

Energimyndighetens metodik för långsiktiga energiprognoser

Augusti 2005

ER 2005:36

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas från
Energimyndighetens förlag.
Orderfax: 016-544 22 59
e-post: forlaget@stem.se

© Statens energimyndighet
Upplaga: 100 ex

ER 2005:36

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndigheten ansvarar för att ta fram prognoser för utvecklingen av energitillförsel och energianvändning i Sverige på kort- och lång sikt. Dessa prognoser används för en del olika syften, men på senare år har klimatarbetet lett till ett ökat intresse för prognoser över utsläpp av växthusgaser från bland annat energisektorn. En viktig grund för dessa utsläppsprognoser är prognoserna över energitillförsel och energianvändning.

Arbetet med att fram långsiktiga prognoser är en resurskrävande process och Energimyndigheten arbetar kontinuerligt med att förbättra denna process genom att utvärdera och utveckla använda metoder och modeller.

Denna rapport presenterar den stegvisa arbetsprocessen och de modeller som används vid framtagandet av långsiktiga prognoser över energitillförsel och energianvändning vid Energimyndigheten.

I arbetet med denna rapport har deltagit: Johanna Andréasson, Eva Centeno López, Tobias Jakobsson, Anders Jönsson och Marcus Larsson.

Projektledare har varit Johanna Andréasson.

Eskilstuna den 30 augusti 2005



Zofia Lublin
Avdelningschef



Johanna Andréasson
Projektledare

Innehåll

1	Inledning	5
	Generella förutsättningar.....	7
1.1	Ekonomisk utveckling	7
1.2	Bränslepriser	8
1.2.1	Olja och kol.....	8
1.2.2	Naturgas	9
1.2.3	Biobränslen	9
1.3	El- och fjärrvärmepris.....	9
1.3.1	Preliminärt elpris.....	9
1.3.2	Preliminärt fjärrvärmepris.....	10
1.4	Pris på utsläppsrätter för koldioxid.....	10
2	Energianvändning	11
2.1	Industrisektorn	11
2.2	Bostads- och servicesektorn.....	12
2.2.1	Energianvändning för uppvärmningsändamål	13
2.2.2	Energianvändning för icke-uppvärmningsändamål	14
2.3	Transportsektorn	14
2.3.1	Vägtrafikens energianvändning	15
2.3.2	Luftfartens energianvändning	17
2.3.3	Bantrafikens energianvändning	17
2.3.4	Sjöfartens energianvändning.....	17
3	Energitillförsel	18
4	Energibalansen	21
5	Bilaga 1: DoS modellen	22
6	Bilaga 2: MARKAL-metodiken och MARKAL-NORDIC modellen	35
7	Bilaga 3: PoMo modellen	43

1 Inledning

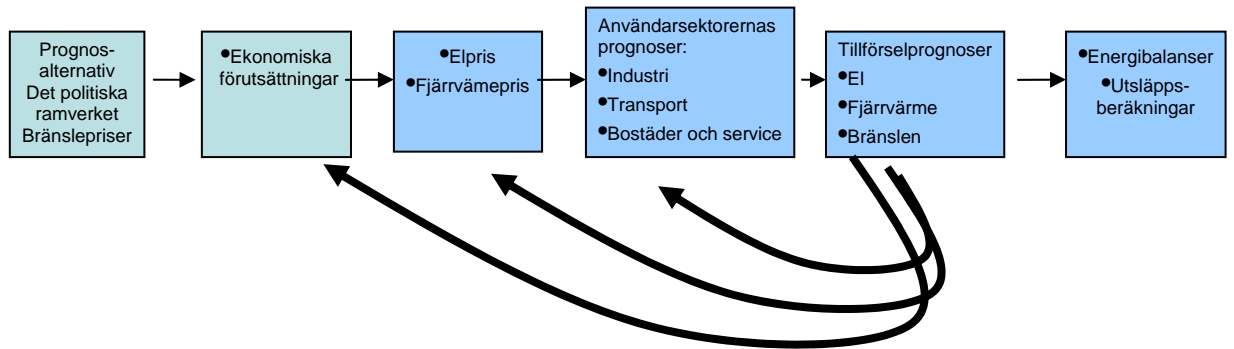
Energimyndighetens långsiktsprogner beskriver utvecklingen av det svenska energisystemet på tio till tjugo års sikt. Metoden grundar sig i en kombination av ett systemanalysperspektiv och ett samhällsekonomiskt perspektiv. Energimyndigheten använder sig av ett flertal metoder och modeller i prognosarbetet.

En grundläggande utgångspunkt i Energimyndighetens prognosarbete är att den totala energianvändningen och energislagens inbördes fördelning anpassas till de förväntade energipriserna, den ekonomiska aktiviteten i samhället samt den tekniska utvecklingen. Det svenska energisystemets utformning påverkas även bland annat av den nordiska elmarknadens utveckling samt den svenska energi- och miljöpolitiken. Energimyndigheten utgår i prognosarbetet från de av riksdagen fattade besluten inom energi- och miljöområdet. Dessa förutsättningar ingår i det som kallas "business as usual"-prognos.

Huvuddelen av de metoder och modeller som används för Energimyndighetens långsiktsprogner utgår från ett bottom-up perspektiv. Detta innebär att prognoser för enskilda delsektorer inom energisystemet görs från en mycket detaljerad beskrivning av energisystemet. Arbetet sker i en iterativ (upprepande) process där modellresultat för olika delsektorer stäms av mot varandra, för att slutligen få en sammanvägd prognos för hela energisystemet. Expertbedömningar är ett viktigt inslag i alla steg i prognosprocessen.

Energimyndighetens prognoser byggs upp i samarbete med ett flertal myndigheter. Ett viktigt underlag för Energimyndighetens prognos över energisystemets utveckling är Konjunkturinstitutets prognos över den ekonomiska utvecklingen. Prognosen över energianvändningen i transportsektorn tas fram i samarbete med Statens institut för kommunikationsanalys, SIKA, som gör prognoser över transportarbetet. För utsläppsberäkningar samarbetar Energimyndigheten med Naturvårdsverket och konsortiet Svenska MiljöEmissionsData, SMED.

Bild 1. Energimyndighetens arbetsprocess i prognosarbetet.



För att visa på hur utvecklingen av energisystemet förändras då något av de antaganden som ligger till grund för prognosen ändras, görs vid sidan av "business as usual"-prognosen ett antal känslighetsanalyser. Arbetsprocessen för känslighetsanalyserna är ofta densamma som för "business as usual"-prognosen, men ibland görs enklare modellberäkningar med någon eller flera av de modeller och metoder som myndigheten använder.

Bedömningar över hur energisystemet kommer att utvecklas i framtiden bygger på ett flertal mer eller mindre osäkra antaganden. Man kan utgå från att många av de förutsättningar som ligger till grund för en prognos kommer att förändras över tid, vilket är en anledning till att prognosen sannolikt mer eller mindre kommer att skilja sig från det verkliga utfallet. Prognoserna ska därför inte ses som utsagor om hur energisystemet i detalj kommer att utvecklas. Syftet med Energimyndighetens prognoser är främst att ge indikationer på hur energisystemet i stora drag kan antas utvecklas givet de förutsättningar prognosen bygger på.

Energimyndigheten arbetar kontinuerligt med att förbättra sin prognosmetodik. Den nuvarande prognosmetodikutvecklingen innehåller flera komponenter. Energimyndigheten arbetar bland annat med att förbättra konsistensen mellan prognosen för den ekonomiska utvecklingen och prognosen över energisystemets utveckling. Vidare arbetar myndigheten kontinuerligt med att förbättra energistatistiken som ligger till grund för energiprognoserna.

Generella förutsättningar

Den grundläggande ramen för prognoserna är den aktuella energi- och miljöpolitiken. För referensprognosen, den så kallade ”business as usual” prognosen, antas att de av riksdagen fattade besluten ligger fast utan ändring även för prognosåren.

Utöver referensprognosen görs även känslighetsanalyser där något grundläggande antagande ändras. Detta görs för att ge en bedömning av hur känsligt prognosresultatet är för förändringar i dessa grundläggande antaganden. I känslighetsanalysen kan man till exempel anta att ett nytt styrmedel införs eller att priset på en energibärare förändras. Vilka känslighetsanalyser som görs varierar från fall till fall beroende på uppdragets art.

I texten nedan beskrivs de generella förutsättningar som långsiktsprognoerna bygger på, utöver den gällande energi- och miljöpolitiken.

1.1 Ekonomisk utveckling

Utvecklingen av energianvändningen påverkas i hög grad av den ekonomiska utvecklingen i samhället. Hittills har en ökad ekonomisk aktivitet lett till ett ökat energibehov. I vilken grad detta samband kommer att gälla i framtiden beror främst på eventuella strukturella förändringar som uppstår när ekonomin utvecklas.

En viktig utgångspunkt i arbetet över energisystemets utveckling på lång sikt är därför antaganden om ekonomins utveckling i Sverige såväl som internationellt. De variabler som ingår i arbetet med en energiprognos är främst bedömningar över utvecklingen av bruttonationalprodukten, privat och offentlig konsumtion, disponibel inkomst samt utvecklingen inom industri och övrigt näringsliv. För industrin ingår bedömningar av den ekonomiska utvecklingen på branschnivå.

Antagandena om den ekonomiska utvecklingen kommer från Konjunkturinstitutets allmänna jämviktsmodell Environmental Medium term Economic Model, EMEC.¹ Dessa resultat vilar i sin tur på den senaste Långtidsutredningens² bedömningar om den framtida produktivitetens utvecklingen etc. När det gäller den energiintensiva industrin för Energimyndigheten även en dialog med branschorganisationer och energiintensiva företag för att stämma av rimligheten i de modellmässiga bedömningarna.

¹ För mer information om EMEC se Östblom G, ”EMEC, An environmental medium term economic model” Working paper 69, 1999, Konjunkturinstitutet

² För mer information om Långtidsutredningarna se www.regeringen.se

För att undvika att prognosen över utvecklingen av det svenska energisystemet blir inkonsistent med prognosen över den ekonomiska utvecklingen driver Energimyndigheten och Konjunktulinstitutet ett gemensamt metodutvecklingsarbete för ökad grad av avstämning av vissa antaganden i respektive myndighets modeller.

1.2 Bränslepriser

Bränslepriserna utgör ett mycket viktigt antagande i prognoserna. Priserna påverkar vilka bränslen som de olika användarssektorerna bedöms komma att använda sig av i framtiden samt hur el- och fjärrvärme kommer att produceras.

1.2.1 Olja och kol

Utgångspunkt för prisutvecklingen på råolja och kol i prognosen är bedömningar om utvecklingen på den globala olje- respektive kolmarknaden. Antaganden för bränsleprisprognosen utgörs av bedömningar som görs av IEA i *World Energy Outlook* där prognoser på 10, 20 och 30 års sikt ges.

En modell används sedan för omvandling från internationella priser på råolja och kol till inhemska användarpriser till slutkund. Detta bland annat på grund av att råolja måste raffinerats till färdiga drivmedel och uppvärmningsbränslen innan den kan användas på den svenska marknaden. Beräkningsmodellen utgår ifrån ett basår och historiskt kända värden för råoljepris, kolpris, dollarkurs och årlig KPI-förändring. Som grund för beräkningarna används dels Konjunktulinstitutets modell EMEC, som genererar data för dollarkurs samt KPI-förändring. Vidare används beräkningskoefficienter, omräkningsfaktorer och prispålägg som är framtagna via regression.

Följande inhemska framtida bränslepriser genereras av modellen: eldningsolja 1 (lätt eldningsolja, villaolja), eldningsolja 5 (tung eldningsolja), kol, gasol, bensin och diesel. Bränslepriserna bestäms för nedan angivna användarkategorier:

- El-producerande bolag vid hamn
- Stora industrier vid hamn
- Stora värmeverk vid hamn
- Mindre industrier
- Värmecentraler, stora fastigheter
- Småhus
- Transporter

Gällande skatter och moms läggs sedan på för respektive bränsle och kundkategori. Utgångspunkten här är de av riksdagen fattade energi- och miljöpolitiska besluten. Eventuella förslag, motioner och dylikt som riksdagen ännu ej beslutat beaktas inte i bedömningarna, om de inte omfattas av uppdragets

direktiv som ett känslighetsalternativ (eller på annat sätt efterlyses av uppdragsgivaren).

1.2.2 Naturgas

Bedömningen av de framtida naturgaspriserna bygger på IEA:s prognos av det europeiska importpriset för naturgas i *World Energy Outlook*. Till detta tillkommer kostnaden för transmission, leverantörens marginal samt eventuella skatter för olika förbrukarkategorier.

1.2.3 Biobränslen

Utgångspunkten för biobränsleprisernas utveckling är sammanställningen i *Prisbladet för biobränslen, torv m.m.*, en kvartalsvis enkätundersökning som görs av Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, SCB. Historiska tidsserier har använts för att ta fram de historiskt påvisade pristrenderna i reala termer för respektive bränslekategori. Tillsammans med kvalitativa analyser om framtida biobränsleanvändning, bland annat utifrån antaganden om EU-direktiv för förnybar energi, internationell handel med biobränslen samt den beslutade energi- och miljöpolitiken, tas därefter pristrender fram.

