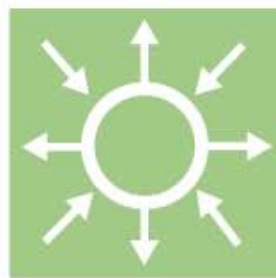




Framtidsbilder och forskningsbehov för elsystemet – Sett ur ett systemperspektiv

Slutrapport från Elforsks projekt: Roadmap för elsystemets utveckling

Elforsks rapport 10:22



Harald Haegermark, CHH Consulting
Bo Rydén, Profu AB

September 2009

ELFORSK

Förord

Projektet har i korthet gått ut på att från analyser av ett antal framtidsbilder/scenarier identifiera viktiga strategiska frågor för elföretagen i första hand i perspektivet 2020-2025 och i vissa fall längre, samt att från dessa frågor identifiera forskningsområden i första hand av övergripande karaktär och systemkaraktär men även för Elforsks verksamhet i allmänhet

Alla studier av detta slag är i viss mån "färskvara" men det är ändå vår förhoppning att rapporten skall kunna utgöra en plattform för planering av Elforsks insatser under någon tid framåt. För det syftet ger rapporten en sammanfattad syntes av vad av vad Elforsk gör i dagsläget. Vidare sammanfattas det energipolitiska och energiforskningsmässiga läget i mitten av 2009 genom referat av centrala dokument från EU, IEA och Sverige och angränsande större studier från andra håll med avsikten att samla detta material på ett ställe.

Projektet har pågått under flera år och viktiga omvärldsförhållanden för energisystemet har ändrats eller tillkommit under tiden. Projektet har successivt anpassats till dessa förändrade betingelser.

Projektet har bedrivits i dialog med Elforsks styrelse och programråd. Vidare har tre workshops hållits i olika stadier av projektet. Två workshops har därutöver hållits med yngre medarbetare i företagen. Ett av projektets syften har varit att kunna tjäna som en utbildning för yngre medarbetare.

Dessa former av dialog har gett många värdefulla synpunkter och har förhoppningsvis också bidragit till en ökad samsyn mellan elföretagen i strategiska frågor och forskningsfrågor, som i sin tur kan underlätta den fortsatta hanteringen av förslag och offerter från Elforsk.

Projektet har vidare pågått parallellt med IVA:s Vägval energi där Elforsk medverkat i arbetsgrupper. Material från de två projekten har utnyttjats ömsesidigt. Samarbetet har varit till stor nytta för Elforsks projekt och vi har anledning att tro att det också varit till nytta för IVA.

Elforsk framför ett varmt tack till alla som bidragit till projektresultatet genom medverkan i dialoger med styrelse och programråd och i seminarier m m.

Projektets ryggrad är de modellanalyser som Profu AB genomfört. Elforsk framför ett särskilt tack till Bo Rydén och hans medarbetare för förtjänstfulla insatser. Vi vill vidare särskilt tacka Harald Haegermark CHH Consulting som har varit projektledare och genomfört energipolitiska och forskningsinriktade utredningar samt ansvarat för slutrapporternas utformning.

Stefan Montin
Omvärd och system
Elforsk

Sammanfattning

Projektet har i huvudsak bestått av att analysera ett antal framtidsbilder och från dessa identifiera viktiga strategiska frågor för företagen inom Elforsk. Från de strategiska frågorna har ett antal forskningsområden i olika tidsperspektiv i sin tur identifierats. Framtidsbilderna har baserats på EU:s s.k. 20 mål till år 2020 och ett antal scenarier byggda på dessa har analyserats till sina konsekvenser för det stationära nordiska energisystemet. Analyserna har utförts av Profu AB. För att definiera viktiga forskningsområden att behandla i dagsläget fordras även ett längre tidsperspektiv än året 2020 som gäller för EU-målen. Viktiga drivkrafter för energisystemens utveckling är även i ett längre perspektiv:

- Uthållighet, tillförsäkerhet och klimatfrågan i både internationellt (särskilt EU:s) och svenskt perspektiv. Fokus kan komma att skifta mellan dessa frågor. Starkare internationella överenskommelser kommer att krävas. De internationella överläggningarna om nytt klimatavtal efter Kyoto står för dörren.
- Enligt de flesta bedömningar blir energi dyrare under de närmaste decennierna än i dagsläget. Konkurrensförhållanden mellan olika energislag kan komma att ändras genom olika mekanismer, (utvecklad ETS, ökande fossilbränslepriser skatter etc.). Förnybar energi får större möjligheter att konkurrera.
- I Sverige kommer frågorna allt närmare om hur ersättning av den nuvarande kärnkraften skall ske. Kraven på kunskaper om olika optioner och inte minst systemfrågor ökar.

I rapporten anges ett stort antal forskningsområden främst av övergripande natur och systemkaraktär men delvis även frågor specifika för Elforsks övriga programområden. En förhoppning är att det övergripande angreppssättet skall vara till hjälp även för den programområdesvisa planeringen och för samordningen av denna mellan programområden. Den fortsatta hanteringen av förslagen sker på sedvanligt sätt i Elforsks programråd.

Några viktiga lärdomar av projektet, vilka också ställer nya forskningsfrågor är:

- Forskning om styrmedel är viktig. Bredare analyser än med hjälp av enbart energisystemmodeller krävs, särskilt av ekonomiska förhållanden. Nya affärsmodeller aktualiseras.
- Nätfrågornas stora betydelse för att nå EU-målen och att utnyttja möjligheter till elexport. Stora investeringar kommer att krävas i näten på alla spänningsnivåer för att hantera stora mängder elproduktion från förnybara källor särskilt vindkraft. Djupare analyser krävs av betingelserna för elexport.

- Reglerkraft för spec. vindkraft och hur denna fråga skall lösas om inte nuvarande kärnkraft på sikt ersätts med ny kärnkraft i samma lägen som den gamla.
- Hur nuvarande kärnkraft skall ersättas är en nyckelfråga. Två av de äldsta aggregaten kan komma att avställas av ekonomiska skäl redan i perioden 2020-2025.
- Det finns tak för biobränsleanvändning i t ex fjärrvärmesystemen. Nya konkurrensförhållanden om bioråvara kan uppstå vid en ev. storskalig introduktion av andra generationens drivmedel.
- Intresset för laddhybrider har ökat kraftigt liksom intresset för s.k. SmartGrids. En fråga gäller hur SmartGrids skall kunna hanteras inom ramen för en avreglerad marknad.
- Intresset för CCS för särskilt i kraftverk har ökat kraftigt internationellt, inte minst inom EU-programmet, men är inte så aktuellt i Sverige. CCS för energiintensiv industri kan dock bli en möjlighet. CCS kan via internationella elmarknader få en väsentlig indirekt betydelse för Sverige.

Rapporten speglar läget i juni 2009.

Omvärldsförutsättningar för energisystemet förändras ständigt. Det finns därför skäl att se över rapporten om något år.

Sammanfattning av projektets analyser och modellstudier

En framtidsbild för elsystemet, med EU:s gröna paket

Elmarknadens utveckling är avgörande för att vi i Sveriges och Nordens energisystem skall kunna nå EU:s mål om reduktion av växthusgasutsläpp och en kraftigt ökad användning av förnybar energi. Genomförs EU:s "gröna paket" blir nordisk el nästan helt CO₂-fri redan år 2020. En stor del av all ny kraft som byggs i Norden blir förnybar. Kärnkraften ökar också, genom effekthöjningarna i Sverige och två nya reaktorer i Finland. Utbyggnaden av gaskraft avstannar och kol- och torvkraft i kondensdrift får successivt allt kortare drifttider. CCS får ingen stor betydelse i Norden.¹ Elanvändningen i Norden fortsätter att öka, ungefär i samma takt som idag.

Många scenarier analyserade

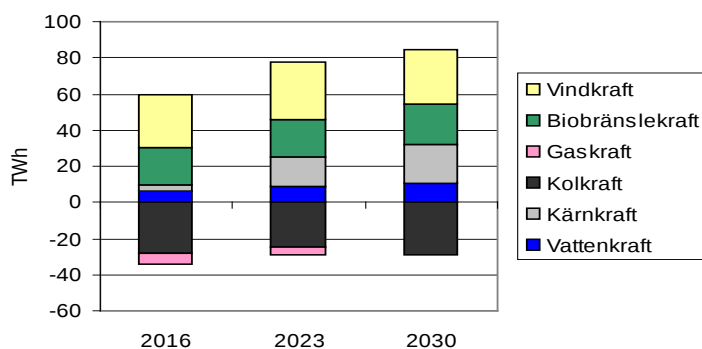
I projektet har vi, med modellanalyser, studerat en serie framtidsbilder och utvecklingsscenarier. Huvudscenariet omfattar EU:s gröna paket, dvs. EU:s mål om minst 20 % förnybart i energimixen och en minskning av koldioxidut-

¹ Givet analysens förutsättningar. CCS kan dock få indirekt betydelse för Sverige och eventuellt tillämpas på längre sikt i energiintensiv industri. Se vidare det särskilda kapitlet om CCS.

släppen² med 20 %. Vi har i alternativa scenarier bl.a. också analyserat: effekten av EU:s förslag till mål om 20 % effektivisering, en öppen handel inom det förnybara direktivet, en ökad acceptans för utbyggnad av kärnkraft och vattenkraft samt en utvecklingsväg där inte EU:s mål nås (ett referensscenario byggt på "business-as-usual").

Utvecklingstrender

EU:s mål för CO₂-reduktion och förnybar energi har stor påverkan på det nordiska kraftsystemets utveckling. Nästan all ny kraft som byggs i Norden blir förnybar och det är biobränslekraft, värme och vindkraft som dominerar i utbyggnaden. Vattenkraften expanderar med cirka 10 TWh i Norden, men endast en mindre del sker i Sverige. Vattenkraften skulle vara möjlig, och ekonomiskt attraktiv, att bygga ut betydligt kraftigare då den är förnybar, men politiska beslut bromsar detta.



Förändringar i kraftproduktionen i Norden med EU:s "gröna paket", angivet som ökad respektive minskad produktion jämfört med år 2005.

Mer kärnkraft, utöver effektförstärkningarna i Sverige, (som kan ses som en form av nybyggnad), och en femte och sjätte finsk reaktor, blir inte lönsam att bygga ut före 2030 enligt detta projekts analyser, utan blir aktuell först som ersättning för uttjänta reaktorer. Utbyggnaden av gaskraft avstannar och kolkraft i kondensdrift får successivt allt kortare drifttider. Endast viss kol/gas-mottryck och kol/gaskraftvärme är kvar år 2020 i huvudscenariot. CCS får heller ingen stor betydelse i Norden.

Elpriset påverkas av EU-målen, genom att styrmedlen för CO₂ medverkar till att höja systempriset på Nord Pool medan de styrmedlen som skall stimulera förnybar energi sänker systempriset. För konsumenterna kommer dock båda dessa EU-mål att leda till elprisökningar t ex via elcertifikaten.

CO₂-utsläppen minskar med mer än 20 % i energisystemet

Utsläppen av koldioxid minskar med cirka 25 % i det nordiska energisystemet om EU:s gröna paket genomförs. Det betyder alltså att förnybarhetsmålet ensamt ger en större CO₂-reduktion än 20 %. Om också målet om 20 % energieffektivisering genomförs blir CO₂-minskningen hela 40 % till år 2020.

² EU:s mål gäller reduktion av alla växthusgaser. De omräknas till CO₂-ekvivalenter, varför målet uttrycks i procent CO₂-ekvivalenter. Vi har därför valt att förenklat benämna målet som ett "koldioxidmål" i denna rapport.

Elanvändning och energieffektivisering

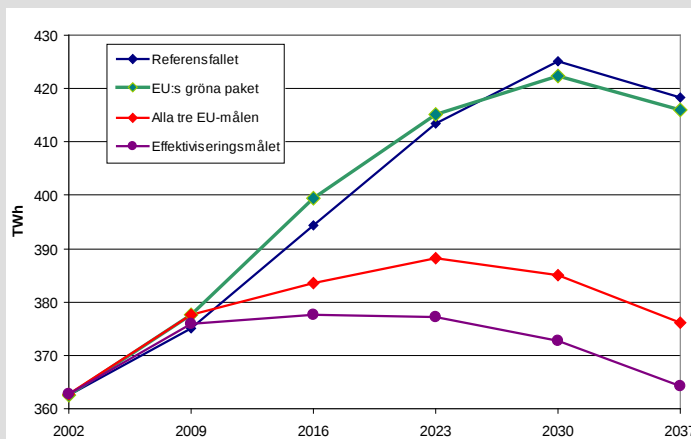
Elanvändningen fortsätter att öka i Norden i projektets huvudscenario, i samma takt som de senaste åren. Om EU:s mål om energieffektivisering får fullt genomslag avstannar dock ökningen och vi får en minskning efter 2020.

Energieffektiviseringen får en nyckelroll i energiomställningen, särskilt som EU i sitt 20 % -mål uppmuntrar effektivisering i både användningen och tillförseln. Effektiviseringen ger då både resurshushållning och CO₂-reduktion samt bidrar till att öka den förnybara andelen i energisystemet³. Vår dömning är dock att relativt kraftiga politiska styrmedel krävs för att få åtgärderna genomförda, trots att många av dem är lönsamma.

Eftersom EU:s effektiviseringsmål relaterar till primärenergi är primärenergieviktningen avgörande viktig för att nå synergier med tillförseln. Viktas exempelvis kärnkraft med uranets energivärde som primärenergi, blir kärnkrafts-avveckling en lönsam "effektiviseringsåtgärd". Det är olyckligt eftersom kärnkraften är CO₂-fri, och eftersom EU anger kärnkraft som en viktig klimatåtgärd tror vi inte att effektiviseringsmålets uppgift är att eliminera kärnkraften. (I projektets analyser har vi därför givet kärnkraft primärenergifaktorn 1 istället.)

Förnybar energi

Till år 2020 ökar användningen av förnybar energi i Norden med drygt 120 TWh om EU:s gröna paket genomförs, varav en stor del inom elproduktionen i form av biobränslekraftvärme, biobränslemottryck och vindkraft. EU:s förnybarhetsmål ger cirka 30 TWh/år vindkraft i Norden, varav 12-15 TWh i Sverige.⁴ Biobränslekraftutbyggnaden fortsätter, åtminstone till 2020. Värmepumpar gynnas också eftersom värmen från dessa hittills betraktas som förnybar i EU-definitionerna.



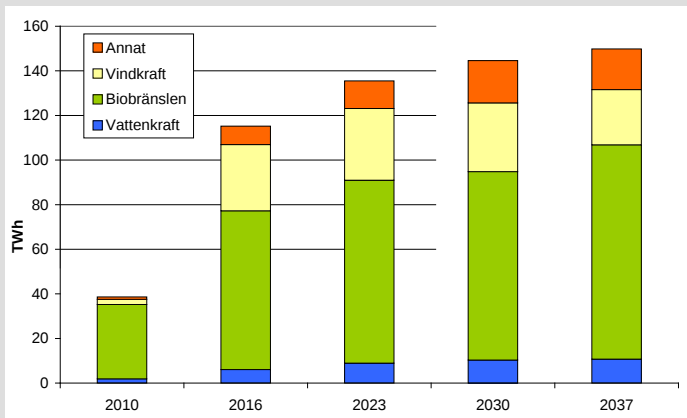
Ökningen av elanvändningen i Norden avstannar som en följd av EU:s 20 % -iga effektiviseringsmål. (Elanvändning exkl. förluster.)

³ Energieffektivisering spelar också stor roll för EU:s förslag i Strategic Energy Review 2 för att öka "Security of Supply"

⁴ Överslagsmässigt innebär detta att 1000 vindkraftverk om vardera 5 MW skall byggas under 10 år dvs. ett var tredje dag

Om effektiviseringsmålet också implementeras dämpar det ökningstakten för förnybar energi och minskat uppvärmningsbehov begränsar också utrymmet för biobränslekraftvärme. Användningen av biobränsle blir till och med mindre än i referensscenariot, då biobränsle stimuleras kraftigt redan av nuvarande styrmedel.

Användningen av värmepumpar uppmuntras istället extra mycket av *kombinationen* av effektiviserings- och förnybarhetsmålet, och ökar därmed än mer. Fjärrvärmens expansion avstannar och avfallsvärmen tar, relativt sett, allt större "plats" i produktionsmixen. Stora värmepumpar får en renässans på bekostnad av biobränslekraftvärme. Det betyder alltså mindre kraftvärme och den kraftvärme som utnyttjas har jämförelsevis lågt elutbyte (stor andel avfalls- och biobränslekraftvärme).



Ökning av förnybara energislag i Norden, jämfört med 2005, då EU:s förnybarhetsmål tillämpas

Elhandeln och möjligheterna till ökad handel inom det förnybara direktivet

Sverige blir (stor) nettoexportör av el i samtliga scenarier. Exporten blir större än idag. Om det också blir möjligt att handla inom EU:s förnybarhetsdirektiv, t.ex. via ett gemensamt nordeuropeiskt elcertifikatsystem, så ökar den förnybara elproduktionen i Norden ytterligare. Ju mer förnybar el som krävs, desto mer förnybart produceras i Norden. Detta tränger undan allt mer av annan elproduktion i Norden och kan samtidigt öka den nordiska elexporten (netto) från 15 TWh/år till upp emot så mycket som 40 TWh/år, visar våra analyser. Den ökade exporten av el i Norden leder till behov av förstärkning av överföringsförbindelserna mellan Norden och Tyskland/Polen. Sådana förstärkningar blir lönsamma till följd av elprisskillnaderna mellan områdena.

Summary

The project has mainly consisted of analysing a number of pictures/scenarios of the future and from these pictures identifying important strategic issues for the Elforsk companies. From these issues a number of research areas in different time perspectives have been identified. The pictures/scenarios of the future have been based on EU: s so called "20-objectives" for the year 2020 and a number of scenarios based on how to reach these objectives have been analysed as to their consequences for the stationary Nordic energy system. The analyses have been carried out by Profu AB. Identifying important research areas to treat at the present time also require a longer time perspective than the year 2020, which is the basis for the EU objectives. Also in this longer time perspective, important driving forces for the development of the energy systems are:

- Sustainability, security of supply, the climate issue in both an international (especially EU: s) and a Swedish perspective. The focus may come to shift between these issues. Stronger international agreements will be required. The international negotiations about a new climate agreement after Kyoto are imminent.
- According to most expert opinions, energy will become more expensive during the coming decades than at present. Competition between different forms of energy will change by different mechanisms, (e.g. further developed ETS system, increasing prices on fossil fuels, taxes). Renewable forms of energy will become more competitive.
- In Sweden, the issues connected with replacement of the present nuclear capacity will increasingly become more important. The needs for knowledge will increase on different options and not least of the systems issues concerned.

The report presents a large number of research areas foremost on horizontal and systems issues relevant to Elforsk's programme area for Strategies and Systems but also on issues more specific to Elforsk's other program areas. We hope that the horizontal and systems approach taken in the project will be helpful also for the planning of Elforsk's programme areas and for the coordination between these areas. The continued processing of the research proposals presented will as usual be carried out in Elforsk's program councils.

- Research on energy and environmental policy measures is important. Broader analyses than solely with the use of energy system models are required especially of economic aspects. New business models will come into play.
- The great importance of transmission and distribution grids to reach the EU objectives and to exploit the possibilities for the export of electric power. Large investments in the grids of all voltage levels will be required to make it possible for the grids to handle large amounts of

renewable power generation, particularly from wind power. Deeper analyses will have to be done on the prerequisites for an increased electricity export.

- Balancing power capacity for particularly wind power and how this issue should be resolved if present nuclear power capacity will not be replaced with new nuclear power capacity at the same sites as the present.
- How to replace the present nuclear power capacity is a key issue. Two of the oldest power plants may be shut down for economic reasons already in the time frame 2020-2025.
- There is a ceiling for the use of bio energy in the district heating systems. New form of competition on bio energy may arise if second generation biofuels for the transportation sector are introduced on a large scale.
- The interest for hybrid vehicles has increased strongly as well as the interest for Smart Grids. One question is how Smart Grids can be handled within the conditions of a deregulated electricity market.
- The interest for Carbon Capture and Storage (CCS) for power plants has increased strongly internationally not least within the EU program, but may not be so relevant for Sweden. However, CCS for energy intensive industries may become an important option. Furthermore, CCS may come to have an essential indirect importance to Sweden through international electricity markets.

Important and decisive conditions for the energy systems change continuously. Therefore there are good reasons for updating the report in a year or so.

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
Summary	8
Rapportens uppbyggnad och tips för läsaren	1
1 Inledning	2
1.1 EU:s gröna paket	3
1.2 EU:s Strategic Energy Review 2	3
1.3 Energi- och miljöpropositionerna mars 2009	5
2 Roadmaps och framtidsbilder för elsystemets utveckling	11
2.1 Syfte och projektmål	11
2.2 Övergripande strategiska frågor	11
2.3 Elforsks framtidsbilder och scenarier	13
2.4 Scenarier i tre nivåer/grupper	14
3 Omvärlds- och beräknings-förutsättningar	16
3.1 Bränslepriser	16
3.2 Styrmedel i referensfallet	16
3.3 Tekniker för elproduktion	17
3.3.1 Kärnkraft	17
3.3.2 Vattenkraft	17
3.3.3 Övrig förnybar elproduktion	17
3.3.4 Gaskraft	18
3.4 Elhandel med grannländerna	18
4 Bakgrundsmaterial om forskning	20
4.1 Elforsk	20
4.2 Angränsande större studier	21
IEA-ETP – Global energy scenarios and strategies to 2050	21
5 A. Framtidsbilder – utvecklingen av hela energisystemet	23
5.1 Nordisk el nästan helt CO ₂ -fri redan år 2020	23
5.1.1 All ny kraft blir förnybar kraft och kärnkraft	24
5.1.2 Referensfallet	24
5.2 Elanvändningens utveckling	25
5.2.1 Elanvändningen minskar vid 20 % effektivisering	25
5.2.2 Primärenergiviktningen	25
5.2.3 Nordisk elproduktion vid alla tre EU-målen	26
5.3 CO ₂ -utsläppen minskar med mer än 20 % i energisystemet	27
5.4 De samhällsekonomiska kostnaderna	28
5.5 Förnybar energi	29
5.5.1 Förnybar energi ökar inte lika mycket med alla tre EU-målen ...	30
5.5.2 Möjligheterna till ökad elhandel inom det förnybara direktivet ...	32
5.6 Strategiska frågor	32
5.6.1 Forskningsområden	33
6 B-avsnitten. Särskilda områden	34
6.1 Övriga systemfrågor	34

6.1.1	Strategiska frågor	36
6.1.2	Forskningsområden	36
6.2	Elmarknaden och Market Design	36
6.2.1	Strategiska frågor	39
6.2.2	Forskningsområden	40
6.3	Elanvändningens utveckling och energieffektivisering	40
6.3.1	Effektiviseringspotentialens storlek i Sverige	42
6.3.2	Hur mycket av "bruttopotentialen" blir genomförd utan styrmedel?	42
6.3.3	Hur påverkas elanvändningens utveckling vid 20 % effektivisering?	42
6.3.4	MARKAL-analyser	43
6.3.5	Strategiska frågor	44
6.3.6	Forskningsområden	44
6.4	Elfordon - Laddhybrider och elbilar	46
6.4.1	Strategiska frågor	46
6.4.2	Forskningsområden	47
6.5	Vattenkraft	47
6.5.1	Strategiska frågor	48
6.5.2	Road map	50
6.5.3	Forskningsområden	50
6.6	Kärnkraft	50
6.6.1	Strategiska frågor	51
6.6.2	Road map	52
6.6.3	Forskningsområden	52
6.7	Vindkraft	53
6.7.1	Strategiska frågor	55
6.7.2	Forskningsområden	55
6.8	Biobränslen	56
6.8.1	Strategiska frågor	58
6.8.2	Forskningsområden	58
6.9	Elproduktion från fossila bränslen	60
6.9.1	Strategiska frågor	61
6.9.2	Forskningsområden	61
6.10	Kraftvärme – Fjärrvärme - Industriellt mottryck	61
6.10.1	Strategiska frågor	63
6.10.2	Forskningsområden	64
6.11	Energikombinat och bioraffinaderier	64
6.11.1	Strategiska frågor	66
6.11.2	Forskningsområden	67
6.12	CCS	68
6.12.1	Strategiska frågor	69
6.12.2	Road map	70
6.12.3	Forskningsområden	70
6.13	Export/import av el	71
6.13.1	Forskningsområden	75
6.14	Transmission och distribution av el	76
6.14.1	Strategiska frågor	80
6.14.2	Road Map	81
6.14.3	Forskningsområden	81
6.15	Vätgas som energibärare	82
6.15.1	Strategiska frågor	83
6.15.2	Forskningsområden	85
6.16	Bränsleceller	85
6.16.1	Strategiska frågor	85
6.16.2	Road Map	85
6.16.3	Forskningsområden	85

6.17	Solceller.....	86
6.17.1	Strategiska frågor.....	86
6.17.2	Road map.....	86
6.17.3	Forskningsområden.....	86
6.18	Ellagring	87
6.19	Vågkraft.....	88
6.19.1	Strategiska frågor.....	88
6.19.2	Road map.....	88
6.19.3	Forskningsområden.....	88
6.20	Övrigt.....	89
6.20.1	ORC (Organic Rankine Cycle)	89
6.20.2	Concentrated Solar Power CSP	89
6.21	Ej diskuterade möjligheter	89
7	Syntes och slutsatser	91
8	Bilaga 1. Projektet och hur det bedrivits	92
8.1	Förhistoria.....	92
8.2	Workshops och seminarier	93
8.3	Rörligt mål	93

Rapportens uppbyggnad och tips för läsaren

Efter en inledning om EU:s s.k. gröna paket, EU:s Strategic Energy Review 2 och de svenska energi- och miljöpropositionerna från mars 2009 beskriver rapportens första del beräkningsförutsättningar och de analyser som Profu AB gjort utifrån olika varianter av EU:s 20 mål. Som redan framgått är dessa analyser också sammanfattade separat. Analyserna leder i rapportens A-del fram till slutsatser, utvecklingstrender och forskningsbehov för hela energisystemet främst betingade av EU-målen.

