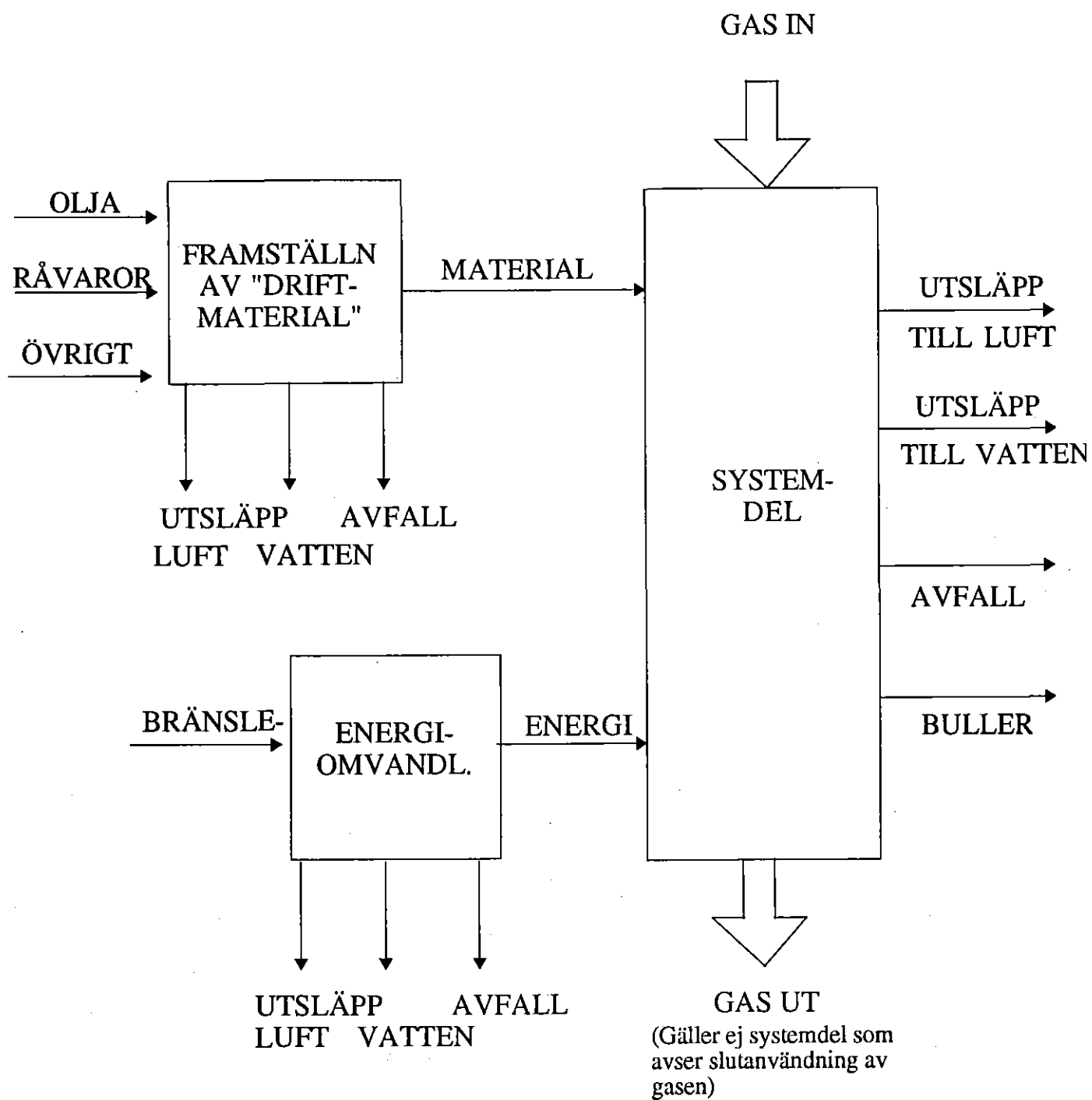
- Studie av Canadian Gas Association 1994, ref 6.
Omfattar utsläppta mängder av CO_2 , CH_4 och NO_x från kanadensisk utvinning, transport och distribution av naturgas.
- Rapport från Gas Research Institute i USA, ref 7, om utsläpp av växthusgaserna CO_2 , CH_4 och N_2O från hela naturgaskedjan.
- Livscykeldata för norsk olje- och gasutvinning i Nordsjön, ref 8.
- "Grönt räkenskap" från DONG i Danmark, ref 9.
Ger utsläppsdata för det danska transmissionsnätet inkl gasbehandlingsanläggningen i Nybro och naturgaslagren på Jylland och Själland.
- Nederländska Gastec's studie av "total environmental effects" från rörledningssystem utförda i olika material (stål, PE m m), ref 10.
- British Gas, som bl a noggrant studerat metanemissioner från hela det brittiska naturgassystemet, ref 11.



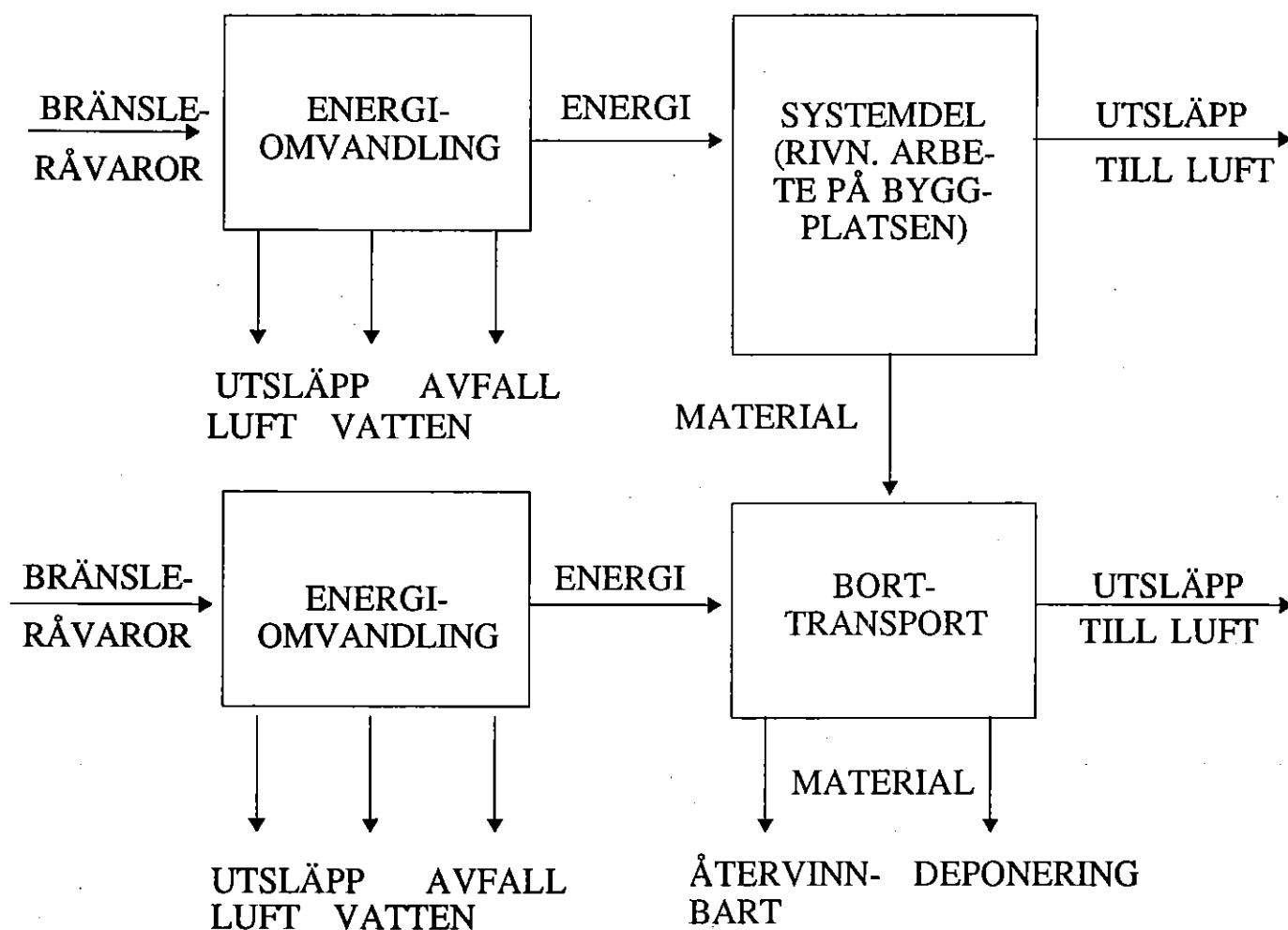
FIGUR 1. "PROCESSTRÄD" FÖR ETT BRÄNSLES LIVSCYKEL



