



# Energianvändning i **industrin**

EN FAKTARAPPORT INOM IVA-PROJEKTET ENERGIFRAMSYN SVERIGE I EUROPA

# Innehåll

Industrin i Sverige	
Sammanfattning .....	I
Industrin är specialiserad och exportorienterad .....	2
Svenska industrins bakgrund och regionala aspekter .....	2
Industrins energianvändning .....	4
Industrins bidrag till växthuseffekten .....	6
Industrin som el- och värmeproducent .....	7
Energi nödvändig råvara i basindustrin .....	7
Energianvändning bransch för bransch	
Effektiv massa- och pappersproduktion .....	8
Sveriges största användare av bibränslen .....	11
Energieffektiv stålproduktion .....	12
Fossiltunga processer inom järn- och stålindustrin .....	13
Kemisk industri .....	14
Kemisk process med mycket spänning .....	15
Mer eller mindre effektiva elektrolysceller .....	16
Petrokemisk industri .....	17
Verkstadsindustri och övrig tillverkningsindustri .....	18
Steg mot en mer energieffektiv industri	
Effektiv kringutrustning .....	18
Energiledning .....	19
Referenser .....	20
Fotnoter .....	21

**Utgivare** Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA

**Text** Camilla Sundlöf, Energi- och Systemanalys, ÅF-Energikonstult AB

**Grafisk form** Stefan Lundström, Blue media AB

**Omslagsfoto** Scanpix

**Tryck** Multitryck, Eskilstuna, 2002.

**För tryckning och distribution** ansvarar Statens energimyndighet.

**Rapporterna kan beställas** från Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna och via hemsidan [www.stem.se](http://www.stem.se)

# Sammanfattning

**Den svenska industrin** domineras av större företag och koncerner som är starkt specialiserade och exportorienterade.

Av landets totala energianvändning stod industrin för 40 procent, eller 156 TWh år 2000. Fördelningen mellan olika bränsleslag som används inom industrin förändras beroende på tillgänglighet, pris, energi- och miljöskatter, processkrav med mera. Sedan oljekrisen på sjuttioalet har industrins användning av olja minskat från 49 till 13 procent av den totala energianvändningen, till fördel för el och bibränslen. Trots en kraftig produktionsökning sedan 1970-talet har industrins totala energianvändning inte ökat, och den specifika energianvändningen har sjunkit med 40 procent. Orsaken är dels olika effektiviseringsåtgärder och dels förändringar i produktionssammansättningen. Den svenska industrin producerar idag en större andel produkter med lägre energiinsats per krona produktionsvärde. Ökad elanvändning gör att en del av energisystemets förluster flyttas från industrin till kraftverket.

**Av industrins olika** branscher är det ett fåtal som står för majoriteten av industrins energianvändning. Massa- och pappersindustrin, järn- och stålindustrin samt kemiindustrin står för cirka 70 procent av industrins totala energianvändning, men för endast en fjärdedel av produktionsvärdet. Dessa branscher, tillsammans med gruvindustrin, har det gemensamt att energikostnaden utgör en stor del av förädlingsvärdet, jämfört med industrin i allmänhet. Energi ingår som en av huvudråvarorna i processen. Det är också inom ovanstående branscher vi finner de största spillvärmeleverantörerna. Sveriges industrier levererar idag nästan 10 procent av tillförd energi till fjärrvärmebranschen.

Av de totalt 97 TWh bibränslen som användes i landet stod massa- och pappersindustrin för hälft-

ten, då stora mängder bibränsle genereras som spill från processen och används för ångproduktion. Järn- och stålindustrin är en bransch med relativt stor användning av fossila bränslen, i form av processkol, olja och gas. Processkolen används för produktion av koks i koksverket och räknas som en nödvändig processråvara och inte som bränsle. Kemiindustrins mest energiintensiva företag är de som är verksamma inom elektrokemi och petrokemi samt raffinaderier. En del av den elenergi som används inom kemisk industri behövs för att få till stånd kemiska reaktioner. Energin stannar då i slutprodukterna och går inte att återfå. Sveriges raffinaderier har genomgått kraftig energieffektivisering under de senaste 25 åren och de svenska anläggningarna ligger på topp internationellt sett. Verkstadsindustrin står för en stor andel av Sveriges industriproduktion och använder, trots att den inte är speciellt energiintensiv, stora mängder energi. Det enskilt största energislaget är elenergi, som under åttiotalet ersatte en stor andel av oljeanvändningen. Verkstadsindustrin är en stor förbrukare av fjärrvärme och stod år 2000 för drygt hälften av hela industrins fjärrvärmeanvändning.

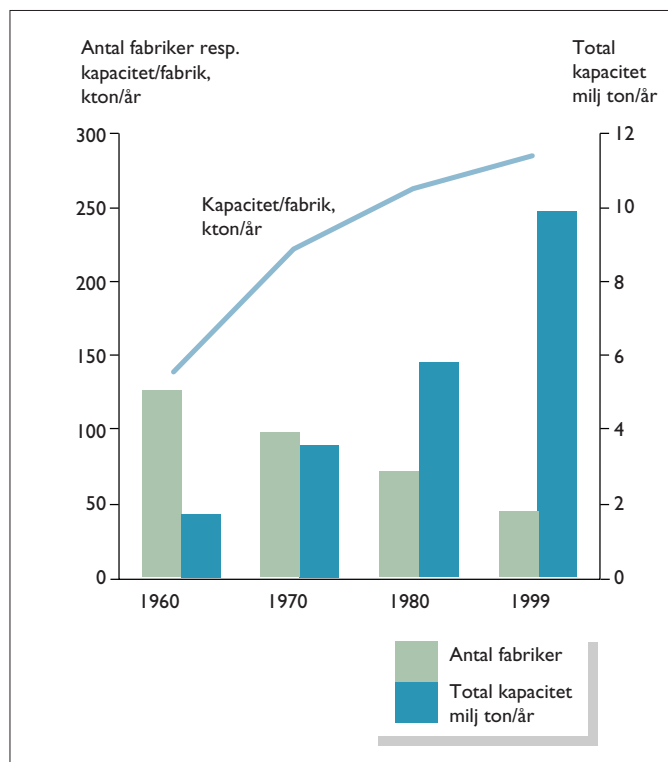
**Denna rapport har skrivits** av Camilla Sundlöf med kommentarer av Karin Byman och Birgitta Resvik. Camilla Sundlöf arbetar med energieffektiviserings- och elmarknadsfrågor på ÅF-Energikonstult AB och är sekreterare i den ideella föreningen EnergiledarGruppen. Karin Byman, också hon ÅF-Energikonstult AB, är utredare i energi- och elmarknadsfrågor samt systemanalys, tidigare verkställande direktör för Svensk Energiförsörjning. Birgitta Resvik är ansvarig för energifrågor på kemiindustriernas branschorganisation, Kemi-kontoret.

# Industrin i Sverige

## INDUSTRIN ÄR SPECIALISERAD OCH EXPORTORIENTERAD

Kännetecknande för svensk industri är en tydlig dominans av större företag och koncerner. Sju av tio anställda inom industrisektorn arbetar i företag med fler än 200 anställda. Produktionskapaciteten har ökat kontinuerligt under flera årtionden samtidigt som antalet företag blir färre och färre, vilket illustreras i figur 1 genom ett exempel från massa- och pappersindustrin. Samtidigt som produktionskapaciteten i tusen ton pappersmassa i stort sett har fördubblats under de senaste 50 åren har antalet fabriker mer än halverats under samma tid.

Eftersom Sverige utgör en liten hemmamarknad är



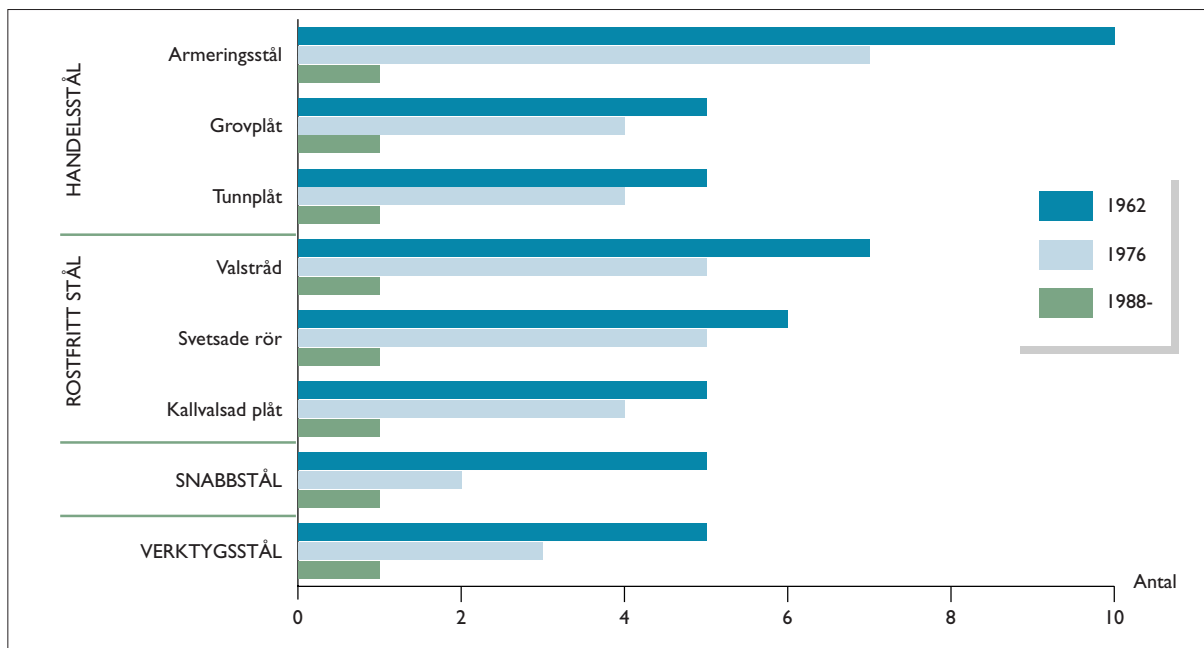
Figur 1. Utveckling av produktionskapacitet respektive antal fabriker i pappers- och massaindustrin mellan 1960 och 2000. Källa: ÅF.

industrin kraftigt exportorienterad. Det är viktigt att företagen har en god internationell konkurrenskraft. Inom exempelvis massa- och pappersindustrin går omkring 75 procent av produkterna till export. För hela tillverkningsindustrin är motsvarande siffra strax under 60 procent. För att kunna konkurrera med utländska koncerner har ett flertal svenska företag fokuserat på specialiserade produkter med särskilt hög kvalitet. Denna specialisering är särskilt tydlig inom den svenska stålindustrin, där det i princip finns ett företag per tillverkad produkt se figur 2.

Den starka specialiseringen är följden av den svåra stålkrisen efter energikrisen i mitten av 1970-talet. Sveriges stora varvsindustri försvann nästan helt. Stålintustrier fusionerades och produktionen delades upp efter olika produktslag. Krisen ledde till en genomgripande omstrukturering av hela handelsstålsindustrin och den svenska nischen blev en långtgående produktspecialisering i specialstål och höghållfasthetsstål. Specialiseringen har visat sig vara en lyckad satsning. De svenska specialstålen är inte lika priskänsliga som övriga produkter och står sig väl i den internationella konkurrensen. Omkring 80 procent av leveranserna går till export och enskilda företag exporterar mer än 95 procent av produktionen. Som en följd av specialiseringen täcks hela 80 procent av det svenska behovet av enklare handelsstål av import.

## SVENSKA INDUSTRIENS BAKGRUND OCH REGIONALA ASPEKTER

Den svenska industrins nuvarande lokalisering beror på dess historik. Genombrottet för svensk industri ägde rum under 1800-talets andra hälft och var då främst inriktad mot exploatering och bearbetning av råvaror som järn och trä. Industrin byggdes upp i de områden där råvarorna fanns tillgängliga, varför det till exempel finns en koncentration av gruvor kring Kiruna/Malmberget.