Profus analyser och tillhörande identifierade forskningsområden är baserade på att EU:s mål (sådana de förelåg vid årsskiftet 2008/2009) skall vara uppnådda till år 2020. Eftersom projektet syftar till att identifiera forskningsbehov, och forskning tar tid, behövs det ibland ännu längre tidsperspektiv än 2020 för att identifiera den forskning som bör startas nu. Vi har därför även ställt strategiska frågor i ett längre tidsperspektiv än 2020.

Rapportens B-avsnitt går igenom ett tjugotal teknik- och utvecklingsområden, även här beträffande utvecklingsläge, strategiska frågor och forskningsområden. Tyngdpunkten ligger på forskningsområden av systemkaraktär men även områden mera direkt knutna till Elforsks övriga programområden finns med.

En stor del av den teknikutveckling som behövs är "evolutionär" snarare än "revolutionär". Osäkerheter av många slag finns givetvis men osäkerheter om själva teknikutvecklingen är ofta inte lika avgörande som t ex de om styrmedelsutvecklingen för att EU-målen skall kunna nås. Rapporten anger ett stort antal forskningsområden inom berörda teknikområden. Rapporten anger däremot endast road maps för teknikutvecklingen för en del av områdena. För övriga områden ligger kritiska tidpunkter mm, (som är centrala för road maps), mera i tempot i investeringsprogram samt i styrmedelsutformning och ramvillkor än i teknikutvecklingen som sådan.

Rapporten är omfattande. Vi hoppas att innehållsförteckningen skall kunna leda en läsare till dennes speciella intresseområden. Den gjorda uppdelningen gör att vissa frågor t ex nätfrågor finns på flera ställen, i just det fallet under systemfrågor, (t ex integration av förnybar energi, och vattenkraft), export/import av el samt transmission och distribution. Biobränslen finns under biobränslen själv, kraftvärme, fjärrvärme och industriellt mottryck samt kombinat och bioraffinaderier. Framställningssättet innebär att vissa upprepningar är nödvändiga.

Rapporten speglar läget i juni 2009.

Elforsk publicerar även en förkortad version av denna huvudrapport. Där läggs huvudvikten vid strategiska frågor, slutsatser och forskningsområden, särskilt av övergripande och systemmässig art.

1 Inledning

En gemensam strävan i EU:s och svensk politik är att utveckla samhället i hållbar riktning. Det framtida energisystemet är en väsentlig del av ett sådant samhälle. I projektet har vi en allmän syn på en hållbar samhällsutveckling för ögonen men vårt fokus är de krav som ett sådant samhälle ställer på energisystemet.

EU har sedan 2001 en allmän strategi för uthållig utveckling ("sustainable development")⁵. En nyckelpunkt i strategin är att miljöskydd, social rättvisa och sammanhållning ("social cohesion") samt ekonomiskt välbefinnande måste gå hand i hand. Strategin skall enligt sina syften ligga till grund för översyner och utformning av EU:s politik inom olika områden under de närmaste åren. EU:s energi- och miljöpolitiska paket kan ses bl.a. mot denna bakgrund.

EU:s energi- och miljöpolitiska paket (här kallat "EU:s gröna paket") har vi sett som ett operationellt uttryck för en energipolitik för EU, som grundas på den övergripande strategin för hållbarhet. Vår analys i projektet utgår från målen i paketet.

EU la den 13 november 2008 fram sin Strategic Energy Review 2 med ett antal omfattande förslag utöver 20-målen. Dess första prioritet är dock att EU skall komma till beslut om dessa mål. Den innehåller även ett förslag att EU skall ta fram en energipolitisk vision och road map till 2050. (Se referat nedan). SER 2 har inte varit grund för våra analyser men en del av dess förslag om t ex nät och CCS finns omnämnda i rapporten.

EU:s och Sveriges energipolitik byggs upp kring tre hörnstenar:

- Effektivitet och konkurrenskraft – energimarknadernas roll och funktion
- Trygg och säker energiförsörjning
- Klimat- och miljöhänsyn

Tillsammans formar dessa en energipolitik som är inriktad mot en hållbar utveckling. EU:s strategi för hållbar utveckling ses över fortlöpande. Medlemsstaterna lämnar rapporter om sina framsteg.

EU:s strategi gör inte en egen definition av begreppet hållbar ("sustainable") utan definierar ett tiotal problem som leder till en icke-hållbar utveckling och inriktar strategin på att lösa dessa problem. Flera av problemen har direkt koppling till energiområdet, t.ex. Växthusgasers klimatpåverkan, Avfallsmängder ökar snabbare än BNP, Markförstöring och minskad odlingsbarhet medan kopplingen är mera indirekt för problemområdena Förlorad biodiversitet, Ökande mängder av farliga kemikalier, och Åldrande befolkning.

⁵ A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development. COM(2001)264 final

Elbranschen har en nyckelroll i välfärdsutvecklingen och är starkt bidragande till att stärka den ekonomiska utvecklingen i Sverige och EU. Svenska elföretag har också tagit en ledande roll i det globala klimatarbetet.

1.1 EU:s gröna paket

EU-kommissionen lade den 23 januari 2008 fram sitt energi- och klimatpaket⁶ och i december 2008 nåddes en överenskommelse med EU-parlamentet och ytterligare beslut har fattats under januari 2009. Målet med åtgärds paketet är att minska utsläppen av växthusgaser med minst 20 procent jämfört med 1990 och att öka andelen förnybar energi i EU från 8,5 till 20 procent fram till 2020. EU har också förklarat sig berett att öka reduktionen av växthusgaser till 30 % under förutsättning att andra gör samma åtagande. Vi har inte analyserat ett mål på 30 % i denna studie. (Ett sådant mål kan få stora konsekvenser och dessa beror på hur man utformar en ökad ambitionsnivå. Man kan lägga huvuddelen av åtgärderna i antingen den handlande eller den icke handlande sektorn. Resultatet och effekterna blir olika).

Målet om utsläppsminskningar på 20 procent jämfört med 1990 motsvarar en minskning med 14 procent jämfört med nivån år 2005. Minskningen ska nås dels inom systemet för handel med utsläppsrätter, dels genom åtgärder i andra sektorer. Handelssystemet kommer att utvidgas och antalet utsläppsrätter kommer att minskas efter hand så att de utsläpp som täcks av systemet minskar med 21 procent jämfört med 2005 års nivåer.

Inom sektorer som inte omfattas av handelssystemet ska utsläppen i genomsnitt minska med 10 procent jämfört med 2005. För Sveriges del ska minskningen inom sektorer utanför handelssystemet vara 17 procent.

För att nå målet om 20 procent förnybar energi till 2020 sätter kommissionen individuella och obligatoriska mål för alla EU-länder, som för Sveriges del innebär en ökning från 40 till 49 procent förnybar energi.

I förslaget ingår också målet att biobränslen ska stå för minst 10 procent av transportbränslet inom EU och i direktivförslaget ingår tydliga hållbarhetskriterier. Kommissionen har också antagit nya riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd som ska hjälpa medlemsstaterna att utforma en hållbar europeisk klimat- och energipolitik.

1.2 EU:s Strategic Energy Review 2

EU-kommissionen la 2008-11-13 fram Strategic Energy Review 2. (Dito nr 1 kom i mars 2007). Förslagen skall bl.a. stödja "20-målen".

Viktiga punkter

- Energisolidaritet

⁶ Förslaget föregicks av ett första energi- och miljöpolitiskt paketförslag i januari 2007, som behandlades bl.a. av EU:s toppmöten under 2007. Som underlag för effektiviseringsmålet hade EU under 2006 framlagt en särskild grönbok och en Action Plan för Energy Efficiency.

- EU-politik för elnät
- En ny EU-åtgärdsplan för energitrygghet (Energy Security) med fem områden för åtgärder för att säkra en hållbar energiförsörjning
- Översikt av de problem som EU kommer att stöta på mellan 2020 och 2050.
- Förslag om energieffektivisering

Översynens första prioritering enligt den strategiska översynen är att anta och snabbt genomföra åtgärder för att uppnå EU:s 20-mål, (vilket är igång).

Dess andra prioritering är att ta itu med den allt osäkrare energiförsörjningen i EU. Även om målen beträffande förnybar energi uppnås, kommer EU sannolikt att behöva importera mera än i dag. EU måste förbättra den nuvarande politiken för att kunna uppnå unionens mål om energieffektivitet. Vidare behöver EU förbättra sin förmåga att agera samfällt i en kris.

I den nya EU-åtgärdsplanen för energitrygghet och energisolidaritet anger kommissionen fem områden där det krävs mer åtgärder för att EU i framtiden ska få en säkrare och mera hållbar energiförsörjning och för att avvärja risken för kris i EU som helhet.

- Infrastructure needs and the diversification of energy supplies bl.a.

Development of a Baltic interconnection plan, better linking the region with the rest of the EU, improving the security and diversity of its energy supply, enabling solidarity;

The Trans-European Energy Networks (TEN-E) instrument and its budget were conceived and developed when the EU was considerably smaller and faced energy challenges of a completely different dimension compared to today. The Commission is tabling a Green Paper that launches a reflection on how the existing TEN-E instrument could be replaced by a new, the EU Energy Security and Infrastructure Instrument

- External energy relations

- Oil and gas stocks and crisis response mechanisms

- Energy efficiency

The 2006 Energy Efficiency Action Plan will be evaluated in 2009. In the meantime a 2008 Energy Efficiency Package is being tabled, focused on improvements in the legislation on the energy performance of buildings and on energy labelling as well as intensification of the implementation of ecodesign and cogeneration Directives. These are all areas in which energy efficiency improvements can be achieved, with substantial impact on Europe's energy consumption and energy security.

A new Sustainable Energy Financing Initiative is being prepared jointly with European Investment Bank and other financial organisations, to mobilise large-scale funding from capital markets

for investments in energy efficiency as well as renewable energies, clean use of fossil fuels and combined heat and power from renewables in Europe's cities.

- Making the best use of the EU's indigenous energy resources.

Technology is crucial in developing and using our resources in a cost-effective and environmentally-sustainable way so our next step in the Strategic Energy Technology Plan will be a Communication on Financing Low Carbon Technologies. This will propose ways to support large scale demonstrations at EU level, including up to twelve Carbon Capture and Storage (CCS) demonstration plants. Europe's aim to have up to twelve commercial scale demonstration plants in operation by 2015 and the G8 commitment to launch twenty demonstration plants globally by 2020 will require greater incentives than currently available.

Vision to 2050 och Road map

The EU's agenda for 2020 has set out the essential first steps in the transition to a high-efficiency, low-carbon energy system. The EU needs to develop a vision for 2050 and a policy agenda for 2030. The fundamental technological shifts involved in decarbonising the EU electricity supply, ending oil dependence in transport, low energy and positive power buildings, a smart interconnected electricity network will only happen with a coordinated agenda for research and technological development, regulation, investment and infrastructure development. In addition, the transition to a high-efficiency, low-carbon energy system needs to be promoted not only in Europe but worldwide.

The Commission will prepare in the framework of the Strategic Energy Technology Plan a Roadmap towards a 2050 Energy Policy, in dialogue with Member State officials, academics and industry experts.

1.3 Energi- och miljöpropositionerna mars 2009

Energi- och miljöpropositionerna (prop. 2008/09:162 resp. 163) kom 2009-03-11. Då var analyserna i projektet väsentligen avslutade. Vi har alltså inte beaktat propositionerna i arbetet men deras huvudsakliga utgångspunkter och fokusområden avviker inte väsentligt från våra.

Riksdagen fattade beslut om båda propositionerna i mitten av juni 2009. Det följande referatet av propositionerna är baserat på sammanställningar av Svensk Energi:

Energipropositionen

Propositionens vision är att:

- År 2050 har Sverige en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning och inga nettoutsläpp av växthusgaser i atmosfären

Följande mål anges för 2020

- 50 procent förnybar energi
- 10 procent förnybar energi i transportsektorn
- 20 procent effektivare energianvändning
- 40 procent minskning av utsläppen av klimatgaser.
 - Målet avser den icke handlande sektorn 20 miljoner ton i förhållande till 1990 års nivå

Värmesektorn

- Användningen av fossila bränslen för uppvärmning kommer att avvecklas till år 2020

Transportsektorn

- Politiken fokuseras på att stegvis öka energieffektiviteten i transportsystemet, bryta fossilberoendet och minska klimatpåverkan
- Svensk industri kan vara världsledande i omställningen, bland annat genom utveckling av hybridfordon, elbilar och biodrivmedel
- År 2030 bör Sverige ha en fordonsflotta som är oberoende av fossila bränslen

Elproduktionen

- Svensk elproduktion står i dag i princip bara på två ben – vattenkraft och kärnkraft
- Klimatfrågan står i fokus och kärnkraften kommer därmed under den tid vi kan överblicka att förbli en viktig del av svensk elproduktion
- För att minska sårbarheten och öka försörjningstryggheten bör ett tredje ben utvecklas för elförsörjningen
- Kraftvärme, vindkraft och övrig förnybar kraftproduktion måste tillsammans svara för en betydande del av elproduktionen

Fossil energi

- Naturgasen kan ha betydelse under en omställningsperiod, främst i industri och kraftvärme, alltså inom det europeiska systemet för handel med utsläppsrätter, ETS
- Infrastruktur för naturgas kan därmed utvecklas på kommersiella villkor och på ett sätt som understödjer en successiv introduktion av biogas
- Sverige bör verka för att en av de planerade EU-finansierade pilotanläggningarna för CCS (Carbon Capture and Storage) kopplas till svensk basindustri

Förnybar energi

- Certifikatsystemet för förnybar elproduktion ska vidareutvecklas.
 - Ett nytt mål i nivå med 25 TWh bör sättas för år 2020
 - Den långsiktiga inriktningen för perioden därefter är en fortsatt successiv ökning av den förnybara elproduktionen.
- Energimyndigheten kommer att ges i uppdrag att analysera och utforma hur ambitionshöjningen i certifikatsystemet ska genomföras.

- Möjligheterna till en utvidgad marknad för certifikatsystemet till fler länder bör övervägas.
- Sverige ska ta tillvara möjligheten att inom EU:s direktiv för förnybar energi låta andra länder finansiera investeringar i förnybar elproduktion.
 - Praktiska modeller för att möjliggöra sådana samarbetsprojekt ska utvecklas skyndsamt.
- En ny planeringsram för vindkraft på 30 TWh till år 2020 fastställs, enligt Energimyndighetens förslag,
 - varav 20 TWh till lands och 10 TWh till havs.

Kärnkraften

- Ansökningar om effekthöjningar kommer att prövas på samma sätt som hittills
- Kärnkraftsparentesen förlängs
 - Genom att inom ramen för maximalt tio reaktorer tillåta nybyggnation på befintliga platser
- Tillstånd ska kunna ges för att successivt ersätta nuvarande reaktorer i takt med att de når sin ekonomiska livslängd.
 - Avvecklingslagen avskaffas.
 - Förbudet mot nybyggnad i kärntekniklagen tas bort.
 - En utredning tillsätts för att utforma en kärnkraftslagstiftning som ger förutsättningar för kontrollerade generationsskiften
- Den samhälleliga prövningen av nya kärnkraftsprojekt görs i samband med tillståndsgivningen.
 - Försörjningstrygghet är en av grunderna för prövningen.
- Tillstånd för nya reaktorer kommer att prövas enligt lagstiftningens krav på bästa tillgängliga teknik.
- Något statligt stöd för kärnkraft, i form av direkta eller indirekta subventioner, kan inte påräknas.
- Atomansvarslagstiftningen anpassas till den uppdaterade Pariskonventionen och dess tilläggsprotokoll.
 - Det innebär att reaktorägarna i ökad omfattning får ta ansvar för kärnkraftens risker.
 - Frågan om det obegränsade skadeståndsansvaret utreds i samband med utredningen om en ny kärnkraftslagstiftning.
- Försöket att lösa upp samägandet av de svenska kärnreaktorerna fullföljs.

Energieffektivisering

- Ett mål om 20 procent effektivare energianvändning bör sättas upp till år 2020.
- Målet uttrycks som ett sektorsövergripande mål om minskad energiintensitet om 20 procent mellan 2008 och 2020.
- Energieffektivisering bör bedömas utifrån ett systemperspektiv.
 - Den nytta som uppnås i form av mindre resursförbrukning och mindre miljöpåverkande utsläpp och på sikt också lägre kostnader ska ses som det egentliga syftet med energieffektivisering.
 - Effektivisering i sig ska inte uppfattas som det egentliga målet.
- Ett femårigt program för effektivare energianvändning genomförs med utgångspunkt i Energieffektiviseringsutredningens förslag.

- Programmet tillförs 300 miljoner kronor årligen, utöver dagens politik, och finansieras inom ramen för energibeskattningen

Effektiva energimarknader

- Sverige ska bidra till att fullfölja utvecklingen mot en fungerande nordisk slutkundsmarknad och ett allt närmare nordeuropeiskt samarbete kring nätinvesteringar.
- Flaskhalsar i det nordiska elnätet och mellan Norden och kontinenten ska byggas bort.
 - Bättre sammanbindning av elnäten mellan länderna kring Östersjön skapar bättre förutsättningar för samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad av vindkraftsparker till havs.
- Elnäten bör utvecklas för att möjliggöra samhällsekonomiskt effektiva investeringar i ny elproduktion
- Sverige ska föra en marknadsbaserad och solidarisk internationell energipolitik samt verka för fortsatt integrering av den europeiska marknaden
- Värmemarknaden ska fortsatt byggas på fungerande konkurrens mellan olika uppvärmningsformer.

Styrmedel

- Generella ekonomiska styrmedel grundläggande
 - koldioxidskatt, internationell utsläppshandel och certifikat för förnybar el
- Klimatfrågan måste mötas med internationella överenskommelser och åtaganden
- De ekonomiska styrmedlen bör stegvis utvecklas och undantag i möjligaste mån begränsas
 - beaktande av risken för koldioxidläckage och svenskt näringslivs konkurrenskraft
- Komplettering för teknikutveckling och information

Forskning utveckling och demonstration

- Fokus på insatserna är områden
 - som bidrar till att uppnå 2020-målen.
 - där Sverige har en nationell styrkeposition.
 - som har förutsättningar för export.
- I forskningspropositionen beslutades om tre strategiska prioriteringar:
 - Storskalig förnybar elproduktion (bl.a. vindkraft, vågkraft, solkraft och förgasning av biomassa) och utvecklade elnät
 - Elektriska drivsystem och hybridfordon.
 - Biokombinat för miljö- och klimatanpassad framställning av drivmedel och andra produkter.

Tre handlingsplaner

- Fossiloberoende fordonsflotta till år 2030 med bl.a.
 - Demonstrationsanläggningar och kommersialisering av biogas. Utvecklingsstöd el- och laddbilar.
- Energieffektivisering med 20 %
 - Nytt femårsprogram, 300 miljoner kr per år tillförs

- Fokus på informations- och kunskapshöjande aktiviteter
 - Offentlig sektor ska vara ett föredöme
 - Satsningar på teknikupphandling och marknadsintroduktion
 - EU-direktivet om energitjänster och effektiv energianvändning genomförs
- Ökning av förnybar energi till minst 50 %
 - Nytt mål om 25 TWh till 2020 för elcertifikatsystemet
 - Ny planeringsram för vindkraft på 30 TWh till 2020
 - Förenklingar för nätanslutningar av förnybar kraft behöver fortsatt genomföras. Svenska Kraftnät redovisar uppdrag i april. Proposition före sommaren

Kontrollstation

- En kontrollstation genomförs år 2015 i syfte att analysera den faktiska utvecklingen av energibalans och kostnader samt klimatpåverkan i förhållande till målen, liksom kunskapsläget vad gäller klimatförändringar.
- Kontrollstationen gäller inte politikens grundläggande inriktning men kan komma att leda till justering av styrmedel och instrument.

Klimatpropositionen

Vision

- Sverige ska år 2050 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser i atmosfären
- Användningen av fossila bränslen i uppvärmning kommer att avvecklas till år 2020
- År 2030 bör Sverige ha en fordonsflotta som är oberoende av fossila bränslen

Sveriges klimatpolitiska mål:

- Den globala ökningen av medeltemperaturen begränsas till högst 2 grader Celsius
- Koncentrationen av växthusgaser i atmosfären stabiliseras på nivå högst 400 ppm
- Möjligheten att uppfylla miljökvalitetsmålet är till avgörande del beroende av internationellt samarbete och insatser i alla länder
- Utsläppen för Sverige i den icke-handlande sektorn bör år 2020 vara 40 procent lägre än utsläppen år 1990.
- Målet inkluderar ingen kompensation för kolsänkor eller för inköp av utsläppsrätter som tilldelats enligt Kyotoprotokollet till staterna (AAU).

Handlingsplan

- Det klimatpolitiska målet till år 2020 ställer krav på att utsläppen minskar med 20 Mton koldioxidekvivalenter. Detta uppnås genom:

Utsläppsminskning 1990-2007	4 Mton
Minskning beslutade åtgärder 2008-2020	5 Mton
Utv. Ek styrmedel	2 Mton
Genomförande av EU-beslut	2 Mton
Övrigt	0.3 Mton
Investeringar i andra EU-länder och flexibla mekanismer	6.7 Mton
Summa	20.0 Mton

2 Roadmaps och framtidsbilder för elsystemets utveckling

Road maps innebär att en karta tecknas över de insatser som fordras för att nå särskilt uppställda slutstationer eller framtidsbilder. Road maps används för att planera eller att ha beredskap för större förändringar. Det gäller särskilt planeringen av större forsknings-, utvecklings- och demonstrationsinsatser.

2.1 Syfte och projektmål

Projektet baseras på ett antal framtidsbilder i sin tur utgående från EU:s 20 mål med några varianter. Syftet är att:

- På basis av framtidsbilder och vägen dit analysera om den forskning som idag stöds eller bevakas via Elforsk eller av Energimyndigheten motsvarar de behov av forskning och utveckling som framtidsbilderna ställer krav på
- Identifiera och beskriva eventuellt ytterligare branschgemensamma forskningsinsatser inom ramen för Elforsk och ge underlag för förslag på eventuellt nya eller kompletterande statliga forskningsinsatser via bl.a. Energimyndigheten m.fl. samt förslag på nordiska forskningsinsatser via t.ex. Nordforsk eller internationell samverkan inom ramen för EU och IEA
- Beskriva konsekvenser för elbranschen och elföretagen av resp. bild
- Ge elföretagen ett bättre underlag att värdera konsekvenserna för företagen och elbranschen av olika framtidsbilder, så att företagen proaktivt kan möta förändringar
- Ge företagen och Svensk Energi möjlighet att i ett tidigt skede kunna föra dialog med myndigheter och politiska beslutsfattare om konsekvenser av olika förändringar
- Använda medverkan i projektet som en utbildning för yngre medarbetare.

2.2 Övergripande strategiska frågor

I det följande ställs ett antal viktiga strategiska huvudfrågor och följdfrågor för elföretagen som legat till grund för projektet Framtidsbilder och forskningsbehov för elsystemet. I projektet berör vi samtliga frågor, mer eller mindre utförligt. Eftersom projektet syftar till att identifiera forskningsprojekt har frågorna i vissa fall längre tidshorisont än EU:s 20 mål.

1. Hur påverkas utvecklingen av Sveriges och Nordens energi- och elsystem av EU:s tre "20-mål" för 2020:
 - a. 20 % minskning av växthusgasutsläppen
 - b. 20 % ökning av andelen förnybar energi
 - c. 20 % ökad energieffektivisering

Kommer målen att bestå, kommer erforderliga beslut att fattas och åtgärder att vidtas i EU och medlemsstaterna som leder till att målen nås?