1.3 El- och fjärrvärmepris

I framtagandet av energiprognosen tas först ett preliminärt el- och fjärrvärmepris fram, som används för en första preliminär prognos över energianvändningen i industrin och bostads- och servicesektorn.³ Dessa preliminära användarprognoser används som indata i MARKAL-NORDIC-modellen (MARKet ALlocation-NORDIC modellen) och PoMo (Power Model) vilket ger en reviderad energitillförsel och därmed även ett reviderat elpris. Från MARKAL-NORDIC fås även ett reviderat fjärrvärmepris. Definitivt elpris bestäms genom att en sammanvägd bedömning görs av resultaten från de båda modellerna. I nedanstående text redovisas hur den första preliminära prisuppskattningen görs av el- och fjärrvärmepriset vid arbete med en långsiktsprogno.

1.3.1 Preliminärt elpris

På en väl fungerande elmarknad kommer elpriset att bestämmas av marginalkostnaden för elproduktionen. Den kortsiktiga marginalkostnaden för elenergi vid en given tidpunkt, bestäms av den rörliga kostnaden för det dyraste kraftslaget som just då används och varierar därför över året. Den långsiktiga marginalkostnaden bestäms av de totala produktionskostnaderna, d v s både de fasta och de rörliga kostnaderna. Givet att elanvändningen ökar innebär detta att dyrare produktionslag måste utnyttjas allt oftare och därmed kommer de kortsiktiga marginalkostnaderna att stiga. När de kort- och långsiktiga marginalkostnaderna i systemet är i nivå med varandra, blir ny elproduktionskapacitet lönsam att bygga ut.

³ Eftersom elpriset påverkar energianvändningen i transportsektorn mycket marginellt görs inte någon första preliminär prognos för denna sektor.

Vid den preliminära bestämningen av elpriset baseras bedömningen bland annat på den framtida ekonomiska utvecklingen samt den historiska utvecklingen av elanvändningen i Norden. Därmed fås en uppskattning över hur mycket ny kapacitet som eventuellt behövs. Utifrån förväntade framtida bränslepriser, med hänsyn tagen till beslutade skatter och styrmedel, beräknas produktionskostnaderna för ny och befintlig elproduktion. Slutligen bestäms vilket produktionslag som långsiktigt ligger på marginalen och därmed bestämmer elpriset.

1.3.2 Preliminärt fjärrvärmepris

Fjärrvärmemarknaderna är lokala marknader där kunden oftast är hänvisad till en leverantör. Sålunda sker prissättningen inte i konkurrens med andra fjärrvärmeleverantörer. Bedömningarna av de framtida fjärrvärmepriserna baseras utifrån prisutvecklingen på insatsbränslen samt produktionskostnaden för konkurrerande uppvärmningsformer.

1.4 Pris på utsläppsrätter för koldioxid

Marknadspriset på utsläppsrätter beror på utbud och efterfrågan av utsläppsrätter. Idealt motsvarar priset den marginalkostnad för utsläppsreduktioner som finns inom handelssystemet. Behovet av utsläppsreducerande åtgärder bestäms av medlemsländernas allokeringssplaner (tilldelningen av utsläppsrätter till företagen) och ett referensscenario över utsläppen utan handelssystemet.

Energimyndigheten arbetar för närvarande med att utveckla metoder för att bedöma framtida prisnivåer på utsläppsrätter. Hittills har Energimyndigheten baserat prisprognoser på granskning av existerande bedömningar och litteratur på området.

2 Energianvändning

Utifrån de samlade antagandena och uppskattningarna om de framtida bränsle-, fjärrvärme- och elpriserna, samt antaganden om den ekonomiska utvecklingen och sektorsspecifika antaganden görs sedan en reviderad bedömning av efterfrågeutvecklingen på bränslen, fjärrvärme och el. Nedan redogörs för de faktorer som ingår i bedömningen av energianvändningens utveckling i sektorerna industri, transport samt bostäder och service m.m.

2.1 Industrisektorn

Industrins energianvändning är starkt kopplad till den ekonomiska aktiviteten inom de olika delbranscherna. Detta samband är speciellt starkt för de energiintensiva branscherna. Energianvändningens utveckling baseras på antaganden om tillväxten i de olika delbranscherna, energiprisernas utveckling samt den tekniska utvecklingen. Produktionsvolymen är på kort sikt den viktigaste bestämningsfaktorn av industrins energianvändning. På längre sikt bestäms även efterfrågan av förändringar av industrins bransch- och produktsammansättning och den tekniska utvecklingen. Skatter samt energiprisernas utveckling påverkar valet av energibärare samt i viss mån även tillväxtpotentialen i de olika branscherna. Anpassningsmöjligheterna till ändrade energipriser och kostnadsförhållanden är större på längre sikt. Högre energipriser medför vanligen en ökad substituering (byte) mellan energibärare och investeringar i ny och energisnålare teknik. Incitamenten till att minska kostnaderna för energi ökar med stigande energipriser och varierar mellan branscherna beroende på kostnadsandelen för energi i respektive bransch. Möjligheten för en viss industribransch att substituera en energibärare mot en annan är beroende av kostnaden för denna åtgärd.

Vid långsiktsprognoiser används energistatistik från SCB:s ”Årliga energibalanser”⁴ fördelat på 16 energibärare. Energistatistiken är uppdelad på 14 delbrancher samt småindustri och övrig industri. Vidare fås en prognos för den branschfördelade ekonomiska tillväxten från Konjunkturinstitutets allmänna jämviktsmodell EMEC. Konjunkturinstitutets modell tillhandahåller den branschfördelade tillväxten för sju delbrancher inom industrin⁵. Eftersom Konjunkturinstitutet arbetar med större branschaggregat innebär detta att Energimyndigheten gör en nedbrytning av dessa data till fjorton delbrancher. Tillväxtbedömningarna för delbrancherna måste dock ligga inom ramen för Konjunkturinstitutets bedömning av de större branschaggregaten. Den antagna tillväxttakten för de mindre branschaggregaten baseras på en kombination av historiska data samt kontakter med branschföreträdare.

⁴ SCB:s årliga energibalanser finns att ladda ner på www.scb.se

⁵ Konjunkturinstitutet arbetar för tillfället med att göra EMEC-modellen mer finfördelad. Detta gäller för både transportsektorn och industrisektorn. Arbetet beräknas avslutas under år 2006.

Prognosen över industrins energianvändning baseras på en branschfördelad modell. Mer specifikt utgår modellen ifrån energianvändningen i basåret och uppgifter om specifik energianvändning av olika energibärare i de olika branscherna. Specifik användning definieras här som kvoten mellan användning och produktionsvärde (energianvändning/produktionsvärde). Den specifika användningen kan sägas utgöra ett mått på hur energiintensiv en viss produktion är. Historiskt sett har den specifika användningen minskat för industrin som helhet. Detta gäller dock inte nödvändigtvis för alla branscher.

I modellen anges aktuellt bas- och prognosår och årliga utvecklingstal för den specifika energianvändningen. Implicit i detta utvecklingstal ligger antaganden om teknisk och strukturell påverkan samt konjunkturella faktorer. Här tas även hänsyn till relativprisutvecklingen och bytesmöjligheter mellan olika energibärare samt dess absoluta prisnivå. Sammanfattningsvis utgörs efterfrågan på ett visst bränsleslag för en viss bransch av produktionsvärdet multiplicerat med den specifika användningen.

Energianvändning per bränsle =
specifik användning av respektive energibärare*utvecklingstal*prognostiserat produktionsvärde

Energipolitiken, i form av förändringar av styrmedel, påverkar relativpriset mellan olika energibärare och därmed sammansättningen av energianvändningen.

Resultatet stäms av med omfattande kontakter med energiintensiva företag samt branschorganisationer. Vidare används även Dos-modellen⁶ (Demand och Supply-modellen) vilken modellerar efterfrågan på el för industrin med en speciell tonvikt på elintensiv industri. Hänsyn tas även till resultaten från energisystemmodellen MARKAL-NORDIC, vilken använder prognosen över industrins energianvändning som input.

2.2 Bostads- och servicesektorn

Sektorn bostäder och service består av bostäder, lokaler exklusive industrilokaler, fritidshus och övrig service vilket inkluderar areella näringar, byggsektorn, gatu- och vägbelysning, avlopps- och reningsverk, el- och vattenverk. I övrig service ingår även energistatistikens restpost som består av lagerförändringar och den statistiska differensen mellan tillförsel och användning. Restposten utgör en mycket liten del av sektorns energianvändning.

Den viktigaste statistikkällan för bostäder och service är den officiella energistatistiken.

⁶ Se bilaga 1 för mer information om DoS modellen.

2.2.1 Energianvändning för uppvärmningsändamål

Ca 60 procent av energianvändningen i sektorn bostäder och service åtgår till uppvärmning av bostäder och lokaler. Den ekonomiska tillväxten och befolkningstillväxten påverkar hur omfattande nyproduktion, renovering och ombyggnation av bostäder och lokaler blir. Detta styr i sin tur behovet av uppvärmning. Prognosen över utvecklingen av nybyggnationen av bostäder fås från Boverket. Utvecklingen av nybyggnationen av lokaler kopplas till BNP-tillväxten, samt branschknunnigas bedömningar av hur utvecklingen ser ut den närmaste framtiden.

Hur mycket energi som används för uppvärmning påverkas av temperaturförhållanden. För att jämföra energianvändningen mellan olika år utan att behöva ta hänsyn till de skillnader som beror på temperaturvariationer mellan åren normalårskorrigeras energianvändningen. Den normalårskorrigerade energianvändningen talar om hur mycket energi som skulle ha använts ett specifikt år om det varit normalt ur temperaturhänseende. I de prognoser som görs antas att prognosåren blir normala i temperaturhänseende. Normalårskorrigeringen bygger på graddagsstatistik från SMHI. Från och med 2003 används 1970-2000 som referensperiod för ett normalår.

Energimyndigheten använder DoS-modellen för att prognostisera uppvärmningsbehovet för sektorn bostäder och service.

DoS-modellen togs fram 1999 och var från början en kombinerad utbuds- och efterfrågemodell på el i Norden exkl. Island. DoS-modellen har sedan utvecklats till att bli en renodlad efterfrågemodell.⁷ För sektorn bostäder och service m.m. ger modellen förutom efterfrågan på el även efterfrågan på andra energibärare än el för uppvärmning. Resultaten från DoS-modellen stäms av med de resultat som MARKAL-NORDIC ger för sektorn bostäder och service m.m.

DoS-modellen är en bottom-up modell, med bland annat en detaljerad beskrivning av energianvändningen för uppvärmning. För att göra en prognos för uppvärmningssektorn med DoS krävs följande indata:

- Energianvändning fördelade på uppvärmningssystem och typ av fastighet (småhus resp. flerbostadshus/lokaler)
- Prognos av nyproduktion och rivning
- Hur stor andel av uppvärmningssystemen som antas behöva bytas under prognosperioden
- Investeringskostnader för olika uppvärmningssystem, kalkylränta och avskrivningstid
- Energifriser, skatter och avgifter
- Verkningsgrader för de olika uppvärmningssystemen och bedömd utveckling av dessa

⁷ Se bilaga 1 för en beskrivning av DoS-modellen

- Max potential för byte till olika uppvärmningssystem. Eftersom modellen utgår från att konsumenterna väljer det mest ekonomiska utbytesalternativet måste olika begränsningar läggas in. I exempelvis fallet då en pelletspanna är det mest ekonomiska alternativet att byta till kan exempelvis bekvämlighetsaspekter eller brist på utrymme för att lagra pelletsen göra att hushåll ändå inte väljer det alternativet.

Givet dessa förutsättningar kommer modellen att räkna fram energianvändningen uppdelat på olika energislag vid olika elpriser. Modellen optimerar även driften av småhusens kombipannor för olja och el.

Resultaten från DoS-modellen justeras utifrån dels MARKAL-NORDICs resultat, dels utifrån branschknungas bedömningar.

2.2.2 Energianvändning för icke-uppvärmningsändamål

Förutom energi till uppvärmning och varmvatten används el för fastighetsdrift och verksamhetsanknuten el i flerbostadshus, lokaler och övrig service samt hushållsel i hushållen. Denna elanvändning påverkas bland annat av den ekonomiska tillväxten, den privata konsumtionen, utvecklingen av lokal- och bostadsytor och teknikutvecklingen.

För prognoser över utvecklingen av fastighetsel och verksamhetsanknuten el i lokaler kopplas utvecklingen till den ekonomiska utvecklingen, men också till utvecklingen av lokalytor och antaganden om specifik förbrukning per kvadratmeter oberoende av BNP-utvecklingen. Hushållselanvändningen är kopplad till utvecklingen av den privata konsumtionen, utvecklingen av ytor samt ett antagande om en kontinuerlig effektivisering.

Energiförbrukningen i areella näringar och övrig service m.m. kopplas i viss mån till den ekonomiska utvecklingen, men även till befolkningstillväxten. Dessa beräkningar kompletteras med branschknungas bedömningar om utvecklingen för enskilda delsektorer och branscher.

2.3 Transportsektorn

Transportsektorn brukar delas upp i fyra delsektorer: vägtrafik, luftfart, bantrafik och sjöfart. Prognosen för vägtrafikens energianvändning beräknas med stöd av två parallella metoder, den ena med utgångspunkt i dagens transportarbete och den andra med utgångspunkt i dagens energianvändning. Statens Institut för kommunikationsanalys, SIKA, ansvarar för prognosen över transportarbetet medan Energimyndigheten ansvarar för prognosen över energianvändningen. Prognoser för luftfarten, bantrafiken och sjöfarten har beräknats med utgångspunkt från dagens energianvändning.