**Figur 2. Antal företag i Svensk stålindustri med tillverkning av vissa produkter. Källa: Jernkontoret.**

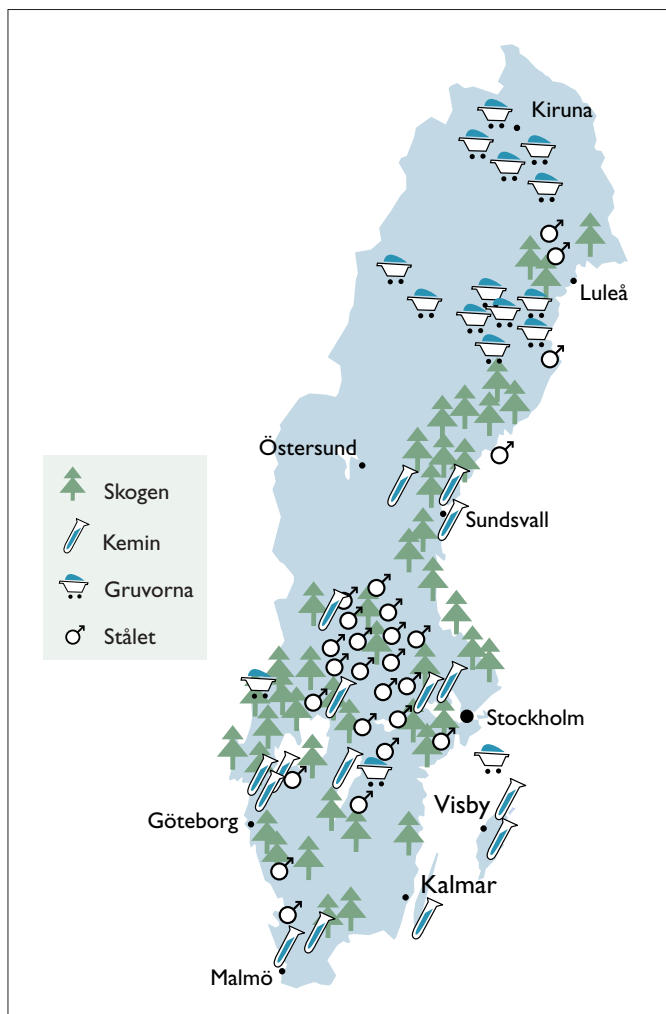
Järnverken byggdes upp i anslutning till gruvorna och nära skog och vattenkraft för en säkrad energiförsörjning. De typiskt svenska bruksföretagen bildades. Bruksföretagen ägde ofta både malm-brytning, stålverk, massfabriker och kraftstationer. De första massafabrikerna utgjordes av slip-massefabrikerna (mekanisk massa) och byggdes upp i anslutning till stålverken, medan den kemiska massatillverkningen som utvecklades senare förlades längs kusten och Vänerlandskapen där sågverken fanns.

Industrialiseringen ökade i snabbare takt på landsbygden än i städerna. Där fanns råvarorna och järnvägen möjliggjorde transport av varorna till marknaden. På samma sätt ser det till viss del ut ännu idag och basindustrin har stor betydelse för den regionala arbetsmarknaden i gamla bruksområden, se Figur 3. Industrin utgör stora arbetsgivare och skapar förutsättningar för mindre företag att verka på orten, som exempelvis transport- och servicetjänster. Verksamheten bidrar också till att infrastrukturen i dessa delar av Sverige upprätthålls.

**Kemiindustrin har en helt annan historia och är inte lika starkt kopplad till övriga basindustriens**

utveckling, även om det finns ett starkt historiskt samband mellan exempelvis massproduktion och kloralkaliindustri. Massa- och pappersindustrins avtagande behov av klor har resulterat i en omstrukturering av kemiindustrin, då stora delar av kloralkaliindustrin tvingats lägga om sin produktion. Den petrokemiska delen av kemiindustrin är sedan 1960-talet strategiskt koncentrerad till Stenungsund på Västkusten. Råvaran, olja, importeras sjövägen. Övriga koncentrationer av kemisk industri finns i Skåne, Stockholm och Karlstad/Karlskoga. Svensk läkemedelsindustri är en del av den kemiska industrin som har haft stora framgångar genom ett intimt samarbete mellan industri och universitet och högskolor i de större universitetsstäderna, där ett flertal forskningscentra har byggts upp.

Den svenska verkstadsindustrin kom igång på allvar kring sekelskiftet 1900, mycket tack vare en mängd svenska uppfinningar som ligger till grund för många av landets idag största företag, även om några inte längre är i svensk ägo, såsom exempelvis Volvo, Alfa Laval, SKF, Ericsson och ABB



Figur 3. Basindustrins lokalisering i Sverige. Källa: SKGS.

(ASEA). Utvecklingen av verkstadsindustrin var mer orienterad till tätorter än den tidigare råvarubaserade industrin. Verkstadsindustrin finns över hela landet och består av ett antal större koncerner men även av en mängd små och medelstora företag. Transportmedelindustrin utgör ett undantag, då den är starkt koncentrerad till främst Göteborgs, Bohus och Älvsborgs län genom Volvo och SAAB.

#### INDUSTRINS ENERGIANVÄNDNING

Av landets totala energianvändning står industrin för 40 procent, eller 156 TWh år 2000, medan

#### Hur kommer utvecklingen se ut framöver?

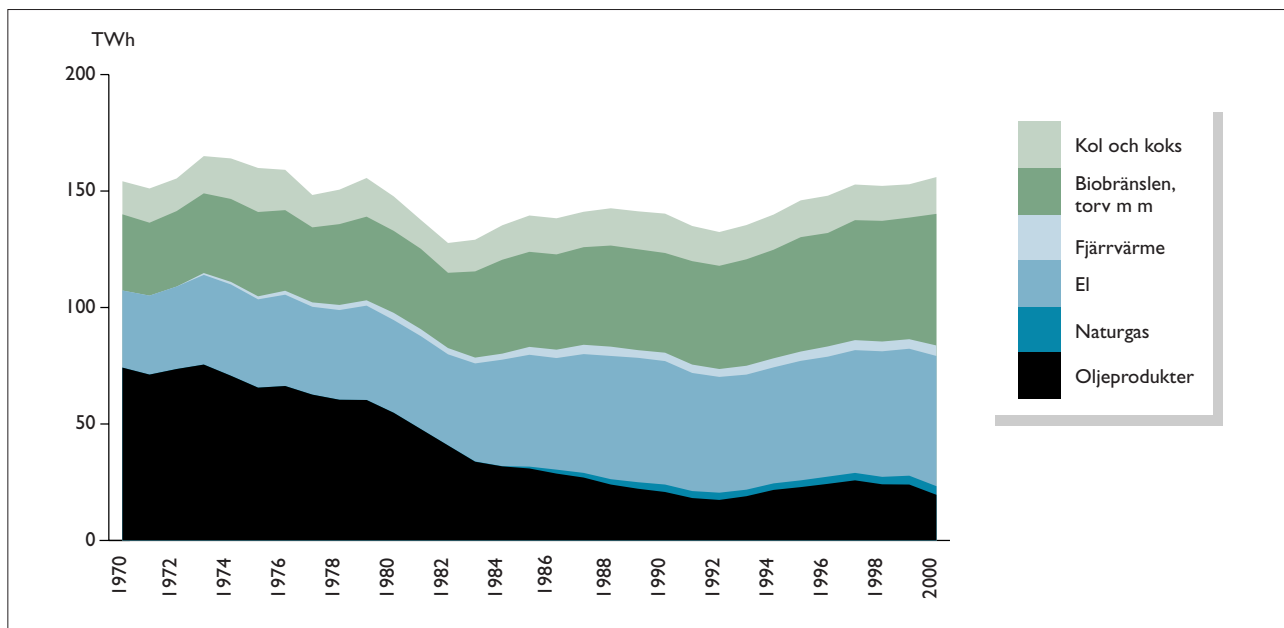
Bruksorternas beroende av en enda industri och dess underleverantörer innebär en svår situation för regionen vid rationaliseringar eller nedläggningar. Sverige med sin begränsade hemmamarknad och stora internationella företag får svårt att hålla kvar företagen med en ökande globalisering, särskilt inom branscher där löneläge och stordriftsfördelar är avgörande för lönsamheten. Ett flertal produktionsanläggningar inom verkstadssektorn har under senare år flyttats till så kallade låglöneländer för att minska personalkostnaderna.

Dagens tillväxtpolitik syftar till att Sverige skall utveckla en större andel medelstor industri, där kunskapsinnehållet är avgörande och där vi erbjuder högt kvalificerad industri- och tjänsteproduktion. Ett sätt att främja innovativ industriutveckling är att skapa regionala tillväxtområden med så kallade kluster som samarbetar kring kompetens och utveckling, som exempelvis TelekomCity i Karlskrona, MedicalValley i Öresundsregionen, Paper Province i Karlstadsregionen och Aluminiumriket i Småland.

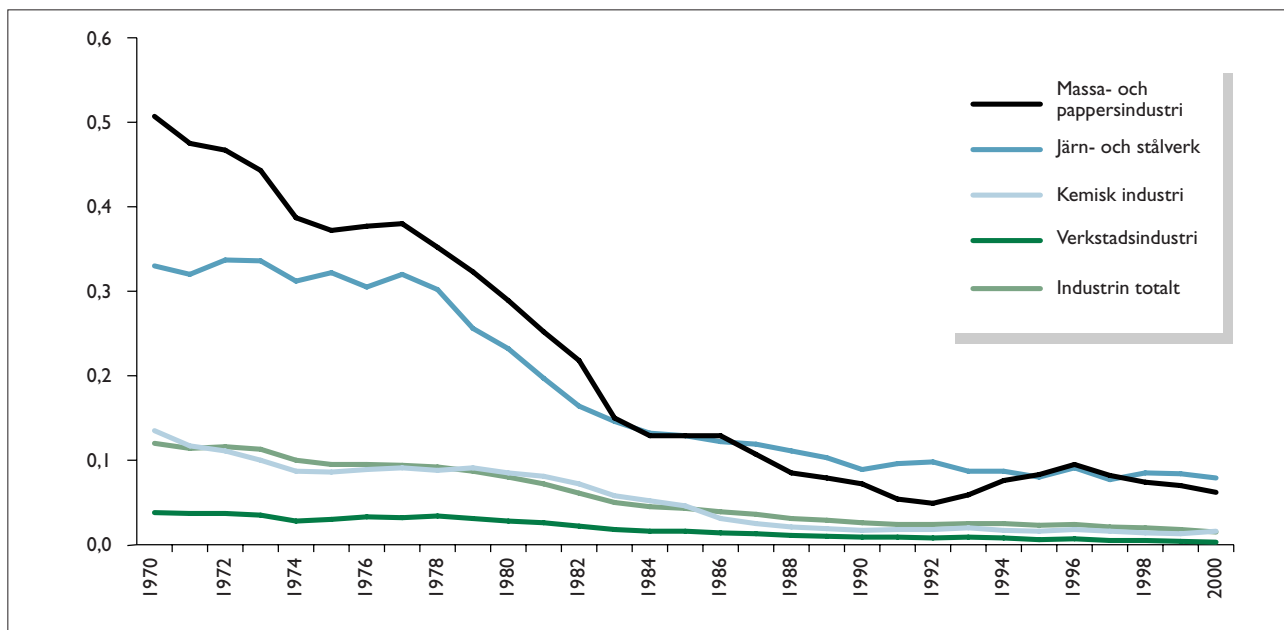
bostäder och transporter står för 37 respektive 23 procent. Fördelningen mellan olika bränsleslag som används inom industrin förändras beroende på tillgänglighet, pris, energi- och miljöskatter, processkrav med mera. Sedan oljekrisen på sjuttio-talet har industrins användning av olja minskat från 50 till 13 procent av den totala energianvändningen, se Figur 4. Oljan ersattes främst av el och biobränslen. När naturgasen introducerades i Sverige 1985, tog även den marknadsdelar från oljan, eftersom naturgasens användningsområden i stort sett är identiska med oljans. Naturgasens begränsade användning beror på att den endast finns tillgänglig i södra Sverige. Alltmer fjärrvärme används för uppvärmning inom industrin, främst inom verkstadsindustrin och övrig tillverkningsindustri.

Trots en kraftig produktionsökning sedan 1970-talet har industrins totala energianvändning inte ökat. Den så kallade specifika energianvändningen (energianvändningen per krona produktionsvärde) har sjunkit med 40 procent under samma period. Utvecklingen för olja och el illustreras i Figur 5 och Figur 6.