2. Klimatfrågan och nya internationella överenskommelser, "Post-kyoto". Köpenhamnsmötet i dec 2009 under Sveriges ordförandeskap i EU är ett viktigt steg. Kommer det internationella systemet att kunna enas om ett nytt avtal och kommer detta i så fall att bli mer eller mindre ambitiöst än de nuvarande EU-målen?
3. Konsekvenserna av EU:s Strategic Energy Review 2. Konsekvenser av de svenska energi- och miljöpropositionerna från mars 2009 vilkas mål i vissa fall är mer långtgående än EU:s 20 mål.
4. Hur sker implementeringen av dessa internationella politiska mål och överenskommelser? Hur hanteras målkonflikter med andra mål, t.ex. "security of supply"? Vilka styrmedel kommer att utnyttjas. Hur balanseras internationell och nationell politik?
5. Hur kommer utvecklingen av en europeisk energi- och elmarknad att avancera?
6. Ersättning av nuvarande svensk kärnkraft när denna faller för åldersstrecket.
 - a. Detta ställer viktiga frågor även i ett kortare tidsperspektiv än ersättningen själv
 - b. Ytterligare livstidsförlängning?
 - c. Ny kärnkraft i Sverige? Kommer det att finnas politiska förutsättningar för ersättning och nybyggnad i Sverige?
7. Energianvändning:
 - a. Konsekvenser av hårdare eller mildare effektiviseringskrav spec. än EU:s "20 %-krav"
 - b. Konsekvenser av strukturförändringar i näringslivet spec. av energiintensiv industri
 - c. Får vi ett ökat elbehov för eldrivna transporter
8. Ytterligare utbyggnad av svensk vattenkraft?
9. Utvecklingen för förnybar elproduktion i Sverige och Nordeuropa
 - a. Hur stora är biobränsletillgångar och hur skall de bäst utnyttjas
 - i. Konkurrens mellan energisektorn och andra sektorer
 - ii. Konkurrens inom energisektorn el, värme, drivmedel
 - iii. Biobränslets CO₂-neutralitet
 - iv. Andra miljöfrågor kring biobränslen, t ex partikelutsläpp. Acceptansfrågor
 - b. Storskalig utbyggnad av vindkraft
 - i. Potential
 - ii. Tillstånd och lokal acceptans
 - iii. Utbyggnadstakt?

10. De framtida transmissionsförbindelserna mellan länder i Nordeuropa
 - a. Vid större flöden mellan länder av förnybar energi
 - b. Behov av nätförstärkningar inom länderna
 - c. Hur mycket klarar kraftsystemen att reglera
11. Vad skulle ett genomslag för CCS i Europa betyda för Sverige och Norden? Vad skulle konsekvenserna bli av att CCS inte lyckas i stor skala?
12. Om ev. klimatförändringar, (av antingen mänskligt eller annat ursprung), kommer att märkas under den tidsperiod vi studerar, kommer de i så fall att leda till minskade energibehov för uppvärmning och ökade behov för kyla, förändrade betingelser för bioenergi (växtzoner, skogstillväxt) och vilka konsekvenser skulle det kunna bli för svensk och nordisk vattenkraft?⁷
13. Många tekniker som idag är föremål för internationell och svensk energiforskning når inte kommersiell mognad förrän i tidsspannet 2020-2050. För att de skall komma dit krävs omfattande insatser på forskning, utveckling, demonstration och tillämpning i världen och i Sverige. Insatser för tillämpning och kommersialisering är inte minst viktiga
14. IEA anser i sin strategistudie (se nedan), att de mål man där satt upp gör att många sådana nya tekniker behövs, även de som kommer att vara dyrare i ett kommersiellt stadium än dagens teknik

2.3 Elforsks framtidsbilder och scenarier

I avsnittet A nedan redovisas framtidsbilder och trender för det svenska och nordiska el- och energisystemets utveckling fram till 2020 och 2030. Dessa bygger på energimodellkörningar genomförda i projektet. I avsnittet redovisas också konsekvensanalyser och slutsatser. Modellkörningarna utgår framför allt från en konsekvensanalys av EU:s gröna paket, med 20 % -målen för klimatgaser och förnybar energi, men vi har också analyserat alternativa utvecklingsvägar. Därigenom behandlas flertalet av projektets huvudfrågor redan i modellkörningarna.

Ett tjugotal teknik- och delområden inom el- och energisystemet har valts ut och prioriterats. Dessa redovisas i avsnitt B. För vart och ett av dessa beskrivs identifierade trender för den framtida utvecklingen. För varje teknik- och delområde ges också idéer och förslag till forskningsområden.

Det samlade underlag som utnyttjats i detta projekt utgörs därmed av:

⁷ Denna fråga tas inte upp i modellkörningarna men har behandlats i en Elforskrapport: Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar. Effekter, sårbarhet och anpassning. (Rapport 07:39) och nyligen i Energimyndighetens rapport: Energisystemets sårbarhet inför effekterna av ett förändrat klimat. Delrapportering av regeringsuppdrag ER2008:20008:20

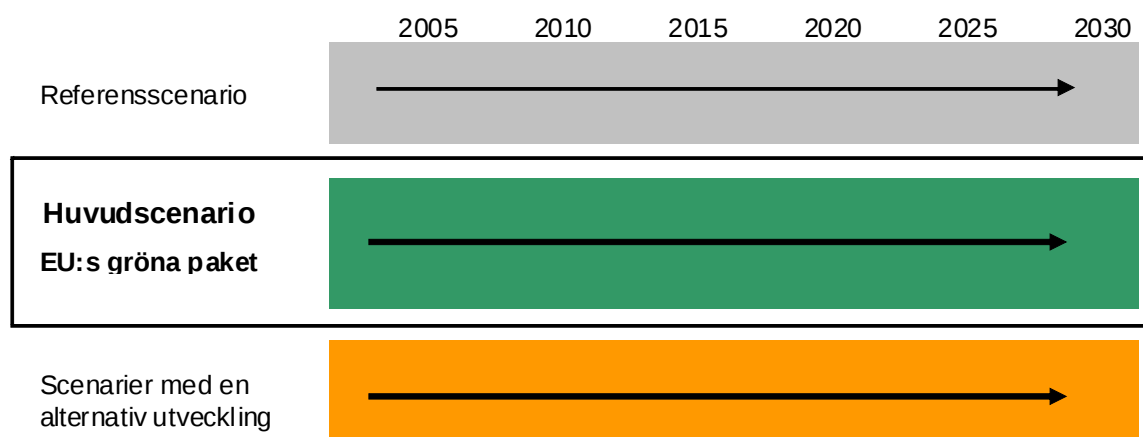
1. den omfattande flora av forskningsresultat och det kunskapsunderlag, som Elforsks olika programråd byggt upp, samt
2. en serie modellkörningar med olika scenarier för det nordiska energisystemets utveckling med energisystemmodellen MARKAL som Profu genomfört. Dessa scenarier beskrivs kortfattat nedan.

2.4 Scenarier i tre nivåer/grupper

Modellanalyserna för det nordiska energisystemets utveckling presenteras i denna rapport som scenarier (eller grupper av scenarier) i tre nivåer:

1. Referensscenario: En utvecklingsväg med dagens styrmedel utgör referensscenario. Man kan också se detta scenario som ett "business-as-usual" scenario.
2. Huvudscenario - EU:s gröna paket: I detta scenario har de två EU-målen på 20 % koldioxidreduktion⁸ och 20 % andel förnybart till 2020 inkluderats och är styrande för utvecklingen. Dessa mål formar EU:s gröna paket. Detta utgör huvudscenariot i projektet
3. Scenarier med en alternativ utveckling: På denna nivå har vi grupperat ett flertal scenarier, som alla representerar utvecklingsvägar, jämfört med huvudscenariot. I dessa scenarier har vi genomfört modellkörningar helt eller delvis kan hantera följande utvecklingsvägar och/eller frågeställningar:
 - Samtliga tre EU-20-mål (CO₂, förnybart och effektivisering)
 - Minskad ambition vad gäller effektiviseringsmålet
 - Minskad ambition vad gäller samtliga tre EU-mål
 - Högt ställda krav på security of supply
 - Inverkan av mer kärnkraft, CCS och av att utbyggnad av 15 TWh vattenkraft tillåts i Norge och Sverige
 - Effekten av olika synsätt på primärenergi, bl.a. primärenergieviktningen på kärnkraft
 - Norden som exportör av förnybar el inom det förnybara direktivet
 - Alternativ syn på biobränslenas klimatneutralitet

⁸ EU:s mål gäller reduktion av alla växthusgaser. Alla dessa omräknas till CO₂-ekvivalenter, varför målet också uttrycks i procent CO₂-ekvivalenter. Vi har därför valt att förenklat benämna målet som ett "koldioxidmål" i denna rapport. I våra modellanalyser har vi också enbart studerat koldioxidutsläppen.



Ett tiotal modellkörningar har gjorts med MARKAL-modellen i projektet. Se avsnitt A och B för resultatredovisning samt beskrivning av konsekvensanalyser och slutsatser.

3 Omvärlds- och beräkningsförutsättningar

Med MARKAL-modellen har vi analyserat det nordiska energisystemets utveckling till 2020 och 2030. Nedan ges ett litet urval av centrala omvärlds- och beräkningsförutsättningar för MARKAL-analyserna. För en utförligare beskrivning av beräkningsförutsättningarna hänvisas till Profus databaser.

Kalkylräntan är 7 procent (realt) i alla de MARKAL-analyser som genomförts inom projektet.

3.1 Bränslepriser

Priser på olja, kol och naturgas och antaganden om prisutvecklingen på dessa bränslen har hämtats från IEA och Energimyndigheten. Prisnivån på exempelvis eldningsolja för 2015 är cirka 230-250 SEK/MWh (exkl. skatter). Till importpriserna på de fossila bränsleslagen tillkommer i modellen ett antal distributionskostnadspåslag (för hamnar, transporter/ledningsnät etc.) beroende på användare.

Biobränslepriserna anges i MARKAL som en utbudskurva för nationella biobränslen, samt ett pris på importerade biobränslen. Prisnivån på flis (vid typiska användningsnivåer) för 2015 är cirka 180-190 SEK/MWh. Priset för pellets för enskild uppvärmning är omkring 330 SEK/MWh.

3.2 Styrmedel i referensfallet

I samtliga beräkningar har de existerande (2007-01-01) energi- och klimatpolitiska styrmedlen i de nordiska länderna tagits med. För Sverige inkluderar det koldioxid- och energiskatter på fossila bränslen samt elskatt, inkl. nedläggningar för vissa sektorer. Koldioxidskatten ligger på 91 öre/kg koldioxid för enskild användning och fjärrvärmeproduktion med hetvattenpannor samt 19 öre/kg för industrin och fjärrvärmeproduktion med kraftvärmeverk. Elproduktionen är befriad från CO₂- och energiskatter.⁹

I samtliga beräkningsfall finns även EU:s utsläppsrättssystem för koldioxid med, med en prisnivå på 20 EUR/ton CO₂. Det svenska elcertifikatsystemet är inkluderat som ett produktionsmål i TWh. Vi har utgått från att 6,5 TWh var certifikatberättigade vid systemets introduktion i maj 2003. Detta innebär att produktionsmålet för 2010 är satt till 16,5 TWh. Fr. o m 2011 antas den existerande småskaliga vattenkraften fasas ut ur systemet. Detta motsvarar 1,8 TWh per år. Elcertifikatkvoten sänks i motsvarande grad. Detta innebär att produktionsmålet är 21,7 TWh år 2016 vilket innebär en ytterligare höjning på

⁹ I många liknande studier och analyser bortser man från skatter och avgifter. Data från denna studie kan därför inte omedelbart jämföras med andra studier.

7 TWh sedan 2010 minus de 1,8 TWh småskalig vattenkraft som fasats ur. Ingen annan utfasning ur systemet beaktas i denna analys. Produktionsmålet antas vara konstant efter 2016 t.o.m. 2030 då systemet helt tas ur bruk.

3.3 Tekniker för elproduktion

MARKAL optimerar elproduktionens utveckling. Här följer dock några viktiga antaganden angående den nordeuropeiska elproduktionen i allmänhet samt den svenska produktionen i synnerhet.

3.3.1 Kärnkraft

I majoriteten av beräkningarna antas att kärnkraftverken har en teknisk livslängd på 60 år. Därefter stängs de svenska verken av. Effekthöjningsprogrammen i Sverige antas leda till något ökad produktion i kärnkraftverken enligt nedan. I Finland tillåts man dessutom i modellen att fr. o. m. modellår 2023 investera i en sjätte reaktor om det visar sig ekonomisk lönsamt. I Tyskland antas kärnkraften följa den utfasning som den förra regeringen kom överens med kraftindustrin om. Detta betyder att kärnkraften i Tyskland är helt borta vid modellåret 2030. Ingen av de övriga ingående länderna förutsätts kunna bygga kärnkraft.

Tabell Installerad effekt och förväntad årsproduktion för de svenska kärnkraftverken

		2004	2009	2016	2023	2030
Referensfall (60 års livslängd)	Installerad effekt (GW)	9,48	9,48	10,08	10,08	10,08
	Beräknad årsproduktion (TWh)	68	68	72,4	72,4	72,4

3.3.2 Vattenkraft

I beräkningarna antas att endast 0,5 TWh ny vattenkraft kan tillkomma i Sverige utöver det som finns idag. Vi gör antagandet att hela denna potential utgörs av effekthöjningar i existerande storskalig vattenkraft¹⁰, vilket möjliggör elcertifikatintäkter. I Norge kan ny vattenkraft motsvarande omkring 10 TWh tillkomma t o m modellår 2023, förutsatt att modellen finner dessa investeringar lönsamma.

3.3.3 Övrig förnybar elproduktion

Utbyggnadsmöjligheterna för övrig förnybar kraft är stor, både när det gäller vindkraft och biobränslebaserad kraftproduktion (i mottrycksverk och kraft-

¹⁰ I verkligheten ligger en stor del av ökningen i verkningsgradshöjningar inte i effekthöjningar

värmeverk). Vi hänvisar till Profus databaser för en utförligare redogörelse för dessa kraftslags potentialer och kostnader.

3.3.4 Gaskraft

Fr.o.m. modellår 2009 antas gaskraftvärmen i Göteborg och Malmö leverera el till elnätet (och fjärrvärme till respektive fjärrvärmesystem). Tillsammans med övrig gaskraftvärme utgör då den samlade installerade kapaciteten av gaskraftvärme i Sverige omkring 0,9 GW fr.o.m. modellår 2009. I Norge inkluderas att ett gaskondenskraftverk på 420 MW uppförts på Vestlandet fr.o.m. modellår 2009. Ytterligare gaskraft i Norden kan i modellberäkningarna tillkomma genom nyinvesteringar.

3.4 Elhandel med grannländerna

I modellbeskrivningarna används en relativt detaljerad beskrivning av elproduktionssystemen (med tillhörande aggregerad elanvändning) i Tyskland och Polen. Därmed får man en bra bild av elhandeln mellan Sverige och dess grannländer samt elprisutvecklingen. Elhandeln mellan de ingående länderna begränsas initialt av existerande överföringskapaciteter. Om det är ekonomiskt lönsamt så finns dock i modellbeskrivningen en möjlighet att förstärka överföringsförbindelserna genom nya investeringar (dock ej förstärkningar i Tyskland/Polen). Dessutom ingår i modellen en importmöjlighet från Ryssland till Finland. Denna import ligger på 13 TWh fr.o.m. modellåret 2009.

Betydelsen av andra miljöfrågor än klimatet samt biobränslens roll som miljö- och klimatåtgärd

Den genomgång som gjorts i detta projekt beaktar i huvudsak miljöfrågan utifrån ett enkelt klimatperspektiv och med fokus på att minska koldioxidutsläpp från användning av fossila bränslen samt i övrigt beaktas miljörestriktioner vad gäller vattenkraftutbyggnad i Sverige. Biobränslen förutsätts också vara klimatneutrala. Det finns emellertid ytterligare miljöfrågor som måste beaktas.

Luftföroreningar

Det pågår sedan många år ett arbete inom EU och inom FN:s konvention om långväga gränsöverskridande luftföroreningar som syftar till att successivt begränsa utsläpp och förekomst av ett antal luftföroreningar t.ex. SO_x, NO_x, marknära ozon, partiklar m.m. till nivåer som är hälso- och miljömässigt acceptabla. Inom EU har arbetet bedrivits inom CAFE (Clean air for Europe). Många länder har en längre tid haft svårt att leva upp till överenskomna nivåer och begränsningar och även Sverige börjar nu få problem med att klara t.ex. det nationella utsläppstaket för NO_x. I de prognoser som görs bedöms att Sverige kommer att missa NO_x-taket 2010 med några få 1000 ton NO_x, vilket kommer att ge böter. Värre är att målet för 2020 sannolikt kommer att överskridas rejält. Det som framförallt ser ut att bidra till detta är ökad elproduktion med biobränslen och avfall, energislag som stimulerats av nuvarande styrmedel.

Liknande svårigheter finns sannolikt i fler nordiska länder liksom i Europa i övrigt: Det finns restriktioner för all förbränning av alla bränslen i energiproduktionen och transportsektorn som sätts av luftföroreningarna, även om bränslena likt biobränslen betraktas som förnybara och koldioxidneutrala. Den nuvarande utvecklingen är inte enkelt förenlig med målen om god luft och de internationella åtaganden som finns eller är på väg. Även om man i transportsektorn tänker sig en kraftig introduktion av elfordon eller laddhybrider är detta sannolikt inte tillräckligt för att t.ex. klara kommande takdirektiv för NO_x ifall tillkommande el baseras på ökad biobränsleeldning. Med vindkraft går det dock bra. Elfonden bidrar emellertid till en kraftigt förbättrad tätortsmiljö men de storskaliga problemen kvarstår om elen produceras fel.

Ytterligare en komplikation är att många luftföroreningar också är växthusgaser eller påverkar jordens strålningsbalans som partiklar och aerosoler. I vissa fall är det sannolikt möjligt att minska såväl CO₂ utsläpp som luftföroreningar på ett sätt som är positivt från klimatsynpunkt. Men det är inte enkelt och självklart. På sikt måste strategier för minskning av klimatpåverkan och luftföroreningar integreras. Detta arbete har precis börjat och resultatet hittills är spretigt. Vi gör saker för att minska luftföroreningar som sannolikt ökar risken för uppvärmning och tvärtom.

Biobränslena och klimatfrågan

Hittills har vi med växthusgaser i allmänhet avsett utsläpp av CO₂ från eldning av fossila bränslen. Alla styrmedel fokuserar på att vi ska minska användningen av fossila bränslen eller utsläppen av fossilt CO₂ t.ex. med CCS. Att elda biobränslen har uppmuntrats, kanske också genom att de innebär en tryggare försörjningsbas än t.ex. oljeimport. Det blir emellertid alltmer tydligt att vi även måste beakta andra växthusgaser än koldioxid och andra effekter än växthusgaser när vi bedömer biobränslenas betydelse. Detta har uppmärksammats vad gäller fordonsbränslen men inte i samma grad vad gäller bränsle för direkt eldning. Vidare måste vi beakta tidsaspekterna så att en omställning till ökad biobränsleanvändning som visserligen kan vara fördelaktig vid fortfarighet, inte under ett antal decennier leder till en betydande ökning av växthusgasutsläppen.

4 Bakgrundsmaterial om forskning

4.1 Elforsk

I arbetet med projektet har bl.a. följande material använts:

Elforsk tog i slutet av 2007 fram en forskningsstrategi som gav en sammanfattande syn på forsknings- och utvecklingsbehoven för elsystemet. Strategin lämnades till utbildningsdepartementet som underlag för den forskningsproposition som regeringen la fram i oktober 2008.

Elforsks programråd tar fortlöpande fram översikter och planer för forskning och utveckling inom sina resp. områden.

Programområdet Vattenkraft arbetar bl.a. med ett nytt program för Svenskt Vattenkraftcentrum SVC och programmet Vattenkraft – Miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten. Programmet arbetar också med de stora och ekonomiskt betydelsefulla frågorna om vattenkraftens underhåll och förnyelse samt med dammsäkerhet.

Programområdet El- och värmeproduktion redovisade 2007 en reviderad upplaga av rapporten El från nya anläggningar som ger kostnader för olika produktionsslag och är i färd med en teknikinventering inom sitt område.

I El från nya anläggningar redovisas kostnader för följande produktionsslag:

- Biobränslebaserad kraftvärme
- Avfallsbaserad kraftvärme
- Kolbaserad kondenskraft
- Kärnkraft
- Naturgasbaserad kraftvärme (gasturbinprocesser, motorer)
- Naturgasbaserad kondenskraft
- Vindkraft
- Vattenkraft

Programområdet Överföring och distribution har nyligen tagit fram en plan för forskningsprogrammet Elektra. Forsknings och utvecklingsprogram bedrivs rörande Underhållsmodeller, riskanalys och förnyelse av elkraftnät samt Nya effektiva teknislösningar för elnätutformning. Programområdet ser vidare över möjligheter till svensk verksamhet inom EU-programmet SmartGrids.

Programområdet Användning driver bl.a. projekten Market Design och ELAN om användarbeteenden samt Programmet EFFSYS om effektiva kylmaskiner och värmepumpar. Vidare diskuteras ett återupptagande i någon form av projektet Effektiv. Programmet genomfördes av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, fungerade som en kvalificerad kunskapsbas beträffande energimiljö- och kostnadseffektiva energisystem i bostäder och lokaler. I programområdet ingår också SolEl programmet om byggnadsanknutna solceller.

Omvärld och System arbetar förutom med projektet Framtidsbilder och forskningsbehov för elsystemet med projekten NEP (Nordic Energy Perspectives), projekt om laddhybrider och har nyligen slutfört projektet Biokonk om konkurrensförhållanden för bioenergi. Studier görs vidare av den nordiska elmarknaden och Nordens roll i en nordeuropeisk elmarknad.

4.2 Angränsande större studier

Elforsk har från hösten 2008 medverkat i IVA:s projekt Vägval Energi, särskilt i frågor om teknikutveckling. Elforsk har ställt material till IVA:s förfogande särskilt från projektet Framtidsbilder och forskningsbehov för elsystemet och i gengäld fått tillstånd att utnyttja IVA:s material. IVA publicerade delrapporter från projektet i mars 2009. (se IVA:s hemsida).

En uppmärksammas studie är McKinsey's studie för Svensk Näringsliv om Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige.

IEA publicerade i juni 2008 studien IEA-ETP – Global energy scenarios and strategies to 2050:

IEA-ETP – Global energy scenarios and strategies to 2050

När det gäller den internationella utvecklingen har vi i detta projekt haft stor nytta av de scenarioanalyser och roadmap som IEA tagit fram i sin studie Energy Technology Perspectives – Scenarios and strategies to 2050 (Juni 2008). Studien kan sägas ge en ögonblicksbild av hur "världen" ser på teknikutvecklingen inom energiområdet.

ACT och Blue scenarier

Studien arbetar med två grupper av scenarios ACT (för Accelerated Technology Scenarios) och Blue scenarios. Till dessa finns ett Baseline scenario som innefattar inverkan av politiska åtgärder som vidtagits hittills. IEA konstaterar att utveckling i Baselinescenariot inte är hållbar.

ACT-scenarierna visar hur globala CO₂-emissioner kan fås att år 2050 återgå till nuvarande nivåer med användning av teknik som antingen är känd eller är i ett sent utvecklingsstadium idag.

BLUE scenarierna är mer ambitiösa och har som mål en 50 %-ig reduktion i CO₂-emissioner till år 2050. Detta kräver att även teknik utnyttjas som idag är på forskningsstadiet och får en gynnsam utveckling.

Studien redovisar ett antal - i vissa fall mycket ambitiösa - krav på politisk handling nationellt och internationellt, internationellt samarbete, teknikutveckling, ökade insatser på forskning utveckling, demonstration och tillämpning (deployment), som måste vara uppfyllda för att scenariernas mål skall nås.

Intressanta Road maps för 17 teknikområden

En för vårt projekt intressant del är att studien tecknar road maps för utvecklingen av 17 prioriterade teknikområden inom omvandling av energi i olika former och användning av energi i bostäder, industri och transporter. Omvandling innehåller omvandling av fossila bränslen, förnybar energi, kärnkraft och CCS.

Samtliga teknikområden är väl kända. Till de nyare inslagen hör två teknikområden om CCS för dels kraftverk dels industri, där särskilt CCS för kraftverk tillmätts stor betydelse. Fusionsenergi anses fortfarande alltför avlägsen.

IEA:s 17 prioriterade teknikområden

Supply Side

- CCS fossil-fuel power generation
- Nuclear power plants
- Onshore and offshore wind
- Biomass IGCC & co-combustion
- Photovoltaic systems
- Concentrating solar power
- Coal: integrated-gasification combined cycle
- Coal: ultra-supercritical
- 2nd generation biofuels

Demand Side

- Energy efficiency in buildings and appliances
- Heat pumps
- Solar space and water heating
- Energy efficiency in transport
- Electric and plug-in vehicles
- H2 fuel cell vehicles
- CCS industry, H2 and fuel transformation
- Industrial motor systems

Även prioriterade områden för Sverige och Elforsk

Flertalet av IEA:s områden, men inte alla, är prioriterade även för det svenska energisystemet. Alla är heller inte högt prioriterade områden inom Elforsks verksamhet, även om de kan vara prioriterade från andra utgångspunkter. Vi har därför inte med alla IEA:s områden bland de vi valt ut i fortsättningen. Det finns också områden som man saknar i IEA-studien. Detta gäller t ex transmission och distribution av energi, särskilt elenergi, vilket vi ser som ett viktigt område bl.a. mot bakgrund av nya uppgifter i elnäten att hantera stora flöden av förnybar energi inom och mellan länder. IEA-studien har fått kritik på denna punkt och IEA kommer att behandla den frågan i sitt fortsatta arbete. Nästa utgåva av studien planeras till 2010.