Viktiga statistikkällor för prognosen är den officiella energistatistiken, Konjunkturinstitutets prognoser över den ekonomiska utvecklingen,

sektorsrapporter och statistikunderlag från respektive trafikverk, Bilismen i Sverige (Bil Sweden) och statistik från Svenska Gasföreningen.

En annan viktig del i framräkandet av prognoserna är de samtal som förs med sakkunniga på respektive trafikverk och på några branschorganisationer om utvecklingen i olika sektorer och branscher.

2.3.1 Vägtrafikens energianvändning

Energimyndighetens bensinprognos beräknas med en så kallad "top-down" modell, som modellerar efterfrågan på bensin utifrån makroekonomiska antaganden. Efterfrågan förväntas främst påverkas av bensinpriset, hushållens inkomster samt den tekniska utvecklingen. Prisets och inkomstens påverkan på energianvändningen tas fram med hjälp av elasticiteter.

Modellfunktionen ser ut enligt följande:

$$B_{t+1} = B_t * ((dP_t * \epsilon_p + dY_t * \epsilon_y - T)/100+1)$$

B_{t+1} = bensin användning prognosåret

B_t = bensin användning basåret

dP_t = procentuell real förändring i bensinpriset

ϵ_p = priselastisitet

dY_t = procentuell förändring i hushållens inkomster

ϵ_y = inkomstelasticitet

T = trendvariabel, t ex minskad bränsleförbrukning p.g.a. teknisk utveckling och ändrat körbeteende.

Modellen beräknar årliga förändringar av bensinefterfrågan baserade på årliga förändringar av pris- och inkomstvariablerna samt skattade elasticiteter. Vilka elasticiteter som används beror på om beräkningarna görs på kort eller lång sikt.

I antagandena om teknisk utveckling ingår t.ex. effektivisering av den genomsnittliga bränsleförbrukningen och en ökning av antalet bränsleflexibla bilar (FFV). Skattningar av den framtida genomsnittliga bränsleförbrukningen beräknas av Vägverket med EMV -modellen⁸.

Dieselprognozen skattas också utifrån en efterfrågemodell "top-down". I modellen ingår antaganden om dieselpriiset, olika industribranschers utveckling samt den tekniska utvecklingen. De branscher som har visat sig ha störst påverkan på dieselanvändningen är massa- och pappersindustrin, petrokemisk industri samt verkstadsindustrin. En svaghet med modellen är att den inte tar hänsyn till strukturella förändringar avseende fordonsparken. Därför kompletteras

⁸ För mer information om EMV modellen se Hammarström, Ulf Karlsson, Bo O, "EMV - ett PC-program för beräkning av vägtrafikens avgasemissioner : programbeskrivningar och användarhandledning", Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 849.

modellberäkningen med ett antagande om en ökad andel lätta lastbilar som drivs med diesel.

Dieselanvändningen beräknas enligt följande funktion:

$$D_{t+1} = D_t * ((dM\&P_t * \epsilon_{m\&p} + dPk_t * \epsilon_p + dV_t * \epsilon_v + dP_t * \epsilon_p - T)/100+1)$$

Där

D_{t+1} = dieselanvändning prognosåret

D_t = dieselanvändning basåret

$dM\&P_t$ = procentuell förändring i massa- och pappersproduktionen

$\epsilon_{m\&p}$ = elasticitet m a p massa- och pappersproduktionen

dPk_t = procentuell förändring i petrokemisk produktion

ϵ_p = elasticitet m a p petrokemisk produktion

dV_t = procentuell förändring i verkstadsproduktionen

ϵ_v = elasticitet m a p verkstadsproduktionen

dP_t = procentuell real förändring i dieselpriset

ϵ_p = priselasticitet

T = trendvariabel, t ex bränsleeffektivisering eller ökat kapacitetsutnyttjande

Denna modell är begränsad på samma sätt som ”top down”-modellen för bensin ovan, dvs. någon anpassningsmekanism finns inte inbyggd i modellen.

Prognosen över naturgasanvändningen och användning av förnybara bränslen beräknas utifrån bedömningar av hur teknikutvecklingen ser ut för de olika bränslena. Den framtida energianvändningen av förnybara drivmedel är framför allt beroende av produktionskostnaderna, utbyggnad av distributionssystem, tillgången till fordon samt utbyggnaden av tank- och serviceställen.

Avstämningen mellan Energimyndigheten och SIKA

SIKA beräknar bensin- och dieselanvändningen utifrån transportarbetsprognoser som tas fram i modellerna SAMPERS och SAMGODS, som är så kallade ”bottom-up” modeller.⁹ Bränsleanvändningen beräknas genom att multiplicera det sammanlagda transportarbetet med den genomsnittliga bränsleförbrukningen. Transportarbetet mäter lastens förflyttning och beräknas genom att multiplicera trafikarbete med medelbeläggning (persontransporter) respektive medellastvikt (godstransporter).

Utifrån Energimyndighetens och SIKA:s modellberäkningar görs jämförelser. Vissa skillnader kan uppstå till följd av modellernas utformning och skilda antaganden. Genom en noggrann analys av resultaten anpassas resultaten till varandra, vilket leder till en gemensamt slutligt prognos över energianvändningen i vägtrafiksektorn.

⁹ För mer information om dessa modeller se www.sika-institute.se

2.3.2 Luftfartens energianvändning

Beräkningarna över användningen av flygbränsle bygger på Luftfartsstyrelsens (tidigare Luftfartsverkets) prognoser över antalet landningar på svenska statliga flygplatser. Den kompletteras med en passagerarprognos som är framtagen med hjälp av en efterfrågefunktion, där sambandet mellan efterfrågan på flygresor och den ekonomiska utvecklingen tillsammans med prisutvecklingen på flygresor utnyttjas. Även passagerarprognosen produceras av Luftfartsstyrelsen. Då Luftfartsstyrelsens prognoser över antalet landningar endast avser de statliga flygplatserna görs vissa justeringar, för att även ta hänsyn till de kommunala och privata flygplatserna.

I de långsiktiga energiprognoserna görs också en bedömning av förväntad teknikutveckling, vilket påverkar luftfartens genomsnittliga bränsleanvändning. Denna bedömning görs utifrån diskussioner med FOI (Totalförsvarets forskningsinstitut).

2.3.3 Bantrafikens energianvändning

Prognosen över elanvändningen bygger till stor del på Banverkets prognoser över sektorns energiförbrukning. Persontrafikens energianvändning påverkas inte i någon större utsträckning av ekonomiska förutsättningar utan snarare av infrastrukturella förändringar. Godstrafiken påverkas av såväl BNP och export som den framtida utbyggnaden av infrastrukturen. Korrigeringar i prognosen över elanvändningen görs för att ta hänsyn till de delar av den spårburna trafiken som inte ingår i Banverkets prognos (t.ex. Stockholms tunnelbana).

2.3.4 Sjöfartens energianvändning

Energianvändningen för inrikes sjöfart styrs i hög grad av förändringar i passagerartrafiken mellan Gotland och fastlandet. Till följd av detta beräknas prognosen utifrån planerade förändringar i utbud och fartygsstruktur i denna trafik. Dessa bedömningar görs utifrån samtal med Sjöfartsverket och Sjöfartens Analysinstitut.

Bunkringen för utrikes sjöfart beräknas av Energimyndigheten dels genom en modell som bygger på förändringar av exporten och dels genom samtal med företrädare för de större bolagen inom oljebranschen.

3 Energitillförsel

Den totala energitillförseln i Sverige under ett år utgörs av nettoimport (d.v.s. differens mellan import och export) av energibärare som t ex olja, naturgas, kol och el, inhemsk tillförsel av biobränsle, vattenkraft och bränsleinsats för kärnkraftsproduktion samt lagerförändringar. Den totala energitillförseln är den energimängd som tillgodogörs i det svenska energisystemet för att uppfylla de behov som finns hos slutanvändarna.

En del av den tillförda energin, i form av olika bränslen, används för omvandling till, och distribution av, el och fjärrvärme. Den till konsumenterna levererade elen och fjärrvärmens samt övrig bränsletillförsel används i användarsektorerna, dvs i industrisektorn, transportsektorn och bostads- och servicesektorn.

Prognosen över energianvändning exklusive användningen för omvandlings- och distributionsförluster, d.v.s. energitillförseln för att täcka användningen i användarsektorerna, tas fram av respektive sektor enligt föregående avsnitt 3 Energianvändning. Prognosen över energitillförsel för omvandling till, och distribution av, el och fjärrvärmeproduktion tas fram separat. Energitillförsel för energiomvandling inkluderar raffinaderier.

För att ta fram prognosen över utvecklingen av el- och fjärrvärmesystemen finns det en rad viktiga antaganden som måste göras. Bland dessa ingår antaganden om:

- efterfrågeutvecklingen
- bränslepriser
- gällande styrmedel
- produktionskostnader för befintliga anläggningar
- normalårsproduktion för vattenkraft och kärnkraft
- livslängd för befintliga anläggningar
- investeringskostnader samt produktionskostnader för nya anläggningar
- teknikutveckling (påverkan på verkningsgrader)
- begränsningar i potential för olika produktionstekniker som modellen MARKAL-NORDIC inte fångar, såsom tröghet i tilltandsprocesser osv.
- grannländernas energisystem
- kapacitet i överföringsförbindelser
- potential för utbyggnad av infrastruktur som elnätet, fjärrvärmesystemet och naturgasledningar.

Antaganden om efterfrågans utveckling på såväl el som fjärrvärme tas fram av användarsektorerna (se kapitel 3). Övriga antaganden görs baserat på olika rapporter, historiska data samt i den mån det är möjligt på intervjuer med el- och fjärrvärmeorganisationer och företag (branschexperter).

Industrins och sektorn bostäder och service m.m. prognostiserade energianvändning används som indata till MARKAL-NORDIC-modellen. För bostads- och servicesektorn används nettoefterfrågan¹⁰ på el för annat än uppvärmningsändamål samt det totala antalet TWh nettoenergi som efterfrågas för uppvärmningsändamål som indata till modellen. För industrisektorn används den prognostiserade el- och fjärrvärmeanvändningen samt en summa av all annan energianvändning. Detta innebär att MARKAL-NORDIC modellen gör en optimering av all energi som är substituerbar för bostadssektorn och för industrisektorn som kan skilja sig från de prognoser som respektive sektor har gjort med andra modeller.

Alla ovannämnda antaganden sätts in i MARKAL-NORDIC-modellen som optimerar hela det nordiska energisystemet så att den totala kostnaden för att tillhandahålla energiefterfrågan minimeras. Modellen tillåter handel med el mellan de Nordiska länderna exklusive Island, vilket gör att produktionen sker där det är mest kostnadseffektivt. MARKAL-NORDIC är en dynamisk modell vilket innebär att modellen kan modellera investeringar i nya produktionsanläggningar för att täcka det framtida energibehovet, i fall det befintliga energisystemet som är utgångspunkt för prognoserna inte räcker till. Antaganden om investeringskostnaders utveckling över tiden bygger på teoribildningen kring lärlkurvor, d v s antagandet om att investeringskostnaden sjunker med en viss procent för varje fördubbling av den ackumulerade kapaciteten. MARKAL-NORDIC har inte med lärlkurvor i sig men har antaganden om reducerade investeringskostnader för vindkraft, solel mm grundade på forskning kring lärlkurvor¹¹. Transportsektorn finns inte representerad i MARKAL-NORDIC mer än genom sin elanvändning vilket är en mycket liten del av den totala energianvändningen i transportsektorn.

Från MARKAL-NORDIC modellen använder Energimyndigheten bland annat följande resultat:

- El- och fjärrvärmeproduktion från varje typ av anläggning
- Import/export av el från Norge, Finland och Danmark
- El och fjärrvärmepris
- Insatt bränsle för el- och fjärrvärmeproduktion
- Energianvändning i industrin och sektorn bostäder och service per energibärare, vilken stäms av mot Energimyndighetens rena användarprognoser.

För prognosen över eltillförsel används utöver MARKAL-NORDIC modellen PoMo. Denna modell är också en bottom-upp modell men till skillnad mot MARKAL-NORDIC är PoMo en statisk modell. Modellen kan inte modellera framtida energiproduktionsinvesteringar, utan optimerar de produktionsresurser som finns utan att skapa nya. Man får manuellt lägga in antaganden om ytterligare produktionskapacitet för prognosåren i modellen. En fördel med PoMo är att

¹⁰ Nettoefterfrågan är efterfrågad energi exklusive alla distributions- och omvandlingsförluster.

¹¹ För mer information om MARKAL modell se bilaga 2.

efterfrågan kan vara flexibel i modellen. Det resultat från PoMo som används mest är elpriset som jämförs med elpriset från MARKAL-NORDIC¹².

Prognosen över el- och fjärrvärmeproduktion tas fram med underlag från resultat från MARKAL-NORDIC, PoMo och expertbedömningar. Ändringar i resultatet från MARKAL-NORDIC förs in i ett excel-baserat beräkningsverktyg som tar hänsyn till kopplingar mellan el- och fjärrvärmeproduktion som till exempel el till värmepumpar, elpannor och produktion i kraftvärmeverk.

¹² För mer information om PoMo modellen se bilaga 3.

4 Energibalansen

Energibalansen är en sammanställning av energianvändning och energitillförsel uppdelat på energibärare, som uttrycker summan av alla energiflöden i Sveriges energisystem. Energibalansens summa är noll, dvs. den tillförda mängden energi motsvarar den använda mängden energi. För att gå ifrån MARKAL-NORDICs resultat till energibalanserna behöver Energimyndigheten dela upp vissa bränslen eftersom bränslefördelningen i balansen inte riktigt är densamma som i modellen. Fördelningen av bränslen baseras på den officiella statistiken för basåret. Ett exempel på detta är eldningsolja som i MARKAL-NORDIC är ett enda bränsle medan de i Energimyndighetens energibalans redovisas som två olika bränslen, nämligen Eldningsolja 1 och Eldningsolja 2-5.