FIGUR 2. ENERGI- OCH MATERIALFLÖDEN UNDER BYGGFASEN FÖR EN SYSTEMDEL



FIGUR 3. ENERGI- OCH MATERIALFLÖDEN UNDER DRIFTFASEN FÖR EN SYSTEMDEL



FIGUR 4. ENERGI- OCH MATERIALFLÖDEN UNDER RIVNINGSFASEN FÖR EN SYSTEMDEL

Tabell 1. Mall för dataifyllnad för varje systemdel

SYSTEMDEL:

Resursförbrukning, utsläpp m m	Byggsfas		Driftfas		Rivningsfas		Anm
	Enhet	Värde	Enhet	Värde	Enhet	Värde	
Tillverkning av material A							
Mängd							
Energiåtgång							
Utsläpp till luft							
Utsläpp till vatten							
Avfall							
Transport av material A							
Mängd drivmedel							
Utsläpp till luft							
Framställning av energi för användning på plats							
Mängd							
Utsläpp till luft							
Utsläpp till vatten							
Avfall							
Energianvändning på plats							
Mängd							
Utsläpp till luft							
Utsläpp till vatten							
Avfall							
Övriga utsläpp till omgivningen							
Markbehov							

Not Av praktiska skäl kan det vara lämpligt att för en och samma systemdel göra successiva listor med olika enheter. För naturgasens del kan det kanske vara lämpligt att börja med att ange värden per m³ gas för att i nästa lista räkna om till värden per kWh el om det gäller elproduktion i ett gaseldat kraftverk.

6. Livscykelanalyser inom energiområdet i sin helhet

Ett antal utförda studier inom LCA-området behandlar flera olika energislag, vilket bl a möjliggör direkta jämförelser mellan energislagen. Flertalet har karaktären av LCI, dvs de omfattar endast inventeringsfasen och anger som slutresultat utsläpp av olika ämnen ofta uttryckt som en mängd per enhet bränsleenergi. I några studier har man försökt värdera miljöeffekterna i monetära termer och på så vis kunnat redovisa de samlade sk externa kostnaderna i öre/kWh använd energi. Det skall emellertid påpekas att sådana resultat är ytterst osäkra, eftersom det finns stora osäkerheter i varje led fram till monetariseringen. Tag som exempel ekonomiska följder av utsläpp av växthusgaser. Det gäller där att i tur och ordning fastlägga storleken på utsläpp från hela bränslekedjan, de olika utsläppens relativa bidrag till växthuseffekten, påverkan på växthuseffekten i absoluta termer, växthuseffektens konsekvenser, tex i form av klimatpåverkan, klimatförändringars konsekvenser samt kostnaderna förknippade härmed.

Liksom för renodlade naturgasstudier ges nedan exempel på några LCA-studier som innefattar flera bränslen eller energislag.

- En schweizisk mycket omfattande studie (3 A4-pärmar!) som behandlar olja, naturgas, kol, kärnkraft, vattenkraft, trädbänslen, jordvärme, solfångare och solceller, ref 12.
- Miljöpåverkan från brittiska kraftverk redovisas i en studie från ETSU i England, ref 13. Hela bränslecykeln har studerats för kraftverk eldade med kol, olja, naturgas och kommunalt avfall samt kärnkraftverk.
- Den tidigare nämnda Vattenfallstudien, ref 1, som innefattar vattenkraft, kärnkraft, oljekondens, gasturbiner, naturgaskombi, vindkraft och biobränsleeldade kraftvärmeverk.
- En av EU finansierad studie "Externalities of Energy, ExternE", ref 14, omfattande kraftverk eldade med kol, brunkol, olja och naturgas samt kärnkraftverk, vattenkraftverk och vindkraftverk. Studien redovisas i 6 volymer och tan-

ken är att senare inkludera även kraftverk eldade med biobränslen. I studien har man gjort ett försök att räkna om alla miljöeffekter till en kostnad per producerad kilowattimme el.

- Även i en dansk studie, ref 15, har man räknat om miljöeffekterna till kostnader. Studien innehåller LCA för vindkraftverk och kolkraftverk samt kraftvärmeproduktion i biobränsleeldat och naturgaseldat kraftvärmeverk.

I kapitel 8 refereras kortfattat innehållet i några av de ovan och under kapitel 5 nämnda livscykelanalyserna.

7. Förslag till svenska LCA-studier inom energigasområdet

Först ska rapporttitelns fråga besvaras: Livscykelanalyser – är det något för gasbranschen?

Svaret är, åtminstone enligt författarens mening, ett entydigt ja. Den i kapitel 2 diskuterade praktiska nyttan av livscykelanalyser motiverar i hög grad fortsatta insatser inom detta område. Två speciella skäl till LCA-studier för naturgas är att:

- LCA visar att naturgas är ett mycket miljövänligt bränsle även när hela bränslekedjan betraktas och att
- omvärlden i allt större utsträckning kräver uppgifter om produkters och energislags totala miljöpåverkan.

Även för andra energigas än naturgas kan det finnas skäl att göra livscykelanalyser. Exempel på andra energigas är gasol (LPG), biogas, gas från termisk förgasning och vätgas. Gasol och biogas används redan i dag i relativt stor omfattning, medan gas från termisk förgasning och vätgas får betraktas som framtidsbränslen.

För svenskt vidkommande arbetar såväl Vattenfall som Sydkraft med livscykelanalyser för sina elproduktionssystem och däri ingår analyser av naturgaseldade anläggningar. Inom EUROGAS-arbetet kommer även vissa LCA-data för det svenska transmissions- och distributionssystemet att tas fram.