5 A. Framtidsbilder – utvecklingen av hela energisystemet

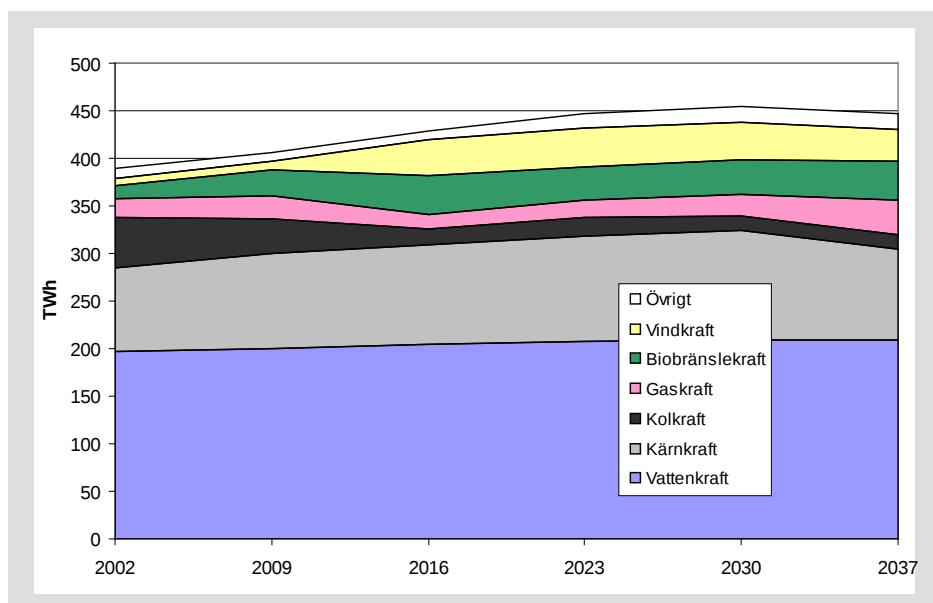
Elmarknadens utveckling är avgörande för att vi i Sveriges och Nordens energisystem skall kunna nå EU:s mål om reduktion av växthusgasutsläpp och en kraftigt ökad användning av förnybar energi. Genomförs EU:s "gröna paket" blir nordisk el nästan helt CO₂-fri redan år 2020.

5.1 Nordisk el nästan helt CO₂-fri redan år 2020

EU:s mål för CO₂-reduktion och förnybar energi har stor påverkan på det nordiska kraftsystemets utveckling. Den kol- och gasbaserade elproduktionen reduceras kraftigt till år 2020 och all ny kraft som byggs i Norden blir förnybar kraft och kärnkraft enligt projektets analyser.

EU:s mål för CO₂-reduktion och förnybar energi påverkar utvecklingen av det nordiska energisystemet på flera sätt. Enligt MARKAL-modellen minskar elproduktionen från kol kraftigt. Under normalår är det främst kraftvärmebaserad produktion från kol och gas som utnyttjas; kondensverken utnyttjas mindre. Vindkraft och biobränslebaserad kraft expanderar istället. I Norge byggs vattenkraften ut något. Kärnkraften ökar också, dels genom effektförstärkningarna i Sverige, dels genom en femte och en sjätte reaktor i Finland. Efter 2030 reduceras dock kärnkraftsproduktionen, eftersom vi i modellanalysen antagit en sextioårig livslängd på de svenska verken.

EU:s gröna paket har stor påverkan på det nordiska kraftsystemets utveckling. All ny kraft som byggs i Norden blir förnybar kraft och kärnkraft. Ökningen av elanvändningen avstannar. ("Övrigt" i figuren är avfalls- och torv-kraftvärme.)

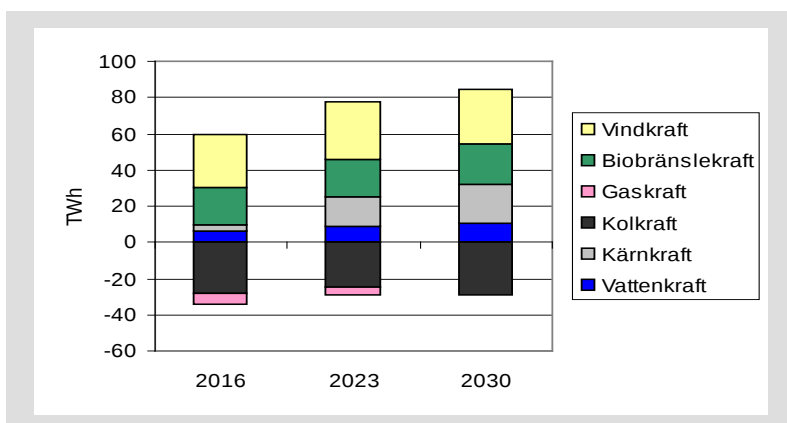


5.1.1 All ny kraft blir förnybar kraft och kärnkraft

Vindkraft, vattenkraft, biobränslekraftvärme och kärnkraft är de kraftslag som byggs ut i Norden om EU:s två 20 % -mål införs. Den fossilbränslebaserade produktionen reduceras kraftigt redan till 2020.

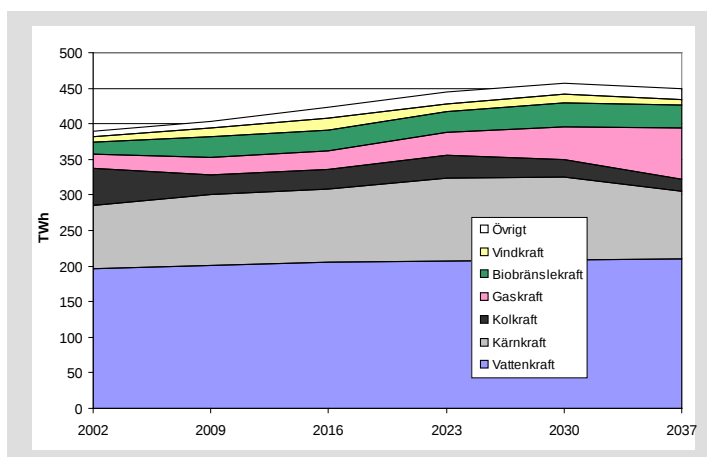
Jämfört med ett referensfall (med dagens styrmedel) påverkas kraftverksutbyggnaden av de två EU-målen i MARKAL-analysen genom att expansionen av vindkraft förstärks och blir stor. Biobränslekraftutbyggnaden fortsätter. En sjätte finsk reaktor byggs. Kol- och torvkraft i kondensdrift avvecklas. Utbyggnaden av gaskraft stannar av.

Förändringen av elproduktionen i Norden om EU:s gröna paket implementeras, jämfört med ett fall utan paketet. Figuren visar differensen för elproduktionen mellan de två scenarierna "huvudscenariot" och "referensfallet".



5.1.2 Referensfallet

Figuren nedan visar den nordiska elproduktionen utveckling i referensfallet (med dagens styrmedel). Vi ser att både kärnkraftsutbyggnaden och utbyggnaden av vattenkraft och biobränslekraftvärme blir aktuella redan med dagens styrmedel och priser. EU ETS medverkar också till en minskning av kolkraften. Delar av kolkraften ersätts med gaskraft i bland annat Norge i referensfallet. Den svenska kärnkraften, som i våra analyser antas ha en livslängd på 60 år, börjar avvecklas efter 2030 och ersätts i referensfallet företrädesvis med gaskraft.



Utvecklingen av nordisk elproduktion i referensfallet

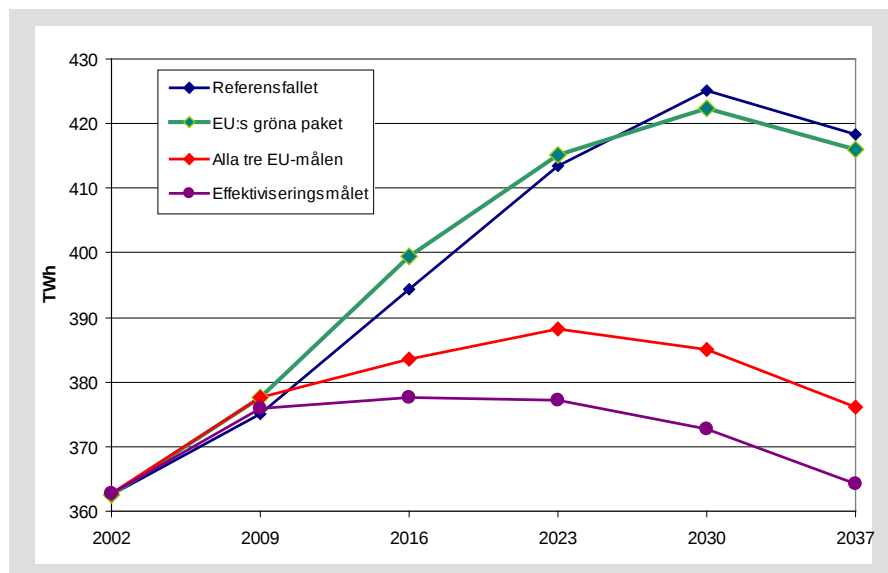
5.2 Elanvändningens utveckling

I början av 2000-talet bröts en långvarig ökning av elanvändningen i de nordiska länderna. Många tolkade detta som ett trendbrott och såg framför sig en lång period med sjunkande efterfrågan. Så blev inte fallet. Sedan 2003 har vi återigen haft en ökande elanvändningen med någon procent per år. Elanvändningen antas fortsatt öka i det nordiska elsystemet i projektets referensscenario, i samma takt som de senaste åren. Vi kan också konstatera av resultatet från huvudscenariot att elanvändningens utveckling påverkas mycket lite av EU:s gröna paket.

5.2.1 Elanvändningen minskar vid 20 % effektivisering

Ett skärpt effektiviseringsmål får stor påverkan på elanvändningen i Norden, enligt projektets MARKAL-analyser. Av figuren nedan kan vi se hur elanvändningen fortsätter att öka i Norden i projektets huvudscenario och i referensfallet. Om EU:s mål om 20 % energieffektivisering implementeras och får fullt genomslag avstannar dock ökningen och vi får en minskande elanvändning i Norden efter 2020. Den hamnar på en nivå 35-40 TWh lägre än i huvudscenariot som en följd av effektiviseringsmålet, vid modellåret 2023. I scenariot med alla tre målen, är minskningen jämfört med huvudscenariot 25-30 TWh för modellåret 2023. Skälet till att den hamnar högre i detta fall, är att vissa åtgärder som utnyttjas för att nå CO₂- och förnybarhetsmålen använder el, exempelvis värmepumpar.

Ökningen av elanvändningen i Norden avstannar som en följd av EU:s 20 % -iga effektiviseringsmål



5.2.2 Primärenergiviktningen

Eftersom EU:s effektiviseringsmål relaterar till primärenergi är primärenergiviktningen avgörande viktig för att nå synergier med tillförseln. Vi har viktat alla energislag med faktorn ett (1), med undantag för gratisenergin till värmepumpar som viktats noll (0). När det gäller kärnkraft har vi viktat elen ut

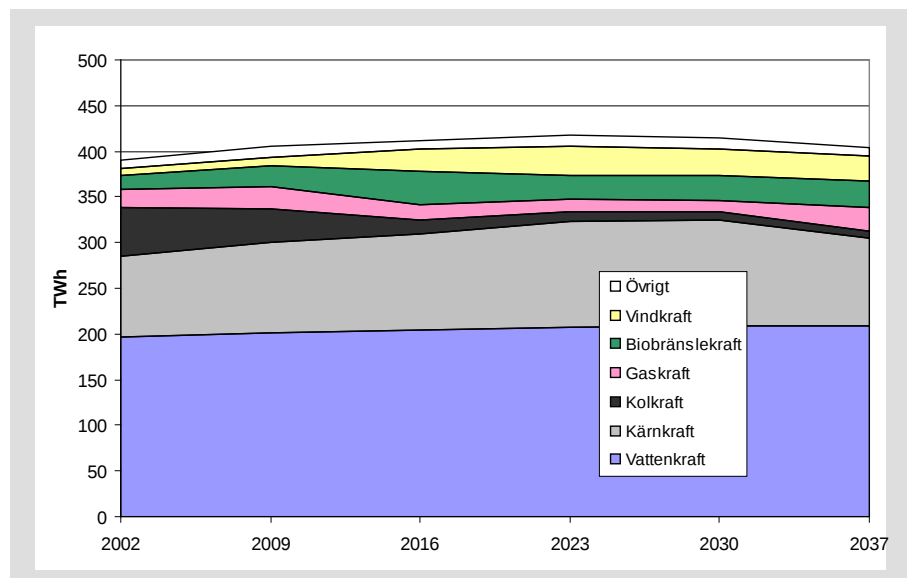
från kärnkraftsverken med faktorn 1; vi har alltså inte viktat uranet in i verken. I EU pågår en diskussion om hur kärnkraften skall viktas.

Viktas däremot kärnkraft med uranets energivärde som primärenergi, blir kärnkraftsavveckling en lönsam "effektiviseringsåtgärd". Det är olyckligt, eftersom kärnkraften är CO₂-fri och eftersom vi inte tror att effektiviseringsmålets främsta uppgift är att eliminera kärnkraften. I EU:s gröna paket anges också kärnkraft som en viktig åtgärd för koldioxidreduktion.

5.2.3 Nordisk elproduktion vid alla tre EU-målen

Effektiviseringsmålet påverkar också produktionen på ett tydligt sätt. Utvecklingen av vattenkrafts- och kärnkraftsproduktionen är densamma som i huvudscenariot, men alla andra kraftslag minskar i produktionsvolym jämfört med huvudscenariot. Elproduktionen från kol och naturgas minskar mycket kraftigt jämfört med idag. Under normalår är det enbart kraftvärmebaserad produktion från kol och olja som utnyttjas; kondensverken utnyttjas inte alls. Vindkraft och biobränslebaserad kraft expanderar visserligen en hel del, men mindre än i huvudscenariot.

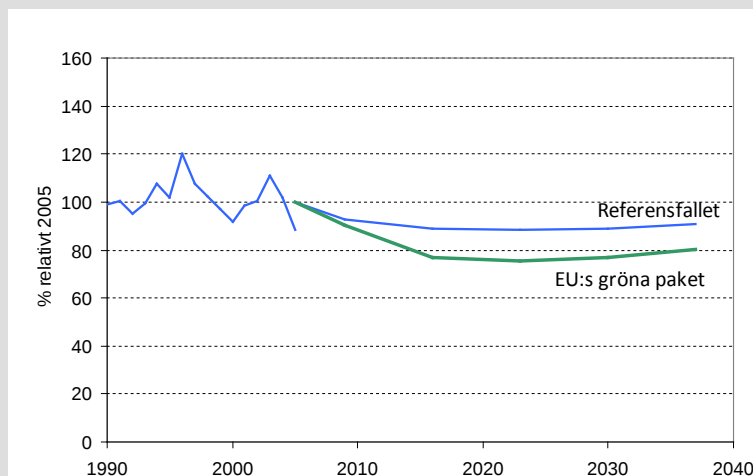
Utvecklingen av nordisk elproduktion i ett scenario med alla tre EU-målen.



5.3 CO₂-utsläppen minskar med mer än 20 % i energisystemet

Utsläppen av koldioxid minskar med cirka 25 % i det nordiska energisystemet om EU:s gröna paket genomförs. Det betyder alltså att förnybarhetsmålet ensamt ger en större CO₂-reduktion än 20 % i det stationära energisystemet.

I projektets analyser är inte transportsektorns utsläpp inkluderade. Om transportsektorn inte klarar av att nå en 20 %-ig utsläppsreduktion, vilket också spås i många prognoser, hamnar den samlade reduktionen av Nordens utsläpp lägre än de 25 % som huvudsce-nariot ger för den stationära sektorn. Den samlade nivån kan t.o.m. hamna under 20 % för 2020.



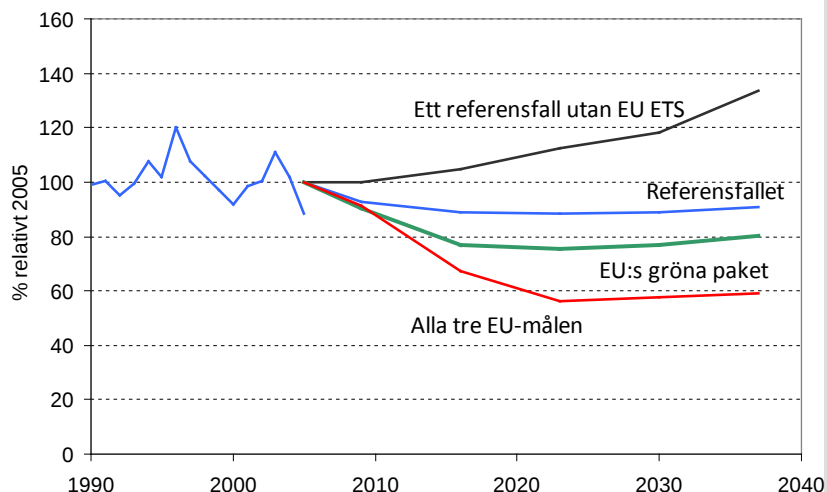
CO₂-utsläppen minskar med 25 % i det nordiska energisystemet som en följd av EU:s gröna paket.

Om också målet om 20

% energieffektivisering genomförs blir CO₂-minskningen hela 40 % till år 2020 i det nordiska energisystemet (exklusive transporterna). Även om transportsektorns utsläpp skulle inkluderas i denna analys, skulle utsläppsminskningen hamna under 20 %-nivån. Vi kan också se motsvarande resultat i de analyser som gjort för hela EU.

I modellkörningarna uppfylls alltså EU:s mål om minskning av koldioxidutsläppen med 20 % till år 2020 utan att några särskilda krav och styrmedel för minskning av växthusgaserna behövs. Många har nog uppfattat att förnybarhetsmålet och effektiviseringsmålet till stor del har tillkommit för att "backa upp" utsläppsreduktionsmålet. De genomförda modellanalyserna för Norden (och EU) visar dock att den påverkan på utvecklingen som de två målen leder till klart *överträffar* utsläppsmålets effekter. Om förnybar- och effektiviseringsmålen verkligen får detta genomslag i resten av EU skulle det innebära att utsläppsrättspriserna inom EU ETS går mot noll.

CO₂-utsläppen minskar med 40 % till 2020 i det nordiska energisystemet om alla tre EU-målen implementeras. I figuren har också inkluderats ett referensfall utan EU ETS (dvs. handeln med utsläppsrätter), för att illustrera vilken effekt på CO₂-reduktion som EU ETS har.

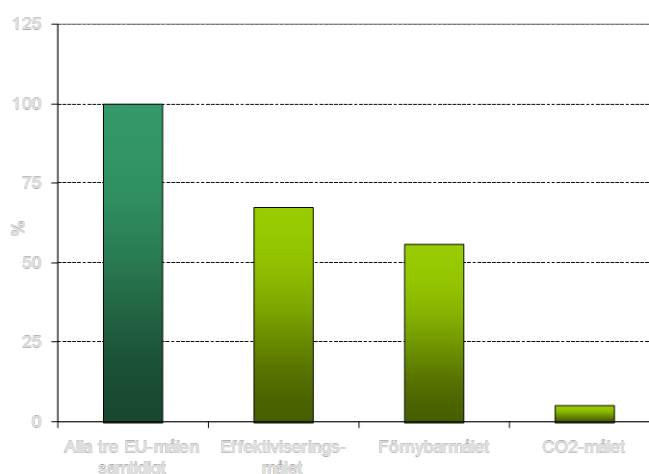


Alternativt kan man resonera så att EU i praktiken har en högre CO₂-ambition än 20 % (det finns ju en alternativ nivå i EU på 30%), vilket kan förklara varför man lagt kraven så högt som 20 % för förnybart och effektivisering.

5.4 De samhällsekonomiska kostnaderna

I projektets analyser har vi försökt att uppskatta de samhällsekonomiska kostnaderna för att nå EU:s tre 20 % mål i den stationära sektorn (dvs. exkl. transportsektorn). Med MARKAL-modellen kan vi beräkna "systemkostnaden" för det stationära energisystemet i Norden med och utan de tre EU-målen. Denna systemkostnadsdifferens ger oss en uppfattning om storleksordningen på den samhällsekonomiska kostnaden, även om modellens systemkostnad inte direkt kan sättas lika med den samhällsekonomiska kostnaden. Våra slutsatser blir då att klimatmålet är det "billigaste" målet att uppnå, medan de båda andra målen är mycket dyrare.

I figuren har kostnaderna för att nå målen angivits som en "kostnadsökning jämfört med utvecklingen i ett referensfall". Redan i detta fall, som bl.a. omfattar EU ETS (med ett CO₂-pris på 20 Euro/ton) kommer man i Norden en bra bit på vägen mot EU:s mål på 20 % reduktion. Därför blir den ökade kostnaden för att nå 20 % CO₂-reduktion relativt liten. Även andelen förnybar energi ökar i referensfallet, som en följd av de stöd som



Kostnadsökningen för att nå EU:s tre mål, jämfört med systemkostnaden i referensfallet. Kostnadsökningen i det fall då alla tre målen införs samtidigt har satts till 100 %.

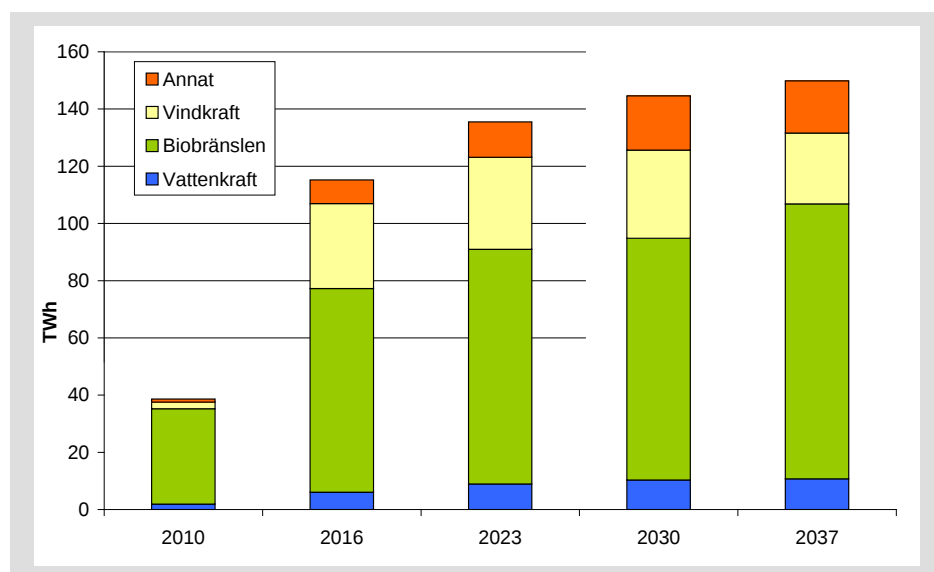
redan är verksamma i de nordiska länderna, men här krävs dock en större ansträngning för att nå EU:s mål. Energieffektiviseringsmålet kräver också en stor samhällsekonomisk ansträngning, trots att en stor del av åtgärderna är lönsamma. De "transaktionskostnader" som existerar medför att de medel (t.ex. statliga stöd) som krävs för att få åtgärderna genomförda är betydande.

5.5 Förnybar energi

Användningen av förnybar energi fortsätter att öka i Norden. Om ytterligare mål för introduktionen av förnybar energi införs genom EU:s gröna paket, med EU:s mål om 20 % förnybart i EU:s energimix, blir ökningen drygt 120 TWh i Norden jämfört med idag. Av detta återfinns relativt mycket inom elproduktionen, i form av biobränslekraftvärme/-mottryck och vindkraft. I en situation då mål om ytterligare energieffektivisering införs ökar även då användningen av förnybart, men den mindre energiefterfrågan minskar utrymmet för förnybart något.

Användningen av förnybar energi ökar tydligt i Norden i vårt huvudscenario med EU:s gröna paket, både jämfört med nuläget och jämfört med utvecklingen i ett fall där endast dagens styrmedel tillämpas (vårt referensfall). Om vi jämför utvecklingen av förnybart i huvudscenariot med utvecklingen i referensscenariot, kan vi konstatera att vattenkraften i princip är opåverkad, eftersom denna begränsas av vad som är (politiskt) möjligt att bygga ut. Biobränsleanvändningen ökar något, men inte särskilt mycket. Majoriteten av biobränslet används för kraftvärmeproduktion i fjärrvärmesystemen och inom industrin. Här sätter värmeunderlagets storlek gränser för hur mycket biobränslekraftvärme som på ett lönsamt sätt kan introduceras. Dessutom beskrivs biobränslepriset med en "utbudstrappa", där biobränslesortimenten blir gradvis dyrare ju mer som utnyttjas. Resultatet visar samtidigt att biobränsleanvändningen stimuleras kraftigt redan med nuvarande styrmedel.