När prognoserna för energianvändningen i alla sektorer, industri, bostäder och service, transport, el- och fjärrvärmeproduktion samt raffinaderier, energianvändning för icke-energiändamål och utrikes transporter samt prognoser över omvandlings- och överföringsförluster är klara så läggs de in i en balansfil som är ett excel-baserat beräkningsvertyg. I denna fil kontrolleras att energisystemet är i balans med den prognostiserade utvecklingen, dvs tillförsel av energi motsvarar total energianvändning. När balansen är klar är prognosarbetet klart.

5 Bilaga 1: DoS modellen

EME Analys har bl.a. med stöd från Statens Energimyndighet utvecklat en prognosmodell för den nordiska elkraftmarknaden (DoS-modellen).

Med den integrerade nordiska elmarknaden går det inte längre att göra nationella prognoser. Bedömningarna måste göras på nordisk nivå. Det beror på att vi i Sverige i princip har samma elkraftpriser som gäller i Norge, Finland och Danmark. En efterfrågeförändring eller utbudsförändring i övriga nordiska länder påverkar i stort sett Sveriges elkraftpriser lika mycket som motsvarande förändring i Sverige.

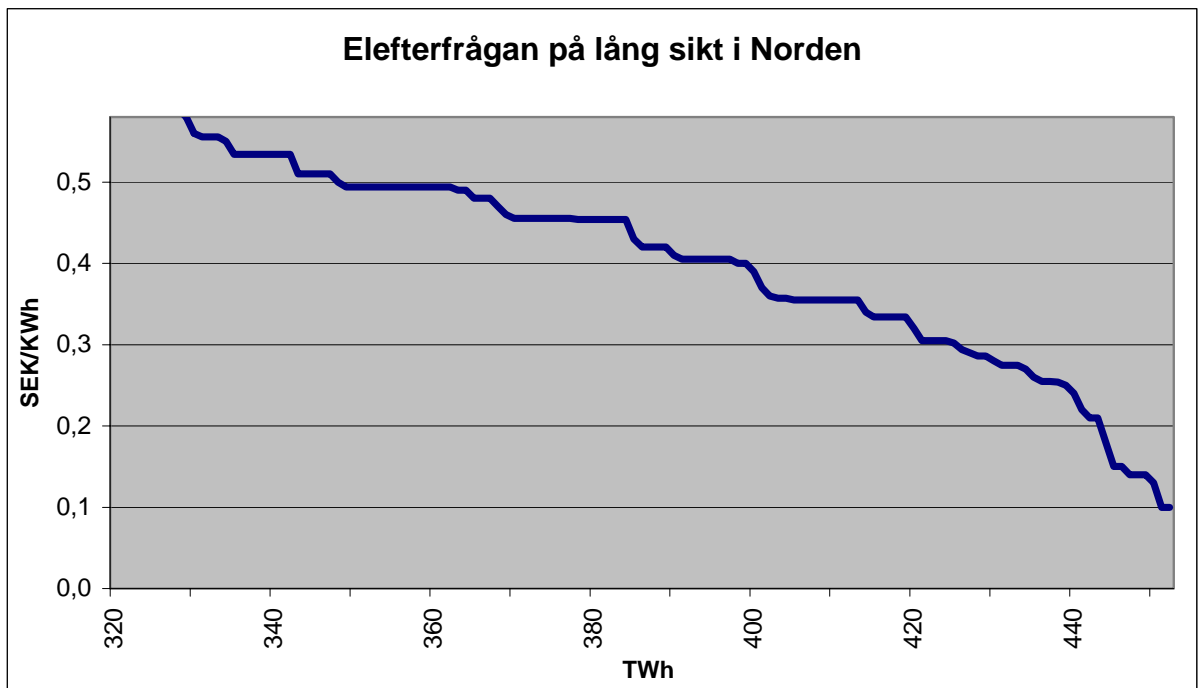
I Norden har vi en mycket stor andel elintensiv industri och mycket elvärme. En modell som beskriver dessa sektors betalningsvilja/betalningsförmåga för elkraft är därför mycket angelägen. DoS-modellen gör detta på både lång och kort sikt. Modellen är dock i första hand tänkt att användas för analyser på 10-20 års sikt.

Som alla modeller beror modellresultaten på vilka indata man matar in. De kvantitativa resultat som presenteras här bör därför mer ses som illustrationer än som faktiska prognoser.

DoS-modellen är gjord i Microsoft Excel, och utnyttjar VBA-teknik¹³ för att uppnå tillförlitlighet och flexibilitet vid utförande av beräkningar.

Slutresultat

¹³ Visual Basic for Applications



DoS-modellen speglar den totala efterfrågan på elkraft i hela Norden, exkl. Island. Modellen beräknar efterfrågad kvantitet för olika priser på elkraften. Basen för priserna är årsterminpriserna på den nordiska elkraftbörsen. Dessutom beräknas koldioxidutsläpp per land, och för hela Norden, för substitut för elvärme som medför koldioxidutsläpp (t ex oljeuppvärmning) samt för industrin där el och övriga energislag antas vara komplement.

DoS-modellen måste kompletteras med en kraftbalansmodell (se kap 8 och bilaga 1) för att på ett riktigt sätt modellera utbudssidan och på så sätt simulera elprinsnivåer vid olika efterfrågade kvantitet. Jämvikt uppträder då både priser och efterfrågade kvantiteter överensstämmer kraftbalansmodellen och DoS-modellen.

Modellstruktur

DoS-modellen består av fem olika Excell-filer:

Kraftmodell.xls	Här finns de flesta indata och görs merparten av beräkningarna. Modellen beräknar elefterfrågan för den elintensiva industrin, elefterfrågan för uppvärmning i nyproduktion, hushållsel, driftel i lokaler samt övrig elanvändning. Alla dessa skattningar görs för olika priser på elkraft (årsterminspriser på kraftbörsen från 10 svenska öre/kWh upp till 59 öre/kWh). Dessa beräkningar görs för Sverige, Norge och Finland. Även Danmarks elanvändning beräknas, men endast i form av generella utvecklingstal och elasticitetsberäkningar eftersom elanvändningen för uppvärmning och i elintensiv industri är försumbar i Danmark.
Kraftunder-	Här görs bedömningar hur uppvärmningssystemen utvecklas i det vid basåret befintlig

modell.xls	fastighetsbeståndet. Grundantagandet är att fastighetsägarna i första hand är benägna att byta uppvärmningssystem när det befintliga systemet ändå måste förnyas. Om man antar en genomsnittlig livslängd på t.ex. 20 år, och man gör en prognos från 2005 till 2020, kommer 75% av uppvärmningssystemen att behöva bytas ut. Vid sådana byten känner ägaren de totala kostnaderna för ett nytt system, som får vägas mot reinvesteringskostnader i befintligt system.
DoS.xls	Här sorteras efterfrågan på elkraft från varje sektor i prisordning, summeras till varje lands totala efterfrågan och summeras sedan till hela Nordens efterfrågan. Efterfrågekurvor ritas upp för varje sektor och totalt, för varje land. En översiktlig beräkning av utbudet (på årsbasis) görs för att skatta ett ungefärligt jämviktspris på elkraft.
CO2-kod.xls	Makrofil, indata och styrparametrar.

Indata

Merparten av allmänna indata finns i Kraftmodell.xls, men indata avseende uppvärmningsstocken finns framför allt i Kraftundermodell. Huvuddelen av indata gäller elintensiv industri och elvärme. Övrig elanvändning behandlas mer översiktligt i form av antaganden om tillväxttakter, effektivisering, samt elasticitet för el samt korspriselasticitet mellan olja och el. I tabellen nedan redovisas översiktligt indatastrukturen i DoS-modellen.

Excell-fil	Blad i Excell-filen ¹⁴	Indata
Kraft-modell.xls	Förutsättn	Övergripande indata som är generella för alla länder. Bränslepriser, nätavgifter, påslag på elkraftpriser, växelkurser, elasticiteter, tillväxt, parametrar för uppvärmning så som tillbyggnad respektive effektivisering i befintliga hus, samt andel uppvärmningssystem som måste bytas till prognosåret. Här anges även ekonomiska parametrar så som BNP utveckling och utvecklingen av den privata konsumtionen vilket bl.a. påverkar utvecklingen av driftel och av hushållsel, samt kalkylräntesatser och avskrivningstider. Slutligen återfinns också namndefinitioner och uppgifter om CO2 innehåll i olika bränslen under denna flik.
Kraft-modell.xls	Pris och MC	Marginalkostnader för de olika elkraftslagen i Norden. Uträkning av hur priset fördelas över sommar och vinter för vardagar dagtid resp. nätter och helger samt profiler över hur olika kundkategoriers förbrukning fördelas över ovan nämnda tidsperioder. Detta ger tillsammans olika elkraftpriser för olika användarkategorier, givet samma terminspris.
Kraft-modell.xls	Konv kostn	Under denna flik anges investeringskostnaderna för olika uppvärmningssystem i nyproduktion. Investeringskostnaderna fördelas ut per år m.h.a. en annuitetsberäkning.
Kraft-modell.xls	Föruts S	Här anges förutsättningar som antas vara specifika för respektive land, i detta fall Sverige. Total elanvändning och totala elförluster för basåret, fjärrvärmepriser för prognosår, energi och miljöskatter samt elcertifikatpriser. Här anges också nybyggnadsprognoser för småhus och flerbostadshus, specifik förbrukning i nybyggda hus, samt sambandet mellan BNP tillväxt och tillväxt i lokalbeståndet. För hushållsel och driftel görs antaganden om förändrad specifik förbrukning.
Kraft-modell.xls	Elvärme S	Här anges potentialer för hur mycket av varje uppvärmningssystem som maximalt tillåts komma in i nyproduktion. Även om modellen vid en viss elprisnivå finner det lönsamt att exempelvis investera i direktel vill vi kanske inte tillåta att modellen väljer 100% direktel eftersom andra överväganden än investerings och driftkostnader också måste beaktas, exempelvis komfort och flexibilitet. Under denna flik beräknas också den kortsiktiga priskänsligheten i fastigheter med kombisystem, d.v.s. optimal körstrategi vid olika elprisnivåer beräknas. För detta krävs ingen ny indata.
Kraft-modell.xls	S Övr	Under denna flik görs prognosen för den elanvändning i sektorn "bostäder och service" som inte är elvärme, d.v.s. hushållsel, driftel i lokaler, fritidshus, jord- och skogsnärings och övrig service. Indata

¹⁴ Här har vi tagit namnen som avser Sverige. För Norge och Finland ska därför i förekommande fall S i bladnamnet bytas mot N resp. FIN.

		är här tidsserier över dessa förbrukningsposter. Utvecklingen styrs av BNP, Privat konsumtion samt antaganden om effektivisering (se Föruts S). Syftet med denna flik är också att säkerställa att ingen el "tappas bort". Därför finns även el till transporter med här.
Kraftmodell.xls	Ind S	Här lägger man in indata för årlig förändring av industriproduktion och energieffektivisering. Detta görs per industribransch. Här läggs vidare in statistik över branschernas olika energiförbrukning, elkostnader, förädlingsvärde samt vinst och investeringar. När det gäller vinst och investeringar har vi försökt att räkna med statistik från många år, eftersom de fluktuerar kraftigt över konjunkturcykler etc. Det finns hela tiden möjlighet att lägga in egna bedömningar istället för modellens förslag.
Kraftmodell.xls	DK	Här räknas den danska elefterfrågan ut utifrån antaganden om tillväxt av elanvändningen, egenpriselasticitet på el sam korspriselasticitet mellan el och olja.
Kraftundermodell.xls	Konv kostn	Totala kostnaderna för alternativa uppvärmningssystem i befintliga fastighetsbeståndet. Investeringskostnaderna fördelas ut per år m.h.a. en annuitetsberäkning (Default värden för kalkylränta och avskrivningstid anges i "Kraftmodell förutsättn"). Investeringskostnaderna är olika beroende på vilket system man har i utgångsläget. Det är exempelvis dyrare att gå från direktel (inget vattenburet system) till fjärrvärme jämfört med att byta från elpanna till fjärrvärme.
Kraftundermodell.xls	Elvärme S	Här anges bruttoenergi vid basåret till uppvärmning för ca tio st. olika uppvärmningssystem, liksom verkningsgrader vid basåret resp. prognosåret. I detta blad anges också potentialer för hur mycket av varje uppvärmningssystem som maximalt tillåts komma in vid konvertering. På motsvarande sätt som vid nyproduktion måste vissa alternativ begränsas eftersom det inte är realistiskt att 100 % satsar på samma system även om den ekonomiska kalkylen i modellen visar att det är lönsamt. Här finns också sammanställningstabeller som visar resultaten för vald prisnivå.

Alla indata ska läggas in i färgade celler.

Körning av DoS-modellen

Genom CO2-kod.xls kan användaren styra DoS-modellen m.h.a. en rad olika makron. Makrona kan ställas in efter användarens önskemål, så att de exempelvis enbart körs för ett land, eller valda uppvärmningssystem.

Delresultat

Här ska vi redovisa några av de delresultat som DoS-modellen genererar. Det bör observeras att de resultat som redovisas ska ses som illustrationer. Alla bilder som visas baserar sig på DoS-modellens resultat på lång sikt.