Energianvändningen har effektiviserats, men förändring i produktionsammansättningen och



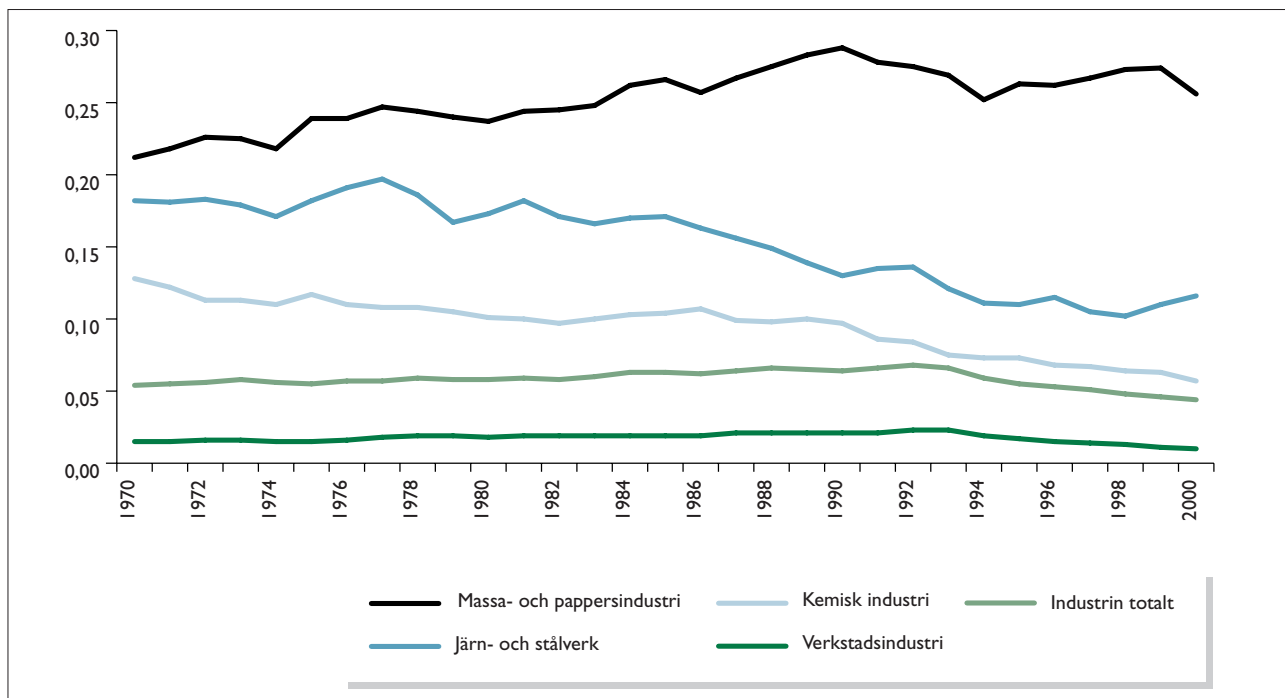
Figur 4. Slutlig energianvändning inom industrisektorn 1970–2000, TWh. Källa: Energiläget i siffror, Statens energimyndighet.



Figur 5. Industrins specifika oljeanvändning 1970–2000, 1991 års priser, kWh per krona produktionsvärde. Källa: Energiläget 2001, Statens energimyndighet.

nya systemgränser döljer också en del av sanningen. Den svenska industrin har utvecklats mot en större andel produkter med lägre energiinnehåll

och ett högre förädlingsvärde per krona produktionsvärde. I och med övergång till el som energibärare flyttades dessutom en del av energisyste-



mets förluster från industrin till kraftverket. Därmed synliggörs inte förlusterna i industrins energianvändning, utan i energisektorn. Om hänsyn tas till omvandlingsförlusterna vid elproduktion, inklusive förlusterna i kärnkraften, har den specifika energianvändningen minskat med 20 procent<sup>1</sup>.

### Indikator som tål konjunktursvängningar

Den ekonomiska konjunkturen styr produktionstakten, som är den faktor som på kort sikt är avgörande för energiförbrukningen. Energieffektivisering leder därför inte nödvändigtvis till lägre energiförbrukning vid högkonjunktur. För att ändå kunna mäta resultatet av effektiviseringsåtgärder används nyckeltal som beskriver den specifika energianvändningen. Inom industrins olika branscher används då vanligen förbrukat mängd energi per producerad enhet (exempelvis kWh el per ton producerad massa) eller per krona produktionsvärde. Förutom produktionstakten finns flera sinsemellan beroende faktorer som påverkar energianvändningen, såsom teknisk utveckling, strukturförändringar och energipriser.

**Figur 6. Industrins specifika elanvändning 1970–2000, 1991 års priser, kWh per krona produktionsvärde.**

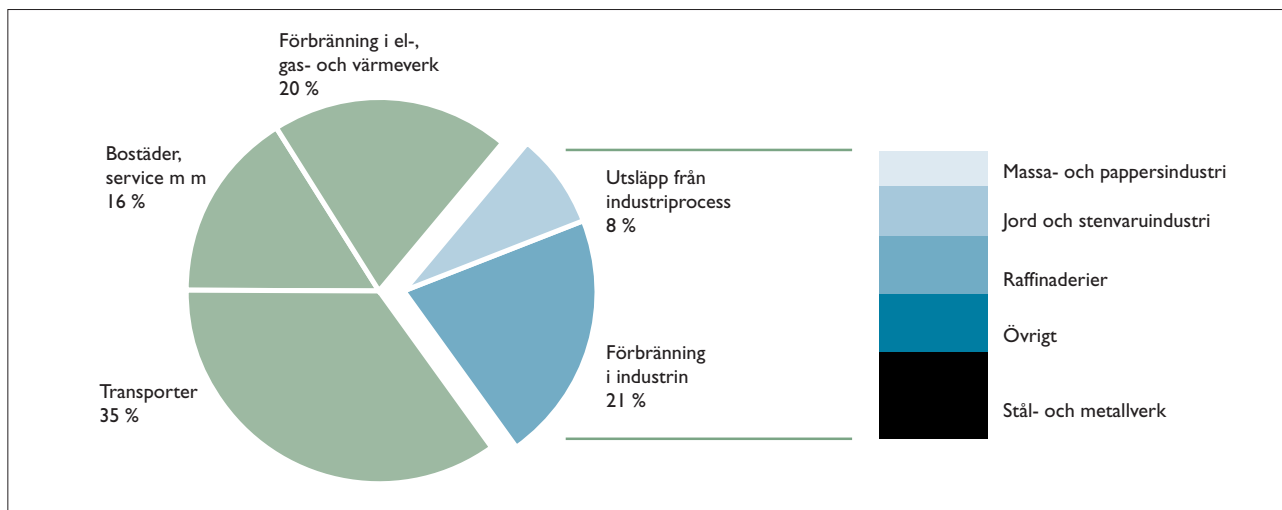
Källa: Energiläget 2001, Statens energimyndighet.

### INDUSTRINS BIDRAG TILL VÄXTHUSEFFEKTEN

Industrisektorn stod för knappt 30 procent av Sveriges koldioxidutsläpp år 1999, eller för 17 miljoner ton av totalt 58 miljoner ton. Omkring 12 miljoner ton härrörde från förbränning och resterande 5 miljoner ton från industriella processer. Jord- och stenvaruindustrin, stål- och metallverken, raffinaderierna samt massa- och pappersindustrin stod för de största utsläppen, se Figur 7.

Järn- och stålindustrin och cementindustrin (en del av jord- och stenindustrin) är exempel på branscher med höga koldioxidutsläpp. Inom båda dessa branscher kommer koldioxid främst från tillverkningsprocessen men också från förbränning av de fossila bränslen som används för att skapa den värmeenergi som krävs för att få igång de kemiska reaktionerna.





**Figur 7. Sveriges utsläpp av koldioxid från fossila bränslen fördelade på sektor och bransch, 1999. Totalt 58 miljoner ton. Källa: Energiläget 2001 och SCB.**

## Cementproduktion

Vid tillverkning av cement måste råvaran kalksten kalcineras. Kalcineringen innebär att kalksten sönderdelas till kalk och koldioxid, varvid stora mängder koldioxid avgår. Kalken skall sedan omvandlas till klinkers. Reaktionerna sker vid mycket höga temperaturer i ugnar som eldas med främst kol och pet-coke, som är en restprodukt från raffinaderierna. Förbränningen gör att ytterligare koldioxid bildas. Under 1999 producerades i Sverige cirka 2 300 tusen ton cement, varvid det gick åt omkring 2 000 GWh bränsle och 300 GWh elenergi. Av de 1 650 tusen ton koldioxid som släpptes ut var 950 tusen ton processrelaterade och resterande 700 tusen ton resulterade från förbränning av bränslen. Inom cementindustrin görs stora ansträngningar att ersätta kol och pet-coke med avfallsbränslen som exempelvis spillolja, uttjänta däck och plast. Dessa bränslen utgör idag cirka 30 procent av tillfört bränsle.

## INDUSTRIN SOM EL- OCH VÄRMEPRODUCENT

Sveriges industrier levererar idag cirka 5 TWh spillvärme till fjärrvärmenät runt om i Sverige, vilket motsvarar 9 procent av den tillförda energin till fjärrvärmeföretagen. De största leverantörerna av spillvärme finns inom massa- och pappersindustrin, raffinaderierna, stål- och metallverken samt den kemiska industrin, se Figur 8. Med ökande energipriser och ökande omsorg om mil-

jön kommer spillvärmen sannolikt få en ännu större betydelse.

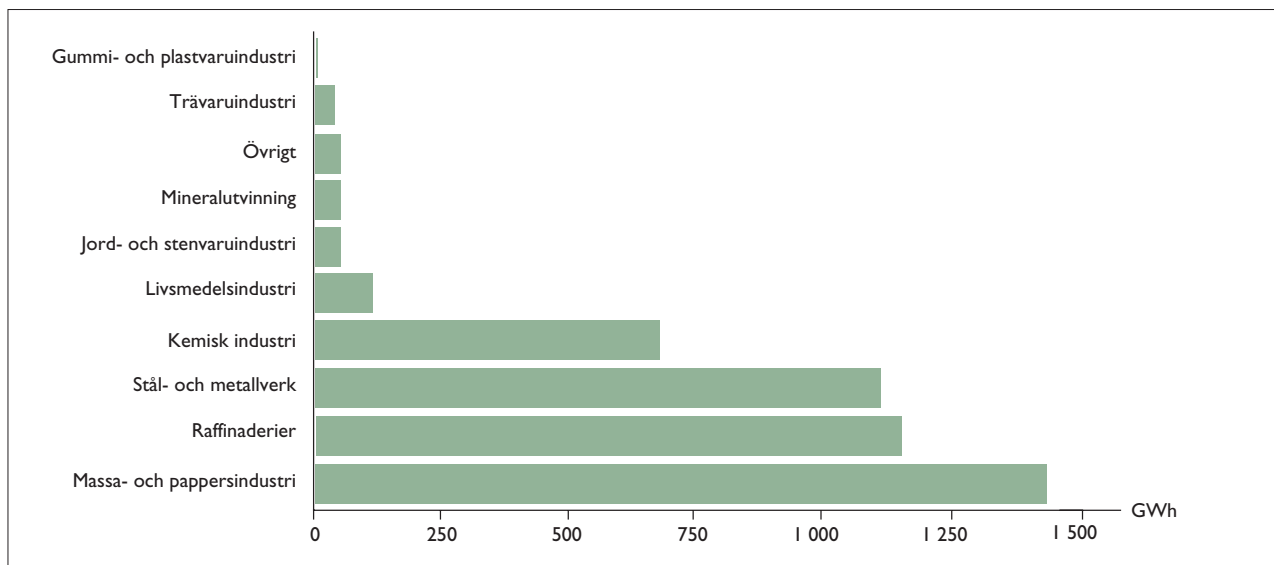
Inom vissa branscher med stort värmebehov, främst massa- och pappersindustrin, förekommer dessutom en egen produktion av el, så kallat industriellt mottryck. Industrins elproduktion i Sverige var cirka 4 300 GWh<sup>2</sup> år 2000.

## ENERGI NÖDVÄNDIG RÅVARA I BASINDUSTRIN

Av industrins olika branscher är det ett fåtal som står för huvuddelen av industrins energianvändning, framförallt när det gäller el. Av Figur 9 framgår att massa- och pappersindustrin, järn- och stålindustrin och kemiindustrin tillsammans står för cirka 70 procent av industrins totala energianvändning, men för endast en fjärdedel av produktionsvärdet.

Basindustrin, inklusive gruvindustrin, har det gemensamt att energi-, och i synnerhet elkostnaden, utgör en stor del av förädlingsvärdet, i jämförelse med resten av industrin, se Figur 10. Anledningen till att basindustrin använder mycket energi är att energi ingår som en av huvudråvarorna i processen, och inte att de är mindre effektiva än andra branscher.