Ökning av förnybara energislag i Norden, jämfört med 2005, då EU:s gröna paket införs till 2020 (nuvarande utsläppsrättshandel och alla nationella styrmedel bibehålls också)



Betydligt kraftigare ökning till följd av förnybarhetsmålet i EU:s gröna paket fås för vindkraft. I beräkningen med dagens styrmedel stannar ökningen av vindkraft vid cirka 10 TWh, medan förnybarhetsmålet medför vindkraftutbyggnad av storleksordningen 30 TWh i Norden. Av detta lokaliseras 12-15 TWh i Sverige, (vilket även kräver investeringar i elnäten). Detta är klart mer än idag men samtidigt klart mindre än det planeringsmål på 30 TWh som Energimyndigheten föreslår. Även annan förnybar energi byggs ut något mer än i referensfallet. Främst kan ökningen hänföras till värmepumpar. Med förnybarhetsmålets definition av förnybart, där även värmepumpar inräknas, ges alltså även dessa en extra stimulans av EU:s gröna paket.

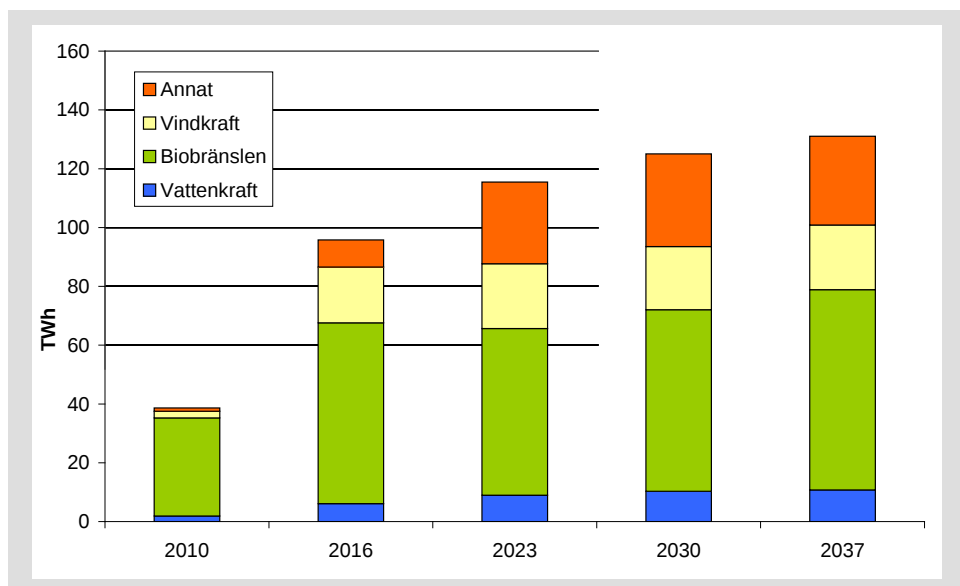
Förnybarhetsmålet ökar alltså tydligt mängden förnybart som utnyttjas i Norden. År 2020 används årligen cirka 50 TWh mer förnybart i det nordiska energisystemet än i fallet med dagens styrmedel (utan förnybarhetsmålet). Det är ändå värt att notera kraften i dagens styrmedel som, utan att dessa förstärks, enligt våra modellanalyser antas öka användningen av förnybar energi i Norden med nästan 80 TWh från 2005 till 2020.

5.5.1 Förnybar energi ökar inte lika mycket med alla tre EU-målen

När de tre målen tillämpas samtidigt minskar den generella energianvändningen. Detta får även tydliga effekter på användningen av förnybar energi. Resultatet blir också att användningen av värmepumpar stimuleras kraftigt. Skälet är att värmepumpar också är en viktig effektiviseringsåtgärd, genom att den spillvärme som utnyttjas i värmepumparnas värmeproduktion inte ingår i den energimängd som skall reduceras. Mängden biobränsle minskar däremot till följd av effektiviseringsmålet. Exempelvis kan expansion av vissa biobränslepannor utebli till följd av att värmepumpar och pannor med högre verkningsgrad väljs istället. (Energieffektiviseringsmålet gör ingen skillnad på om det som reduceras utgörs av fossilt eller förnybart.) Biobränsleanvändningen minskar också till följd av minskade fjärrvärmeleveranser (och därmed minskad fjärrvärmeproduktion, där biobränslebaserad produktion utgör en stor del). Även användningen av vindkraft blir mindre då effektiviseringsmålet tillämpas, i hög grad beroende på minskad elanvändning.

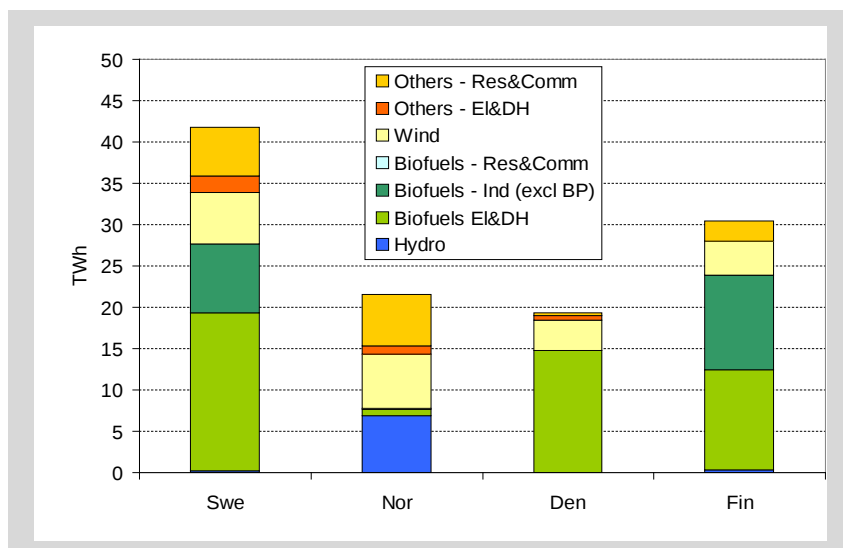
När alla tre 20 % målen tillämpas blir den totala användningen av förnybar energi i Norden klart större än i beräkningsfallet där bara dagens styrmedel utnyttjas. Användningen av förnybar energi blir dock alltså märkbart mindre än om endast förnybarhetsmålet (tillsammans med dagens styrmedel) tillämpas. Det är främst användningen av biobränsle som minskar när energieffektiviseringsmålet adderas till förnybarhetsmålet. Användningen av biobränsle blir till och med mindre än i beräkningsfallen med dagens styrmedel. I andra riktningen går värmepumpanvändningen som är som störst i fallet då alla tre 20 % målen tillämpas, samtidigt.

Ökning av förnybara energislag i Norden, jämfört med 2005, då alla tre EU-målen införs till 2020 (nuvarande utsläppsrättshandel och alla nationella styrmedel bibehålls också)



Hur utvecklas då användningen av förnybar energi i våra olika nordiska länder? I figur en nedan redovisas, för fallet då alla tre 20 % målen tillämpas samtidigt, var de beräknade mängderna förnybar energi används år 2020, land för land och sektor för sektor. Som framgår av figuren är skillnaderna relativt stora mellan de olika länderna. Skillnaderna kan i stor utsträckning hänföras till olika uppbyggnad på energisystemen i de fyra länderna. Exempelvis antyds det för Norge att man både idag och i framtiden har mycket liten omfattning på fjärrvärmen. De enda resultaten som tydligt kan iakttas för alla länderna är att vindkraften expanderar och att biobränsleanvändningen i bostads- och servicesektorerna inte ökar

Ökning av förnybar energi i de nordiska länderna år 2020 om alla tre EU-målen implementeras. ("Others" i figuren är företrädesvis värmepumpar.)



I TWh räknat är dock biobränsle det förnybara energislag som ökar mest (jämfört med år 2005), både inom industrin i Finland och Sverige, och, framför allt, inom el- och fjärrvärmesektorn i Sverige, Danmark och Finland. Ök-

ningen av värmeproduktion från värmepumpar (huvuddelen av "others" i figuren ovan) är också stor, främst i Norge och Sverige, men också i Finland. Värmepumparna används till stor del för att fasa ut elvärme av effektivitets-skäl. I Sverige och i viss utsträckning också i Norge och Danmark ökar också värmeproduktionen i storskaliga värmepumpar i fjärrvärmesystemen. Detta kan uppfattas som märkligt eftersom en av fjärrvärmens styrkor anses vara dess funktion som värmeunderlag för samtidig el- och värmeproduktion (kraftvärme) med mycket hög total effektivitet. Här får fjärrvärmens dock delvis motsatt uppgift, som förmedlare av värme baserad på elanvändning. Detta sätter fokus på betydelsen av hur effektivitetsmålet formuleras.

5.5.2 Möjligheterna till ökad elhandel inom det förnybara direktivet

Sverige blir (stor) nettoexportör av el i projektets samtliga scenarier. Exporten blir större än idag. Om det också blir möjligt att handla inom EU:s förnybarhetsdirektiv, t.ex. via ett gemensamt nordeuropeiskt elcertifikatsystem, så ökar den förnybara elproduktionen i Norden ytterligare. Ju mer förnybar el som krävs, desto mer förnybart produceras i Norden. Detta tränger undan allt mer av annan elproduktion i Norden och ökar samtidigt den nordiska elexporten (netto) från 15 TWh/år till upp emot 40 TWh/år, visar analyserna. Det ökade utbudet av el i Norden leder till behov av förstärkning av överföringsförbindelserna mellan Norden och Tyskland/Polen. Sådana förstärkningar blir lönsamma till följd av elprisskillnaderna mellan områdena. *(Mer information om detta område ges i avsnitt B i rapporten.)*

5.6 Strategiska frågor

EU:s mål för CO₂-reduktion och förnybar energi har stor påverkan på det nordiska elsystemets utveckling. Den kol- och gasbaserade produktionen reduceras kraftigt till år 2020 och all ny kraft som byggs i Norden blir förnybar kraft och kärnkraft. På 15 års sikt minskar koldioxidutsläppen från de stationära nordiska energisystemen med 20 %. Om effektiviseringsmålet tillförs minskar utsläppen med hela 40 %.

Elanvändningen ökar i de nordiska energisystemen. Ett 20 %-igt effektiviseringskrav medför dock att ökningen av elanvändningen blir avsevärt mindre och att ökningen avstannar inom 15 år för att därefter minska. Effektiviseringsmålet tillsammans med koldioxid- och förnybarhetsmålen ger på sikt ca 30 TWh/år mindre elanvändning än i referensfallet.

Användningen av förnybar energi ökar kraftigt i Norden (+ 120 TWh/år om förnybarhetsmålet genomförs), främst i form av biobränslen och vindkraft. Om effektiviseringsmålet tillämpas blir mängden förnybar energi mindre (men fortfarande klart större än idag).

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att EU:s gröna paket och övriga EU-mål kommer att ha mycket stor påverkan på elsystemets utveckling, både vad gäller produktion och användning.

Sverige blir (stor) nettoexportör av el i projektets samtliga scenarier. Exporten blir större än idag. Om det också blir möjligt att handla inom EU:s förnybarhetsdirektiv, t.ex. via ett gemensamt nordeuropeiskt elcertifikatsystem, så ökar samtidigt den nordiska elexporten (netto) från 15 TWh/år till upp emot 40 TWh/år, visar analyserna. Det ökade utbudet av el i Norden leder också till behov av förstärkning av överföringsförbindelserna.

5.6.1 Forskningsområden

Här redovisas idéer om forskningsområden som relaterar till den framtidsbild som ges ovan. Forskningsidéer med avseende på andra övergripande systemfrågor och på specifika teknikområden redovisas område för område under avsnitt B nedan.

Kontinuerlig bevakning och analys av nya politiska mål och förslag på styrmedel med koppling till energisystemet är viktig för att elföretagen skall kunna förbereda sig på ändrade villkor och för att branschen skall kunna påverka utvecklingen i önskad riktning.

Särskilt viktig är forskning som analyserar konsekvenser av samverkan/konflikt mellan olika mål och styrmedel. Även uppföljning och utvärdering av utnyttjade styrmedel är viktig för att undvika ineffektiv utformning av framtida styrmedel.

Forskningen bör ha som mål att identifiera kostnadseffektiva lösningar för att nå politiska mål och att föreslå styrmedelsutformning som undviker suboptimeringar.

Det är av stor vikt att klargöra Sveriges och Nordens roll i EU:s ambitioner att öka användningen av förnybar energi och att minska utsläppen av växthusgaserna.

Analys av styrmedel för ökning av förnybar elproduktion behövs. Det gäller exempelvis en utvidgning av elcertifikatsystemet, både omfattningen och utformningen av det svenska systemet och en eventuell utvidgning med fler länder. Av intresse är även internationellt samarbete där andra styrmedel kommer att ingå.

Hur skall en ökad användning av förnybar energi fördelas mellan olika områden, och vilken andel skall elsystemet kunna hantera?

Det kan också vara aktuellt att analysera hur energisystemet borde utvecklas för att nå utsläppsmål för koldioxid om nettoutsläppen från biobränslen inte antas vara noll. Skälet är tidsperspektivet, dvs. utsläppen sker nu, medan bindningen av kol sker i ett betydligt långsammare förlopp. (Se vidare under avsnitt B nedan, kapitlet om biobränslen).

6 B-avsnitten. Särskilda områden

6.1 Övriga systemfrågor

Den stora utmaningen för de svenska, nordiska och europeiska energisystemen det närmaste decenniet är att uppnå EU:s mål för 2020 i den slutliga utformning dessa kommer att få. Vår analys i avsnitt A har utgått från EU-målen, som de formulerats i EU:s energi- och miljöpolitiska paket från 2008 och olika tänkbara varianter av dessa. I avsnittet har vi dragit slutsatser och belyst konsekvenser av målen.

Målen kommer under de kommande åren att åtföljas av olika delbeslut i EU om direktiv med bindande legala bestämmelser inom olika delområden såsom förnybar energi, effektivisering, ändringar i utsläppsrättshandelssystemet m.m. samt andra inte lika legalt bindande beslut. Det kommer också att bli nationella svenska energi- och miljöpolitiska beslut i anslutning till EU-målen t.ex. om styrmedel.

Internationella förhandlingar kommer att föras de närmaste åren för att komma fram till ett nytt internationellt klimatavtal, ("Post-Kyoto") efter 2012. Det svenska ordförandeskapet i EU andra halvåret 2009 kommer bl.a. att innehålla förberedelser för dessa förhandlingar.

Elföretagen har självklart all anledning att noggrant följa denna politiska utveckling och ha beredskap för att kunna påverka den.

Utvecklingen kan komma att innebära ändrade förutsättningar i olika avseenden, mål kommer att preciseras och modifieras etc. Genom det grundarbete som gjorts i projektet Framtidsbilder och forskningsbehov för elsystemet finns det goda möjligheter att snabbt uppdatera analyserna för sådana nya förutsättningar som stöd för elföretagens agerande.

Energisystemen blir mer komplexa med fler interna kopplingar. Systemfrågor på olika systemnivåer blir än mer väsentliga än idag, Bredare analyser än med hjälp av enbart energisystemmodeller krävs, särskilt av ekonomiska förhållanden.

I detta avsnitt redovisas ett antal systemfrågor som inte direkt berörs i den framtidsbild som redovisas i avsnitt A. Exempelvis gäller det styrmedelsfrågor, elprisutveckling och identifiering av FUD -områden som både är viktiga för den framtida elförsörjningen och i behov av förstärkta insatser.

Energisektorn påverkas i mycket hög grad av olika styrmedel. Utformningen av dessa, och de mål som de syftar till att uppfylla har därför stor påverkan på elförsörjningens utveckling. Styrmedlen påverkar på många olika sätt, exempelvis genom elpriset, hur mycket el som produceras från olika energislag, elutbytet mellan länder, utsläppen från elsystemet, elens konkurrenskraft på värmemarknaderna och industrins konkurrenskraft.

Styrmedel kan påverka elpriset på olika sätt och i olika riktningar. Styrmedel som är till för att öka andelen förnybar elproduktion, t.ex. elcertifikatsystemet eller inmatningstariffer med garanterat högt elpris, hjälper till att öka utbudet av elproduktion. Detta ger en prissänkande effekt på systempriset på el. Styrmedel som fokuserar på att minska utsläppen av växthusgaser från bland annat elproduktionen, t.ex. utsläppsrättshandeln, ökar kostnaden för elproduktionen vilket höjer elpriset.

I avsnittet om export/import av el nedan diskuteras Nordens goda möjligheter för förnybar elproduktion. Möjligheterna att utnyttja denna ökar genom internationell handel med el. Ytterligare förnybar elproduktion tillkommer också i länderna utanför Norden. Eftersom den förnybara elproduktionen i stor utsträckning kan ses som intermittent – vindkraft (tillgänglig bara när det blåser) och biobränslekraftvärme (tillgänglig bara när det finns värmeefterfrågan) – behövs annan elproduktion som "back-up" för den förnybara elproduktionen. Den nordiska vattenkraften har i detta sammanhang ett mycket stort värde. Hur vattenkraften utnyttjas på effektivaste sätt är en viktig fråga att besvara.

För dessa och liknande systemfrågor behövs också en långsiktig kompetensuppbyggnad. (En förstudie genomförs våren 2009 genom uppdrag till Harald Haegermark och Bo Rydén)

I en skrivelse till Utbildningsdepartementet inför regeringens forskningsproposition framförde Elforsk i december 2007 synpunkter på en forsknings- och innovationsstrategi. Där fokuseras på områden som både bedöms vara viktiga för den framtida elförsörjningen och i behov av förstärkta insatser. Mycket kortfattat kan de synpunkter som vi bedömt vara relevanta för detta projekt sammanfattas i följande punkter:

- Sveriges energiforskning är en liten del av världens samlade energiforskning. Sverige har internationell spetsforskning inom vissa områden men skall ha kompetens för att kunna bevaka den internationella forskningen och delta aktivt i internationella samarbeten.
- Klimatfrågan är för närvarande den dominerande miljöfrågan även om det finns flera andra områden som också är av stor betydelse. Flera områden inom klimat- och miljöforskning behöver förstärkas.
- Inom klimatområdet är viktiga forskningsområden analys av styrmedel, avskiljning och lagring av koldioxid, konsekvenser av förändrat klimat samt biobränslens klimatpåverkan på kort och lång sikt.
- Inom kärnkraftområdet behövs forskning om ökad livslängd, som stöd för förstärkt säkerhetskultur och för att bedöma möjligheterna att introducera nya generationer av kärnkraft.
- Transportsektorn måste bidra till minskad klimatpåverkan. Eldrift är därvid en väsentlig möjlighet. Forskning kring laddhybrider och elbilar bör stärkas.
- Bioenergi är en stor svensk förnybar energiresurs. Här behövs förstärkt forskning kring konkurrensen om markanvändningen, mellan användning som råvara för produktion av olika produkter och energiändamål samt mellan olika slag av användning för energiändamål.
- Eftersom energiområdet kännetecknas av komplexa och mångvetenskapliga problemställningar bör olika discipliner sammankopplas i sammanhållna forskningsinsatser.

I stor utsträckning ligger dessa forskningsförslag i linje med dem som identifieras i olika delar av denna rapport.

6.1.1 Strategiska frågor

Styrmedel är av avgörande betydelse för utvecklingen av elförsörjningen. De påverkar på många olika sätt, exempelvis genom elpriset, hur mycket el som produceras från olika energislag, elutbytet mellan länder, utsläppen från elsystemet, elens konkurrenskraft på värmemarknaderna och industrins konkurrenskraft.

Olika styrmedel påverkar systempriset på el på olika sätt. Styrmedel för att öka mängden förnybar el (t.ex. elcertifikat) ökar utbudet av el, vilket sänker elpriset. Styrmedel med syftet att minska koldioxidutsläppen (t.ex. utsläpps-rättshandel) ökar elproduktionskostnaden vilket höjer elpriset.

Man kan i framtiden förvänta sig ett kraftigt ökat bidrag från förnybar elproduktion i hela Europa. Eftersom denna i hög grad kan betraktas som intermittent kommer det att behövas back-up för den förnybara elproduktionen. Nordisk vattenkraft har ett stort värde i detta sammanhang.

I texten ovan redovisas områden där Elforsk tidigare bedömt att det finns behov av mer forskning. Slutsatserna sammanfaller i stor utsträckning med de förslag till forskningsområden som redovisas i denna rapport.

6.1.2 Forskningsområden

Här redovisas idéer om forskningsområden med avseende på andra övergripande systemfrågor än de som redovisas i avsnitt A ovan. Forskningsidéer med avseende på specifika teknikområden redovisas område för område nedan.

På flera håll i rapporten poängteras behovet av bevakning och analys av nya politiska mål och styrmedelsförslag inom energiområdet. Detta är av största vikt för elbranschen.

Elpriset påverkas kraftigt av användningen av olika styrmedel. Eftersom elprisutvecklingen är direkt avgörande för elens konkurrenskraft på olika marknader och indirekt för basindustrins konkurrenskraft är det viktigt att analysera hur elpriserna långsiktigt påverkas av olika styrmedel, både existerande och planerade. Forskning behöver dock inte inriktas på kortsiktiga elprisprognoser, eftersom detta är ett område som alla elföretag själva bevakar.

Man kan förvänta sig ett växande behov av "back-up" i elsystemet för att balansera det ökade inslaget av intermittent förnybar elproduktion. Här bör den nordiska vattenkraften ha en nyckelroll. Det är angeläget att klargöra hur Nordens vattenkraft utnyttjas på effektivaste sätt.

6.2 Elmarknaden och Market Design

Regelverken kring elmarknaden i Norden har inledningsvis utvecklats främst med ett nationellt perspektiv. Efter hand har fokus flyttats över mot gemensamma nordiska frågor så som investeringar i stamnät, flaskhalshantering och harmoniserad slutkundsmarknad. Den stora utmaningen de kommande åren

är att hantera en ökad harmonisering av regelverken med övriga Europa. Den andra strategiskt viktiga frågan är hur olika typer av energi- och klimatpolitiska styrmedel fungerar tillsammans med regelverken kring elmarknaden. En tredje viktig fråga är hur vi hanterar den snabba utvecklingen som sker ute hos elkonsumenterna. Nya mät- och kommunikationssystem, timavräkning, nya tariffer, decentraliserad produktion och elbilar kommer att ställa nya krav på regelverken.

En förutsättning för att vi ska klara de utmaningar som ligger framför oss är att elmarknaden som sådan fungerar väl. För att tillgängliga produktions- och nätresurser ska användas effektivt måste den kortsiktiga prisbildningen på marknaden fungera. Några viktiga institutioner är elspot, elbas och de systemansvarigas reglermarknader. Regelverk kring hantering av flaskhalsar, effektreserver och mätning och avräkning av elanvändare är också centrala för den kortsiktiga prisbildningen. Det är naturligtvis också av största betydelse att det finns tillräckligt många självständiga producenter för att det ska uppstå en konkurrenssituation.

För att effektiva investeringar ska komma till stånd i produktion och användning krävs väl fungerande terminsmarknader, rimliga tillståndprocesser och en väl fungerande infrastruktur i form av leveranssäkra elnät. De energipolitiska styrmedel i form av skatter, CO2 marknader och subventionssystem måste också utformas så att de upplevs som långsiktiga och trovärdiga. När styrmedlen utformas måste hänsyn naturligtvis tas till hur elmarknaden fungerar.

Stark kritik har under en längre tid riktats mot regelverket kring elmarknaden. Det man speciellt har kritiserat är de kraftiga prisuppgångar på el som har följt i spåren av de ökade priserna på kol, olja och gas och introduktionen av EU:s handelssystem för koldioxid (EU ETS). Prisökningarna på el har i sin tur medfört att kraftföretagen har kunnat redovisa mycket stora vinster. Vinsterna uppstår p.g.a. att marknadspriset på el bestäms så att alla kraftverk som behövs för att täcka den samlade efterfrågan åtminstone ska få betalt för sina rörliga kostnader. Det betyder i praktiken att det dyraste kraftverket i drift bestämmer priset. Ofta är det dyraste kraftverket ett ineffektivt koleldat kraftverk med höga utsläpp av koldioxid.¹¹ Diskussionen om hur priset på el bestäms har inneburit att vissa t o m föreslagit att priset till kund borde regleras. Det är för övrigt inte helt ovanligt i Europa att det reglerade priset som kunder kan handla till är lägre än "marknadspriset".