Elintensiv industri

Ur indata har erhållits elanvändning och kostnader för inköpt elkraft. Genom att jämföra detta med vinsterna under en följd av år är det möjligt att göra en första beräkning över hur höga elkraftpriser som en bransch tål på *kort sikt* innan vinsten är uppäten.

På *längre sikt* måste dock företagen investera för att kunna fortsätta driften. Vi har därför också tagit fram flera års statistik för investeringarna i de olika delbranscherna.

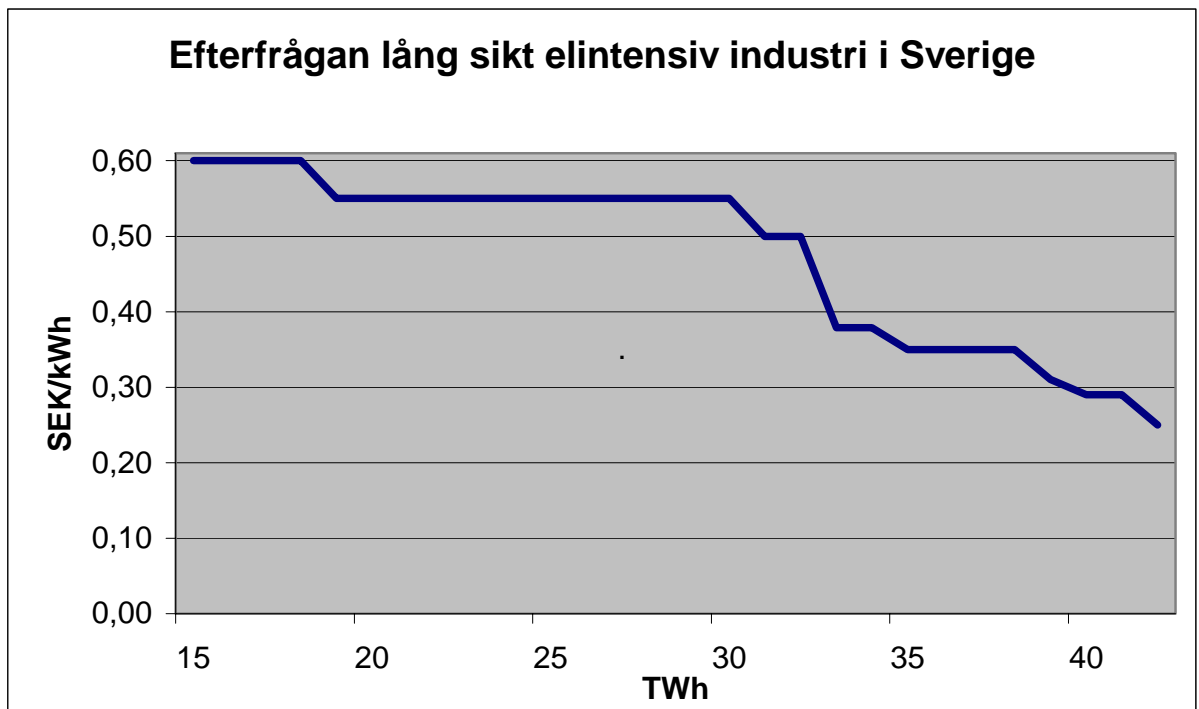
Det är viktigt att poängtera att det för användaren av modellen alltid är möjligt att väga in andra bedömningar och modifiera modellens förslag på exempelvis tålt elkraftpris för olika industribranscher.

I alla prognoser på längre sikt måste bedömningar göras av tillväxttakterna i olika branscher. Dessa tal kommer normalt från körningar med allmänna jämviktsmodeller, från långtidsutredningar e d. Antaganden görs också av hur den specifika elförbrukningen kan förväntas utvecklas i respektive delbransch.

Sverige

För Sverige har vi konstruerat en efterfrågekurva på elkraft för vår elintensiva industri enligt metoden ovan. Efterfrågekurvan framgår av figuren nedan.

Det är aluminium samt tidnings- och journalpapper som visar den största känsligheten för höga elkraftpriser.

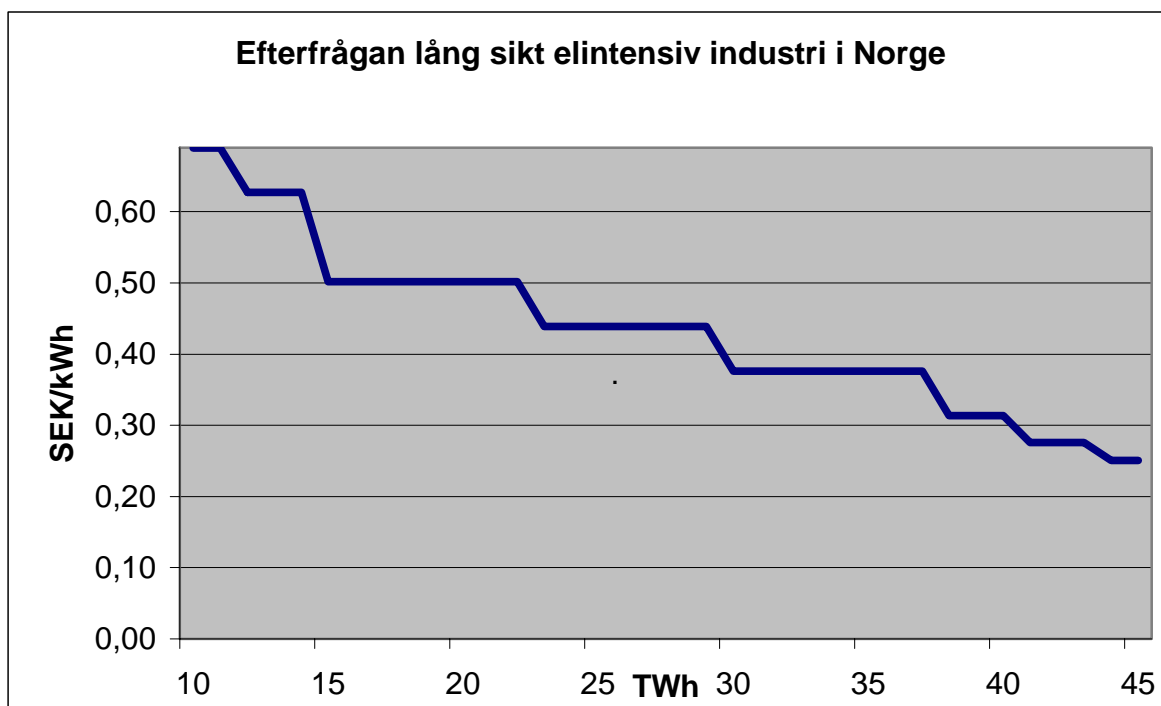


Norge

Norge har en mycket stor produktion av mycket elintensiva produkter, vilket starkt bidrar till att den norska elanvändningen per capita är högst i hela världen. Aluminiumsmältverken drar mest elkraft i Norge, ca 23 TWh efter stora investeringar de senaste åren. Samtidigt förväntas dock en nedläggning av äldre anläggningar ske. Ferrolegeringsindustrin förbrukar ca 5 TWh elkraft, men har svängt upp och ned på grund av lönsamhetsproblem i början av seklet som väntas till mycket goda år mot slutet (höga råvarupriser till följd av hög tillväxt i Kina). Massa och pappersindustrin använder ca 6 TWh. Det är endast här som Norge uppvisar en lägre elanvändning än svensk och finsk industri.

DoS-modellen påvisar att den elintensiva norska industrin kan få stora svårigheter även vid relativt måttliga elkraftprisökningar. Det är framförallt ferrolegeringstillverkningen och aluminiumstillverkningen som kan tvingas lägga ned produktionen till följd av elkraftprisökningar. Följande figur visar den elintensiva norska industrin betalningsförmåga för elkraft. I figuren har modellresultaten korrigerats manuellt för vissa branscher eftersom det bedöms som osannolikt att hela elpriset tillåts slå igenom fullt¹⁵. Trots detta indikerar modellen att den norska elintensiva industrin har en betydande elpriskänslighet.

¹⁵ DoS-modellens förslag på betalningsförmåga har korrigerats kraftigt när det gäller aluminium och ferrolegeringar i Norge. Endast en tredjedel av de marknadsmässiga utslagningsmekanismerna har antagits slå igenom. Ett skäl till denna justering är att vissa norska företag kommer att ha långsiktiga elkontrakt bestämda av Stortinget, och inte på rådande marknadspriser på elkraft. Ett annat skäl kan vara eventuella industri- eller regionalpolitiska insatser i Norge om stora delar av deras viktiga industrier skulle hotas av högre priser på elkraft.

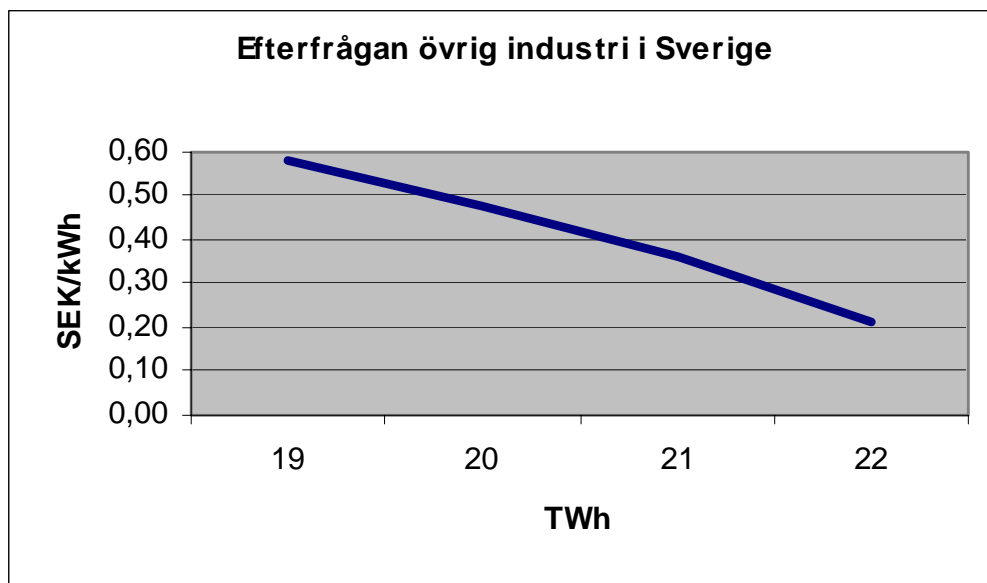


Finland

Den elintensiva industrin har en liknande uppbyggnad som den svenska, men är i förhållande till befolkningsmängd mer elintensiv och har en större elanvändning i skogsindustrin.

Icke elintensiv industri

Efterfrågan på elkraft från den lätta industrin räknas i DoS-modellen ut på basis av antaganden om tillväxttakt, effektivisering och elasticitetsantaganden. Följande figur visar denna efterfrågan för den lätta industrin i Sverige.



Elvärme

Även för elvärme genererar modellen efterfrågekurvor (räknat som prisnivåer på årsterminer).

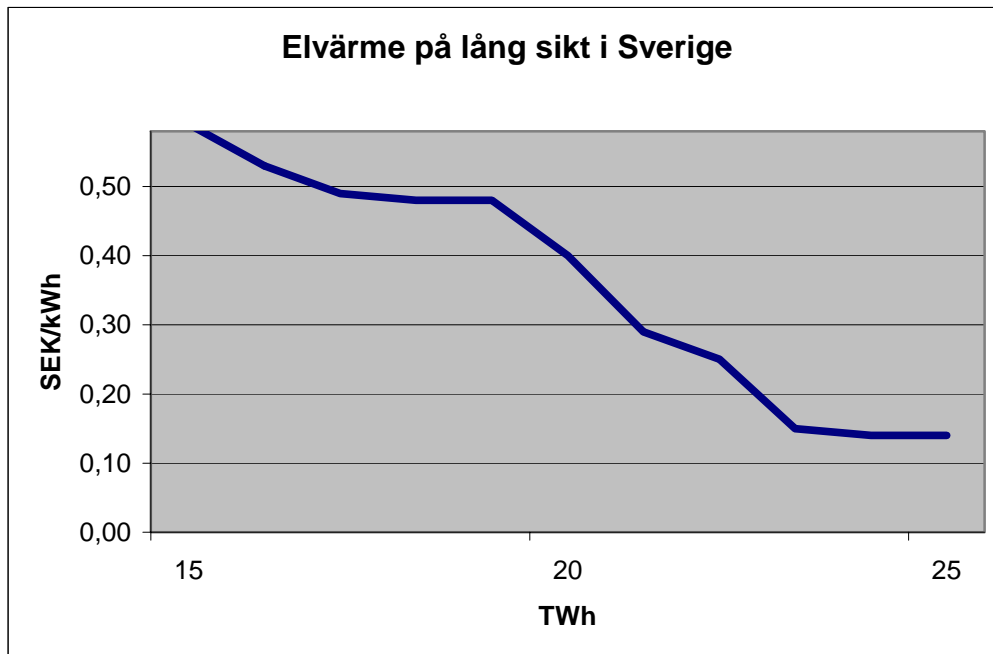
Elvärmeanvändningen på lång sikt bestäms av hur mycket som byggs i landet och hur stor andel uppvärms med el, samt inte minst hur uppvärmningen av det befintliga byggnadsbeståndet utvecklas.