Basindustrin arbetar fortlöpande med att effektivisera processerna. Energibesparingar betalar sig



**Figur 8. Spillvärmeleveranser år 1999 fördelade per bransch, GWh. Källa: ÅF.**

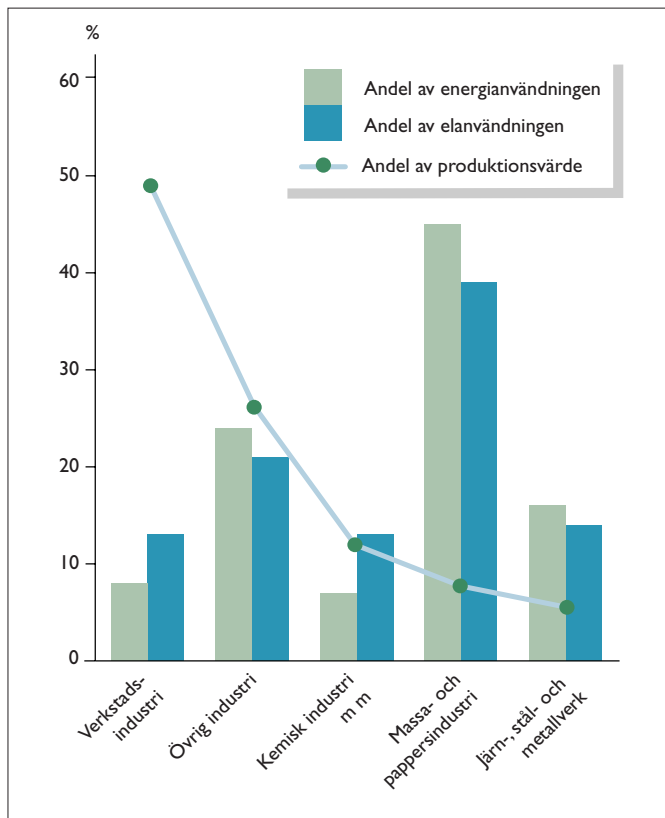
snabbare i den energiintensiva industrin än i övriga. Forskning och utveckling inriktas mot att utveckla ny effektiv teknik och mer integrerade processer. En bromsande faktor för utvecklingen inom basindustrin är att processutrusningen har extremt långa investeringscykler. Som exempel kan nämnas att en pappersmaskin kan ha en livslängd på uppåt 40 år (och förbruka cirka 500 GWh el per år), vilket gör att ny teknik har svårt att få snabba genomslag.

#### EFFEKTIV MASSA- OCH PAPPERSPRODUKTION

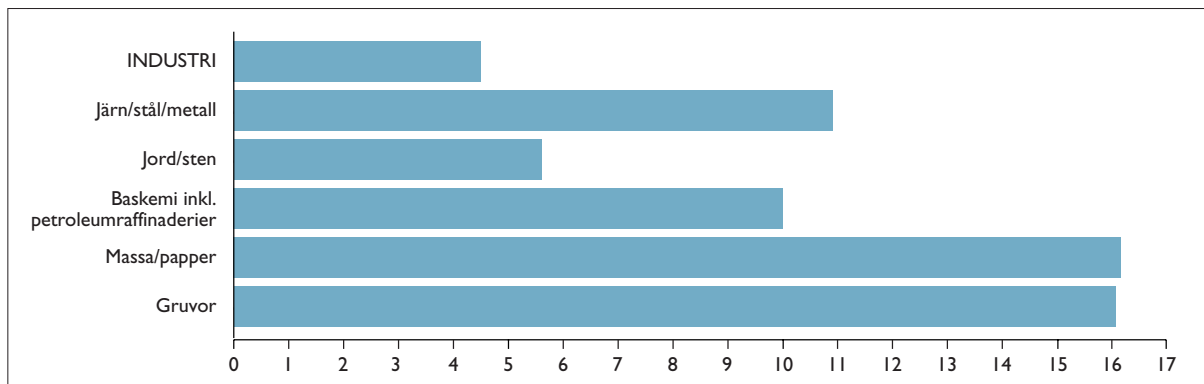
Det finns huvudsakligen två olika typer av pappersmassa, kemisk och mekanisk. Mekanisk bearbetning av träfibrer var den första metoden för massatillverkning, men idag är kemisk bearbetning den vanligaste och utgör 60 procent av de dryga 11,5 miljoner ton massa som tillverkades under år 2000<sup>3</sup>.

#### Kemisk massa

Sedan år 1996 har MISTRA (Stiftelsen för miljöstrategisk forskning) bedrivit ett forskningsprogram kallat »Kretsloppsanpassad massafabrik«. Forskningsobjektet är en massa- och pappersfa-



**Figur 9. Olika branschers andelar av energianvändningen, elanvändningen respektive produktionsvärdet år 1998. Källa: Statens energimyndighet, Underlag till resurseffektivitetsutredningen, 2000.**



**Figur 10. Jämförelse av elkostnadernas andel av förädlingsvärdet inom basindustrin och den övriga industrin, 1996. Källa: SKGS.**

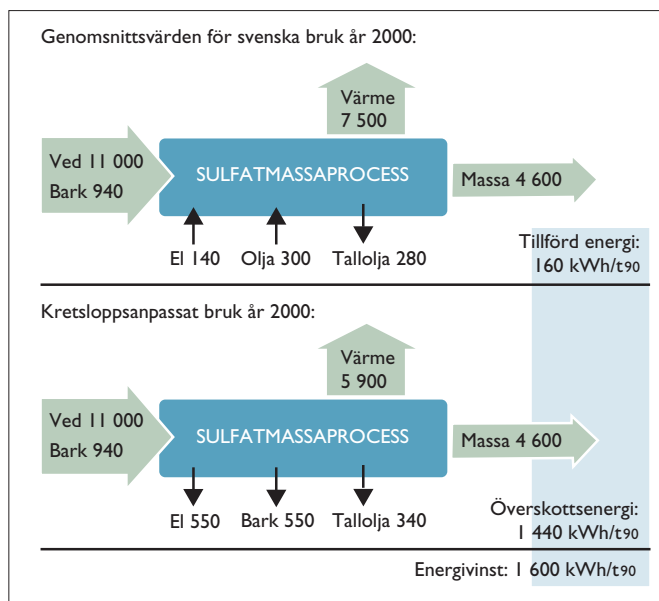
brik som tillverkar papper av helblekt sulfatmassa. Ett mål med projektet är att belysa förutsättningarna för en minimal energiförbrukning i massaprocessen med ett maximalt energiöverskott. Ett centralt område är själva kokprocessen, eftersom en förbättrad kokprocess banar väg för ytterligare slutning av processen, vilket i sin tur innebär effektivare vatten- och energianvändning.

Några av resultaten från programmets forskning hittills är sammanställda i en teoretisk referensfabrik. Referensfabriken är uppbyggd med dagens bästa tillgängliga teknik, och med delprocesser som finns i drift idag, men inte i en och samma fabrik. I figuren nedan visas en översiktlig energibalans av referensfabriken, i jämförelse med ett genomsnittligt svenskt bruk år 2000. I stället för ett nettotillskott av el på 140 kWh/ton fås ett nettoöverskott på 550 kWh/ton. Inget tillskott av olja krävs till mesaugnen, som eldas med bark, och 20 procent mer tallolja kan exporteras från fabriken. Värmeförlusterna minskar med cirka 10 procent. Bland åtgärderna kan nämnas:

- Effektivare indunstning av svartlut
- Åtgärder i kokeri och blekeri
- Högre ångtryck och temperatur för effektivare produktion av mottryckskraft

Ytterligare förbättringar av dagens referensfabrik kan bli möjliga inom bland annat följande forskningsområden:

- En ny teknik, så kallade flisnjurar, gör det möjligt att använda blekerifiltrat för att tvätta ut oönskade ämnen ur flisen innan den kokas. Den fiberhaltiga restprodukten kan sedan indunstas för att användas som bränsle vid energiproduktion.
- Svarlutsförgasning är en teknik under utveckling för effektivare förbränning av svartlut. Förbränningen, som ska ske med trycksatt förgasning, gör det möjligt att utvinna 50 procent mer elenergi ur svartluten än med dagens teknik. Förgasning av bark och avverkningsrester kan också bli intressant.



**Figur 11. Energibalans för sulfatmassabruk, kWh per ton massa med 90 procents torrsustanshalt. Källa: Ny teknik.**

- Om framtidens massfabriker blir nettoexportörer av energi krävs en praktisk lösning för avyttring av överskottsenergi. Ett sätt för fabriken att avyttra energi kan vara att lignin fällt ut som fasta partiklar ur svartluten genom sänkning av pH-värdet. Partiklarna kan då filtreras ut och användas som bränsle.

#### Mekanisk massa

Vid tillverkning av mekanisk massa är det viktigt att minimera det avfall som utgörs av så kallade fiberknippen. Efter malning i raffinörerna bildas en del större partiklar som inte går att använda till massa utan vidare bearbetning. Eftersom energi redan förbrukats för att mala dessa partiklar, är det indirekt en energiförlust om de inte används. Effektiva system för hantering och återvinning av dessa partiklar utgör därför en energibesparing och ses som bästa tillgängliga teknik inom mekanisk massatillverkning.

RTS (Retention time, Temperature, Speed) och Thermopulp® är två nya energieffektiva processer för tillverkning av mekanisk massa. Energiförbrukningen reduceras genom justeringar av tryck, temperatur och rotationshastighet hos raffi-

#### Produktion av mekanisk pappersmassa

Vid tillverkning av mekanisk pappersmassa bearbetas fibrerna mekaniskt i stället för kemiskt. Även inom mekanisk massa finns det ett flertal olika sorter, men vanligast i Sverige är termomekanisk massa, TMP (för tillverkning av bland annat tidningspapper) eller kemitermomekanisk massa, CTMP (för exempelvis vätskekartonger och hygienpapper). Både TMP och CTMP är raffinörmassor, vilket innebär att fibrerna bearbetas genom malning mellan malskivor, raffinörer. Vedutbytet vid tillverkning av mekanisk massa är nära 100 procent, att jämföra med den kemiska massan som har ett vedutbyte kring 50 procent men som har bättre styrka och renhet. Den mekaniska bearbetningen gör att tillverkning av mekanisk massa är en mycket elintensiv process.

Flisen förvärms med ånga till cirka 120 grader innan den matas in i raffinören. Mellan de mönstrade plattorna mals flisen och transporteras ut mot plattornas periferi. Under processen utvecklas ånga som tas tillvara för att användas vid förvärmning och till ångbehov inom pappersbruket. De största raffinörerna har en effekt på 25 MW och cirka 70 procent av tillförd elenergi kvarstår efter bearbetningen i form av ånga. Efter behandlingen i raffinörerna silas och renas massan. Fibrer som fortfarande är för grova återcirkuleras till raffinörerna. Om massan skall säljas som avsalumassa torkas den och balas.

#### Produktion av kemisk pappersmassa

Tillverkning av sulfatmassa, den vanligaste massan i Sverige, består av två parallella processer: fiberlinjen och kemikalieåtervinningen. I fiberlinjen omvandlas ved (flis) till massa och i kemikalieåtervinningen omvandlas och återvinns de i fiberlinjen använda kokkemikalierna (svartlut) till rena kokkemikalier (vitlut).

I fiberlinjen kokas flisen med vitlut så att fibrerna friläggas och en del av vedens lignin löses ut. Efter kokningen tvättas lignin och lut ut ur massan, och föroreningar som fiberknippen rensas ut. Den kemiska massan bleks med så kallad ligningborttagande blekning. Förr användes klor för blekning, men idag används syrgasblekning, som är bättre för miljön.

I kemikalieåtervinningen återvinns svartluten till ny vitlut. Denna process börjar med att svartluten indunstas, det vill säga lutången kokas ur luten. Efter indunstningen kallas luten för tjocklut. Tjockluten förbränns i en sodapanna, varvid en smälta bildas, bestående av bland annat natriumkarbonat och natriumsulfat. Energin som frigörs i sodapannan används för ångproduktion. Denna smälta löses upp och bildar grönlut. Grönluten filtreras från slam och filtratet kallas svaglut. Den renade luten innehåller nu natriumkarbonat som måste omvandlas till natriumhydroxid innan den kan användas igen. Detta sker i kausticeringen genom tillsats av kalk. Vid kausticeringen fås en restprodukt, mesa, som avskiljs och eldas i en mesaugn tillsammans med vanligtvis olja och gaser från kokeriet. Mesan omvandlas då till kalciumoxid (bränd kalk), som kan återanvändas.

nörerna. Dessa processer kan inte förväntas bli introducerade annat än vid nybyggnation eller ersättning av uttjänt utrustning. Energibesparingen väntas ligga kring 15 procent för båda processerna<sup>4</sup>.