En speciell diskussion har rört frågan om hur kostnaderna för EU ETS påverkar elpriset. Hittills har de elproducenter som använder fossila bränslen till största del fått de utsläppsrätter man behöver gratis av staten. Många har menat att om man får de gratis ska de inte påverka elpriserna. Vad man då glömmer är att en viktig poäng med EU ETS är att utsläppsrätterna är överlå-

¹¹ Det är viktigt att poängtera att man genom att införa auktion tar bort windfall profits från energiföretagen. Det leder dock inte till att priset på energi förändras. Staten får intäkterna istället. Diskussionen om wind fall profits pekar bara på ett fenomen som man i och för sig kände till men bortsåg ifrån vid introduktionen av systemet. Det är dock ett övergående fenomen som nu beslutsmässigt hanterats från 2013

telsebara. Utsläppsrätter man inte själv har behov av säljs till någon som har större betalningsvilja. Om det ska vara någon poäng med det måste även elproducenter som fått utsläppsrätter gratis betrakta utsläppsrätterna som en värdehandling, och bara köra kraftverket när elpriset är tillräckligt högt för att täcka såväl kostnaderna för bränslet som den potentiella intäkt man skulle få om utsläppsrätten säljs på marknaden. Forskning inom Market Designprogrammet har visat att prisbildningen på marknaden i detta avseende fungerar precis som det kan förväntas.

Att marknaden fungerar effektivt härvidlag betyder dock inte nödvändigtvis att de kraftiga elprisökningar som följt i spåren av EU ETS har varit önskvärda utifrån ett politiskt perspektiv. Speciellt har många oroats av konsekvenserna för den elintensiva industrin. Nedläggning eller utflyttning av fabriker som producerar produkter vars produktionsprocesser kräver mycket el innebär ju inte med automatik att koldioxidutsläppen i världen minskar. Så länge det finns en efterfrågan på dessa produkter ökar sannolikt produktionen i någon annan del av världen, kanske t o m med högre utsläpp av koldioxid. Detta fenomen brukar kallas för "Carbon leakage".

Ett annat område som diskuteras gäller de regler och principer som ska styra investeringar i nät. Den ökade internationella handel som har följt i spåren av de nya regelverken kring elmarknaden har satt stor press på stamnätsföretagen att bygga ut infrastrukturen. Att besluta om vettiga stamnätsinvesteringar är emellertid ingen enkel fråga vare sig teoretiskt eller praktiskt. Dels handlar det om beslut under stor osäkerhet. Lönsamheten i en nätinvestering bestäms av regionala obalanser mellan utbud och efterfrågan på kraft, något som kan förväntas variera kraftigt över investeringens livslängd. Det finns också ett visst beroende mellan kraftverksinvesteringar och investeringar i nät. En viss regional obalans kan antingen lösas genom en investering i en kraftledning eller genom att lokalisera ny produktion till regionen. För att nå ett optimalt resultat borde dessa beslut samordnas, vilket ofta inte är möjligt. Ett tredje problem är att investeringar i nät påverkar prisbildningen på marknaden och ger således upphov till förmögenhetsomfördelningar. Nyttan och kostnaderna av en investering påverkar sällan samma individer eller ens individer inom samma land. De nordiska stamnätsoperatörerna har kommit ganska långt i arbetet med att hitta gemensamma strategier för att besluta om och finansiera centrala nätinvesteringar, men detta arbete behöver fördjupas. Nästa steg är att koordinera sig gentemot kontinentala Europa.

En annan nätfråga som är viktig utifrån ett marketdesignperspektiv är vem som ska betala för nätinvesteringar. De kommande åren kommer det att krävas omfattande investeringar i nät för att möjliggöra utbyggnaden av vindkraft. Ska ägarna till vindkraftverken själva stå för denna kostnad eller ska kostnader och risker på något sätt bäras av kollektivet?

Ett tredje område som många pekar på är kritisk för såväl elmarknadens funktionssätt som allmänhetens syn på marknaden handlar om hur el ska mätas och debiteras i framtiden. Reformen om månadsvis avläsning av elmätare öppnar för enklare fakturor och bättre underlag för att följa upp sin elanvändning. Nästa steg är att utveckla nya typer av tariffer och att använda de nya mät- och kommunikationssystemen för att hjälpa kunderna att styra sitt uttag

av el och för att de skall kunna använda olika typer av ny teknik, t ex utnyttjning och laddning av batterier till elfordon. Om den potentiella flexibilitet som finns hos kundkollektivet kan utnyttjas bättre än i dag uppstår flera fördelar. Elsystemets leveranssäkerhet ökar, risken för kraftiga prissvängningar minskar, risken för att producenter med dominerande ställning otillbörligt påverkar prisnivå minskar, utrymmet för vindkraft i systemet ökar och, inte minst viktigt, kunders kostnader minskar.

Ytterligare en konsumentfråga, som också den har energipolitiska kopplingar, är vad det i framtiden ska betyda att kunden gör aktiva val angående energins ursprung. Redan i dag är det krav på att all el som säljs ska ursprungsdeklareras. Kunden kan också hos de flesta leverantörer göra aktiva val, exempelvis "vattenkraft" eller "vindkraft". Problemet uppstår när man ska förklara för kunden vad ett aktivt val innebär. Betyder det exempelvis att man som kund som köper 100 % vattenkraft kan hävda att den el man använder är koldioxidfri? Här krockar två synsätt, systemperspektivet och kundvalsperspektivet. Förespråkare för systemperspektivet lägger fokus på det faktum att den nordeuropeiska elmarknaden hänger ihop och att en kunds elanvändning nästan alltid förorsakar betydande koldioxidutsläpp oberoende av vad som står på fakturan. Att göra aktiva val angående elens ursprung är således enligt detta synsätt en teoretisk konstruktion utan något större värde vare sig för kunden eller för miljön. Förespråkare för aktiva kundval anser å andra sidan att aktiva val på sikt kommer att ha en reell påverkan på hur el produceras och kunden bör redan i dag i miljöredovisningar och på andra sätt kunna tillgodoräkna sig detta. Även om det finns luckor i resonemanget på kort sikt anser man att aktiva konsumenter är en så viktig kraft att den måste få finnas även när det gäller miljöprestanda på den el man köper.

6.2.1 Strategiska frågor

Regelverken kring elmarknaden i Norden har utvecklats under ca 15 år. Inledningsvis skedde utvecklingen främst med ett nationellt perspektiv, även om reglerna exempelvis för tillträde till den gemensamma spotbörsen på Nordpool tidigt harmoniserades. Efter hand har fokus successivt flyttats över mot gemensamma nordiska frågor så som investeringar i stamnät, flaskhalshantering och harmoniserad slutkundsmarknad. Den stora utmaningen de kommande åren är att hantera en ökad harmonisering av regelverken med övriga Europa utan att behöva ge avkall på allt för mycket av det vi anser vara väsentligt här i Norden. I många fall har vi kommit längre i Norden jämfört med övriga Europa och den nordiska särarten, bl.a. med mycket vattenkraft, förutsätter delvis andra regelverk jämfört med vad som diskuteras på Europainivå. Samtidigt är vi ibland kanske lite väl snabba på att försöka överföra våra lösningar på andra marknader. Det stora synkront sammankopplade och fossilbaserade europeiska elsystemet ställer i vissa fall andra krav jämfört med de nordiska.

För att vi ska bli framgångsrika i kommunikationen med företag och myndigheter i Europa kommer det inte bara att vara viktigt att vi kan argumentera väl för våra egna lösningar utan även att vi i detalj förstår de speciella förutsättningar och frågeställningar andra brottas med.

Den andra strategiskt viktiga frågan är hur olika typer av energi- och klimatpolitiska styrmedel fungerar tillsammans med regelverken kring elmarknaden. Introduktionen av EU ETS har exempelvis visat att genomslaget på elpriserna har varit betydligt större än vad många trodde. En snabb introduktion av vindkraft kommer att ställa stora krav på koordinerad utbyggnad av nätinfrastuktur och även påverka hur vi säkerställer att det finns tillräckliga effektreserver i systemet, antingen som produktionsreserver eller som förbrukningsflexibilitet.

En tredje viktig fråga är hur vi hanterar den snabba utvecklingen som sker ute hos elkonsumenter. Nya mät- och kommunikationssystem, timavräkning, nya tariffer, decentraliserad produktion och elbilar kommer sannolikt att innebära stora förändringar de kommande åren. Det kommer att ställas stora krav på företag att kunna förutse och dra nytta av denna utveckling. För myndigheterna innebär det en utmaning att fastställa och löpande anpassa regelverken på ett sådant sätt att hela samhället drar nytta av de nya möjligheterna som tekniken erbjuder. Om inte annat kommer det inom detta område kunna uppnås betydande fördelar om det går att harmonisera delar av regelverken inom EU.

6.2.2 Forskningsområden

Här redovisas några förslag på forskningsområden kring Elmarknaden och Market Design.

Förstå vilka förutsättningar man arbetar under i andra delar av EU. Vad kan vi lära oss av hur man löst olika Market designfrågor? Hur påverkar respektive regions eller lands speciella förutsättningar regelverkens utformning? I vilka delar skiljer sig Norden från andra delar av Europa?

Hur kan de speciella reglerna som omgärdar elmarknaden försvåra eller stödja energi-, klimat- eller miljöpolitiken, och omvänt, hur kan styrmedel inom dessa områden förbättra eller försämra elmarknadens funktion?

Den förväntade snabba utvecklingen och investeringar i mät- och kommunikationsteknik, decentraliserad produktion, elbilar, m.m. innebär stora möjligheter. Samtidigt behövs det gemensamma regelverk och administrativa strukturer. Ett nära samarbete måste ske mellan olika kompetenser för att tidigt kunna förstå vart utvecklingen är på väg och förstå vilka regler som stödjer en positiv utveckling och vilka som kan verka i kontraproduktiv riktning. Även detta bör ske med ett europeiskt perspektiv.

Forskning om effektmärknader.

6.3 Elanvändningens utveckling och energieffektivisering

Åren 2002 och 2003 bröts en långvarig ökning av elanvändningen i de nordiska länderna. Många tolkade detta som ett trendbrott och såg framför sig en lång period med sjunkande efterfrågan. Så blev inte fallet. Sedan 2003 har vi återigen sett elanvändningen öka med någon procent per år.

I projektet "Elanvändningen i Norden om 10 år" (Elforskrapport 06:05) identifierades tjugo punkter om elanvändningens utveckling. Flera av dessa ger delförklaringar till utvecklingstakten:

- Förändrad branschstruktur är den viktigaste förklaringen till att elanvändningen ökar långsammare i industrisektorn. Den specifika elanvändningen minskar inom industrin
- Hög ekonomisk tillväxt innebär inte självklart en ökad elanvändning inom industrin idag
- Driftel i kommersiella lokaler styrs starkt av verksamhetens krav, och väntas öka
- Elanvändningen i den nordiska fjärrvärmeproduktionen minskar
- Värmepumpsvågen minskar inte småhusens "elberoende" men minskar elanvändningen
- Elvärmen i Sverige är inte längre lika känslig för elprisökningar
- Vi har ett trendbrott för hushållselen i Norden. Framtida ökning kan bli marginell.
- "Människor med gröna värderingar är inte mer energisnåla än andra"

Energimyndigheten la i mars 2007 fram en långtidsprognos till 2015 och 2025. Denna uppdaterades under hösten 2008.¹² Prognosen från 2007 är framtagen inom ramen för den svenska klimatrappporteringen till EU medan uppdateringen har ett tydligare syfte att svara mot intentionerna i EU:s energipolitiska paket ("EU:s gröna paket"). Energimyndighetens prognoser har utgjort en viktig grund för antagandena om efterfrågans utveckling i projektets referens- och huvudscenario.

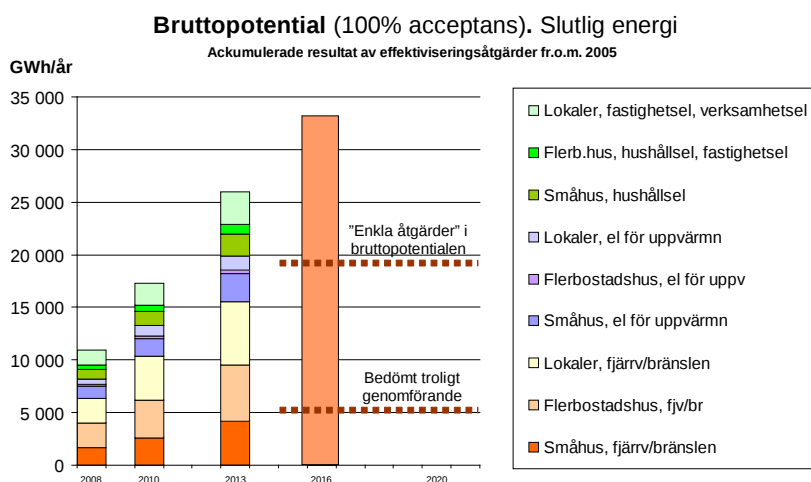
Idag finns ett flertal europeiska och nationella mål om energieffektivisering:

- EU:s medlemsländer har åtagit sig att effektivisera energianvändningen till år 2016 med minst 9 procent av den slutliga energianvändningen
- Utöver detta har regeringen i budgetpropositionen föreslagit ett mellanliggande mål om 6,5 procent energieffektivisering till år 2010
- Energieffektiviseringsutredningen (EnEff) anger att Sverige med rimliga åtgärder kan energieffektivisera 14 procent, dvs. 50 TWh, till 2016.
- EU:s regeringschefer har ställt sig bakom ett övergripande effektiviseringsmål om 20 procent av behovet av primärenergi. Målet uppfattas som vägledande, men ej bindande.
- Sverige har sedan tidigare ett nationellt mål att den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler skall minska med 20 procent till år 2020 och med 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen år 1995

¹² Energimyndigheten la 2009-03-06 fram sin långsiktsprogos 2008 (ER 2009:13) avseende perioden fram till år 2030. När prognosen kom var vårt analysarbete slutfört och vi har därför inte kunnat ta hänsyn till den. Prognosen utgår från gällande styrmedel vid halvårsskiftet 2008, vilket innebär att alla EU:s 20-mål från december 2008 inte finns med. Prognosen innehåller vidare scenarier med 50 resp. 60 års livslängd på kärnkraften.

6.3.1 Effektiviseringspotentialens storlek i Sverige

Den svenska EnEff-utredningen har analyserat den ekonomiska "bruttopotentialen" i bebyggelsen. För bostäder och servicelokaler utgör bruttopotentialen år 2016 ca 22 % av den totala slutliga energianvändningen (el och värme). Begreppet "bruttopotential" gäller vad som är ekonomiskt lönsamt i en nuvärdesberäkning, med 6 % kalkylränta och 2 % real energiprisökning. Potentialen omfattar alla typer av åtgärder (tilläggsisolering, ventilation, byten av el-utrustning etc), både som fristående åtgärder och löpande i samband med utbyten och reparationer som ändå skall göras. Byten av uppvärmningssätt (konverteringar) ingår inte. Genomförandet är fördelat över tiden efter vanliga livstider för apparater, byggnadsdelar etc.



6.3.2 Hur mycket av "bruttopotentialen" blir genomförd utan styrmedel?

Endast en liten del av bruttopotentialen blir i realiteten genomförd. Detta har konstaterats och beskrivits i en lång rad sammanhang och utredningar. EnEff-utredningen bedömer att bara ca 15 % av husåtgärderna blir genomförda utan särskilda styrmedel för effektivisering (nivå ca 5 TWh år 2016, se figuren). Att bara en del blir genomförd beskrivs ibland som "the energy efficiency gap/paradox", eller att det finns "transaktionskostnader" eller "barriäreffekter" för energieffektivisering.

"Bruttopotentialen" visar ett idealtillstånd där alla husägare gör en korrekt kalkyl, och sedan genomför allt, och den blir utgångspunkt för beräkning av en realistisk nivå på genomförande (se nedan).

6.3.3 Hur påverkas elanvändningens utveckling vid 20 % effektivisering?

Underlaget för EU:s energieffektiviseringsmål på 20 % bygger på EU-kommissionens "Action Plan for Energy Efficiency" från oktober 2006. Planen inleds med konstaterandet att ökad effektivitet och minskad energiintensitet (dvs. "Negajoules") har blivit den enskilt största "energikällan" i Europa de

senaste 35 åren. Kommissionen anser det tekniskt och ekonomiskt möjligt att spara ytterligare åtminstone 20 % av primärenergien. En viktig punkt är att minskningen med 20 %, (enligt Action Plan for Energy Efficiency), inte relateras till nuläget utan till vad energibehovet skulle bli år 2020 utan de åtgärder som föreslås i det energipolitiska paketet.

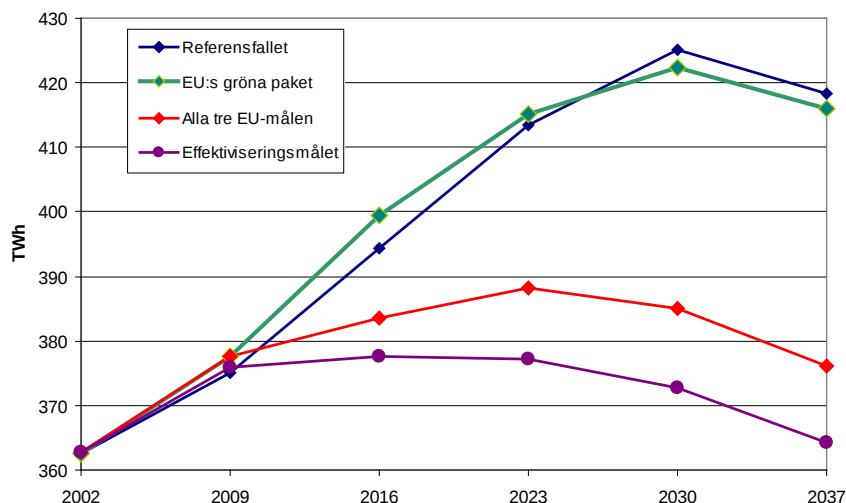
6.3.4 MARKAL-analyser

Hur kan vi då nå 20 % effektivisering av primärenergianvändningen i Norden? Figuren ovan visar på effektiviseringspotentialen i "bostäder och servicelokaler i Sverige" som kan komma att genomföras. På detta underlag, tillsammans med motsvarande, (men inte lika detaljerat), för andra sektorer och länder i Norden, har vi gjort bedömningen att cirka 10 % (av de 20 %) kan genomföras till 2020 med slutanvändaråtgärder av detta slag. Vi har då valt åtgärder till nivån "enkla åtgärder i bruttopotentialen" i figuren ovan. I MARKAL har vi hanterat dessa slutanvändaråtgärder genom att reducera energiefterfrågan i de olika efterfrågesektorerna. Den övriga effektiviseringen (cirka 10 %) blir ett resultat vid optimeringen. Resultatet blir att cirka 5 % väljs som "konverteringsåtgärder" (t.ex. byte från elvärme till värmepump i småhus) och cirka 5 % som effektiviseringsåtgärder i "energiomvandlingsledet", (t.ex. mer kraftvärmeproducerad el istället för kondensproducerad).

En andel av denna effektivisering påverkar elanvändningen i Norden. Av figuren nedan kan vi se, hur elanvändningen fortsätter att öka i Norden i projektets huvudscenario och i referensfallet. Om EU:s mål om 20 % energieffektivisering implementeras och får fullt genomslag avstannar dock ökningen, och vi får en minskande elanvändning i Norden efter 2020. Den hamnar på en nivå 35-40 TWh lägre än i huvudscenariot som en följd av det 20 % -iga effektiviseringsmålet, vid modellåret 2023. I scenariot med alla tre målen, är minskningen jämfört med huvudscenariot 25-30 TWh för modellåret 2023. Skälet till att den hamnar högre i detta fall, är att vissa åtgärder som utnyttjas för att nå CO₂- och förnybarhetsmålen använder el, exempelvis värmepumpar.

Vår bedömning är att det krävs relativt kraftiga politiska styrmedel för att få dessa effektiviseringsåtgärder genomförda, trots att många av dem är lönsamma.

Ökningen av elanvändningen i Norden avstannar som en följd av EU:s 20 % -iga effektiviseringsmål



6.3.5 Strategiska frågor

Effektivisering av energianvändningen sker ständigt. Nya apparater är effektivare än gamla, men hittills har det inte varit tillräckligt för att minska energianvändningen eftersom fler apparater och större byggnadsytor efterfrågas.

Det finns stora återstående potentialer för lönsam energieffektivisering. Samtidigt vet vi av erfarenhet att endast en bråkdel, inom bebyggelsen kanske 15 %, av detta kommer att genomföras utan ytterligare styrmedel. Vår bedömning är därför att relativt kraftiga politiska styrmedel krävs för att få åtgärderna genomförda, trots att många av dem är lönsamma.

Under projektets workshops har följande strategiska frågor pekats ut och diskuterats:

- Energieffektivisering blir en allt viktigare strategi för att minska CO₂, minska resursanvändningen och minska vårt oljeberoende.
- Men är effektiviseringsmålet rätt avvägt och hur väl fungerar styrmedlen. Fokuserar vi på rätt åtgärder. Vad är det primära syftet?
- Vilket genomslag får målen för effektivisering? Tvingande mål eller en from förhoppning?
- Hur skall vi värdera el? Vad blir konsekvenser att vi för in begreppet primärenergi?
- Vad händer med energieffektiviseringen i bostäder? Kunder börjar ställa krav på olika produkter och på sin energianvändning. Modeller för brukaren att kunna påverka?
- Egenproducerad energi - smart grid – vem tar ansvar? Hur stort blir genomslaget?
- Vad händer med industrins energianvändning? Förändringar i industristruktur?
- Hur utvecklas energianvändningen inom servicesektorn?
- Transportsektorn utgör en stor potential för att minska energianvändningen genom övergång till eldrift?
- Påverkan på energianvändning av klimatförändringar, ändrad demografi, befolkningstillväxt
- Beteendeförändringar t ex Inverkan på elsystemet av beteendeförändringar, t ex ett ökande kundtryck mot förnybar elproduktion
- På vilka områden kan man införa styrmedel som ställer krav?
- Nya informationskanaler till kunder via t.ex. via våra nya elmätare
- Nya differentierade tariffer?

6.3.6 Forskningsområden

Med utgångspunkt från slutsatserna ovan har följande forskningsområden identifierats:

Elforskprojektet "Elanvändningen i Norden om 10 år" slutfördes 2005. Halva tiden har snart gått och det är nu intressant att urskilja hur elanvändningen verkligen har utvecklats och om projektets slutsatser om påverkansfaktorer fortfarande gäller. Det är också intressant att blicka framåt och analysera effekten av nya omvärldsförutsättningar samt att göra fördjupningar inom områden som identifierades redan då projektet genomfördes.

Hur lönsam är effektiviseringen totalt om man räknar med de kostnader som sammanhänger med de styrmedel som utnyttjas för att få effektiviseringarna genomförda? Vilka styrmedel kan medverka till att reducera dessa "transaktionskostnader"?

Under projektets workshops har följande viktiga forskningsområden pekats ut och diskuterats:

- Hur utvecklas energianvändningen - förstå effekten av olika typer av styrmedel
- Öka kunskapen om framtida elanvändning inom olika sektorer
 - o Det framtida näringslivets struktur och energibehov
 - o Det framtida vardagslivets energifrågor
 - o Transportsektorn, (se särskilda avsnitt)
- Koppling framtida elanvändning och smart grids
- Effektproblematiken inom olika sektorer
- Konsekvenser av förlorat värmeunderlag för elproduktionen i fjärrvärmesystemen
- Energisnåla byggnader och inomhusmiljö
- Konsekvenser av framtida egenproducerad el
- Elens roll i att skapa framtidens energieffektiva användning inom olika sektorer
- Beteendeförändringar, information till kunder. Synliggörande av energi.

Vid dessa workshops föreslogs också att Elforsk skulle kunna "utmana Sveriges energiforskare att göra en syntes av vad vi hittills lärt oss av 30 års forskning inom området".

En tillkommande fråga är konsekvenserna av Eneff-utredningens förslag och vad denna kommer att leda till efter energipropositionen i mars och riksdagsbeslut.

Utdrag ur:
Pressmeddelande, 18 november 2008, Näringsdepartementet
Energieffektiviseringsutredningen

Lönsamt att energieffektivisera mer än EU kräver

Kraftigt ökade stöd till energieffektivisering i byggnader, höjd skatt för bilar med hög bränsleförbrukning och skarpare byggregler. Det är några av förslagen i Energieffektiviseringsutredningens slutbetänkande Vägen till ett energieffektivare Sverige (SOU 2008:110).

Enligt EG-direktivet om energieffektivisering (2006/32/EG) ska medlemsstaterna effektivisera energianvändningen med minst 9 procent till år 2016. Det klarar Sverige. Men det finns starka skäl att gå längre. Potentialen för lönsamma effektiviseringar är mycket större än så. Med rimliga åtgärder kan Sverige energieffektivisera 14 procent, dvs. 50 TWh, till 2016. Det är lönsamt både för samhället och medborgarna.

Vägen till ett energieffektivare Sverige går, enligt utredningen, via ett kraftigt förstärkt bidragspaket till energieffektiviseringar i byggnader, höjda drivmedelsskatter, höjd fordonsskatt för bilar med hög bränsleförbrukning, höjda produktions- och konsumtionsskatter på energi, skärpta byggregler, utvidgade program för energieffektiviseringar i industrin m.m.