Redan nu och inom en nära framtid kommer det således att finnas "svenska" naturgasrelaterade LCA-data för

- tänkt gaskombi i trakten av Varberg (Vattenfall)
- tänkt större kraftvärmeverk i Göteborg (Vattenfall Naturgasi samarbete med Göteborg Energi)
- transmissionsnätet (EUROGAS)
- distributionsnätet (EUROGAS)

Mot bakgrund härav kan det för naturgasområdet bli aktuellt med följande kompletterande studier:

- LCA av småskalig kraftvärmeproduktion baserad på gasmotorer.
- Generell LCA av el producerad med naturgas i Sverige.
- LCA av gaseldade större hetvattenpannor.
- LCA av småskalig gasanvändning typ villapannor, industriapplikationer, IR-värmare, m m
- Generell LCA av svensk naturgasanvändning.
- LCA av specifika naturgasregioner eller för specifika gasföretag.

Förutom rena LCA-arbeten bör arbeten bedrivas för att dels förfina metodiken, dels komplettera och förfina nödvändiga LCA-data. Samarbete med andra företag i energibranschen bör därvid eftersträvas. Likaså bör samarbete etableras med företag eller organisationer som bygger upp databanker för LCA-data.

Vidare bör gasbranschen medverka i arbeten som avser faserna efter inventeringsfasen, dvs i första hand arbeten kring karakterisering och värdering. Här är det viktigt att få fram metoder eller principer för sammanvägning av olika miljöeffekter. Först när sådana arbeten är klara kan man göra rättvisande jämförelser mellan olika bränslen och olika energislag.

Sist några ord om gasol och biogas. Det förefaller inte som om några svenska LCA-studier för dessa energigaser gjorts vad gäller stationär gasanvändning (pannor m m). Däremot har LCA-studier gjorts där gaserna är avsedda som drivmedel för fordon. I princip kan dock livscykelns steg fram till och med färdigt drivmedel utnyttjas även vid stationära tillämpningar.

Den mest kända studien för fordon gjordes av konsultföretaget Ecotrafic 1992 och har titeln "Life of Fuels" (Ref 16). Förutom för gasol och biogas redovisas livscykeldata för bensin, dieselolja, naturgas, metanol, etanol, RME och vätgas.

Magnus Blinge vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg har arbetat vidare på drivmedelsområdet och tagit fram en "energilogistikmodell" för drivmedel (Ref. 17). Modellen är ett förslag till analysmetod för drivmedlens energieffektivitet och emissioner från källa till slutanvändning. I rapporten tillämpas den föreslagna metoden på naturgas och etanol men är naturligtvis tillämpbar även på andra drivmedel såsom gasol och biogas.

Med tanke på dagens relativt stora användning av gasol och ett ökande intresse för biogas bör livscykelanalyser göras för stationära applikationer av dessa bränslen. Såvitt är bekant planerar det av Sydkraft ägda företaget Terminalgas, att utföra livscykelanalyser av gasol. Här finns anledning att samordna sådana arbeten med motsvarande arbeten inom naturgasbranschen.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det finns behov av LCA-arbeten såväl för naturgas som för andra energigaser, typ gasol och biogas. Arbetena på gassidan bör samordnas (se även nedan) så att man använder samma metodik, likartade systemgränser och gemensamma data där så är möjligt.

Med tanke på att många LCA-studier i dag bedrivs separat av flera företag och organisationer kan diskuteras om inte en svensk samordning inom energiområdet vore befogad. Exempel på branschorgan som kan tänkas vara intresserade är Elforsk, Svenskt Gastekniskt Center (SGC), Fjärrvärmeföreningen, Petroleuminstitutet, Biobränsleföreningen och Biogasföreningen. Eventuellt kan därutöver finnas intresserade enskilda företag såsom Vattenfall och

OBSERVERA

Slutet på sista meningen sid 19, nederst på sidan i kolumn två, har försvunnit. Den skall lyda:

.....CO₂-utsläppet från det biobränsle-eldade kraftvärmeverkets driftfas (ca 330 g/kWh) anses senare återbundet i nytt skogsbränsle, varför nettoutsläppet begränsas till de utsläpp som sammanhänger med fossil "hjälpkraft" för skörd, transporter och dylikt (10 g/kWh).

Sydkraft. Förslagsvis bildas en ad-hoc-grupp med uppgift att närmare utreda denna fråga. En möjlighet är att energiintressenterna samverkar i en fristående grupp, en annan är att samverkan sker inom eller under en "paraplyorganisation" typ CPM, Centrum för Produktrelaterad Miljöanalys eller CIT, Chalmers Industriteknik.

8. Sammanfattningar av några utförda LCA inom naturgasområdet

Nedan återges i kort sammandrag några av de LCA-studier som refererats i kapitlen 5 och 6. I vissa fall återges även studiernas resultat avseende bränslen utöver naturgas, t ex olja eller biobränslen. Det ska observeras att många resultat är specifika för en viss nation eller en viss lokalisering, varför de ej alltid kan jämföras med varandra.

Man kan i princip dela in de refererade studierna i tre kategorier beroende på deras omfattning avseende länkarna i bränslekedjan och avseende materialflöden:

Kategori I: Studier omfattande hela bränslekedjan och flertalet materialflöden.

Kategori II: Studier omfattande hela bränslekedjan men endast vissa materialflöden, t ex enbart metanutsläpp.

Kategori III: Studier omfattande alla materialflöden men endast ett fåtal "länkar" i kedjan, t ex gasutvinning i Nordsjön.

8.1. Livscykelanalys av Vattenfalls elproduktion (Kategori I, ref 1)

Vattenfalls livscykelanalyser sträcker sig fram till elkraftutmatningen från kraftverken, dvs kraftöverföring och eldistribution är ej beaktade. Studier pågår emellertid kring dessa led.

"Byggstenarna" i Vattenfalls LCA är:

1. Bränsle. Bränsleproduktion, bränslebehandling och bränsletransporter.

2. Byggande. Bygge av kraftverket samt, vid gaskraftverk, även bygge av gasledningar.
3. Drift. Inkluderar även underhåll och reinvesteringar.
4. Rivning. Gasledningar antas dock ligga kvar i marken.
5. Restprodukter från bränslet.

Vissa antaganden har gjorts beträffande t ex livslängd på anläggningar och graden av återvinning av använt material.