#### Papper

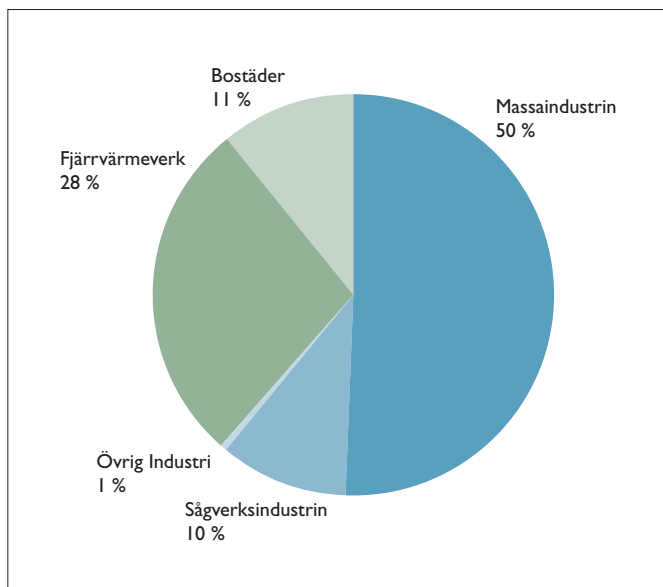
Under år 2000 producerades i Sverige knappt 11 000 tusen ton pappers- och kartongprodukter. De vanligaste produkterna var wellpapp, förpackningskartong och tidningspapper. Vid papperstillverkning är torkningen av papperet en av de delprocesser som är mest energikrävande och har också varit i fokus för en hel del forskning.

För drygt 20 år sedan kom idén att torka papper med hjälp av så kallad impulsteknik<sup>5</sup>. Förhoppningen har varit att denna teknik skulle möjliggöra torkning av papper med lägre energiåtgång jämfört med dagens teknik och dessutom förbättra produktkvaliteten. Tekniken innebär att

## Pappersproduktion

Pappersproduktionen startar med att den torkade massan blandas med upp med vatten och eventuella fyllnadsmedel till en så kallad mäld. Efter ytterligare utspädning hålls mälden ut på en plan duk och vattnet rinner av och sugs bort, varvid ett pappersark tar form. Efter avvattning pressas papperet mellan roterande valsar för att ytterligare vatten skall pressas ur. På val-sarna sitter pressdukar som suger upp vatten, och efter pressning är papperets torrhalt 30–50 procent. Papperet torkas sedan med hjälp av uppvärmda torkcylindrar. Vid torkpartiet är det viktigt med god ventilation som ventilerar bort den fuktiga luften ur torkkåpan, som innesluter torkpartiet. Den varma fuktiga luften värmeväxlas och värmen kan återanvändas för uppvärmning eller för varmvatten. Beroende på vad papperet skall användas till, väntar en efterbehandling såsom exempelvis glättning, ytlimning eller bestrykning.

pressning av papperet, som föregår den traditionella torkningen, kombineras med torkning genom att presscylindrarna värms upp med hjälp av elenergi. Under år 1997 genomfördes för första gången experiment i större skala på EuroFEX, STFI:s forskningspappersmaskin<sup>6</sup>. Tekniken innebär att ångbehovet i torkpartiet minskar avsevärt. Samtidigt ökar emellertid elbehovet till presspartiet. De senaste rönen tyder dock på att en nettobesparing av bränsle på 10 till 20 procent



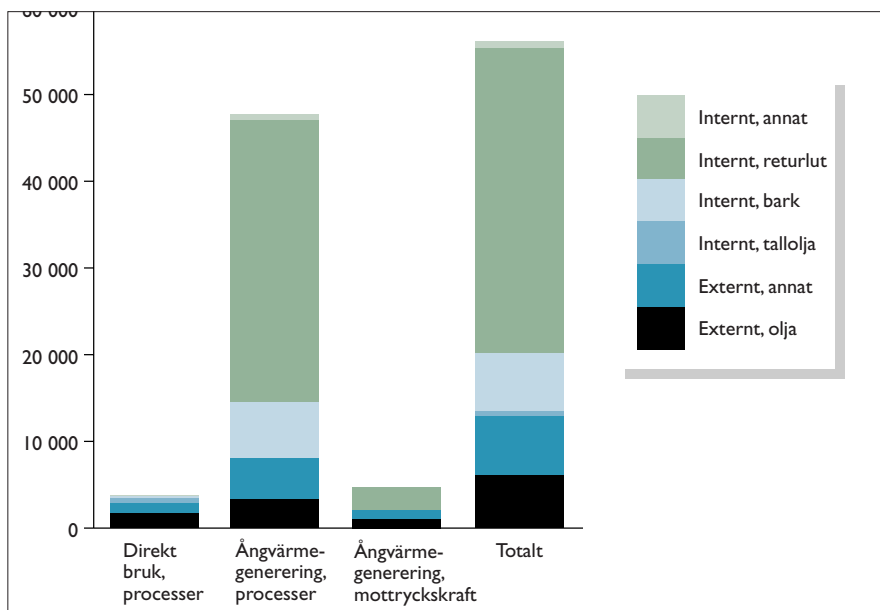
Figur 12. Användningen av biobriens i Sverige, totalt 97 TWh.

Källa: Statens energimyndighet, Energiläget i siffror 2001.

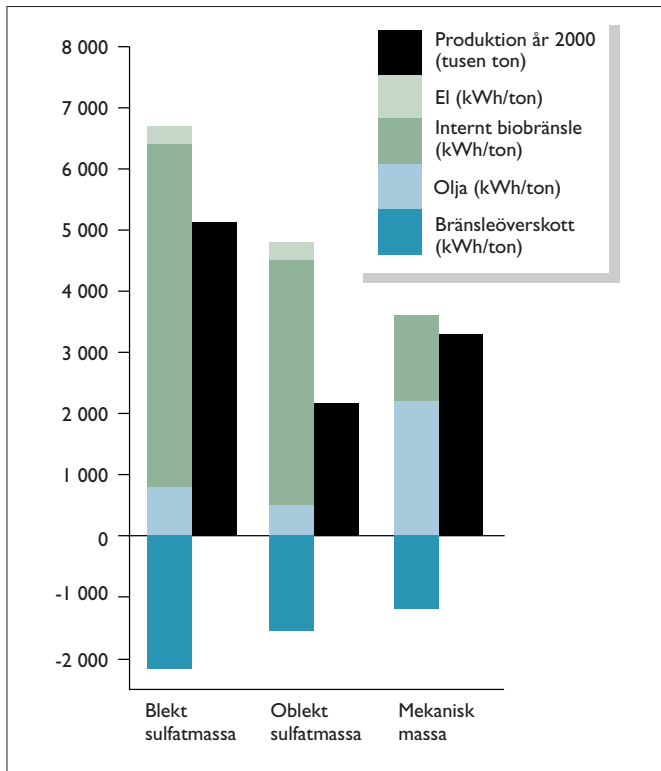
är möjlig<sup>7</sup>, förutsatt att elen produceras i externt koleldat kondenskraftverk.

### SVERIGES STÖRSTA ANVÄNDARE AV BIOBRÄNSLEN

Massa- och pappersindustrins totala bränsleanvändning under år 2000 var på 56 TWh. Lutar



Figur 13. Användningsområden för bränsleförbrukningen i massa- och pappersindustrin år 2000. Totalt 56 041 GWh, varav 4 666 GWh för mottrycks-kraft. Källa: ÅF.



**Figur 14. Specifik energianvändning för olika massakvaliteter fördelat på energibärare samt produktionen av respektive massakvalitet år 2000. Ungefärliga värden. Källa: Statens energimyndighet och Skogsindustrierna.**

utgör det enskilt största bränslet inom massa- och pappersindustrin, och används för förbränning i sodapannor för ånggenerering. Likaså används i barkpannor internt genererad och inköpt bark för ångproduktion. Av de totalt 97 TWh bibränslen som användes i landet stod massa- och pappersindustrin för hälften, se Figur 12, och det finns en stor potential att utöka bibränsleanvändningen ytterligare.

De fossila bränslen som används utgör stödbränsle i exempelvis barkpannor och för mesaombränningen, men används också som bränsle för ångproduktion i oljepannor. Vid mesaombränningen kan tallolja eller pulveriserade alternativt förgasade bibränslen användas i stället för olja. »Annat externt bränsle« i Figur 13 utgörs främst av inköpt bibränsle och ånga.

## ENERGIEFFEKTIV STÅLPRODUKTION

Masugns gas tillvaratas och exporteras eller används som bränsle i anläggningen och vid kraftvärmeproduktion. Utnyttjande av energi från LD-gas anses också vara bästa tillgängliga teknik, och kan ske dels genom kylning av het gas, dels genom förbränning av gasen.

Avgaserna från ljusbågsugnen kan användas för att förvärma det skrot som skall smältas. Tekniken ger stora energibesparingar och ger lägre elektrodförbrukning. Tekniken finns i flera varianter. Det finns även teknik som använder externt bränsle för förvärmning, vilket gör att förvärmningen inte blir beroende av avgaserna utan fungerar oberoende av ljusbågsugnen.

Efter valsning eller stränggjutning har stålet en genomsnittlig temperatur på cirka 900 grader. Stålet läggs då att svalna på så kallade svalbäddar. Om värmen som avgår under svalning kunde återvinnas på ett effektivt sätt skulle åtminstone 400 GWh värme gå att återvinna (förutsätter 5 miljoner ton stål som passerar svalbäddar med återvinning och avsvälning till 200 grader). Värmen skulle exempelvis kunna användas till fjärrvärme, lokaluppvärmning eller produktion av hetvatten och ånga och till och med elproduktion. Ett flertal studier har utförts för att se hur värmen skulle kunna återvinnas på ett ekonomiskt rimligt sätt, men än så länge finns inga demonstrationsprojekt.

Under år 2000 användes också 21 460 GWh el inom massa- och pappersindustrin, varav 3 960 GWh var mottryckskraft. De mest elintensiva processerna är raffinörerna vid produktion av mekanisk massa samt papperstillverkningen (36 procent av elförbrukningen vardera). I övrigt används elenergi för att driva motorer till bland annat pumpar och fläktar, för el-ångpannor samt belysning. På grund av den stora mängd kemisk massa som produceras blir elförbrukningen totalt sett betydande även för den produktgruppen (28 pro-

Stål produceras antingen av järnmalm (cirka 60 procent) eller skrot (resterande 40 procent).

Järnmalm som skall bli råstål i det integrerade verket måste först anrikas i masugnen. I masugnen tas syre bort ur den järnoxid som finns i råvaran, med hjälp av ett reduktionsmedel, vanligen koks. Koks produceras av kol genom pyrolys i ett koksverk, under avgång av koks-gas.

Ur masugnen fås sedan flytande råjärn och slagg, samt masugns-gas som kan användas som bränsle.

Det råjärn som erhålls efter masugnen innehåller för mycket kol för att järnet ska få rätt egenskaper. Genom att förbränna kolet i rå-järnet med syrgas i en LD-konverter minskas kolhalten till 0,1 procent (Den metod som används för oxidation kallas LD-processen, därav ug-nens namn). Processen behöver inte tillföras någon energi eftersom det vid blåsnings frigörs så mycket värme att skrot (så kallad kylskrot) måste tillsättas för att begränsa temperaturökningen. Vid för-bränningen produceras också en brännbar gas – LD-gas.

För produktion av råstål från skrot smälts skrotet i en ljusbågsugn. Ljusbågsugnen tillförs energi främst i form av elenergi, men viss mängd gasol och kol används också. Gasolen förbränns med syrgas för att förkorta smälttiden och kolet bildar ett skummande slagg som skyddar ugnens väggar. Smältans sammansättning korrigeras ytterligare i en skänkugn som även den använder elenergi.

Det råstål som tillverkats, oberoende på tillverkningsmetod, formas sedan till ämnen som är utgångsmaterialet för vidare bearbetning, vanligtvis genom stränggjutning. Vid stränggjutningen kyls ämnet med vatten och stora mängder ånga avgår.