Den offentliga sektorn ska visa vägen genom ambitiösa energieffektiviseringsprogram i stat, kommuner och landsting. Bl.a. föreslås att kommunerna ska erbjudas att teckna avtal om energieffektivisering med staten. Förstärkta och samlade informationsinsatser ska ske genom ett särskilt Forum för energieffektivisering.

Enligt EG-direktivet ska Sverige följa upp resultaten av energieffektiviseringen. År 2011 och år 2014 ska Sverige redovisa hur det går och lägga fram nya handlingsplaner för kommissionen.

6.4 Elfordon - Laddhybrider och elbilar

Laddhybrider (plug-in hybrider) är fordon, som för sin framdrivning använder både en förbränningsmotor och elmotor. Fordonen kan köra en betydande sträcka i eldrift och fordonets batterier kan laddas via elnätet. Litiumjon batterierna är nyckelkomponenten för laddhybrider och elbilar. Mycket stora krav ställs på batteriernas säkerhet, laddningskapacitet och livslängd (antal laddningscykler). Detta har bidragit till att utvecklingen av fungerade batterier för fordonstillämpning dragit ut på tiden. Batterierna är dessutom i dagsläget mycket dyra.

Energiförbrukningen för en laddhybrid i eldrift eller elbil uppgår till 1-3 kWh per mil. Körsträcker på 4-5 mil i eldrift kräver att batterierna kan lagra 8-10 kWh. Med denna batteristorlek (i en laddhybrid) kan en svensk normalbilist köra 70 - 80% av den årliga körsträckan på el istället för på bensen/diesel. Eldriften gör laddhybriderna och elfordonen mycket energieffektiva. En elmotor omvandlar mer än 90 % av elenergin till mekanisk energi. En bensinmotor klarar i praktiken bara av att omvandla 20-30 % av bensenens energiinnehåll för fordonens framdrift.

Sannolikt är det dock först någon gång kring 2011/2012 som laddhybrider och elbilar kommer att introduceras i kommersiella serier. Marknadsutvecklingen för elfordon styrs inledningsvis i första hand av politiska styrmedel och inte av "körekonomi".

Laddningen av elfordon kan styras inom ett brett område (långsam, medium, snabb). Effektbehovet från en laddning av en laddhybrid eller elfordon vid långsam laddning via ett eluttag med 10A och 230V kan jämföras med effektbehovet för tvätt- eller diskmaskin. Långsam laddning av ett 10kWh batteri tar ca 5 timmar. Halvsnabb laddning (trefas 16A och 400V) sker på strax över 1 timme. Snabbaddning vid höga effekter kan ske på ca 10 minuter.

Elfordon passar bra ihop med miljövänlig elproduktion. Trehundra havsbaserade vindkraftverk på 5 MW klara energitillförseln till två miljoner laddhybrider eller elfordon, dvs. nästan hälften av Sveriges personbilspark. Även en mycket kraftig introduktion av laddhybrider och elfordon påverkar bara det svenska elsystemet marginellt. Det kan dock finnas behov av mindre nätförstärkningar i vissa lokala elnät eller att lasten styrs de kallaste vinterdagarna.

Det finns stora förhoppningar knutna till elfordon, både från politiker och inom bilindustrin. Politiker blir alltmer medvetna om vikten av att minska transportsektorns koldioxidutsläpp och den svenska regeringen har tex lagt fast målet om en fossiloberoende transportsektor till 2030. Övergången till elfordon ingår som en viktig del i strategin för att nå målet. Bilindustrin runt om i världen står samtidigt inför ett kraftigt omvandlingstryck och många företag har tidigarelagt sin utveckling och planerade introduktion av elfordon.

6.4.1 Strategiska frågor

En introduktion av cirka 600,000 laddhybrider och elbilar i Sverige skulle effektivt bidra till att minska Sveriges koldioxidutsläpp, öka andelen förnybar

energi, minska energianvändningen samt minska oljeberoendet. En kraftfull satsning från staten i samverkan med näringslivet skulle kanske kunna göra det möjligt att nå visionen om 600,000 elfordon till år 2020. Hur många eldrivna fordon som i praktiken kommer att rulla på de svenska vägarna år 2020 bestäms av en lång rad faktorer, inte minst av utformningen av statliga och regionala styrmedel för elfordon, bilindustrins satsningar på att utveckla fordonen, bilarnas/batteriernas tillförlitlighet och kostnadsutvecklingen samt hur väl infrastruktur för laddning är utbyggd och anpassad för olika kundkategorier.

Marknadsutvecklingen för elfordon befinner sig nu i en förberedande fas även om vissa fordonstillverkare nämner årtalen 2011-2012 för en första lanseringar i liten skala. För närvarande finns ytterst få elfordon att köpa på den svenska marknaden och det råder osäkerhet om hur och i vilken omfattning laddinfrastruktur behöver byggas ut i olika miljöer.

6.4.2 Forskningsområden

Elföretagen kan spela en viktig roll när det gäller att påskynda övergången till elfordonssamhället. Det är angeläget att nu bygga upp kunskap, dels om egenskaperna hos olika elfordon i takt med att de börjar bli tillgängliga på marknaden, dels om hur och var vi kommer att ladda fordonen. Forskning och utveckling behövs bl.a. inom följande områden:

- Kostnadseffektiv utbyggnad av laddningsinfrastruktur och tillhörande kraftsystemfrågor
- Kommunikation mellan fordon och elsystemet
- Samspel mellan fordon och nät/elsystemet (Smart Grid, V2G, etc)
- Standarder
- Betalsystem för laddning
- Körmönster för fordon och kundacceptans
- Miljövärdering och styrmedel
- Demonstrationer och testverksamhet

6.5 Vattenkraft

Vattenkraftens svarar för hälften av den nuvarande svenska elproduktionen. Utbyggnaden av vattenkraften startade i början av 1900-talet och avstannade på 1970-talet beroende på ett ökande motstånd av miljöskäl och en relativt stor utbyggnadsgrad. Elproduktionsökningen från 1970-talet och framåt kom från kärnkraftutbyggnaden.

Nuvärdet av investeringarna i vattenkraftanläggningar beräknas till ca.300 miljarder kr. Kraftföretagen har stora investeringsprogram, som beräknas till ca.18 miljarder för de närmaste tio åren¹³. Programmen syftar till att under-

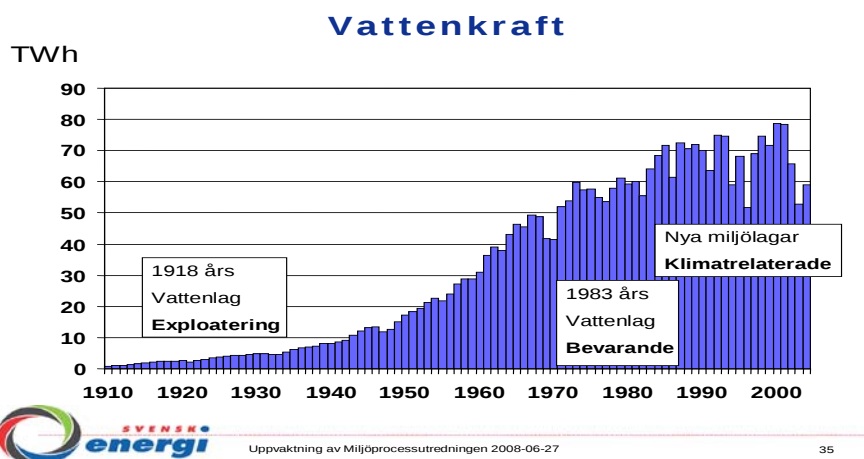
¹³ Svensk Energi har vid en uppvaktning för miljöprocessutredningen 2008-06-27 angett 25 miljarder i investeringar i vattenkraft åren 2009-2018

hålla, modernisera och reinvestera i vattenkraftanläggningar, vad avser vattenvägar, generatorer och turbiner.

Vattenkraftens uppgifter i kraftsystemet

- Ger energi (50 % av elbehovet)
- Utgör ett stort "ellager"
- Utgör snabb effektreserv, korttidsreglering samt reglerar planerade och oplanerade förbruknings- och produktionsförändringar
- Används för frekvenshållning

Vattenkraftens roll i korttidsregleringen blir allt viktigare i takt med att ökande mängder vindkraftproduktion skall integreras i kraftsystemet.



Vattenkraftens produktionsanläggningar

- Ca 700 kraftverk större än 1,5 MW
- Ca 1800 mindre än 1,5 MW
- Total installerad effekt ca 16200 MW
- Normalårsproduktion ca 65 TWh
- Av normalårsproduktionen genererar de "små" ca 1,5 TWh

6.5.1 Strategiska frågor

Någon större utbyggnad av vattenkraften anses inte möjlig under åtminstone de närmaste 10-15 åren. Svensk Energi bedömer möjligheterna till 0-5 TWh inom ramen för gällande lagstiftning och med hänsyn till myndigheternas ambitioner i omprövningar. Den rent ekonomiska potentialen har bedömts till ca 30 TWh. Kraftverksföreningen gjorde i mitten av 1990-talet bedömningen att 15 TWh skulle kunna vara utbyggbart på ett miljömässigt acceptabelt sätt enligt moderna normer.

Politiska förutsättningar för utbyggnad utöver 0-5 TWh saknas dock och stora delar av den ekonomiska potentialen ligger i älvar som är skyddade mot utbyggnad enligt lag. Huruvida förutsättningarna för ytterligare utbyggnad kan ändras när ersättningen av nuvarande kärnkraft rycker närmare låter sig f.n. inte bedömas.

I projektets grundläggande framtidsbild för analyser har inga tillskott eller bortfall av vattenkraftproduktion inräknats. Vi har dock gjort en separat analys med det hypotetiska antagandet att tillstånd ges för utbyggnad av 15 TWh vattenkraft som en del av analyserna som utgår att EU:s förnybarhetsmål på 20 % till 2020 skall uppnås. Under dessa betingelser är det lönsamt att bygga ut vattenkraft och det är billigare än vindkraftutbyggnad. En effekt blir därför att nästan lika mycket vindkraftutbyggnad inte kommer till stånd. (I grundfallet i analysen byggs vindkraft ut för att klara förnybarhetsmålet). Eftersom den tillkommande vattenkraften är billigare än vindkraften så blir elpriset något lägre i den alternativa analysen. Detta leder i sin tur till något större elanvändning i Norden än i grundfallet.

Enligt Vattenlagen från 1983 som ersätter Vattenlagen från 1918 kan samhället begära omprövningar av gällande vattendomar, om det kan visas, att det finns konsekvenser, som inte var förutsedda, när domen fastställdes. Sådana omprövningar har skett i ett antal fall. Skälen till att omprövningar kan begäras är t ex fiskeri- och därtill anknutna frågor, de nationella miljökvalitetsmålen t ex bevarandet av biologisk mångfald, och turbindödlighet för ål. Naturvårdsverket, Kammarkollegiet och länsstyrelserna är behöriga att ansöka om omprövning. De har tillsammans med Räddningsverket och berörda kommuner rätt att företräda allmänna intressen.

Enligt en kartläggning 2006 hade ca.10 vattendomar omprövats. Kammarkollegiet har varit sökande och syftet har varit att tillgodose det allmänna fiskeintresset.

Genomgående har dessa omprövningar resulterat i ett produktionsbortfall på ca 5 % oftast via krav på ökad minimitappning. Vattenkraftproducenter ersätts endast för produktionsbortfall över 5 % av produktionsvärdet i vattendomar meddelade enligt 1918 års vattenlag (enl. övergångsbestämmelser). I vattendomar meddelade med stöd av 1984 års vattenlag och numera miljöbalken, skall den ersättningsfria andelen fastställas i domen. Normalt har den angivits till 5 % av produktionsvärdet men det finns ett utrymme att i tillståndsdomen ange en andel upp till 20 %.

Det finns också en risk i att vattenkraftens reglerförmåga kan komma att begränsas i samband med omprövningen av vattendomarna, vilket är negativt för möjligheterna att integrera vindkraft.

Frågor kring omprövning har utretts av Miljöprocessutredningen, som lades fram i april 2009.

EU:s vattendirektiv kräver bl.a. att åtgärdsplaner tas fram för vattendrag. Detta skall ske i Sverige under 2008-2009. Berörda myndigheter anser att

detta kommer att öka antalet omprövningar av vattendomar för vattenkraften.

6.5.2 Road map

2010-2018. Kraftföretagens pågående investeringsprogram fullföljs.

2010 och framåt. Åtgärdsprogram enl. EU:s vattendirektiv kommer fram och behandlas. Regelsystemet för omprövningar klarläggs.

2010-talet. Vindkraftutbyggnaden ökar och skärper vattenkraftens roll i korttidsregleringen, (vilken också kan ifrågasättas av miljöskäl).

2020-talets början (eller tidigare). Ytterligare utbyggnad av vattenkraft utöver 0-5 TWh som del i ersättningen av nuvarande kärnkraftproduktion måste diskuteras.

6.5.3 Forskningsområden

Vattenkraften kommer fortlöpande att underhållas och förnyas. Som stöd för detta bedriver Elforsk ett forskningsprogram inom kompetenscentrum SvenskVattenkraftCentrum gällande vattenvägar, turbiner och generatorer liksom programmet Vattenkraft – Miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten, som båda går in i nya etapper från 2009. Vidare bedrivs program om Dammsäkerhet, Förnyelse och Effektivt underhåll. Programmen kan successivt anpassas till nya förhållanden såsom vad omprövningar och vattendirektivet kan komma att medföra.

Forskningsbehov kring vattenkraftens roll i det nuvarande och kommande kraftsystemet belyses under flera andra rubriker.

En viktig aspekt på forskningsprogram, särskilt inom vattenkraftområdet, är att uppehålla kompetensen inom grundtekniker såsom vattenbyggnad, turbiner och generatorer trots stora pensionsavgångar och att det inte sker någon större utbyggnad i Sverige.

6.6 Kärnkraft

Svensk kärnkraft byggdes successivt ut under tiden 1972-1985 och har under drygt tjugo år stått för ca hälften av elproduktionen i landet. Kärnkraften har bidragit till en betydande minskning av Sveriges CO₂-utsläpp.

Efter stängningen av Barsebäck finns tio kärnkraftreaktorer i drift. Ansökningar om effekthöjningar vid åtta reaktorer har under 2000-talet lämnats in till SKI numera Strålsäkerhetsmyndigheten. Det totala effekttillskottet beräknas bli 1000 MWe, motsvarande knappt 8 TWh per år.

Livslängden för kommersiella kärnkraftverk varierar beroende på reaktortyp och drifhistoria. Planering sker nu för att möjliggöra drift av de svenska reaktorerna i 50 år. Idag finns dock kunskap om hur alla väsentliga delar i ett kärnkraftverk kan bytas, varför även 60 års livslängd är realistiskt för flertalet

svenska reaktorer. Energimyndigheten räknar i sin långsiktsprogno 2006 med 60 års livslängd vilket Profu har använt i sina modellkörningar och analyser¹⁴. För två av de äldsta reaktorerna skulle det dock sannolikt bli rationellt att ställa av efter ca 50 års drift, dvs. under perioden 2020-2025. Följden av följden av detta skulle bli ett effektbortfall på ca 1 300 MWe eller 8-9 TWh i årsproduktion.

Profus huvudscenario bygger på att två av EU:s 20-mål uppnås, nämligen CO₂-minskning med 20 % och ökning av andelen förnybar energi till 20 % till 2020, visar att ny kärnkraft utöver den pågående utbyggnaden av det finska kärnkraftverket och effekthöjningar i svenska kärnkraftverk inte kommer in som ersättande elproduktion i det nordiska systemet förrän de svenska reaktorerna faller för åldersstrecket. Orsaken är den stora mängd förnybar elproduktion som införs i Norden för att nå EU-målen.

6.6.1 Strategiska frågor

Kärnkraftens utveckling i Sverige är alltså kopplad till effekthöjning i existerande reaktorer och de val som görs då nuvarande reaktorer fasas ut till följd av åldersskäl. Här redovisas ett antal viktiga frågeområden.

Tidsperspektiven för ersättningen av nuvarande kärnkraftproduktion har redan berörts. Två reaktorer kan ev. komma att ställas av, av ekonomiska skäl i under 2020-talet. För resterande åtta reaktorer räknar Energimyndigheten i sin långtidsprognos 2006 med 60 års livslängd dvs. avställning i perioden 2035-2045. Om två reaktorer skall ställas av i perioden 2020-2025, aktualiseras frågor om ny elproduktion i stor skala redan inom ganska få år, speciellt om ny kärnkraft i Sverige i storleksordningen 1300 MW kan bli ett av alternativen.

Finns det ytterligare möjligheter för effekthöjningar utöver de som redan finns i ansökningar, varav vissa godkänts och andra behandlas i tillståndprocesser och vad är i så fall tidsperspektiven? Finns möjligheter till ytterligare livstidsförlängning utöver de nu bedömda 60 åren? När kan man tänkas veta mera?

I detta projekt har huvuddelen av analyserna gällt perioden fram till 2020 och EU:s "20 mål" har varit utgångspunkten. Det finns många alternativ för att hantera ett eventuellt effektbortfall av två reaktorer i början av 2020-talet. Det blir dock alltid frågan om en kombination av effektivisering, olika former av elproduktion i Sverige och ibland om import av el (eller kanske snarare minskad export av el). För många av de situationer som analyserats i projektet bör man kunna dra slutsatser även bortom 2020.

För alternativet att bygga ny kärnkraft i Sverige, som står färdig i början av 2020-talet, krävs det stora beslut redan under de närmaste åren. Byggstart skulle exempelvis behöva ske redan ca 2015.

¹⁴ I Energimyndighetens långsiktsprogno 2008 från mars 2009 finns som tidigare nämnts scenarier med både 50 och 60 års livslängd.

6.6.2 Road map

Sverige

2010-talet. Konsekvenser av en ev. tidigare avställning av två reaktorer analyseras och ersättande produktion börjar planeras och byggas.

2032-2045 Resterande åtta reaktorer når 60-årsstrecket. Ersättande elproduktion måste hur den än skall sammansättas börja planeras och förberedas senast 2020.

Internationell utveckling

IEA:s road maps för kärnkraft i Studien Energy Technology Perspectives anger följande utvecklingar för de två scenariegrupperna i studien, dvs. ACT, som betyder återgång till dagens CO₂ utsläpp år 2050, resp. Blue, som betyder halvering av dagens CO₂ utsläpp till 2050.

Studien bedömer att s.k. Gen III reaktorer är kommersiellt tillgängliga idag. Gen III är utvecklade efter Harrisburgolyckan (TMI) och har extra säkerhetsåtgärder. Om reaktorn dessutom har passiva säkerhetsmekanismer inbyggda som kraftigt reducerar sannolikheten för härdsmläta och radioaktiva utsläpp benämns den Generation III+. År 2025 bedömer IEA att Gen III + kan vara i kommersiell implementering men redan idag offereras dock flera reaktortyper med inbyggda passiva säkerhetssystem.

I ACT scenarierna bedömer IEA att 200 GW Gen III+ kan vara i drift 2030 och 500 GW 2050. För Blue scenarios är motsvarande siffror 200 GW år 2030 och 935 GW år 2050. År 2045 bedömer IEA att nästa utvecklingssteg, Gen IV reaktorer, skulle kunna vara i kommersiell implementering¹⁵. För Gen IV är siffrorna för ACT 200 GW år 2050 och i Blue 285 GW år 2050¹⁶. Dessa reaktortyper kommer att utnyttja energiinnehållet i bränslet mycket effektivare än dagens reaktorer.

6.6.3 Forskningsområden

Kärnkraftteknikens tidsperspektiv är långa. Utvecklingen kommer att bevakas av kraftföretag energi och säkerhetsmyndigheter samt internationella organisationer.

¹⁵ Begreppet Gen IV omfattar flera reaktortyper

- Gaskyld snabb reaktor (GFR)
- Blykyld snabb reaktor (LFR)
- Reaktor med flytande bränsle (MSR)
- Natriumkyld snabb reaktor (SFR)
- Vattenkyld reaktor med överkritiskt tryck (SCWR)
- Högtemperaturreaktor (VHTR)

¹⁶ Begreppet Gen IV omfattar flera reaktortyper

- Gaskyld snabb reaktor (GFR)
- Blykyld snabb reaktor (LFR)
- Reaktor med flytande bränsle (MSR)
- Natriumkyld snabb reaktor (SFR)
- Vattenkyld reaktor med överkritiskt tryck (SCWR)
- Högtemperaturreaktor (VHTR)

Elforsk har nyligen tillsatt ett råd för kärnkraftteknisk forskning.

Elforsk bevakar kärnkraftutvecklingen i ett pågående projekt och driver ett betongtekniskt forskningsprogram för kärnkraftverk.

Elforsk kan vidare genomföra analyser kring alternativ för, och konsekvenser av en avställning av två reaktorer i början av 2020-talet, (se ovan).

Studier av ersättning av nuvarande kärnkraft i ett längre tidsperspektiv, t ex enligt följande (delvis tillämpliga även på föregående punkt):

- Har kärnkraftens kostnader förändrats och påverkar det i så fall kärnkraftens framtid i Norden?
- Analys av olika strategier (nya verk, avställning, ersättning av gamla verk med nya, livslängdsförlängningar, ...)
- Hur påverkas kärnkraften av förändrade omvärldsförutsättningar, inklusive politiska mål och styrmedel?
- Förutsättningarna för nya reaktortyper bortom 2030
- Möjligheterna för toriumcykeln, (som studeras i både Norge och Finland)

Kompetens inom kärnkraftteknik kan vara en blivande bristvara i både Sverige och Europa i stort. EU har f.n. ett projekt om hur dessa brister skall undanröjas. I Sverige har Svenskt Kärntekniskt Centrum, som stöder KTH, Chalmers och Uppsala Universitet, fr.o.m. år 2008 fått finansiering med 102 Mkr från kraftföretag och myndigheter för ett sexårigt program om kärnkraftteknisk forskning och utbildning. Vattenfall och E.ON gör därutöver egna satsningar på kärnteknisk forskning och utbildning.

6.7 Vindkraft

Om EU:s mål om 20 % förnybar energi och 20 % minskade växthusgasutsläpp genomförs ökar användningen av förnybar energi tydligt i Norden, både jämfört med nuläget och jämfört med utvecklingen för ett fall där endast dagens styrmedel tillämpas. För vindkraft blir ökningen kraftig. Det blir då enligt analyserna i detta projekt en vindkraftutbyggnad av storleksordningen 30 TWh i Norden. Av detta lokaliseras 12 – 15 TWh i Sverige. Detta är avsevärt mer än idag men samtidigt klart mindre än det planeringsmål på 30 TWh som Energimyndigheten föreslår. Största delen av detta byggs ut redan inom 10 år.

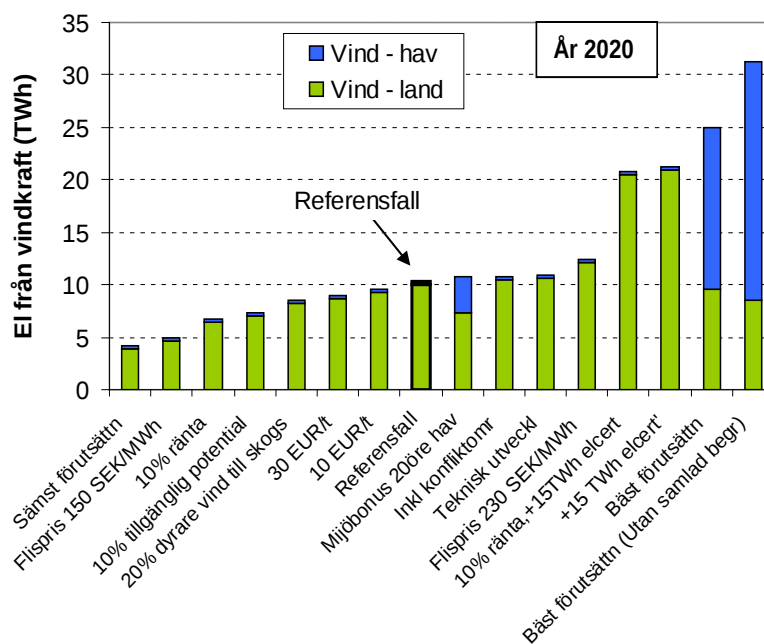
Om effektiviseringsmålet på 20 % samtidigt införs så blir den totala energiomsättningen mindre. Därmed blir vindkraftutbyggnaden mindre eftersom förnybarhetsmålet är ett andelsmål. Då stannar vindkraftutbyggnaden i Norden till år 2020 vid ca 20 TWh, varav knappt 9 TWh i Sverige.

I forskningsprojektet Vindkraft i framtiden (Elforsk rapport 8:17) har det gjorts en bedömning av den svenska ekonomiskt lönsamma potentialen för såväl land- som havsbaserad vindkraft år 2020, med hänsyn till de fysiska, tekniska och ekonomiska förutsättningarna som påverkar lönsamheten i vind-

kraftprojekt. Den ekonomiskt lönsamma elproduktionen från vindkraft år 2020, ligger för de flesta beräkningsfall (som innehåller dagens omfattning på elcertifikatsystemet, men inga av EU: 20 % mål) mellan 7 och 12 TWh (10 TWh i referensfallet). Den omfattande känslighetsanalys som genomförts visar dock på att det finns förutsättningar som kan ge relativt stor ökning eller minskning av elproduktion från vindkraft utifrån referensfallet, enligt figuren nedan. Om en större elcertifikatkvot förutsätts så blir det i stor utsträckning vindkraft som täcker det tillkommande behovet av förnybar elkraft.