El i nyproduktion beräknas utifrån antaganden om nyproduktion och specifik förbrukning. Därefter görs beräkningar av vilka uppvärmningssystem som bedöms vara lönsamma givet olika elprisantaganden.

Elvärme i den vid basåret befintliga stocken bestäms av hur uppvärmningsstocken förväntas utvecklas, hur flexibla uppvärmningssystem som kombipannor körs, hur mycket uppvärmd yta som tillkommer och avgår genom tillbyggnad och rivning, samt hur energieffektiviteten i fastigheterna utvecklas genom bättre isolering, intrimmade värmeanläggningar och andra effektiviseringsåtgärder.

I "Kraftundermodell.xls" beräknas hur uppvärmningsstocken kan förväntas utvecklas givet de olika elprisnivåerna (i modellen antas att investeringarna kan förutse framtida elprisnivåer när man gör investeringarna). Det är dessa uträkningar vi utnyttjar för efterfrågan på elvärme på *lång sikt*. Normalt antas i modellen att ett uppvärmningssystem bara byts när det gamla ändå behöver förnyas. Modellen kan därför ställa kostnaderna för alternativa uppvärmningssystem mot reinvesteringskostnaden för det befintliga och välja det billigaste alternativet.

Givet den uppvärmningsstock som erhålls för prognosåret används "Kraftmodell.xls" för att räkna ut hur stocken kombipannor verkligen körs¹⁶. Följande bild illustrerar hur efterfrågan på elkraft för uppvärmning i Sverige.



Övrig elanvändning

Under denna flik görs prognosen för den elanvändning som inte är används av industrin och som inte är elvärme. Syftet med denna flik är också att säkerställa att ingen el "tappas bort".

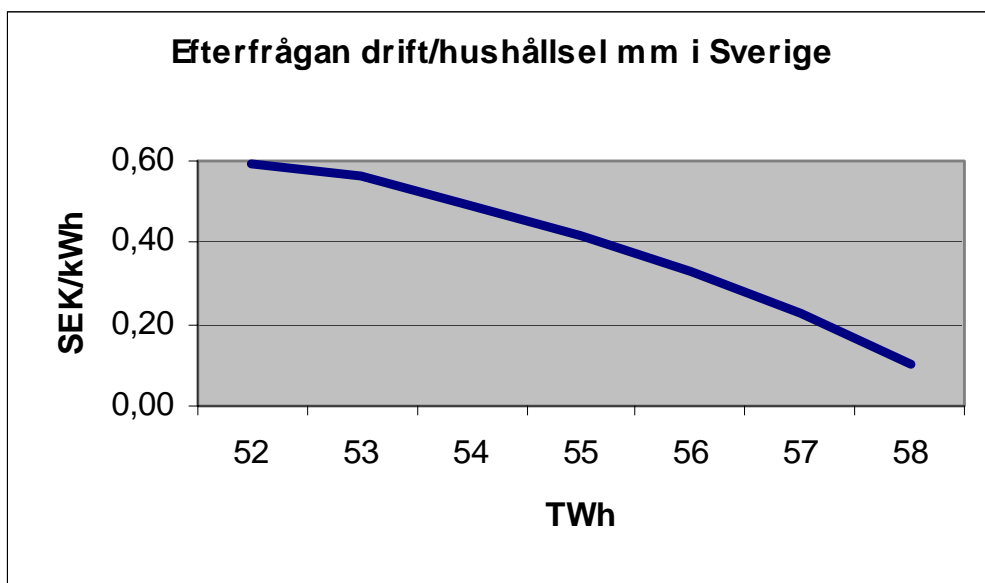
Övriga elanvändning delas i modellen in i följande poster; Hushållsel (inkl el till fritidshus), driftel i lokaler, jord och skogsnäringar, övrig service, energisektorn samt transporter¹⁷.

För hushållsel är utvecklingen kopplad till utvecklingen av den privata konsumtionen samt ett antagande om effektivisering. För driftel i lokaler, som är en stor förbrukningspost, är utvecklingen kopplad till BNP utvecklingen och även här ett antagande om effektivisering. För övriga poster inom sektorn bostäder och service är utvecklingen kopplad till BNP utvecklingen. Energi- och transportsektorerna har hittills antagits ha en relativt stabil elanvändning.

För samtliga förbrukningsposter används en enkel elasticitetsberäkning för att skatta elprisberoendet.

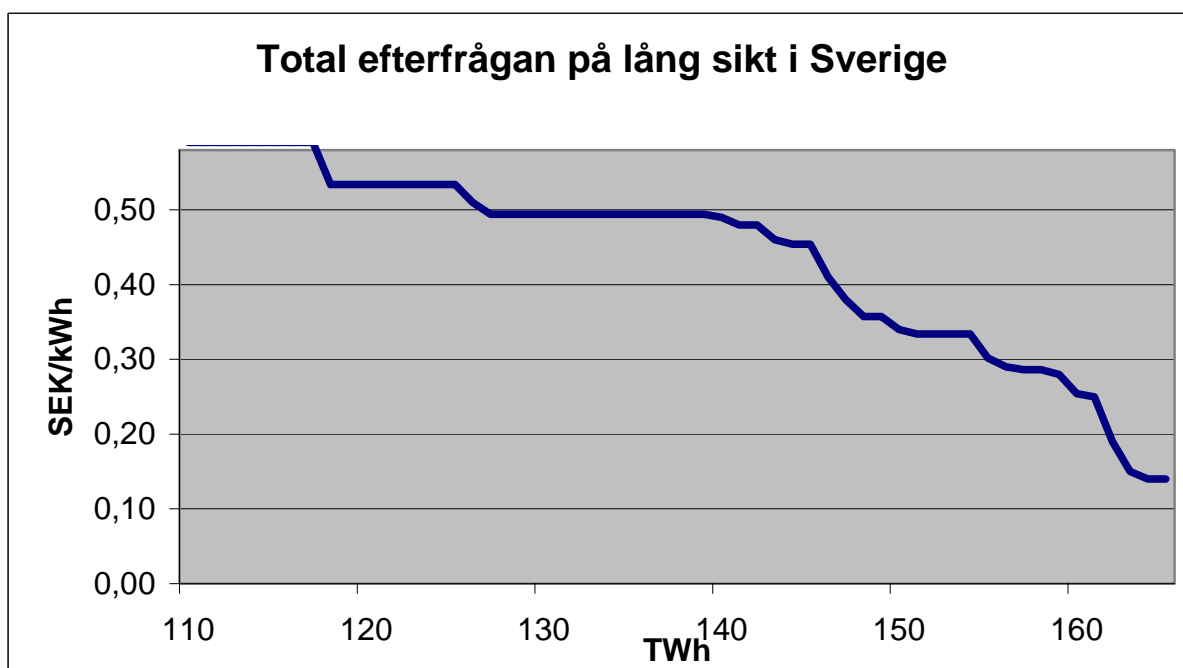
¹⁶ I Kraftmodell.xls antas en kombipanna använda olja eller el. Den billigaste kombinationen av enbart el, enbart olja, sommarel/vinterolja eller natt-/helgel/dagolja väljs för varje terminspris på elkraft.

¹⁷ DoS-modellen räknar inte med leveranser till avkopplingsbara elpannor.

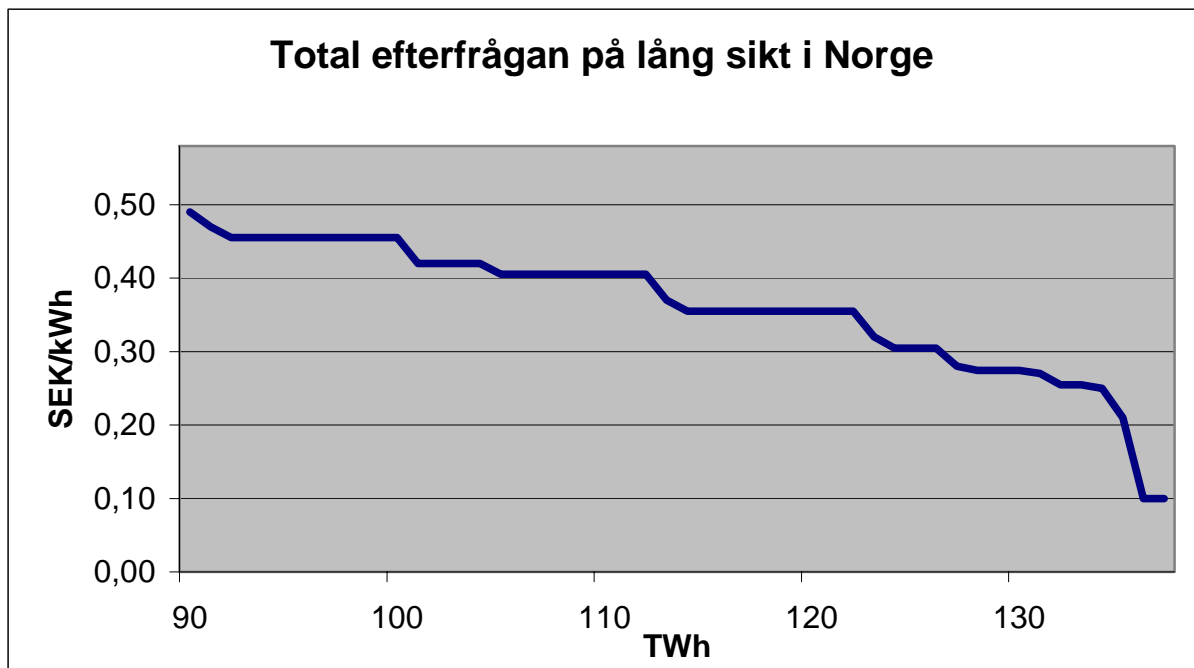


Elefterfrågan per land

Det är också möjligt att få en bild med den totala elefterfrågan i ett land. Här räknar DoS-modellen även med förlusterna, till skillnad från sektorberäkningarna ovan. Följande bild visar efterfrågan i Sverige år 2020.



Jämfört med Sverige har Norge en större priskänslighet. Följande bild visar den totala efterfrågan i Norge.



Resultat på kort sikt

Möjlighet finns också att använda modellen för att simulera efterfrågan på kort sikt. På kort sikt är efterfrågan på el betydligt mindre priskänslig eftersom den elintensiva industrin kan förväntas köra så länge produktionen ger ett positivt täckningsbidrag även om kapitalkostnaderna inte täcks. Hushåll med fungerande uppvärmningssystem är ovilliga att göra förtida investeringar. Däremot kan kortsiktiga beteendeanpassningar, liksom anpassningar i hushåll med kombipannor. Detta behandlas i DoS-modellen med en kortsiktig priselasticitet respektive beräkningarna för kombipannor enligt ovan.

Koldioxidskatter

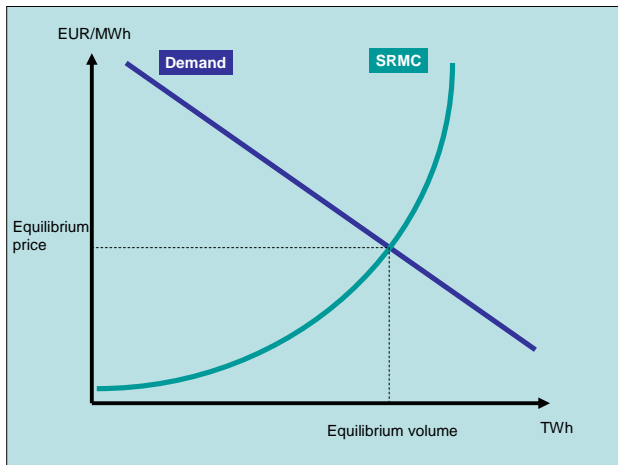
DoS-modellen ger även möjligheter att beräkna hur efterfrågan påverkas vid olika koldioxidskatter och priser på utsläppsrätter. Dessa skatter kan läggas på olika nivåer i resp. land när det gäller förbrukning för icke handlande sektorer men är lika för de industribranscher som ingår i de handlande sektorerna.

Jämviktslösning med kraftbalansmodell

DoS-modellen ger en efterfrågan, med olika elanvändning vid olika elpriser. En kraftbalansmodell som PoMo ger de kortsiktiga marginalkostnaderna (SRMC), givet de förutsättningar som lagts in som indata. För en ökad elproduktion blir SRMC allt högre. På detta sätt kan en utbudskurva för elkraft erhållas. En förutsättning är dock att konkurrensen fungerar väl. Annars kommer kraftföretagen att bjuda ut sin kraftproduktion till högre priser än SRMC. (En vidareutveckling av PoMo till att bli en fundamental vinstmaximeringsmodell har påbörjats, vilket kan möjliggöra framtagandet av en utbudskurva vid begränsad

konkurrens i framtiden. Hittills har dock den nordiska elmarknaden kännetecknats av en god konkurrens.)

Den punkt där utbudskurvan skär efterfrågekurvan ger marknadsvikt för prognosåret. Eftersom DoS-modellen baseras på priser för grundkraftsterminer (medelpriset för en helt jämn förbrukning under årets alla timmar) får PoMo's priser över året räknas om till ett oviktat medelvärde över ett helt år.



I praktiken behöver man inte göra PoMo-körningar för hela utbudskurvan i prognosarbetet. Man kan börja med en viss punkt på efterfrågekurvan som DoS-modellen ger och göra en PoMo-körning med den valda elanvändningen från DoS-kurvan. Om PoMo's årspris härvid blir lägre än det första DoS-priset får man gissa en ny punkt på DoS-kurvan med högre elanvändning och lägre elpris och vice versa om PoMo's pris blir högre. Efter några iterationer brukar en jämviktspunkt ha etablerats, något som endast tar några minuter eftersom det går så snabbt att göra en körning med PoMo.