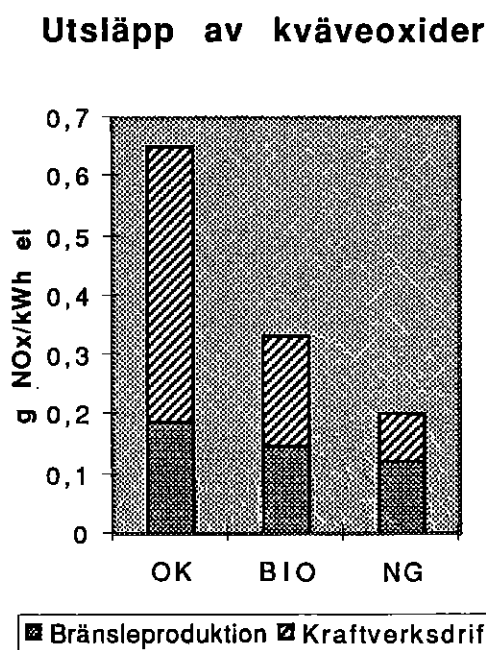
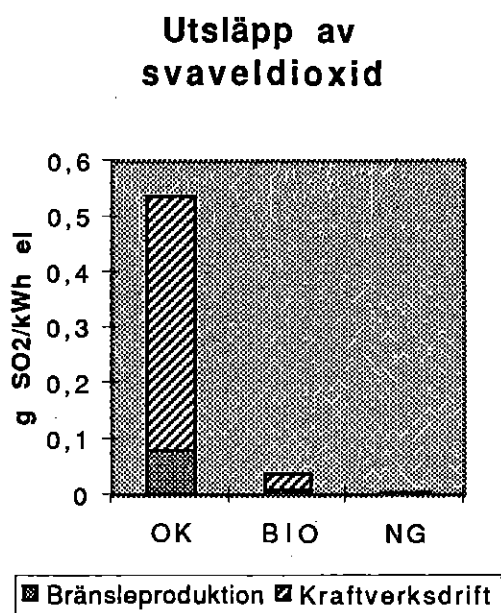
För vart och ett av följande kraftslag har en LCA gjorts: vattenkraft, kärnkraft, oljekondens, gasturbinkraftverk (oljedrivet), naturgaskombi, vindkraft och biobränsleeldat kraftvärmeverk. För varje kraftslag har inventeringsdata sammanställts i tabellform med uppdelning på de olika byggstenarna. Alla data i tabellerna är relaterade till funktionsenheten 1 kWh el netto ut från kraftverket.

Genom viktning av de olika kraftslagets andel i Vattenfalls kraftproduktion år 1995 har en inventeringstabell för Vattenfalls totala elproduktion detta år tagits fram. Ur denna tabell kan således utläsas materialåtgång, energiåtgång och utsläpp av olika föroreningar för varje kilowattimme el som Vattenfall producerar.

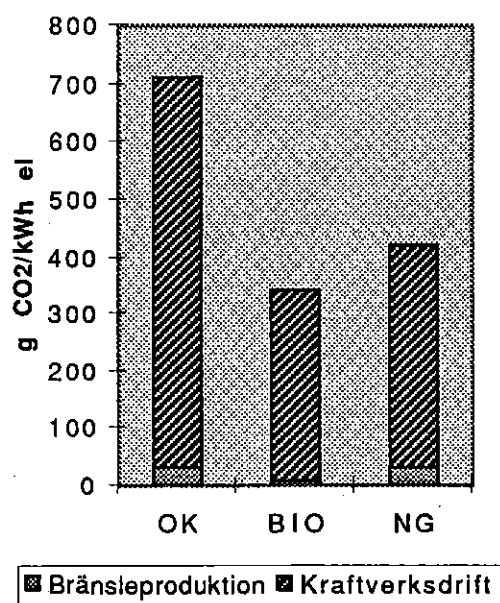
I figur 5 visas i stapelform specifika utsläpp av SO₂ och NO_x för hela bränslekedjan för oljekondens (OK), biokraftvärme (BIO) och naturgaskombi (NG).

Anmärkningsvärt för naturgasens del är att NO_x-utsläppen från bränsleproduktionen är större än NO_x-utsläppen från kraftverksdriften. Detta sammanhänger med den stora produktionen av gasturbinkraft på olje/gas-plattformarna ute i Nordsjön.

Slutligen visas i figur 6 utsläppen av CO₂ från hela bränslecykeln för samma tre energislag som i den tidigare figuren. CO₂-utsläppet från det biobränsleeldade kraftvärmeverkets driftfas (ca 330 g/kWh) anses senare återbundet i nytt skogsbränsle, varför nettoutsläppet begränsas till de utsläpp som sam-



Figur 5. Svavel- och kväveoxidutsläpp från Vattenfalls elproduktion



Figur 6 Koldioxidutsläpp från Vattenfalls elproduktion

Det ska påpekas att bidragen från bygg- och rivningsfaserna till de i figurerna 5 och 6 visade utsläppen är försumbara jämfört med bidragen från bränsleproduktion och kraftverksdrift. Bygg- och rivningsbidragen "syns" därför inte i stapeldiagrammen.

Ur Vattenfalls redovisning kan ej utläsas metanutsläpp (CH_4) annat än för driften av naturgaskombi. Däremot redovisas mängden utsläppta kolväten totalt (HC) för hela bränslekedjan enligt följande:

Kraftslag	Kolväten totalt	Anm
Oljekondens	0,41 g/kWh el	Inkl oljelager
Biokraftvärme	0,02 "-	
Naturgaskombi	0,02 "-	Exkl CH_4 från kraftverksdriften

Metanutsläppen (CH_4) från driften av en naturgaskombi anges till 0,014 g/kWh el.

8.2. Livscykeldata för schweiziska och "europeiska" energianläggningar (Kategori I, ref 12)

Den schweiziska studien är som nämnts mycket omfattande och behandlar inte enbart elproduktionsanläggningar utan även större hetvattenpannor, villapannor osv. Med "europeiska" i rubriken menas typiska anläggningar i Västeuropa i sin helhet. Data gäller huvudsakligen för år 1990.

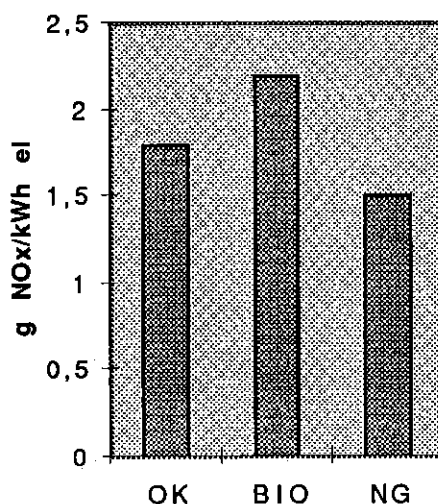
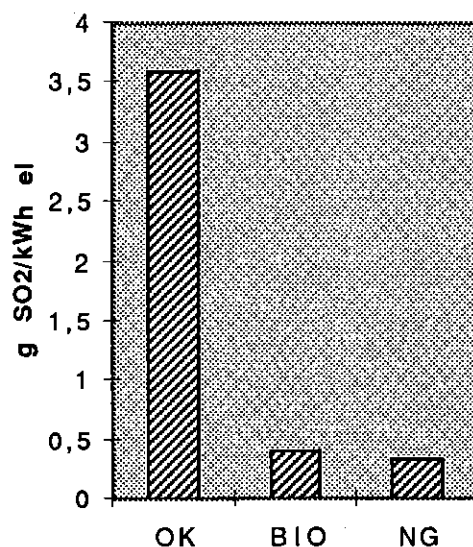
Studien är komplett så till vida att den omfattar alla energi- och materialflöden för alla tre faserna bygge, drift och rivning. Mer än 200 luft- och vattenförorenande ämnen redovisas!

Följande bränslen eller primära energikällor samt "slutprodukter" behandlas:

Olja	El (från kraftverk) och värme (från industripannor och pannor för bostadsuppvärmning)
Naturgas	El och värme
Kol	El och värme
Kärnkraft	El från BWR och PWR
Vattenkraft	El
Trädbränslen	Värme
Geotermi	Värme från värmepumpar
Solfångare	Varmvatten
Solceller	El från 3 kW, 100 kW och 500 kW enheter

Det är svårt att dra fram enkla och entydiga resultat från studien, eftersom resultat presenteras för en mångfald olika parameterkombinationer. Ett försök har dock gjort nedan men stor försiktighet bör iaktas vid jämförelse med data från andra studier.