De gjutna ämnena är i sin tur råvara för vidare bearbetning, som exempelvis varmvalsning och dragning till tråd, gjutning eller smidning. Vid tillverkning av exempelvis tråd och plåt värms ämnet först upp i en värmningsugn, och valsas till önskat form i varmvals. I en värmebe-handlingsugn kontrolleras uppvärmnings- och avkylningshastigheterna och stålets egenskaper, såsom hårdhet och seghet, formas. Ugnarna finns i olika utföranden, både för el- och bränsleavvändning. Det före-kommer också andra behandlingsmetoder såsom kallvalsning och dragning, samt efterbehandling som riktning, slipning och polering.

I Brasilien har det gjorts försök att använda träkol i stället för stenkol i masugnen. Den stora fördelen är att nettotillskotten av koldioxid blir noll, men det finns en hel del nackdelar. Det bildas större mängder slagg i masugns-processen, och det förut-sätter en mycket stor tillgång på träråvara för vilken den al-ternativa användningen (t.ex. tillverkning av papper) ska vara mindre lönsam.

Efter koksverket släcks koksen (kyls ned). Idag görs det vanligen med hjälp av vatten, men det finns en metod där kylning sker med hjälp av en inert gas. Värmen som tas upp av gasen kan sedan värmväxlas för produktion av exempelvis ånga. Tekniken är idag fortfarande mycket kostsam och kan motiveras endast i enstaka fall.

Tekniken går mot gjutning av tunnare slabs när ämnet sträng-gjuts och utveckling av teknik som möjliggör direkt gjutning av band (förekommer på prototyp-nivå). Båda dessa tekniker mini-merar energiförbrukningen vid den efterföljande valsningen. Direktgjutning av band kan komma att innebära att värmnings-ugnen kan tas bort.

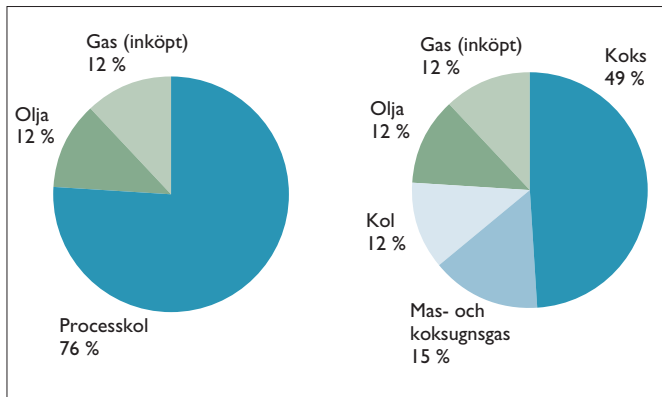
Genom att förvärma luft till över 1000 °C vid gas- eller oljeför-bränning (Flamlös förbränning) fås energibesparingar på upp till 30 procent, låga NOX utsläpp, högre produktivitet samt högre produktkvalitet. Förbränning med syrgas (Oxy-fuel) är en annan teknik som appliceras i mindre ugnar. Energibesparing uppnås genom att det blir mindre avgasmängder än vid förbränning med luft.

cent), även om den specifika energiförbrukningen är lägre, se Figur 14. Eftersom vedutbytet vid till-verkning av kemisk massa är relativt lågt gene-ras större mängder internt bränsle än vid tillverk-ning av mekanisk massa.

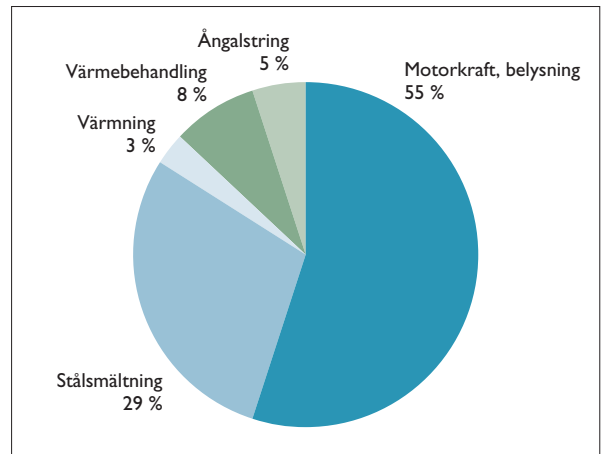
#### FOSSILTUNGA PROCESSER INOM JÄRN- OCH STÅLINDUSTRIN

Järn- och stålindustrin är en bransch med relativt stor användning av fossila bränslen, i form av processkol, olja och gas. Processkolen används för produktion av koks i koksverket och räknas

ibland som en nödvändig processråvara i stället för energiråvara. En stor mängd brännbara gaser genereras internt, som i sin tur används som ener-giråvara. Eftersom de internt genererade bränslena härstammar från kol (koks, koksgas, masugns-gas och LD-gas) redovisas kolet i den första av nedan-stående figur som bränsle. Koksverket kan också betraktas som en extern leverantör av energi (koks, koksgas) och fördelningen blir då något annorlunda, se den andra av nedanstående figurer. Under omvandlingen från kol till koks och pro-



**Figur 15. Bränsleförbrukningen inom järn- och stålindustrin, då processkålet redovisas som bränsle (t.v.), respektive koks, masugns gas och koksgas redovisas som egna bränslen (uppskattning). Källa: Jernkontoret och Statens energimyndighet (EMIL 2).**



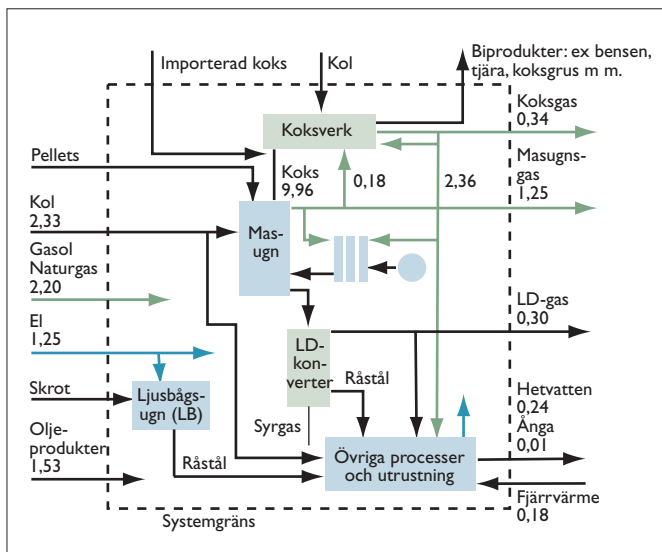
**Figur 16. Fördelning av stålindustrins elanvändning. Totalt 4,0 TWh år 2000. Källa: Jernkontoret.**

cessgaser går mindre mängder av den ursprungliga energimängden förlorad.

Inom järn- och stålindustrin användes dessutom 4 100 GWh el år 2000. Drygt hälften användes för motordrift och belysning och 40 procent till smältning/uppvärmning av stål, där smältningen utgjorde den enskilt största posten (29 procent). Elanvändningen har legat ganska konstant

kring 4 000 GWh sedan 70-talet, trots stora processförändringar.

Masugnen är den mest energiintensiva delen i processen. En del av koksbehovet kan ersättas med kolpulver eller olja som injiceras i botten av masugnen. Masugns gas och koksgas används i koksverket, masugnen och vid bearbetning. De flesta värmningsugnar eldas med gasol eller olja, medan värmebehandlingsugnar finns i både elvärmda samt bränsleledade utföranden. Ljusbågsverket använder av naturliga skäl inte mycket bränsle eftersom skrotet smälts med el, och LD-konvertern är självförsörjande på energi.

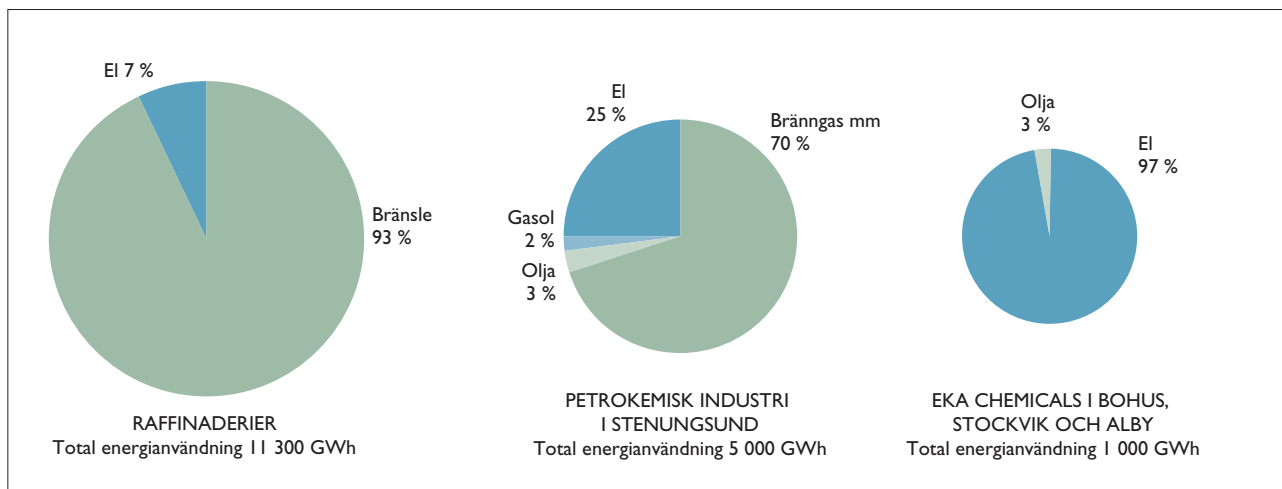


**Figur 17. Beskrivning av energiflöden i stålindustrin. Källa: Statens energimyndighet (EMIL 2).**

## KEMISK INDUSTRI

Den energiintensiva delen av kemiindustrin utgörs av industri för tillverkning av baskemikalier. Baskemikalier delas in i industrigaser, färgämnen, övriga organiska respektive oorganiska kemikalier, gödselmedel och kväveprodukter, basplaster och syntetiskt basgummi. Specialisering, uppköp och sammanslagningar har lett till att det i princip bara finns en tillverkare av varje kemikalie som tillverkas i större volymer. Anläggningarna är i hög grad automatiserade och konstruerade för produktion av en eller ett fåtal bulkvaror. Koncentrationen av företag har inte bara ägt rum inom Sverige, utan många företag har idag utländska





Figur 18. Energiförbrukning vid raffinaderierna, Stenungsund respektive Eka Chemicals.

ägare. Storskaligheten är nödvändig för att företagen skall vara konkurrenskraftiga. Koncentrationen leder, förutom till stordriftsfördelar, också till mer samordnad forskning och utveckling.

De ur energisynpunkt tyngsta företagen är de som är verksamma inom elektrokemi (vissa oorganiska baskemikalier) och petrokemi (vissa organiska baskemikalier och basplaster) samt raffinaderier. En betydande del av energiförbrukningen inom branschen i övrigt går till pumpar, fläktar, omrörare och kompressorer som krävs för att upprätthålla flöden och önskade tryck i produktionen. Uppvärmning och kylning av processströmmar är en annan viktig förbrukningspunkt.

Massa- och pappersindustrins behov av klor för blekning resulterade tidigt i en omfattande kloralkaliindustri i Sverige, som utgjorde grunden till svensk elektrokemi. Numera har massa- och pappersindustrin av miljöskäl övergått till blekning med kloridoxid, väteperoxid och syrgas, vilket har lett till att flera klor-alkalifabriker lagts ner till och till viss del ersatts av fabriker för tillverkning av väteperoxid och natriumklorat (baskemikalie för tillverkning av kloridoxid).