På detta sätt är det möjligt att snabbt skatta en jämvikt för den nordiska elmarknaden. Att kunna göra konsistenta prognoser på detta sätt är viktigt, dels för att elpriserna sätts på en marknad som hittills kännetecknats av god konkurrens och dels för att det finns en stor andel priskänslig elanvändning i Norden till följd av stor elintensiv industri och stora mängder elvärme.

6 Bilaga 2: MARKAL-metodiken och MARKAL-NORDIC modellen

Denna sammanställning beskriver MARKAL-metodiken i allmänhet och MARKAL-NORDIC i synnerhet.

MARKAL – En översikt

Kort historik

MARKAL (MARKet Allocation) togs fram i början av 80-talet i ett samarbete mellan Brookhaven National Laboratory i USA och Kernforschungszentrum Jülich i Tyskland. Den ursprungliga modellformuleringen är beskriven av Fishbone et al och Fishbone and Abilock¹⁸. MARKAL-modellen har nått en unik spridning över hela världen varför en stor samlad erfarenhet av MARKAL-användning finns tillgänglig. En avgörande styrka med MARKAL är den internationella organisation ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme) som sedan 1977 handhar modellen och dess utveckling.¹⁹ ETSAP i sin tur är resultatet av ett ”implementing agreement” inom IEA.

MARKAL och energisystemet

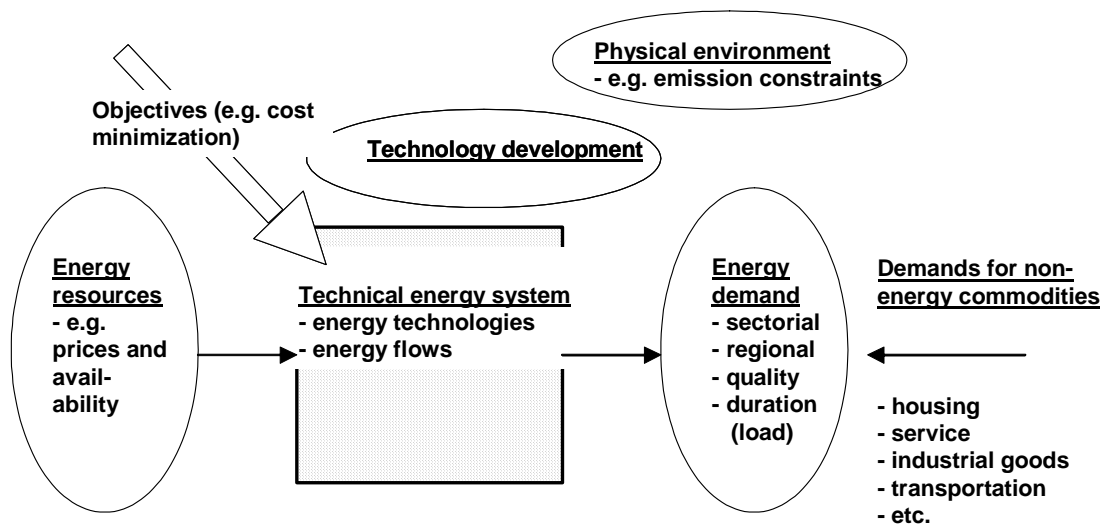
Den ”traditionella” användningen av MARKAL är relaterad till studier av det *tekniska* energisystemet. Det tekniska energisystemet förhåller sig till omgivningen så som visas i Figur 1. Längst till höger i figuren uppstår själva energibehovet som i sin tur är kopplat till utvecklingen i den övriga makroekonomin. Energianvändningen i sig är ju ett resultat av de behov vi egentligen har, d v s boende, varor, tjänster mm. Förutom energibehovet är även teknisk utveckling, internationella bränslemarknader, och energi- och miljöpolicy faktorer som behandlas exogent i den ”traditionella” användningen av MARKAL.²⁰ För att i någon mån hantera sådana faktorer som befinner sig i modellens omgivning arbetar man lämpligen med *scenarier* där scenarierna byggs upp av antaganden kring de exogena faktorerna.

¹⁸ a) Fishbone L G, Giesen G, Goldstein G, Hymnen H A, Stocks K J, Vos H, Wilde D, Zölcher R, Balzer C and Abilock H (1983), ”User’s Guide for MARKAL (BNL/KFA Version 2.0), Report BNL-51701, Department of Applied Science, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY

b) Fishbone L G and Abilock H (1981), ”MARKAL – A Linear Programming Model for Energy System Analysis : Technical Description of the BNL Version”, *International Journal of Energy Research* 5, 353-375

¹⁹ På ETSAPs hemsida (www.etsap.org) finns mer information om själva organisationen och MARKAL-modellen.

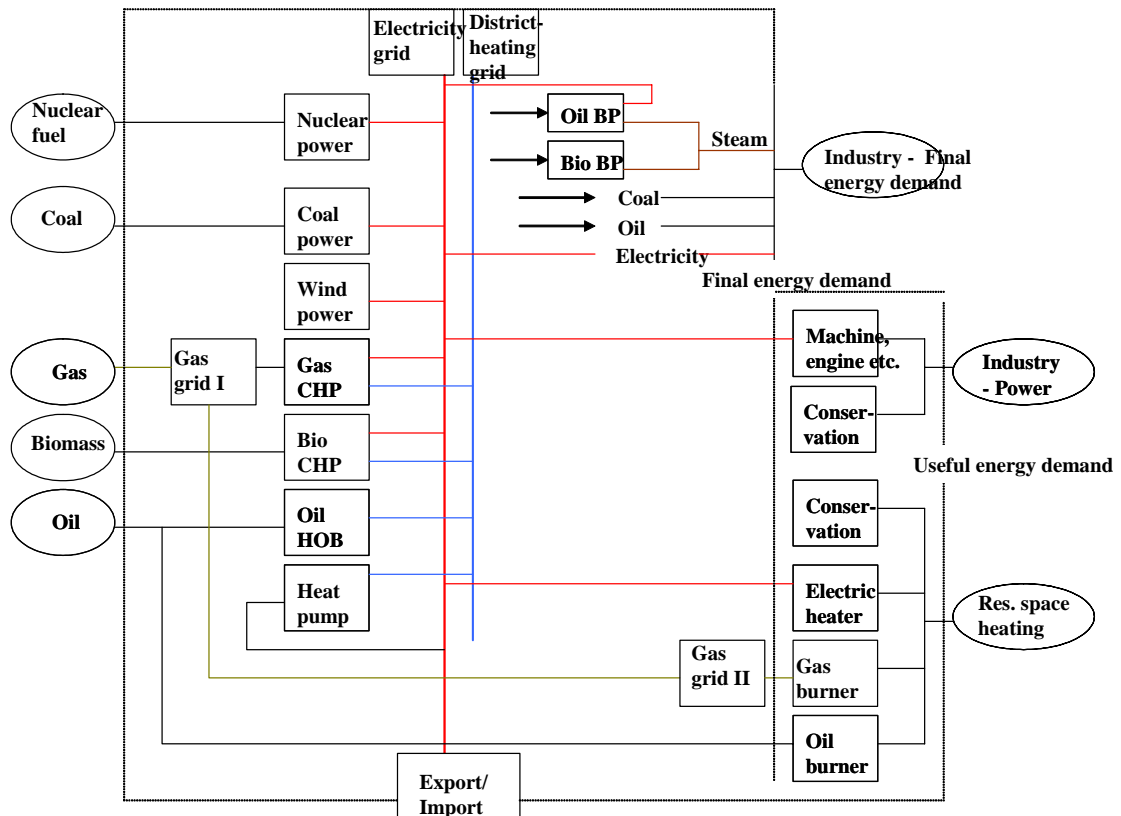
²⁰ En del av dessa exogena faktorer har internaliserats, d v s blivit endogena, i vissa versioner av MARKAL-paketet. Se mer om detta under avsnittet ”Modellutveckling och –utvidgning”



Figur 1 Det tekniska energisystemet och dess omgivningar

Energisystemet i MARKAL-modellen (d v s innanför gränserna till det tekniska energisystemet) beskrivs utifrån referensenergikonceptet (RES)²¹. Detta illustrerar energiflödena från utvinning av bränslen och råvaror via omvandling för kraft- och fjärrvärmegenerering till slutlig användning av bränslen, el och fjärrvärme i en rad olika sektorer, exempelvis hushåll och industrier (se Figur 2).

²¹ En närmare beskrivning av RES-konceptet återfinns i: Marcuse W, Bodin L, Cherniavsky E and Sanborn Y (1976), "A Dynamic Time Dependent Model for the Analysis of Alternate Energy Policies", K B Haley (Ed.), *Operational Research '75*, 647-667, North Holland Publishing Company, Amsterdam



Figur 2 Exempel på ett referensenergisystem

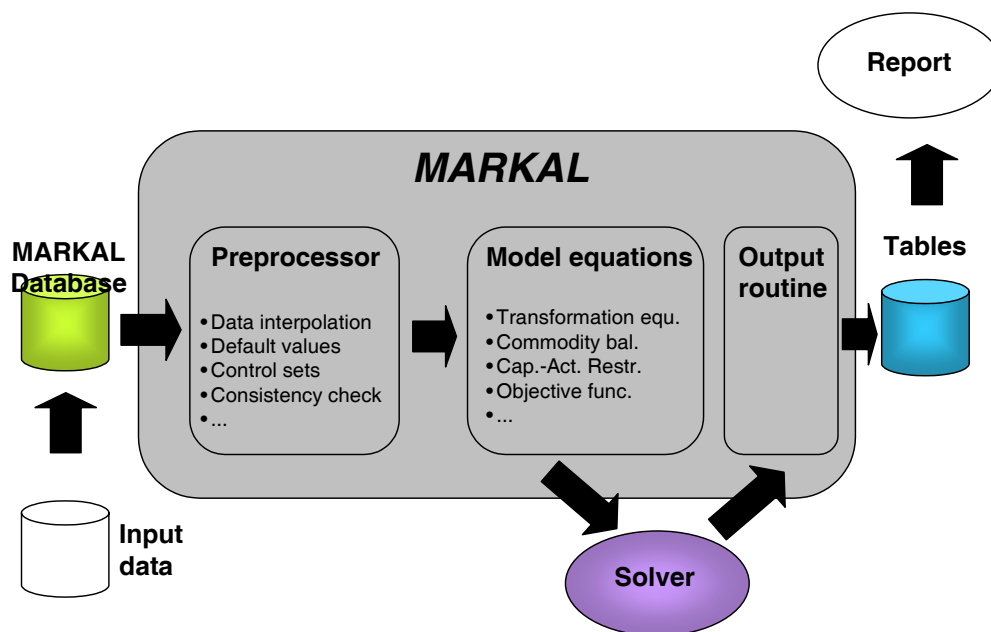
Den geografiska systemgränsen väljs beroende på problemställning och kan omfatta allt från enstaka kommuner i exempelvis Sverige till hela världen.

MARKAL-modellens arkitektur

Ett modelleringsförfarande i MARKAL består av tre huvuddelar (se Figur 3):

- En databas med alla beräkningsförutsättningar (indata)
- En ekvationsgenerator, d v s indata uttrycks i ett mycket stort antal ekvationer. Dessa ekvationer ”skickas” till en problemlösare (eng. solver) där själva optimeringen görs. Problemlösarpaketet som utnyttjas i MARKAL är GAMS.
- Resultatrapportering med presentationer av beräkningsresultatet i tabeller och diagram

Dessutom utnyttjar MARKAL-paketet ett användar-gränssnitt, exempelvis MUSS eller ANSWER, så att såväl indata som utdata kan hanteras effektivt. Användargränssnittet och lösaren är kommersiell programvara medan själva ”MARKAL-kärnan” är kostnadsfri.



Figur 3 Markalsystemets arkitektur

Databasen och indata

Gemensamt för stora delar av indata i MARKAL är att detaljeringsnivån kan väljas fritt vid uppbyggandet av en databas/modell. Det ger naturligtvis en flexibilitet i beskrivningen av energiefterfrågan, energiteknikerna och energitillförseln, men det innebär också att man kan bygga databaser med olika problemfokus och för olika stora geografiska områden.

Det som, så att säga, driver hela modellen är behovet av energi i olika sektorer. Detta energibehov kan uttryckas som antingen ett behov av nyttig energi eller ett behov av slutlig energi. Nyttig energi definieras som själva energitjänsten d v s exempelvis 20°C inomhus. I modellen är emellertid dessa 20°C uttryckta som en energimängd, ex MWh, baserade på uppgifter om effektbehovet i W/m² för att erhålla just 20°C. En inomhustemperatur på 20°C kan åstadkommas med en oljepanna, elvärme eller en kombination av energitillförsel och energibesparing. I det sistnämnda fallet minskar därmed den slutliga energin till följd av besparingen. Den slutliga energin definieras därmed som den faktiska användningen av energibärare. I modellen är exempelvis behovet av hushållsel snarare uttryckt som ett slutligt energibehovet eftersom det inte är lika meningsfullt att tala om nyttig energi i detta fall.

Teknikerna i modellen beskrivs med investeringskostnader, kostnader för drift och underhåll, livslängd, verkningsgrad, tillgänglighet och utsläppsdata (ex koldioxid, svavel och kväveoxider).