Utsläpp av svavel- och kväveoxider per producerad kWh el visas i figur 7. Värdena för trädbränslen (BIO) är här omräknade, eftersom de i studien endast redovisas för värmeproducerande anläggningar.



Figur 7 Utsläpp av svavel- och kväveoxider från hela bränslecykeln för genomsnittlig europeisk elproduktion

Metanutsläpp vid de olika bränslekedjorna anges till:

Oljekondens	1,1 g/kWh el
Biobränslen	0,2 g/kWh el
Naturgaskombi	1,8 g/kWh el

8.3. Luftburna utsläpp från hela bränslecykeln vid brittisk elproduktion (Kategori II, ref 13)

Studien behandlar, som rubriken anger, endast luftburna utsläpp och omfattar endast driftfaserna hos de olika stegen i bränslekedjan. Eftersom tillgång till den kompletta rapporten saknas kan uppdelning på de olika processtegen ej ske utan här redovisas endast totalutsläpp. Redovisade värden gäller för år 1993.

Sju olika elproduktionsmetoder har studerats: kol-kondens, oljekondens, kraftverk eldat med "orimulsion" (ett bränsle som tillverkas i Venezuela och som i princip är en emulsion av naturlig bitumen och vatten), naturgaskombi, kärnkraftverk, kraftverk eldat med kommunalt avfall samt dieselmkraftverk.

På samma sätt som för studierna ovan redovisas här utsläppen av svaveldioxid, kväveoxider och koldioxid för tre kraftverkstyper. Eftersom den engelska studien ej innefattar kraftverk eldade med skogsbränslen redovisas här i stället utsläppen från kraftverkscykeln baserad på kommunalt avfall.

I figur 8 visas således utsläpp från hela bränslecykeln av svaveldioxid och kväveoxider för oljekondens (OK), avfallskraftverk (MSW) och naturgaskombi (NG). I den engelska studien är, till skillnad från Vattenfalls studie, även överföring och distribution av elenergin inkluderad, dvs med 1 kWh el avses 1 kWh el hos förbrukaren.

Av NO_x -utsläppen på totalt 0,5 g/kWhe från naturgaskombin kommer 0,46 g/kWhe från kraftverksdriften och 0,04 g/kWhe från bränsleproduktionen. Detta kan jämföras med Vattenfalls data där fördelningen är 50/50. Anledningen till denna skillnad har ej analyserats.

I studien redovisas utsläpp av metan (CH_4) och övriga kolväten (NMVOC) var för sig, se figur 9.

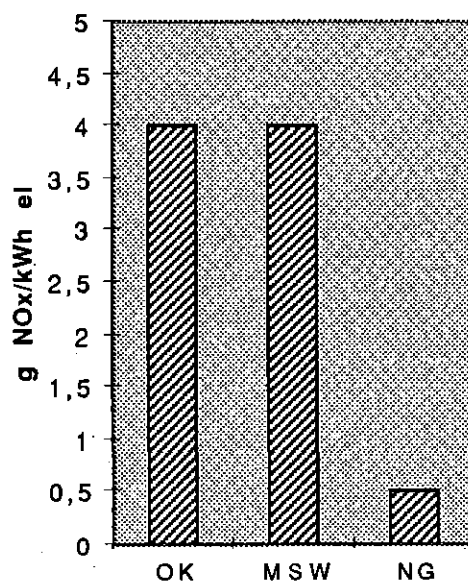
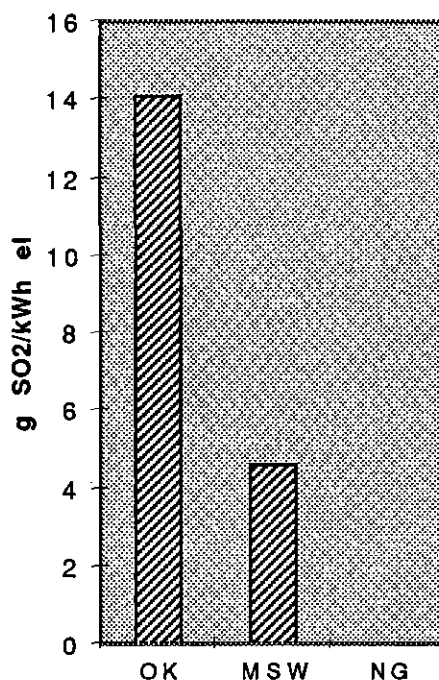


Fig 8 Utsläpp av svavel- och kväveoxider från hela bränslecykeln för brittisk elproduktion

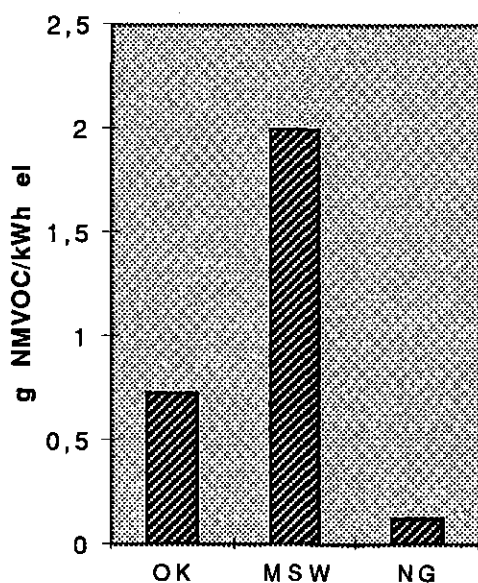
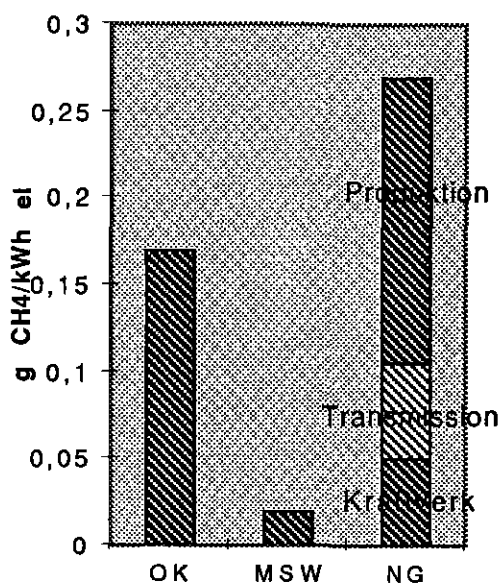


Fig 9 Utsläpp av kolväten uppdelat på metan CH_4 och icke-metan (NMVOC) från brittisk elproduktion

Slutligen skall visas studiens resultat vad gäller "global warming equivalents", dvs de olika kraftverkstypernas bidrag till växthuseffekten. Därvid har man vägt de olika emissionernas bidrag i förhållande till koldioxid med en faktor 24,5 för metan (CH_4) och med en faktor 320 för lustgas (N_2O). Omräknat i CO_2 -ekvivalenter får man då bidrag enligt figur 10. (Data för MSW finns ej).