Den petrokemiska industrin framställer olika petroleumbaserade produkter. Merparten av tillverkningen sker i det petrokemiska klustret i Stenungsund. Där finns en kracker som bryter ned

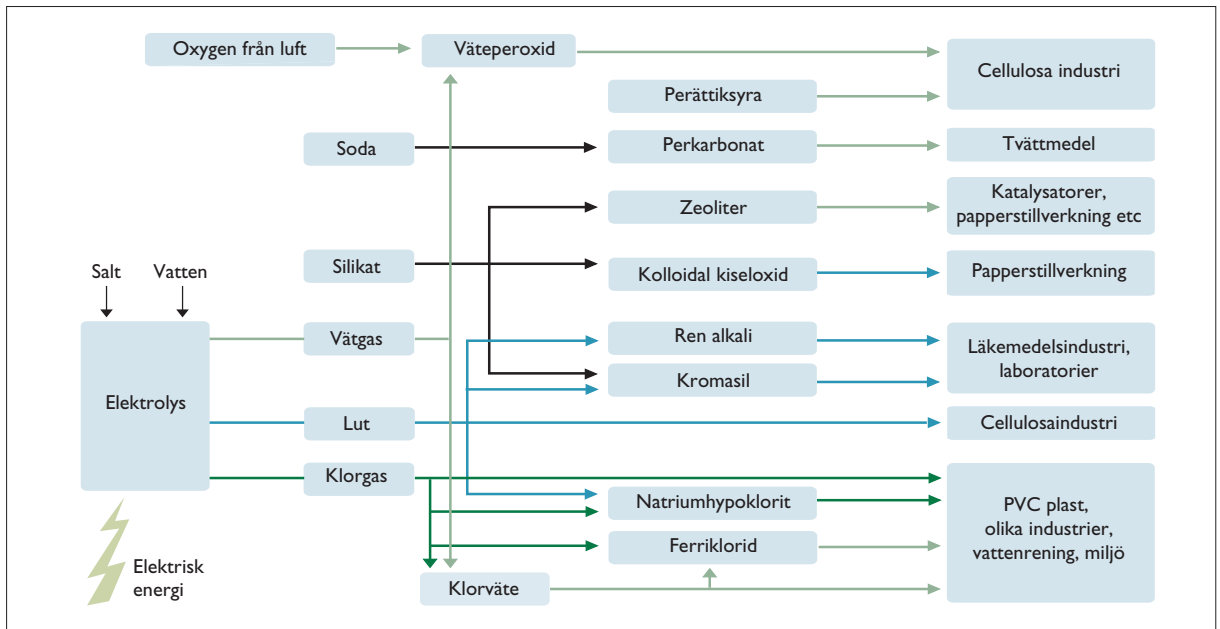
olika oljefraktioner till bland annat eten och propen som sedan utgör råvaran i ett flertal förädlingsindustrier. Dessa tillverkar bland annat polyeten och PVC-plast.

#### KEMISK PROCESS MED MYCKET SPÄNNING

Kloralkaliindustrin producerar klor och alkali, såsom natriumhydroxid och kaliumhydroxid genom elektrolys av salt. Elektrolys innebär att man driver en kemisk reaktion med hjälp av elektrisk ström.

Eka Chemicals i Bohus producerar en mängd olika kemikalier där elektrolys av natriumklorid eller kaliumklorid är grundstenen. I anläggningen finns en stor mängd elektrolysceller av kvicksilver-typ som måste tillföras el. Som resultat av elektrolysen fås natriumhydroxidlösning, klor och vätegas. Dessa tre produkter används sedan som råvaror i en mängd olika delprocesser som i sig inte är elektrokemiska, se Figur 19. Bland slutprodukterna kan nämnas väteperoxid som används för rengöring och som blekkemikalie i massa- och pappersindustrin, natriumperkarbonat som är en ingrediens i tvättmedel, saltsyra respektive natriumhypoklorit som bland annat används för desinfektion av dricksvatten.

Elektrolyprocessen är en stor förbrukare av elenergi. Ungefär hälften av den elenergi som till-

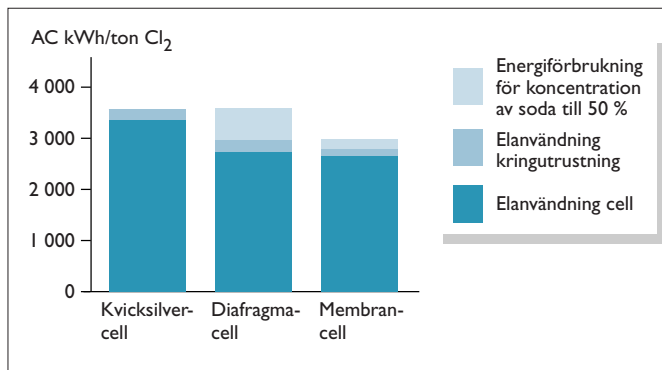


Figur 19. Beskrivning av tillverkning av kemikalier vid Eka Chemicals fabriker i Bohus. Källa: Eka Chemicals, The Bohus Plants.

förs behövs för att övervinna bindningsenergin hos reaktanterna. Den energin stannar i slutprodukterna och går därmed inte att återfå. Resterande mängd blir till värme i produkten som kyls av, varvid värmen kan återvinnas och användas på annat håll i processen.

#### MER ELLER MINDRE EFFEKTIVA ELEKTROLYSCELLER

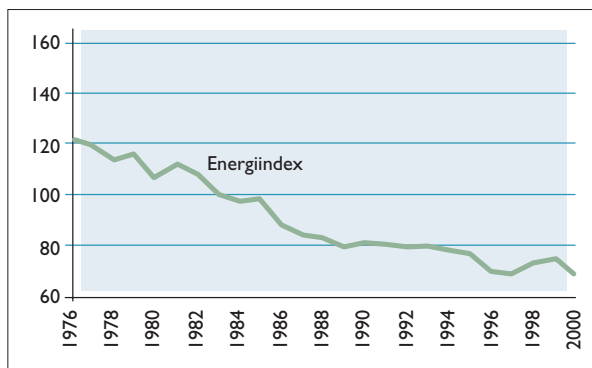
European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPC) har publicerat information



Figur 20. Energiförbrukning per producerad ton klorgas för olika elektrolysmetoder. Källa: IPPC.

om bästa tillgängliga teknik inom kloralkaliindustrin. I dokumentet görs en jämförelse mellan olika typer av elektrolysceller för tillverkning av klor<sup>8</sup>, varav ovan nämnda kvicksilvermetod är den ena. Som bästa tillgängliga teknik rekommenderas den så kallade membran-teknologin. Membran-teknologin kräver mindre energi per ton klorgas, se Figur 20. Den kräver heller ingen hantering av kvicksilver, och tar betydligt mindre plats. I Sverige dominerar än så länge celler av kvicksilver-typ, men Akzo Nobels klorfabrik i Skoghall använder sig av membran-teknologin sedan mitten på 1980-talet och har nyligen installerat tredje generationens membran-teknik, vilket sparar Akzo Nobel 60 gigawattimmar årligen vid en produktion på 75 000 ton klor<sup>9</sup>.

Membran-teknologin kan förbättras ytterligare om direkt produktion av 50-procentig lut blir möjligt. Membranceller har tidigare endast kunnat producera lut med 35-procentig koncentration, eftersom membranet blir instabilt vid högre koncentrationer. Detta är nu på väg att lösas och energibesparingen väntas bli omkring 300 kWh/ton klorgas.



**Figur 21. Utveckling av energiindex inom raffinaderierna år 1976–2000. Källa: Kemikontoret.**

### PETROKEMISK INDUSTRI

Vid Sveriges fem raffinaderier delas råolja upp i olika fraktioner. Vid destillationen bildas en hög andel långa kolväten. En del av dessa spjälkas upp i kortare kolväten för att kunna användas som exempelvis bensin. Denna spjälkning sker i en så kallad kracker.

Sveriges raffinaderier har genomgått kraftig energieffektivisering, trots att denna industrigen genom mineraloljedirektivet är befriade från koldioxidskatt. Från år 1976 till 2001 har raffinaderierna minskat sitt energiindex till hälften, och de svenska anläggningarna ligger på topp internationellt sett. Dessutom täcker spillvärmeleveranserna från Shells och Preems raffinaderier i Göteborg hela en tredjedel av det årliga värmebehovet i Göteborgs fjärrvärmenät. Samtidigt som energibesparingar sker resulterar vissa miljöinvesteringar i form av svavel- och NO<sub>x</sub>-rening i ökad energiförbrukning. En ändrad produktmix med högre krav på slutprodukten, till exempel miljödiesel och miljöbensin, kräver också mer energi vid tillverkningen. Diagrammet i Figur 21 visar hur raffinaderiernas energiindex halverats under de senaste 25 åren.

Det är dock inte enbart inom raffinaderier som krackning äger rum. I Stenungsund finns Sveriges petrokemiska industri samlad, där Borealis kracker fungerar som hjärtat i verksamheten. Från nafta, propan, LPG och etan produceras där stora

mängder eten och propen. Dessa två kolväten fungerar sedan som råvaror vid de övriga kemiska industrierna i Stenungsund. Majoriteten av producerad eten går till Borealis egna anläggningar som producerar polyeten – vår tids vanligaste plast. Energin vid polyetentillverkningen används främst till kompressorer och extrudrar.

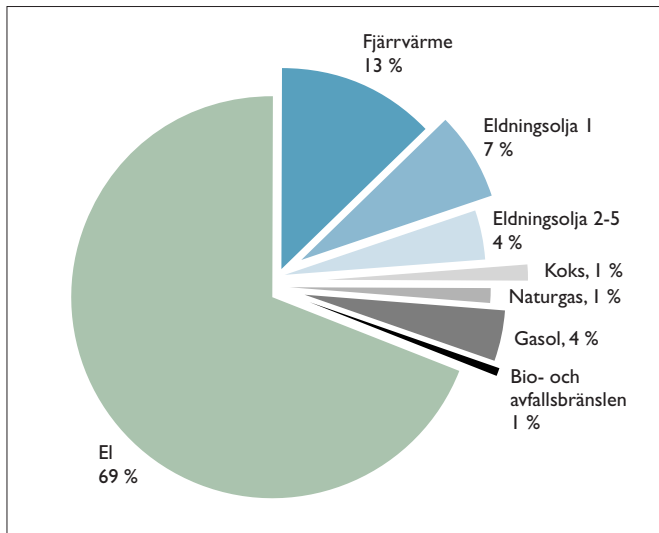
En del av etenet från krackern används också vid tillverkning av PVC-plast vid Hydro Polymers anläggning, där eten är en av råvarorna tillsammans med klor. Klor producerar Hydro Polymers själva i sin kloralkali fabrik. I PVC-fabriken används energi främst för kylning av reaktorer samt för torkning av produkten, medan klor-alkalifabriken använder en hel del el för sin elektrolys.

Akzo Nobel Surface Chemicals äger också en anläggning i Stenungsund, som använder eten som råvara. Eten omvandlas där till etenoxid som i sin tur kan reagera med en mängd olika ämnen för att bilda ett flertal olika produkter som exempelvis etylenaminer, etanolaminer och olika tensider. I anläggningen används stora mängder olja, dels för ångproduktion, dels i destruktionsugnen för processvatten.

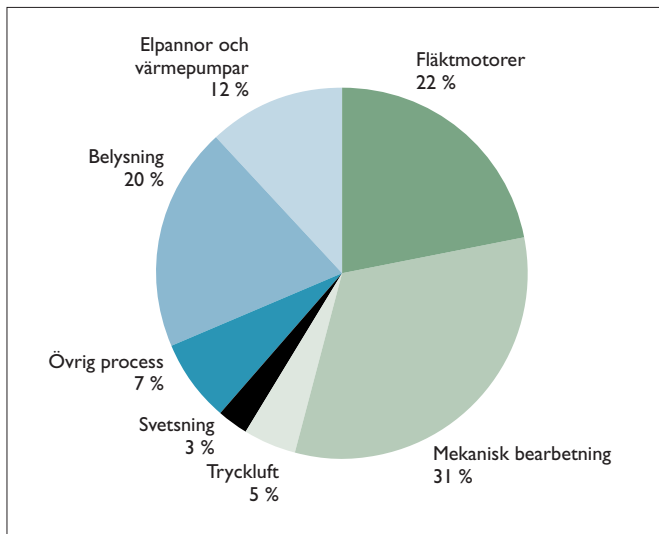
Perstorp OXO använder eten och propen i sina sex processenheter. Den största av de många produkterna är mjukgörare för PVC, samt olika färg- och lackapplikationer. För att förse industrierna med industrigaser såsom syrgas och kvävgas har AGA Gas en luftgasanläggning i Stenungsund. Vid gasanläggningar utgör el den huvudsakliga råvaran tillsammans med luft.

### VERKSTADSINDUSTRI OCH ÖVRIG TILLVERKNINGSINDUSTRI

Den svenska verkstadsindustrin står för en stor andel av Sveriges industriproduktion och använder, trots att den inte är speciellt energiintensiv, totalt sett stora mängder energi och i synnerhet elenergi. Det skedde en övergång från olja till el under 1980-talet. Verkstadsindustrin är också en stor förbrukare av fjärrvärme och förbrukade under år 2000 omkring 1400 GWh fjärrvärme, eller drygt hälften av hela industrins fjärrvärmeanvändning. Läger man till livsmedelsindustrin och



Figur 22. Verkstadsindustrins energiförbrukning fördelat på energislag år 2000, totalt 12 TWh. Källa: SCB.