I MARKAL finns en lastkurva för el och fjärrvärme som beskriver den årliga variationen. Elanvändningen är därvidlag uppdelad i sex årliga tidssteg medan fjärrvärmeanvändningen representeras av tre.

Modellen är dynamisk i den bemärkelsen att upp till nio individuella men av varandra beroende tidssteg (modellår) kan beskrivas. Generellt är tidshorisonten 20-50 år fram i tiden.

Mer om indata återfinns längre fram under avsnittet MARKAL-NORDIC.

Matematisk formulering

Modellen bygger på linjärprogrammering, d v s. en matematisk algoritm för att lösa optimeringsproblem där målfunktion (den som ska optimeras) och randvillkor är uttryckta som linjära ekvationer. Målfunktionen är generellt den diskonterade totala systemkostnaden och skall minimeras. En alternativ målfunktion kan exempelvis vara emissioner. Randvillkor kan exempelvis utgöras av verkningsgrader för en viss typ av anläggning, miljökrav, kraftöverföringsförbindelser mellan länder, energianvändning i en viss sektor mm.

Ett linjärprogrammeringsproblem formuleras generellt enligt nedan:

$$\begin{aligned} &\text{min eller max } \sum_i c_i x_i \\ \text{randvillkor: } &\sum_i a_{ji} x_i \geq b_j, j = 1, \dots, m \\ &\text{och } x_i \geq 0, i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

där c_i , b_j och a_{ji} är koefficienter som ges som indata och x_i är aktiviteter som fås i lösningen.

Lösningen på en MARKAL-beräkning är med andra ord den kombination av tekniker i hela kedjan från bränsleutvinning eller -import via omvandling till exempelvis el och fjärrvärme till slutlig användning (jämför med Figur 2), som uppfyller den lägsta totalkostnaden uttryckt i diskonterat nuvärde.

Nyttan med MARKAL

Den stora styrkan i en MARKAL-modellering ligger i, till viss del begränsad endast av modellörens ambitionsnivå, helhetssynen på energisystemet. Samtliga viktiga delar i ett energisystem finns representerade och därmed kan man direkt jämföra kostnadseffektiviteten hos enskilda åtgärder för att exempelvis reducera koldioxidutsläpp och väga dessa mot andra åtgärder. Man får ett optimalt system vilket kan jämföras med, och användas som norm (alternativt bench-mark)

gentemot, ett verkligt system där olika grader av suboptimering av förklarliga skäl ingår.

Att ändra enskilda parametrar eller förutsättningar i en MARKAL-beräkning ger en mycket god bild av betydelsen av just den parametern eller förutsättningen givet att allt annat är oförändrat. Därmed isolerar man effektivt orsak-verkan sambandet. På så sätt kan man exempelvis bedöma värdet av gemensamma energimarknader istället för separata nationella marknader, kostnader av att exkludera ett visst energislag eller en viss teknik och effekter av förändringar i styrmedelsuppsättning.

Modellen beskriver en bild av en komplex verklighet relaterad till energi och miljö. Både genom själva modelleringsprocessen/modellformuleringen och beräkningsresultaten lär vi oss mer om det verkliga systemet och vinner nya insikter. Därmed är det också viktigt att knyta teoribildning och förklaringsmodeller till modellresultaten för att dessa skall bli legitima. Nära samarbete under modelleringsfasen med avnämare och andra experter inom problemområdet är därför viktigt.

Med kännedom om de ibland stora osäkerheterna som finns i vissa antaganden (ex energiefterfrågeutveckling och bränslepriser) är det också viktigt att komma ihåg att använda beräkningsresultaten med viss försiktighet. Beräkningsresultaten relaterade till framtiden och uttryckta i exempelvis TWh eller SEK är visserligen ofta illustrativa men bör under alla omständigheter kopplas till de gjorda antagandena. Det största värdet är den ökade förståelsen som dessa siffror ger, den kvalitativa kunskapen. MARKAL kan dock även framgångsrikt användas som ett *hjälpmedel* i prognosarbeten, gärna i samband med känslighetsanalyser. Det senare är ett bra hjälpmedel för att bedöma betydelsen av osäkerheter i gjorda nyckelantaganden.

Den korta diskussionen om nyttan med MARKAL-modellering i detta avsnitt är delvis kopplad till distinktionen mellan ett *normativt* och ett *deskriptivt* (beskrivande) modellverktyg. MARKAL är först och främst ett normativt verktyg uppbyggt kring en specifik målfunktion, systemkostnadsminimering för att *förstå* verkligheten, och i andra hand ett verktyg för att *simulera/beskriva* verkliga skeenden.

MARKAL-NORDIC

MARKAL-NORDIC är en MARKAL-modell där databasen innehåller en omfattande beskrivning av hela det nordiska (Sverige, Norge, Finland och Danmark) stationära energisystemet, d v s exklusive transporter. Indata till den nordiska databasen, MARKAL-NORDIC, har sammanställts i samarbete med IFE (Institut for Energiteknik i Kjeller, Norge), Risø i Danmark samt VTT i Finland. För närvarande handhas och uppdateras MARKAL-NORDIC av konsultfirman Profu och av Chalmers universitet .

Bränslen

Den stationära energisektorn i modellen omfattar import av fossila energibärare såsom kol, tung och lätt eldningsolja samt naturgas. En förenklad beskrivning av den norska off-shoresektorn är inkluderad. Importpriserna för de fossila energibärarna bestäms exogent vilket även gäller för kärnbränsle. För biobränslen gäller att varje land har en inhemsk utbudskurva med bränslekostnad och tillhörande potential i TWh. Den inhemska utbudskurvan kan dock kompletteras med ett givet takpris vid vilket importen antas vara oändlig.

Teknikbeskrivning

Kärnkraften, såväl i Sverige som i Finland, har en förmodad livslängd på ca 40 år. För att nå dit måste dock en större reinvestering göras efter 25 års drifttid i samma storleksordning som exempelvis utfördes i verkligheten vid Oskarshamn 1. Ingen ny kapacitet får uppföras i Sverige. Potentialen för gaskraft längs med den norska västkusten antas dock vara oberoende av en transnordisk gasledning. Kol- och oljebaserad kraft har inga andra begränsningar än elbehov och/eller fjärrvärmeunderlag.

Koldioxidavskiljning finns med som en option begränsad till gas- och kolkondens samt gas- och kolkraftvärme. Sammanlagt finns i den nordiska databasen investerings- och driftkostnader för över 200 kraft- och fjärrvärmegenererande tekniker. Anläggningarna beskrivs med en lång rad indata, som anges för varje anläggning och - om man önskar - för varje tidsperiod (år, säsong, dag/natt).

Listan nedan anger några viktiga indata:

- investeringskostnad och livslängd
- fasta och rörliga drift och underhållskostnader
- bränslemix
- effektivitet (och elkvot för kraftvärme/mottryck)
- tillgänglighet och revision
- utsläppskoefficienter för koldioxidemissioner

För befintliga anläggningar anges också

- existerande kapacitet
- nuvarande produktionen

En rad småskaliga tekniker i användarledet är också inkluderade i modellbeskrivningen. Detta kan exempelvis röra sig om elpannor, direktel, värmepumpar, pelletspannor, oljepannor, fjärrvärmeväxlare, solvärme mm för uppvärmning i småhus, flerbostadshus eller inom servicesektorn.

Kraftsystemet i de fyra länderna är sammankopplat genom de existerande överföringskapaciteterna. Det finns även möjligheter att bygga ut

överföringsförbindelserna. Förutom en importmöjlighet från Ryssland till Finland finns inga andra förbindelser med andra utomnordiska länder.

Energianvändning

Efterfrågesidan i modelldatabasen omfattar drygt 70 olika sektorer, exempelvis hushållsel i Sverige och slutanvändning av bränslen inom den finska kemiindustrin. Efterfrågan på uppvärmning kan exempelvis tillgodoses med el, olja, pellets eller fjärrvärme. Som diskuterades tidigare kan den slutliga energianvändningen minskas genom investeringar i besparingsåtgärder och/eller konvertering till andra mer effektiv energislag. Den nyttiga energianvändningen är dock densamma (men ändra naturligtvis över tiden i förhållande till prognostiserat behov).

Miljöeffekter

Av de miljöeffekter som uppstår i samband med energitillförsel och energianvändning är det för närvarande endast koldioxidemissioner som ges med MARKAL-NORDIC.

Styrmedel

En lång rad styrmedel finns inkluderade i MARKAL-NORDIC. I princip ingår majoriteten av de energi- och koldioxidrelaterade styrmedlen i varje nordiskt land.

- Energi- och elskatter, koldioxidskatter inom bostäder och service samt industrin i Sverige och fjärrvärmesektorn
- Ett svenskt system för elcertifikat beaktas genom ett antagande om att den bestämda kvoten förnybart uppnås
- Stöd till förnybart. Investeringsstöden är i modellen beskrivna som en reducerad investeringskostnad i SEK/kW el alt värme.
- Handel med utsläppsrätter för koldioxid: Systemet har beskrivits med ett exogent antagande på utsläppsrättspriset,

7 Bilaga 3: PoMo modellen

PoMo är ett kombinerat värmekraft- och vattenkraftsystem som förutspår framtida spotpriser på den nordiska elmarknaden. Modellen beaktar de oförutsägbara variationerna i nederbörd och i tillrinningen av vatten till vattenmagasinen. PoMo är en optimeringsmodell som utgår från antagandet att kraftproducenterna försöker maximera sin vinst från elförsäljning på en konkurrensutsatt marknad.

Modellen används typiskt i början av varje vecka för att prognostisera spotpriserna för de kommande veckorna baserat på den senaste informationen om den aktuella magasinsnivån och andra data. PoMo kan även användas för långsiktsprognoiser.

Användarvänlighet och snabb interaktivitet mellan användaren och modellen är huvudegenskaper hos modellen.

Resultat

Det huvudsakliga modellresultatet är förväntade framtida genomsnittliga veckobaserade spotpriser.

Modellen

Modellen bestämmer den optimala produktionen av vattenkraft med avsikten att minimera nuvärdet av kostnaden av framtida kraftproduktion. Den stimulerar en elmarknad med många konkurrerande elproducenter, som var och en försöker maximera sin framtida vinst.

Valet för vattenkraftsproducenterna är att bestämma hur mycket av vattenmagasinen som ska användas idag och hur mycket som ska användas senare när priset kanske är högre. Modellen modellerar den optimala vattenkraftsproduktionen kommande vecka baserat på information om marginalkostnaden för kraftvärme, vattenkraftskapaciteten, aktuell vattenmagasinsnivå och statistik över medelvärden och standardavvikelse för efterfrågan, vattentillrinning och baslastproduktion. Efter detta gör PoMo en prisprognos för upp till flera år framåt. Basenheten för tid i modellen är en vecka.

I dess nuvarande version är modellen implementerad för den nordiska elmarknaden. Men den är konstruerad på ett sätt som gör det lätt att implementera modellen för vilket kraftvärme- och vattenkraftssystem som helst.

PoMo har utvecklats av EME-Analys och Tentum.

Kraftvärme

Kraftvärme representeras i modellen av data över driftskostnader och tillgänglig kapacitet för varje vecka på året. I den nuvarande implementeringen för den nordiska marknaden finns data över ca 200 kraftvärmeverk. Modellen länkar driftskostnader till bränslepriser. På detta sättet överförs förändringar i världsmarknadspriser på bränslen automatiskt på det individuella kraftvärmeverkets driftskostnader. Bränsleskatter behandlas på samma sätt, vilket gör det lätt att simulera hur energiskatter påverkar elpriserna.

Undermodell för snö

PoMo innehåller en undermodell för snösmältning där snö behandlas som ett mellanliggande vattenmagasin. Undermodellen förutspår i vilken takt det aktuella snömagasinet smälter i den följande vårperioden. Genom att utnyttja tillgänglig information om snömagasinen reduceras en del av den osäkerhet som finns om framtida vattentillrinning. På så sätt förbättras prognoserna.

Priskänslig efterfrågan

Modellen tar också hänsyn till priskänslig efterfrågan, till exempel i elektriska ugnar inom industrin.

Prisfördelningsfunktioner

Ett unikt särdrag hos PoMo är att den behandlar vattentillrinning, efterfrågan och ett antal baslastproduktionsanläggningar som statistiska funktioner snarare än som urval ur diskreta historiska register. Detta gör det möjligt att beräkna statistiska fördelningsfunktioner för framtida spotpriser för en matematisk representation av volatiliteten.

Användarvänlig

Användarvänlighet har varit ett viktigt mål vid utformandet av modellen. Användaren har god överblick över de parametrar som läggs in i modellen. Genom att använda bästa möjliga programmeringstekniker så är körtiden för modellen endast en minut på en modern bordsdator vid en optimering åtta år eller 400 veckor framåt.

Utbildningsredskap

Enkelheten och användarvänligheten gör att modellen är lämplig för att lära ut hur en kombinerad kraftvärme- och vattenkraftmarknad fungerar. Användaren kan lätt experimentera genom att ändra t.ex. vattenmagasinskapaciteten, kraftvärmekapaciteten, bränslepriser och bränsleskatter och följa effekterna på elpriserna.

Enkel

PoMo:s struktur liknar andra kommersiellt tillgängliga modeller över den nordiska elmarknaden som används av de stora elproducenterna. I jämförelse med dessa är PoMo en förenklad modell. Alla vattenmagasin representeras av ett stort magasin. Det finns inga transmissionsbegränsningar inom marknaden.

Trots dessa förenklingar är modellens prediktiva förmåga god när den appliceras på den nordiska marknaden, vilket ses i diagrammet nedan.