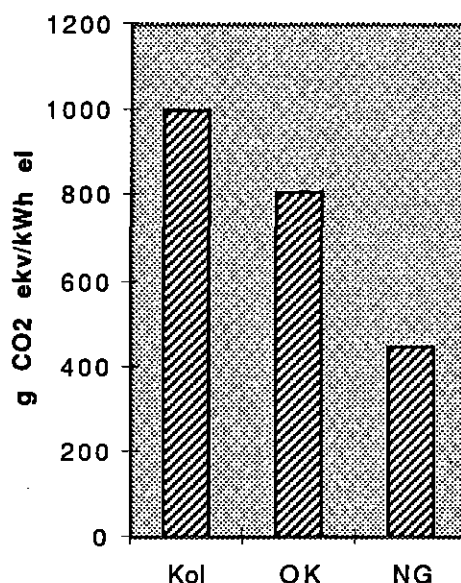


Fig 10. Utsläpp av koldioxidekvivalenter från hela bränslecykeln för brittisk elproduktion

8.4. LCA-data för norsk olje- och gasutvinning i Nordsjön (Kategori III, ref 8)

Denna studie, som avser år 1991, är mycket omfattande och behandlar alla tre faserna bygge, drift och demontage av alla systemdelar i Nordsjön för utvinning och ilandtagning av gas och olja. Allokering mellan gas och olja har baserats på dels systemfunktioner dels mängdfördelningen mellan gas och olja.

"Input" i studien är ytbehov, material och energi. "Output" är avfall (uppdelat på olika typer), utsläpp till atmosfären (CO_2 , CO , NO_x , N_2O , CH_4 , VOC, SO_2 och halon) samt utsläpp till havet (oljespill, borrhkemikalier, ballastmaterial och produktionskemikalier).

Man har även gjort en uppskattning av förhållandena år 2000, varvid följande princip tillämpats:

FUTURE = PRESENT + NEW (known) + NEW (assumed) - DEMOBILISED där

NEW (known) = ny utrustning som man vet kommer att vara i drift år 2000.

NEW (assumed) = utrustning som antas vara färdigutvecklad år 2000.

DEMobilised = utrustning som är utrangerad år 2000.

Motsvarande staplar som visats för de under 8.1 - 8.3 refererade studierna kan ej visas här, eftersom framräknade värden endast gäller för en begränsad del av bränslecykeln.

I stället återges här i sifferform de i rapporten redovisade "slutvärdena" för resursåtgång och utsläpp, omräknade till att gälla per m³ naturgas. (I rapporten anges de per ton oljeekvivalent.) Det skall återigen påpekas att värdena endast gäller gasutvinning och ilandtagning av gasen, dvs ej transmission på land, distribution eller användning.

Tabell 2 LCA-data för norsk naturgasutvinning och ilandföring av gas. Värdena gäller per Nm³ producerad gas.

Resursförbrukning, utsläpp m m	Enhet	Värde
Naturgasförbrukning	m ³	0,048
Dieseloljeförbrukning	g	4,2
Miljöfarligt avfall	g	0,31
Hushållsavfall	g	0,35
Industriavfall	g	3,9
Avloppsvatten	m ³	9 · 10 ⁻⁶
Utsläpp till luft av		
CO ₂	g	132
CO	g	0,14
NO _x	g	0,62
N ₂ O	g	2 · 10 ⁻³
CH ₄	g	0,088
NMVOC	g	0,071
SO ₂	g	0,01
Utsläpp till havet av		
Barit, bentonit	g	0,9
Övriga borrhkemikalier	g	0,27
Produktionskemikalier	g	0,01

8.5. ExternE - EU's studie innefattande kostnader för miljöpåverkan (Kategori I, ref 14)

I studien påpekas att ändamålet med densamma är att peka på beräkningsmetoder snarare än på beräkningsresultat.

Studien, som pågick mellan 1991 och 1996, omfattar i princip fyra steg:

- Emissions (utsläpp av föroreningar)
- Dispersion (spridning av föroreningar)
- Impact (föroreningarnas inverkan på miljön)
- Costs (miljöpåverkans ekonomiska konsekvenser)

Miljöpåverkan och kostnader har beräknats för sex olika specifika fossileldade kraftverk:

- ett nytt koleldat kraftverk i West Burton, Nottinghamshire, Storbritannien
- ett nytt koleldat kraftverk i Lauffen, Baden-Württemberg, Tyskland
- ett brunkolseldat kraftverk i Grevenbroich, Rheinland, Tyskland
- två olika oljeeldade kraftverk i Lauffen, Tyskland
- en naturgaskombi i West Burton, Storbritannien

Därutöver har miljöpåverkan och kostnader analyserats för kärnkraft, vindkraft och vattenkraft.

Naturgaskombin har en uteffekt på 652 MW och är uppbyggd av tre gasturbiner om vardera 145 MW och en ångturbin på 227 MW. Totalverkningsgraden uppges till 51,6 %, vilket är något lågt med tanke på dagens standard på 55-60 %.

För kostnadsberäkningarna har gjorts många antaganden och bland kostnadsposterna finns dödsfall, olyckor, arbetssjukdomar, materialskador, skördeminskning och skogsskador samt kostnader orsakade av "the global warming", dvs klimatförändringar. Eftersom utsläppen av växthusgaser ger effekter först efter många år är det viktigt att välja rätt diskonteringsfaktor vid uträkning av kostnadernas nu-

värde. Man har definierat diskonteringsfaktorn som "the true social discount rate minus the rate of appreciation of the value itself", vilket i princip ger en låg siffra som resultat. 3 % bedöms som rimligt men för att visa inverkan av andra procentsatser har beräkningarna gjorts för 0, 3 och 10 %.

En stor del av studiens innehåll utgörs av ekonomiska resonemang och utsläppsvärden m m från de olika bränslecyklerna har man hämtat från andra studier.

En tabellarisk uppställning över externa kostnader för det koleldade kraftverket i Storbritannien, de oljeeldade kraftverken i Tyskland och gaskombin i Storbritannien återfinns i tabellerna 3 och 4. Tabell 3 omfattar miljöeffekter exklusive de som sammanhänger med växthuseffekten och tabell 4 omfattar miljöeffekter från "global warming", dvs växthusgasernas miljöeffekter.

Tabell 3. Miljökostnader exklusive "global warming"

Miljöeffekt	Miljökostnad, öre/kWh el		
	Kol	Olja	Gas
Hälsoeffekter hos allmänheten	3,5	9,7	0,44
Yrkesskador med dödlig utgång	0,09	NQ	NQ
Yrkesskador, övrigt	0,7	0,4	0,09
Jordbruksskador	0,03	0,04	NQ
Skogsskador	0,004	0,01	Negl.
Marina ekosystem	—	0,18	0,001
Fiskeskador	1Q	NQ	NQ
Materiella skador	0,7	0,3	0,05
Buller	0,2	NQ	0,03
Delsumma	5,2	10,6	0,61

NQ = Not quantified = sifferuppgift saknas

IQ = Impact quantified = inverkan kvantifierad men ej kostnadsberäknad

Negl = Negligible = försumbart

Tabell 4. Miljökostnader orsakade av klimateffekter (global warming)

Referens	Miljökostnad, öre/kWh el		
	Kol	Olja	Gas
Cline, 1992	13	12	5,3
Fankhauser, 1993	9	7	3,5
Tol, 1995	16	15	7,0
Hohmeyer and Gärtner, 1992	4400	4000	1800

Inom ExterneE-studien har man ej gjort egna beräkningar av växthuseffektens miljökostnader. I stället refereras till olika källor och det är dessa som återfinns under rubriken "Referens" i tabell 4. Med undantag för referens "Tol, 1995" gäller alla värden i tabell 4 för diskonteringsfaktorn 0 %, dvs nuvärdet är samma som det förväntade värdet vid den tidpunkt skadorna inträffar. "Tol, 1995" gäller för 1 % diskonteringsfaktor.