Figur 23. Procentuell fördelning av elanvändningen i verkstadsindustrin. Källa: EMIL2 samt Elpriser och svensk industri, Statens Energiverk, 1988.

trävaruindustrin täcks 70 procent av industrins fjärrvärmeanvändning in.

En grov bild av fördelningen ges i Figur 23 nedan. Mekanisk bearbetning, fläktar, belysning samt elpannor och värmepumpar utgör de enskilt största posterna.

## Verkstadsindustrin

Verkstadsindustrin omfattar företag inom bland annat data, IT, elkraft, telekommunikation och elektronik, industrimaskiner, instrument och optik, metallindustri samt bil- och transportmedelsindustri. De dominerande branscherna är IT- och telekommunikationssektorn tillsammans med transportmedel. Före 70-talets oljekris utgjorde även varvsindustrin en stor del av verkstadsindustrin, men den är helt borta nu. Inom verkstadsindustrin finns några stora internationella koncerner och en mängd små till medelstora företag. Verkstadsindustrins möjligheter att påverka energianvändning ligger främst i att skapa slutprodukter som använder energi på ett effektivt sätt, eftersom det är i användningsfasen energiåtgången är som störst.

## Effektiv energianvändning vid bearbetning

Kraven på effektiv energianvändning börjar nå ut även till snävare applikationer som exempelvis bearbetningsmaskiner såsom svarvar bormaskiner och fräsar. Ett exempel är Hitachi Seikis koncept Eco-Eco (ECOlogy and ECOlogy) – ett program som innehåller maskiner med effektivare energianvändning och miljövänligare skärvätskor.

## Billig elenergi ger sämre effektivitet

Jämförande studier som gjorts inom verkstadsindustrier med produktion av samma produkter i Sverige och i länder med högre elpris tyder på att lägre elpriser resulterar i sämre resurshushållning. Efter att hänsyn tagits till förbrukning av andra energiformer och skillnader i klimat finns exempel där elförbrukningen är dubbelt så hög per producerad enhet i Sverige jämfört med, i det fallet, Belgien<sup>10</sup>.

## EFFEKTIV KRINGUTRUSTNING

Mycket av den teknik som nämns i följande avsnitt är gemensam för all tillverkningsindustri, men skulle inom processindustrin förmodligen kallas för kringutrustning. Det finns flera sätt att minska energianvändningen vid användning av konventionell teknik. Nedan ges några exempel.

### Tryckluftsanläggningar

Tryckluft används exempelvis för drift av handverktyg. En väldimensionerad anläggning är viktigt för att hålla energiförbrukningen nere. Om

lasten varierar kraftigt kan det vara lönsamt att ha flera kompressorer så att extremt låga laster med sämre verkningsgrad kan undvikas. Generellt är tryckluft inget energieffektivt sätt att driva utrustning, och bör i de fall det är möjligt ersättas med exempelvis eldrivna verktyg.

#### **Motorer, fläktar och pumpar**

Motorer används för exempelvis drift av pumpar, fläktar, bearbetningsmaskiner och transportsystem. Ett sätt att optimera energianvändningen för motorer är att installera frekvensomriktare. En frekvensomriktare gör att utrustningen kan göras med minsta nödvändiga effekt istället för att alltid gå för fullt. Effektregering av pumpar utan varvtalsstyrning sker annars vanligen genom att flödet stryps efter pumpen, vilket gör att en stor del av tillförd effekt går till spillo. Fläktar och motorer finns dessutom i olika energieffektivitetsklasser, vilket underlättar vid upphandling av ny utrustning.

#### **Belysning**

Belysning utgjorde cirka 20 procent av elförbrukningen i utredningen som Statens Energiverk gjorde 1988. Genom byte till effektivare ljuskällor och armaturer, samt genomgång av belysningsbehovet, kan tillförd effekt kraftigt minskas. Effektiv styrning med hjälp av skymningsrelän och rörelsedetektorer ger ytterligare energibesparingar. (Se även rapporten »Bebyggelsens energianvändning«, ytterligare en faktarapport inom IVAs Energiframsyn).

#### **Uppvärmning**

Uppvärmningsbehovet kan reduceras kraftigt genom installation av värmeåtervinning av frånluften. Det minskar värmeförlusterna från lokalen och kan tillsammans med god isolering och effektiva fönster och portar hålla uppvärmningsbehovet nere.

#### **ENERGILEDNING**

Energiledning, eller energimanagement, innebär ett strukturerat sätt att arbeta med energifrågor i

företaget. Effektiv energiledning innefattar bland annat energisparmål, rutiner för kontinuerlig inventering och uppföljning för att effektiviserande åtgärder och korrigeringar skall kunna identifieras. Fastställda rutiner för arbete med energifrågor i företaget minskar risken för att avvikelser inte uppmärksammas. Till exempel kan energiförluster i ett tryckluftssystem hållas nere genom regelbunden översyn av eventuella läckage i ledningarna.

# Referenser

- Industriförbundet, *Sveriges Industri*, 1992. ISBN 91-7176-186-1
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), *Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry*, 2001
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), *Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry*, 2001
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), *Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry*, 2000
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), *Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel*, 2000
- Kemikontoret, *Chemical industry in Sweden: Facts and figures*, 2001
- Styrelsen för teknisk utveckling (STU), *Industrins energianvändning – Analys av de förändringar som ägt rum under perioden 1970–84*, Örjan Isacsson m.fl., ISBN 91-7850-318-3
- Styrelsen för teknisk utveckling (STU), *Industrins energianvändning – En uppdatering avseende perioden 1984–87*, Örjan Isacsson m.fl., ISBN 91-7850-318-3
- Energimyndigheten, *Elmarknaden* 2001
- Energimyndigheten, *Energiläget i siffror* 2001
- Energimyndigheten, *Energianvändningen inom industrin*, EMIL 2, 2000.
- Energimyndigheten, *Energieffektivisering i industrin*, EMIL 1, 2000
- Energimyndigheten, *Underlag till Resurseffektivitetsutredningen*, 2000.
- Energimyndigheten, *Projektrapporter: Värmeåtervinning från svalbäddar – förstudie Slutrapport*, H Olsson m.fl., 2000
- STFi/MISTRA, *KAM Årsrapport för MISTRA-programmet »Kretsloppsanpassad massafabrik«*, 2001
- NUTEK projektrapporter, *Energisnål och miljövänlig järn- och stålframställning, förstudie 1996-06-26*, J-O Edström, R Gyllenram, O Wijk, 1997
- Energimyndigheten, *Projektrapporter: Energirelaterad forskning avseende impulstorkning Slutrapport 1997–1999*, 2000
- ÅF-Energikonsult, *Svensk Basindustri: konkurrenskraft och hållbar utveckling*, Anna-Karin Hjalmarsson m.fl., 2001
- ÅF-Energikonsult, *Branschrapport: Bedömning av potentialen för ökad elproduktion, energibesparing och bränslekonvertering genom LTA i massa- och pappersindustrin*, Janne Sjödin och Rolf Wiberg, 2001
- Skogsindustrierna, *Skogsindustrin 2000: En faktsamling*, 2001
- ÅF-IPK, *Energiförbrukning i massa- och pappersindustrin 2000. Rapport från undersökning av specifik bränsle- och kraftförbrukning för olika massa- och pappersslag samt totalt för branschen*, Rolf Wiberg, 2001
- Kungliga Tekniska Högskolan, *Avdelningen för massa- och papperskemi, Impulse drying with thin metal bands*, Fredrik Nilsson och Bo Norman, 2000

# Fotnoter

Skogssverige, information från hemsidan  
www.skogssverige.se

Jernkontoret, information från hemsidan  
www.jernkontoret.se

Jernkontoret, *Ståläret 2001: Utdrag av diagram  
och tabeller presenterade för  
Järnverksföreningens styrelse vid  
Hindersmässan i Örebro 2002-01-25*

Järnverksföreningen, *Svensk Stålstatistik: Årshäfte  
2000*

Skogen, Kemin, Gruvorna och Stålen, information  
från hemsidan www.skgs.org

Svenskt Näringsliv, information från hemsidan  
www.svensknaringsliv.se

NUTEK, *Regionala vinnarkluster: En fråga om  
kompetensförsörjning, värdeskapande relatio-  
ner och barriärbrytande visioner, 2001*

Eka Chemicals, Informationsmaterial: *The Bohus  
Plants.*

Statens Energiverk, *Elpriser och svensk industri,  
1988*

Tidningen Verkstäderna, nr 4 1999

- 1 Statens energimyndighet, Underlag till resurseffektivitetsutredningen.
- 2 Källa: Statens energimyndighet, Energiläget i siffror 2001.
- 3 Källa: Skogsindustrierna, Faktaskrift 2000.
- 4 Källa: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, July 2000.
- 5 Källa: D. Wahren, »Förfarande och anordning för konsolidering och torkning av en fuktig porös bana«, Svensk patent nr SE7803672-0, 1978
- 6 Källa: M. Rigdahl et al., »Impulse Technology – A New Way to Manufacture Paper«, presenterade vid SPCI 6th International Conference on New Available Technologies, Stockholm, 1999
- 7 Källa: A. Martin, »Energy Aspects of Impulse Technology in Papermaking«, STFI internrapport, 2001.
- 8 Uppgifterna i stycket gäller elektrolys för tillverkning av klor. Vid tillverkning av natriumklorat är inte någon ny effektivare teknik på gång, och processen är mer energikrävande än tillverkning av klor. Energiåtgången per ton natriumklorat är hela 5–6000 kWh och den årliga produktionen i Sverige cirka 100 000 ton. Tillverkningen av natriumutgör står därför för en betydande energianvändning i sammanhanget. Källa: Per Widmark, Eka Chemicals.
- 9 Ny Teknik [010411]
- 10 Källa: S. Dag, »Volvo faces a deregulated european electricity market«, doktorsavhandling, 2000.

## **Energianvändning i industrin**

Av Sveriges totala energianvändning står industrin för 40 procent. Trots en kraftig produktionsökning sedan 1970-talet har industrins totala energianvändning inte ökat. En rad samverkande faktorer ligger bakom. Energianvändningen har effektiviserats men det har också skett en förändring av produktsammansättningen mot produkter med lägre energiinsats. Konvertering från olja till el har medfört att en del förluster har flyttats från industrin till kraftverken. Sveriges energiintensiva basindustri står för 70 procent av industrins energianvändning, att jämföra med 25 procent av produktionsvärdet. Dessa branscher har det gemensamt att energi, främst elenergi, ingår som en av huvudråvarorna i processen och energikostnaden utgör därför en stor del av förädlingsvärdet.

Förutom utveckling av basindustrins processer finns det potential för besparingar för vanlig processutrustning. Energieffektiva motorer, pumpar och kompressorer skapar en besparingspotential även inom exempelvis verkstadsindustrin. Läs om industrins energianvändning och utvecklingen av nya energieffektiva tekniker i denna rapport om industrisektorns energianvändning.

## **Energiframsyn Sverige i Europa**

Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, är en oberoende arena för kunskapsutbyte. Genom att initiera och stimulera kontakter mellan olika kompetensområden och över nationsgränser fungerar akademien som gränsöverskridande brobyggare mellan näringsliv, forskning, förvaltning och olika intressegrupper.

IVA-projektet »Energiframsyn Sverige i Europa« belyser det svenska energisystemet ur framför allt ett europeiskt men även ett globalt perspektiv. Det europeiska är viktigt mot bakgrund av pågående avregleringar och genom att el- och gasnät knyts samman i allt större regioner. Klimatfrågan motiverar ett globalt perspektiv.

Genom att blicka framåt i tiden vill IVA stimulera till intressanta och balanserade diskussioner genom att ge nya insikter och tankeväckande men trovärdiga och realistiska framtidsbilder av det svenska energisystemet som en del av Europas.

Energiframsyn vänder sig till beslutsfattare inom förvaltning, näringsliv och forskning men också till en vidare krets av personer, som arbetar med eller intresserar sig för energifrågor.

I detta arbete har en skriftserie om ett antal populärt hållna rapporter med dagens fakta och med en bedömning av utvecklingen i ett 20-årsperspektiv tagits fram för att ge underlag till Energiframsyns framtidsbilder. Denna skrift ingår i serien Energiframsyns Faktarapporter.