Som framgår av tabell 4 skiljer sig en referens märkbart från övriga referenser vad gäller storleksordningen på klimatförändringskostnader. Detta beror på att Hohmeyer och Gärtner gjort egna antaganden om bl a uttorkning av åkermark i tredje världen, vilket skulle leda till att 45 miljoner människor årligen skulle dö på grund av svält. De övriga referenserna utgår från att ca 0,24 miljoner människor årligen kommer att avlida till följd av alla konsekvenser av en klimatförändring. Det ligger också en skillnad i värderingen av ett människoliv. I statistiska sammanhang ligger en normal värdering av ett människoliv i den industriella världen mellan 1 och 2,6 M\$, medan man för utvecklingsländerna brukar räkna med 0,1 M\$. Dessa värden baseras på produktionsförmåga, "willingness to pay" osv och har ingen koppling till det mänskliga värdet som sådant. Hohmeyer och Gärtner har emellertid värderat alla människoliv till 2,6 M\$ och detta tillsammans med det nämnda antagandet om ökad svält i tredje världen ger de extremt höga siffrorna i tabell 4.

En entydig slutsats från tabellerna 3 och 4 är att naturgaskedjan ger de lägsta miljökostnaderna i jämförelse med olja och kol.

8.6. Risø-studie kring miljökostnader vid energiproduktion (Kategori I, ref. 15)

Liksom vid ExternE-studien är denna danska studie koncentrerad till metodiken för uppskattning av kostnader för olika miljöeffekter. Intressant är att man som ett "case" i studien sett på vad det skulle innebära att ersätta ett naturgaseldat kraftvärmeverk (kombiverk) med ett kraftvärmeverk baserat på förgasad biomassa. Ett andra "case" är ersättning av ett kolkraftverk med ett antal vindkraftverk.

Kraftvärmeverken är tänkta lokaliserade till en typisk förläggningsplats i Danmark. Man har vidare utgått från att fjärrvärmen produceras med 100 % verkningsgrad och att bränsleförbrukningen härutöver tillskrivs elproduktionen. Alla emissioner och miljökostnader anges per kWh el-produktion. För kostnader orsakade av klimatförändringar räknas med en diskonteringsfaktor på 1,5 %.

Resultatet av studien visas i figur 11, där staplarna markerar kostnadsintervall, dvs osäkerheten i beräkningarna.

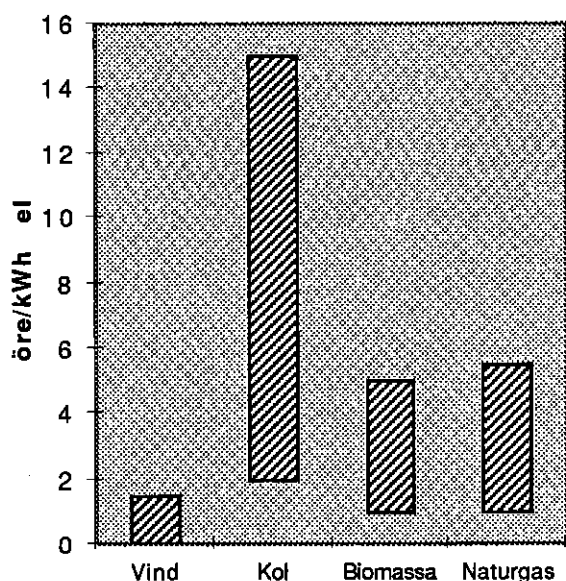


Fig 11. Totala miljökostnader (inkl klimatförändringar) för några olika kraftslag

Det för gasbranschen mest intressant resultatet är att de externa kostnaderna (miljökostnaderna) är ungefär samma för biobränslen och naturgas. Kostnader orsakade av det högre nettoutsläppet av kol-

dioxid från naturgas kompenseras således av miljökostnaderna för högre utsläpp av föroreningar med lokal och regional påverkan från biobränslena.

9. Avslutning

Från förstudien kan dras ett antal slutsatser varav följande bedöms som de viktigaste:

- 1) Önskemål om och krav på livscykelanalyser kommer allt mer, varför gasbranschen måste vara beredd att ta fram och presentera sådana för olika slags tillämpningar.
- 2) LCA av olika energislag måste utföras med samma principiella förutsättningar, metoder osv för att de ska vara jämförbara med varandra.
- 3) Som en konsekvens av punkt 2 kan sägas att resultaten i de rapporter som refererats här vare sig kan jämföras med varandra eller appliceras på andra förhållanden utan ett ingående studium av bakgrundsmaterialet för respektive rapport.
- 4) En entydig slutsats från de refererade rapporterna torde dock vara att naturgascykeln har lägst total miljöpåverkan i jämförelse med bränslecyklerna för kol och olja.

Med hänvisning till slutsats nr 2 ovan skall här också upprepas förslaget till att de svenska branschorgan eller dylikt som arbetar med livscykelanalyser inom energiområdet bildar ett samarbetsforum eller samarbetar på annat sätt. Även om pågående standardiseringsarbete inom ISO m fl organ skapar en enhetlig grund för utförande av livscykelanalyser så behövs kompletteringar av mer praktisk natur för att uppnå enhetliga och jämförbara resultat. Ingenting hindrar att gasbranschen tar initiativ till ett sådant samarbete.

10. Referenser

1. Britt-Marie Brännström-Norberg m fl Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion. Sammanfattande rapport, 1996-12-20

2. Naturvårdsverket
Livscykelanalyser LCA
Broschyr, februari 1996
3. SETAC
Guidelines for Life-Cycle Assessment:
A "Code of Practice"
Bryssel 1993
4. Nordic Council of Ministers
Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment
Report Nord 1995:20
(ISBN 92-9120-692-X)
5. Naturvårdsverket
Vägledning för Livscykelanalyser LCA
Sammanfattning av LCA-Norden (= ref 4)
SNV-rapport 4537, februari 1996
6. Canadian Gas Association
1990 Air Emissions inventory for the Canadian
Natural Gas Industry
Canadian Gas Association, March 1995
7. Kenneth G. Darrow
Energy Utilisation and Greenhouse Gas Emissions: End Use Analysis
Gas Research Institute, USA, Report GRI-93/0335, June 1994
8. Kristin Keiserås Bakkane
Life Cycle Data for Norwegian Oil and Gas
Tapir Publishers, 1994
(ISBN 82-519-1175-3)
9. Dansk Olie og Naturgas
Grønt regnskab - Miljø og sikkerhed 1995
DONG, mars 1996
10. N W van den Berg et al
Environmental Life Cycle Assessment of Gas
Distribution Systems
Gastec, Final Report, January 1996
11. A J Wilkinson and F E Shephard
Methodology for determining emissions of
methane from the onshore UK Natural Gas Industry
British Gas, Report January 1993 (Updated
April 1994)
12. R Frischknecht m fl
Ökoinventare für Energiesysteme
Eidgenössische Technische Hochschule (ETH),
Zürich
2. Auflage, März 1995
13. Judith Bates
Full Fuel Cycle Atmospheric Emissions and
Global Warming Impacts from UK Electricity
Generation
ETSU, 1995
14. European Commission
ExternE – Externalities of Energy
Compiled by ETSU, UK
EUR 16520 EN, 1995
15. Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter
i forbindelse med energiproduktion
RISØ, Rapport F-770 (DA), Sept 1994
16. A Johansson et al
The Life of Fuels. Motor Fuels from Source to
End Use
Ecotrafic, Stockholm, March 1992
17. M Blinge
Energilogistik - Livscykelanalys av drivmedel
Inst för transportteknik, CTH, Maj 1993

1997-11-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Institut. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärming med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

1997-11-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projekt. AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumf Triumf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150

1997-11-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet	Feb 94	Jörgen Thunell SGC	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med läggningsbox.	Nov 93	Göran Lustig Elektro Sandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör.	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material ledningar för gasdistribution.	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
045	Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering	Dec 93	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	150
046	Gasanvändning i målerier	Dec 93	Charlotte Rehn et al Sydkraft Konsult AB	150
047	Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri.	Okt 93	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
048	Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod	Jan 94	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult AB	150
049	Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus	Feb 94	P Kastensson, S Ivarsson Sydgas AB	150
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150

1997-11-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
051	Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.	Nov 93	Eva-Maria Svensson Glafo	150
052	Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings. (På engelska)	Jun 94	Jörgen Thunell, Editor Swedish Gas Center	150
053	Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK	Apr 94	Mårten Wärnö MGT Teknik AB	150
054	NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning	Sep 94	Bent Karll, DGC P Å Gustafsson, Miljökons.	100
055	Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.	Okt 94	Torbjörn Karlelid m fl Sydkraft Konsult AB	150
056	Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålar	Nov 94	Johansson, M m fl Lunds Tekniska Högskola	150
057	Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer	Dec 94	Fredrik A Silversand	150
058	Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus	Feb 95	B Karll, B T Nielsen Dansk Gasteknisk Center	150
059	Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålar	Apr 95	Rolf Christensen Enerkon RC	150
060	Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar	Maj 95	L Hedeén, G Björklund Sydgas AB	50
061	Polyamidrör för distribution av gasol i gasfas. Kunskapssammanställning	Jul 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
062	PE-rörs tålighet mot yttre påverkan. Sammanställning av utförda praktiska försök	Aug 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
063	Naturgas på hjul. Förutsättningar för en storskalig satsning på NGV i Sverige	Aug 95	Naturgasbolagens NGV- grupp	150
064	Energieffektivisering av större gaseldade pannanläggningar. Handbok	Aug 95	Lars Frederiksen Dansk Gasteknisk Center	200
065	Förbättra miljön med gasdrivna fordon	Aug 95	Göteborg Energi m fl	150
066	Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.	Nov 95	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	150

1997-11-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
067	Naturgasmodellen. Manual för SMHI:s program för beräkn av skorstenshöjder	Dec 95	Tingnert B, SKKB Thunell J, SGC	150
068	Energigas och oxyfuelteknik	Dec 95	Ingemar Gunnarsson Energi-Analys AB	150
069	CO2-gödsling med avgaser från gasmotor med katalysator	Dec 95	Bent Karll Dansk Gasteknisk Center	150
070	Utvärdering av naturgasförbränning i porösa bäddar	Mar 96	Henric Larsson Lunds Tekniska Högskola	150
071	Utvärdering av naturgasdrivna IR-boostar i ugn för pulverlackering	Nov 95	Ole H Madsen Asger N Myken	150
072	Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- o motorgasdrivna fordon	Jun 96	Hans-Ake Maltesson Svenskt Gastekniskt Center AB	150
073	Livslängdsbestämning för PE-rör för gasdistribution (EVOPE-projektet)	Jul 96	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	100
074	Gasblandningar för fordonsdrift. Idéstudie.	Aug 96	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
075	Gasbranschens miljöhandbok	Sep 96	Jörgen Thunell Svenskt Gastekniskt Center	500
076	Låg-NOx-teknik för gasdrivna processer - dagsläge	Okt 96	Mikael Näslund, LTH	150
077	Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50-projektet	Dec 96	K-E Egebäck Roger Westerholm	150
078	Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval	Nov 96	Mikael Näslund, LTH	150
079	Handledn. för inst av gaseldade IR-värmare. Rådgivning, analys och genomförande	Apr 97	Pär Dalin, DITAB	150
080	Mikrokraftvärmeverk med Stirlingmotor	Jan 97	Tomas Nilsson Lunds Tekniska Högskola	150
081	Naturgasbaserad småskalig kraftvärme inom uppvärmningssektorn	Feb 97	Mats Nilsson LTH/MALMÖ	150
082	Kylning och klimatisering av byggnader och lokaler med hjälp av naturgas	Apr 97	Anders Lindkvist Vattenfall Energisystem	150

1997-11-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
083	Naturgassystemet i Sverige - en teknisk beskrivning	Jun 97	Ronny Nilsson, KM	150
084	Livscykelanalyser - Är det något för gasbranschen	Sep 97	Jörgen Thunell	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi	50
A02	Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi	Jul 95	Rolf Christensen Enercon RC	50
A03	Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Endast för internt bruk)	Jul 95	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult	0
A04	Bussbuller. Förslag till mätprogram	Jun 95	Ingemar Carlsson Ecotrans Teknik AB	50
A05	Värmning av vätskor med naturgas - Bakgrund till faktablad	Okt 95	Rolf Christensen Enerkon RC	50
A06	Isbildning i naturgasbussar och CNG-system (Endast för internt bruk)	Nov 95	Volvo Aero Turbines Sydgas, SGC	0
A07	Större keramisk fiberbrännare. Förstudie	Jan 96	Per Carlsson Sydkraft Konsult	50
A08	Reduktion av dioxin, furan- och klorfenoler vid avfallsförbränning	Maj 96	H Palmén, M Lampinen et al Helsingfors Tekniska Högskola	50
A09	Naturgas/mikrovågsteknik för sintring av keramer	Maj 96	Anders Röstin, KTH	50
A10	NOx-reduktion genom naturgasinjektion o reburning. Demoprojekt på Knudmoseverket	Apr 96	Jan Flensted Poulsen Völund R & D Center	50
A11	Direktorkning av socker med naturgas (Endast för internt bruk)	Jul 96	Rolf Christensen Enerkon RC	0
A12	Uppföljning, installation av gaspanna med avgaskondensor, kv Hornblåsaren 6, Råå	Sep 96	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50
A13	Klassningsplaner för gasinstallationer	Jun 97	Carl-Axel Stenberg Greger Arnesson	50
A14	Uppf av drift med natugaseldad kondenserande gaspanna i Rinnebacksskolan	971015	Bo Cederholm	50



Svenskt Gastekniskt Center AB

S-205 09 MALMÖ
Telefon: 040-24 43 10
Telefax: 040-24 43 14

KFS AB, LUND