Den rent fysiska potentialen för vindkraft är naturligtvis mycket stor. I studien visas dock att även den tekniska potentialen, dvs. med hänsyn tagen till bland annat ytor där det inte går att bygga eller där konflikter av olika slag föreligger, är mycket stor. Beräkningarna som baseras på en GIS-analys visar en total teknisk vindkraftspotential på hela 510 TWh per år för vindkraft på land och 46 TWh per år till havs.

Lönsam elproduktion från vindkraftverk år 2020 vid olika kombinationer av beräkningsförutsättningar



Den beräknade tekniska potentialen är dock i viss mån teoretisk och har resulterat i vad som kan betraktas vara en tämligen hög siffra i antal MW per kvadratkilometer. För att beakta detta och redovisa resultat för en mer praktisk potential har beräkningar gjorts med potentialen nedskalad. I detta fall har endast 10 % av den ursprungliga tekniska potentialen i referensfallet tagits med. Även detta fall visar att det finns en stor tillgänglig potential, betydligt större än den potential som i praktiken kan byggas innan 2020. Inte heller i ett längre perspektiv är det brist på teknisk eller praktisk potential som kommer att begränsa möjlig utbyggnad. Resultaten med den reducerade potential ger dock en brantare kostnadsökning för ökande mängd vindkraft än för referensfallet. Att kostnadsökningen blir brantare när potential försvinner

visar på vikten av att utnyttja de bästa vindlägena för att kunna bygga ut vindkraften till låg kostnad.

6.7.1 Strategiska frågor

Den tekniska potentialen för vindkraft i Sverige är mycket stor, hundratal TWh/år. En stor del av denna kan byggas ut till måttliga kostnader, ca 50 öre/kWh, (för själva vindkraftverken).

Vid nuvarande omvärldsförutsättningar, inklusive det existerande elcertifikatsystemet kan man förvänta sig att vindkraftproduktionen år 2020 uppgår till ca 10 TWh. Om mer vindkraft skall byggas ut krävs ett utvidgat elcertifikatsystem (eller andra långsiktiga styrmedel).

Havsbaserad vindkraft är relativt dyr och kommer sannolikt inte att byggas ut utan extra stöd (utöver elcertifikatsystemet).

För att vindkraftutbyggnaden skall byggas ut på mest kostnadseffektiva sätt är det viktigt att i så stor utsträckning som möjligt utnyttja de bästa vindlägena. En effektiv tillståndprocess krävs för att uppnå detta.

Kraftig utbyggnad av vindkraft, med dess intermittenta karaktär, ställer krav på tillgång till reglerkraft och reservkraft. Marknadsregler som uppmuntrar efterfrågeanpassning är också viktig.

Om EU:s förnybarhetsmål genomförs med gemensamma styrmedel hamnar sannolikt mycket vindkraft i Sverige och Norden. Sverige skulle då bli en stor nettoexportör av el, vilket ställer krav på överföringsförbindelser och transmissionssystem. Det är också viktigt att sådana styrmedel utformas så att de uppfattas som rättvisa.

Utbyggnad och förstärkningar av elnäten på alla nivåer är av stor vikt för utbyggnaden av vindkraft. Beslut om hur detta skall ske behövs.

6.7.2 Forskningsområden

Med utgångspunkt från slutsatserna ovan har följande forskningsområden identifierats:

En stor del av den identifierade vindkraftspotentialen är belägen i skogsmark. Eftersom erfarenheterna av sådan vindkraftförläggning är begränsad är det viktigt att följa upp produktionsutfall och kostnader för sådan vindkraft, samt att öka kunskapen om vindförhållanden över skog.

En stor del av bra vindlägen återfinns i Norrland, vilket väcker frågor kring kallt klimat och risk för nedisning. Forskning kring prognoser för nedisning vid projektering samt utveckling av tekniker för att undvika nedisning eller att avisa påisade blad är därför viktig.

Om en större vindkraftutbyggnad skall ske i Norrland är det viktigt att undersöka hur begränsningar i distributions- och transmissionsnätskapacitet påver-

kar elproduktionsutfallet, samt hur en kostnadseffektiv nätutbyggnad skall ske.

Forskning behövs om vindkraftens drifts-, underhålls- och livslängdsfrågor.

Vindkraftens roll i elsystemet (behov av reserveffekt, m.m.) har studerats. Det är viktigt att fortsätta dessa analyser och exempelvis studera effekter av mycket stor vindkraftintroduktion inte bara i Sverige, utan också i resten av Norden och Tyskland/Nederländerna/Polen. Vilken blir vattenkraftens roll, hur påverkas nätutbyggnad både inom länderna och mellan länder, behov av reserveffekt, elpriskonsekvenser, m.m.?

Vilka styrmedel/överenskommelser krävs för att det skall vara rimligt för Sverige att kraftigt öka mängden vindkraft? Handel inom förnybardirektivet är en aktuell fråga. Här behövs både förutsättningslösa analyser och bevakning av EU:s utformning av regelverk.

En kostnadseffektiv nätutbyggnad och styrbara nät är en förutsättning för en större utbyggnad av vindkraft. Likaså är efterfrågestyrning en fråga som är viktig för vindkraften, vilken kräver såväl marknads- som tekniklösningar. Det som kommit att kallas "smart-grids" är således ett viktigt forskningsområde för vindkraftens del.

I forskningsprojektet "Vindkraft i framtiden" beräknades den ekonomiskt lönsamma potentialen för vindkraft i Sverige. Att på motsvarande grunder och med likartad metodik bedöma den ekonomiska potentialen för nordisk vindkraft under olika omvärldsförutsättningar borde vara av stort intresse för det nordiska elmarknadssamarbetet och för nordiska vindkraftintressenter.

6.8 Biobränslen

Användningen av biobränsle från skogsråvara för el- och värmeproduktion gynnas i Sverige av olika politiska styrmedel, vilket har lett till kraftigt ökad användning. Även utnyttjandet av biomassa från jordbruksprodukter för tillverkning av drivmedel till transportsektorn gynnas av politiska styrmedel. Användning av skogsråvara inom transportsektorn för tillverkning av biodrivmedel är dock än så länge på försöksstadiet.

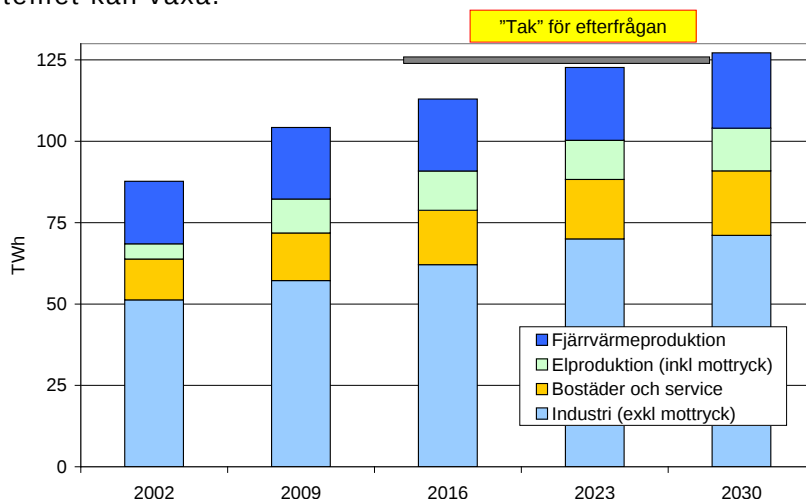
Dagens styrmedel ger ett kraftigt incitament för biobränslen. I vårt referensscenario (med dagens styrmedel) ökar användningen av biobränslen (inkl. lutar) i det nordiska energisystemet med 50-60 TWh från 2005 till 2020 och med ytterligare cirka 20 TWh till 2030. I projektets modellanalyser är antaget en produktionsökning i den nordiska skogsindustrin, i enlighet med myndigheternas och branschens prognoser. Om inte denna får fullt genomslag, blir inte ökningen av biobränslen lika stor.

Med EU:s gröna paket, och då särskilt det förnybara direktivet, får vi en ytterligare drivkraft för biobränslen på 10-20 TWh enligt modellanalyserna för vårt huvudscenario. Införs också ett 20 % -igt krav på effektivisering till 2020, reducerar det dock ökningstakten för biobränslen något, och vi hamnar på ungefär samma nivåer som i referensscenariot. Effektiviseringsmålet, såsom

det är uttryckt i nuvarande skrivning, omfattar också biobränslen trots att det är ett förnybart energislag.

I Elforsks forskningsprojekt Biokonk, som främst analyserat utvecklingen med dagens styrmedel, har ett antal slutsatser dragits om framtida biobränslepriser:

Priset på biobränslen stiger och efterfrågan på biobränslen i energisystemet kan komma att stiga i ytterligare 10 år och betalningsförmågan på flis ligga på nivåer runt 230 kr/MWh några år efter 2020. Det är främst våra styrmedel som driver upp betalningsförmågan (och därmed priset) för biobränslen. Sedan elcertifikatsystemet infördes har flispriset stigit från nivåer på 100-110 kr/MWh till dagens 170-190 kr/MWh, och i våra analyser av energisystemets utveckling ser vi alltså att också morgondagens styrmedel kommer att öka betalningsförmågan i ytterligare minst 5-10 år. Biokonkanalyserna visar också att det finns ett tak för hur mycket efterfrågan av biobränslen från energisystemet kan växa.



Analyserna visar att det finns ett tak för hur mycket efterfrågan av biobränslen från det svenska energisystemet kan växa.

Avfallsförbränningen kan komma att fördubblas (enligt prognoser från Avfall Sverige) och därmed minska utrymmet för mer biobränslen i fjärrvärmesystemen högst väsentligt. Möjligheterna till ökad biobränsleanvändning inom bostads- och servicesektorn är också begränsad.

För svensk skogsindustri behöver inte höga biomassapriser vara en nackdel ur konkurrenssynpunkt. Viktigare är vad som händer med prisnivån jämfört med konkurrentländerna. Höga priser på biomassa globalt kan t.o.m. innebära en konkurrensfördel för svenska företag som har råvaran på nära håll.

Beträffande skogsindustrin konstateras att tidigare erfarenheter av utveckling av ny teknik visar att tidsförloppen kan vara långa i de kapitalintensiva delarna. Vissa omställningar såsom till ökad elproduktion och ökade leveranser av biobränsle, lignin och viss fjärrvärme är dock möjliga i ett kortare perspektiv. På lång sikt utgör satsningar på bioraffinaderier, kombinat, svartlutsförgasning, DME och ökad elproduktion möjligheter som kan påverka industrins efterfrågan.

Den svenska och europeiska transportsektorn kommer att öka användningen av förnyelsebara drivmedel kraftigt från dagens nivå som en följd av miljömål och önskan om minskat importbehov. Däremot så finns det risk för att den önskade användningen av förnyelsebara drivmedel kommer vara svår att säkerställa med inhemsk produktion i framtiden.

Vi kan också få en ökande konkurrens om våra biobränslen från Centraleuropas kraftverk och/eller drivmedelstillverkning för transportsektorn, vilket ytterligare skulle driva upp priset. Biokonkprojektet gör dock bedömningen att denna konkurrens inte är trolig inom de närmaste åren (alt. tioårsperioden).

EU:s mål inom klimatområdet och för användning av förnybar energi och förnybara drivmedel inom energi- och transportsektorn kan leda till att konkurrensen om den svenska skogen ökar ytterligare. Slutsatsen i Biokonk är dock att EU:s mål inte väsentligt ändrar den bild som givits ovan.

6.8.1 Strategiska frågor

Användningen av biobränsle för el- och värmeproduktion gynnas i Sverige av olika politiska styrmedel, vilket har lett till kraftigt ökad användning. Våra analyser visar dock att det finns ett tak för hur mycket efterfrågan av biobränslen från energisystemet kan växa, och att vi kan nå det taket inom en 10-15-årsperiod.

Priset på biobränslen stiger och kan komma att stiga i ytterligare 10 år, vilket kan leda till en betalningsförmåga på flis i energisystemet på runt 230 kr/MWh några år efter 2020.

För svensk skogsindustri behöver inte höga biomassapriser innebära någon nackdel ur konkurrenssynpunkt. Det avgörande är prisutvecklingen jämfört med konkurrentländerna.

EU:s gröna paket kan leda till att konkurrensen om den svenska skogen ökar ytterligare. Vi kan få en ökande konkurrens om våra biobränslen från Centraleuropas kraftverk och/eller drivmedelstillverkning för transportsektorn. Vår slutsats är dock att EU:s mål inte väsentligt ändrar den bild som givits ovan.

6.8.2 Forskningsområden

Strategiska forskningsområden om biobränslen:

- Tillgång och priser på biobränslen
- Framtida användning av biobränslen inom olika sektorer
- Inverkan av stödsystem
- Inverkan av nationella och internationella styrmedel, EU- mål och EU-direktiv särskilt det om biodrivmedel
- Konkurrens om biomassaråvara
 - o Mellan energisektorn och de träbearbetande industribranscherna
 - o Inom energisektorn mellan el och värmeproduktion resp. drivmedel
 - o Konkurrens mellan länder och utrikeshandel med biobränslen

- Forskning om bibränslenas klimatneutralitet, uthållighet samt påverkan på energisystemets utveckling
- Forskning om bibränslenas miljöfrågor som inte enbart gäller klimatfrågor utan även skogsvårdsfrågor, andra miljöfrågor, acceptans, import av nya sortiment etc. Eftersträva miljöneutralitet inte enbart klimatneutralitet

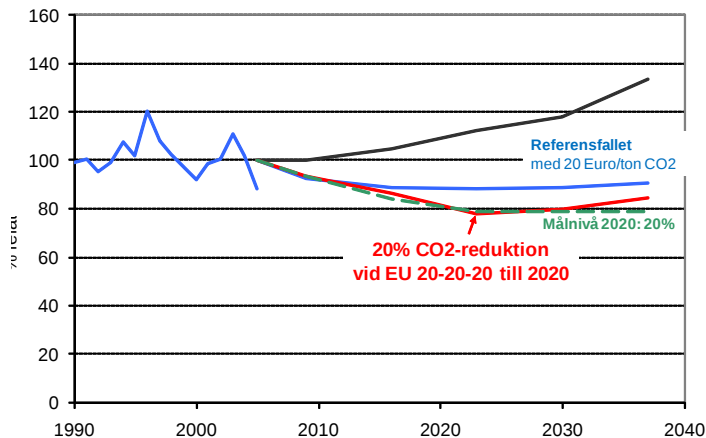
Biobränslenas klimatpåverkan?

Med växthusgaser menar vi i allmänhet utsläpp av CO₂ från eldning av fossila bränslen. Alla styrmedel fokuserar på att vi ska minska användningen av fossila bränslen och därmed utsläppen av fossilt CO₂. Att elda biobränslen har uppmuntrats, kanske också genom att de innebär en tryggare försörjning än t.ex. oljeimport. Det blir dock alltmer tydligt att vi även måste beakta andra växthusgaser än koldioxid och andra effekter än växthusgaser när vi bedömer biobränslenas betydelse. Detta har uppmärksammats för fordonsbränslen men inte i samma grad för biobränslen i energisystemet. Vi måste även beakta tidsaspekterna, som innebär att en omställning till ökad biobränsleanvändning, under ett antal decennier ger en ökning av växthusgasutsläppen.

Ett enkelt räkneexempel som också inkluderar koldioxid från biobränslen

I de MARKAL-scenarier vi analyserat i detta projekt har vi ansatt nettoutsläppen av koldioxid från biobränslen till noll. Det är också den gängse ansatsen i alla offentliga analyser. Den ökade användningen av biobränslen medverkar därigenom till att reducera utsläppen i analyserna.

I ett av scenarierna som redovisas i avsnitten ovan, visas att koldioxidutsläppen i det nordiska energisystemet minskar med 40 % till år 2020 om alla tre EU:s 20 % -mål implementeras. Om vi, som ett räkneexempel i det scenariot, lägger till de koldioxidutsläpp som faktiskt släpps ut från den ökande biobränsleanvändning som tillkommer efter 2005 (och därmed bortser från att koldioxiden tas upp av växande biomassa), får vi inte alls samma stora reduktion av utsläppen. Reduktionen blir då bara hälften så stor, 20 %, och därmed i nivå med EU-målet för koldioxidreduktion.



Koldioxidutsläppen från det nordiska energisystemet: Ett enkelt räkneexempel där utsläppen från den tillkommande biobränsleanvändningen (efter år 2005) adderats till de fossila utsläppen i ett scenario med alla tre EU:s 20 % -mål.

Komplexare analyser krävs

Denna enkla analys är dock av ringa värde om man helt och fullt vill förstå problematiken kring biobränslenas klimatneutralitet och hur en alternativ syn på biobränslenas klimatneutralitet skulle kunna påverka deras roll i det framtida energisystemet. Inte heller MARKAL-modellen, som används i Road map, kan hantera denna problematik på ett tillfredsställande sätt. Vi har ändå gjort en enkel test med MARKAL, som ett allra första pilottest, för att kunna börja få förståelse för hur biobränslenas roll i energisystemet skulle förändras om dess klimatneutralitet börjar ifrågasättas. Vi har utgått från vårt huvudscenario och belastat biobränslena med 50 % av sina CO₂-utsläpp, men fortfarande betraktat dem som förnybara inom det förnybara direktivet.

Modellanalysen visar: Belastar vi biobränslena med koldioxidutsläpp, i ett scenario som bygger på EU:s gröna paket, får vi naturligtvis svårare att nå våra CO₂-mål i Sverige och Norden. Vi får också en påverkan på energisystemets utveckling, men denna blir endast måttligt eftersom certifikatsystem och förnybardirektiv fortfarande ger en kraftig stimulans till expansion av biobränslena. Ökningen blir dock inte riktigt lika stor i detta scenario som i huvudscenariot. Istället ökar användningen av vindkraft och värmepumpar i något större utsträckning. Både elpriset, CO₂-priset och certifikatpriset stiger, vilket också stimulerar energieffektivisering något mer.

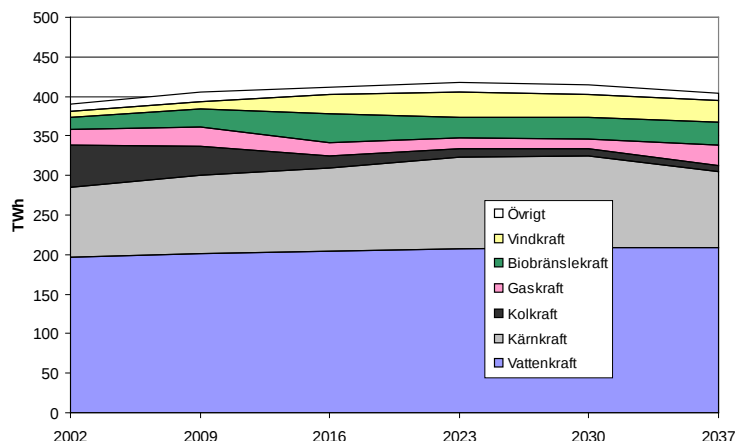
Slutsats: Dessa enkla analyser visar att en annan syn på biobränslenas klimatneutralitet skulle kunna påverka den framtida utvecklingen av energisystem och utsläpp. Analyserna är dock långt ifrån tillräckliga för att påstå detta med säkerhet, varför fortsatt analys och forskning är nödvändig.

6.9 Elproduktion från fossila bränslen

EU:s tre 20 % -mål påverkar utvecklingen av det nordiska energisystemet på flera sätt, visar projektets modellanalyser. Enligt beräkningarna minskar elproduktionen från kol och naturgas kraftigt. Under normalår är det bara kraftvärmebaserad produktion från kol och olja som utnyttjas; kondensverken utnyttjas inte alls.

Enligt modellberäkningarna ökar den förnybara elproduktionen. Kärnkraften ökar också, dels genom effektförstärkningarna i Sverige, dels genom en femte och en sjätte reaktor i Finland. Efter 2030 reduceras dock kärnkraftsproduktionen, eftersom vi i modellanalysen antagit en sextioårig livslängd på de svenska verken. Elanvändning i Norden växer allt långsammare som en följd av ökad effektivisering, för att i mitten av 2020-talet till och med minska svagt. Då minskar utrymmet och behovet av fossilbränslebaserad elproduktion, särskilt i kondenskraftverk. I det nordeuropeiska elsystemet kommer dock fossilbränslebaserad elproduktion även fortsättningsvis att utgöra en stor del av den totala elproduktionen.

EU:s tre 20 % mål har stor påverkan på det nordiska kraftsystemets utveckling. All ny elproduktion som byggs i Norden är förnybar kraft eller kärnkraft. Ökningen av elanvändningen avstannar.



Jämfört med ett referensfall (med dagens styrmedel, och utan de tre EU-målen), påverkas kraftverksutbyggnaden av de tre EU-målen så att kol- och torvkraft i kondensdrift avvecklas. Utbyggnaden av gaskraft stannar också av helt. Viss kol-/gas-mottryck och kol/gas-kraftvärme finns dock kvar.

6.9.1 Strategiska frågor

Under normalår kommer knappast någon fossilbränslebaserad kondensproduktion förekomma i Norden. Fossila bränslen används dock fortfarande i begränsad omfattning för kraftvärme- och mottrycksproduktion.

Projektets analyser visar inte någon stor ökning av naturgasanvändningen, särskilt inte då 20 % energieffektiviseringsmålet förutsätts.

6.9.2 Forskningsområden

Med utgångspunkt från slutsatserna ovan har följande forskningsområden identifierats:

Hur påverkas fossibränslekraftvärme, direkt och indirekt, av olika utveckling av omvärldsförutsättningar, exempelvis vad gäller biobränslepris, elcertifikatsystemets utveckling, utsläppsrättspris, fossilbränslepris, m.m.

Eftersom användningen av kraftvärme baserad på fossila bränslen, åtminstone i Sverige, påverkas markant av styrmedel är det viktigt att bevaka utvecklingen.

Det är också viktigt att bevaka den internationella utvecklingen (verkningsgrad, processer, reningsåtgärder, etc.). Elforsk skulle kunna utöka projektet "El från nya anläggningar" och ge detta mer tyngd åt teknik, prognoser, framtid, bränsleområdet i framtiden etc.

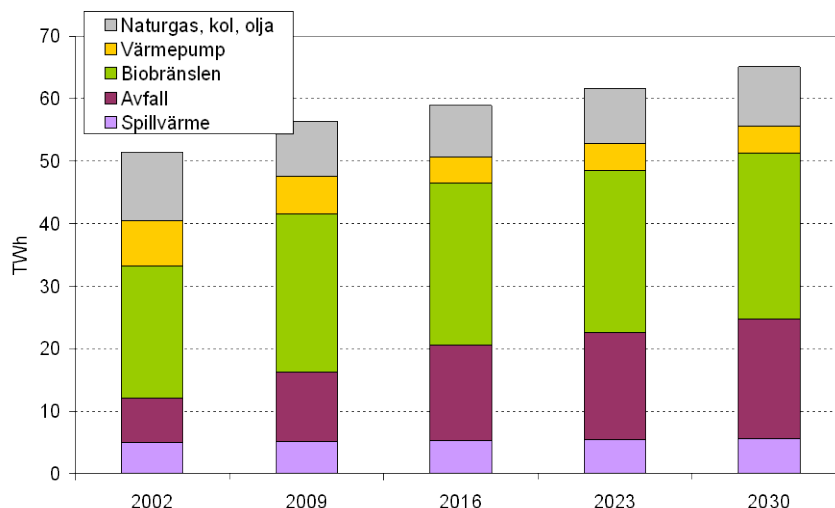
6.10 Kraftvärme – Fjärrvärme - Industriellt mottryck

Fjärrvärmens utveckling påverkas, liksom övriga delar av energisystemet, kraftigt av EU:s tre 20 % mål. Om effektiviseringsmålet leder till stagnerande eller minskade fjärrvärmeleveranser kommer utrymmet för kraftvärme med högt elutbyte att minska. Detta förstärks av den samtidiga expansionen av avfallskraftvärme med lågt elutbyte. Skogsindustrins framtida utveckling i Sverige är osäker. Det är främst inom denna sektor som industriellt mottryck återfinns idag. Detta medför att det är svårt att förutse utvecklingen för elproduktion i industriellt mottryck.

Fjärrvärmens utveckling påverkas kraftigt av EU:s tre 20 % mål. I ett par figurer nedan redovisas skillnaden mellan den beräknade fjärrvärmeproduktionen i Sverige i ett referensfall (med dagens styrmedel), respektive i ett fall med EU:s tre 20 % mål. I ett referensfall förutsätts fortsatt tillväxt för fjärrvärmeleveranserna. Fjärrvärme till nya byggnader samt konvertering till fjärrvärme är alltså klart större än minskningen av fjärrvärmeleveranser till följd

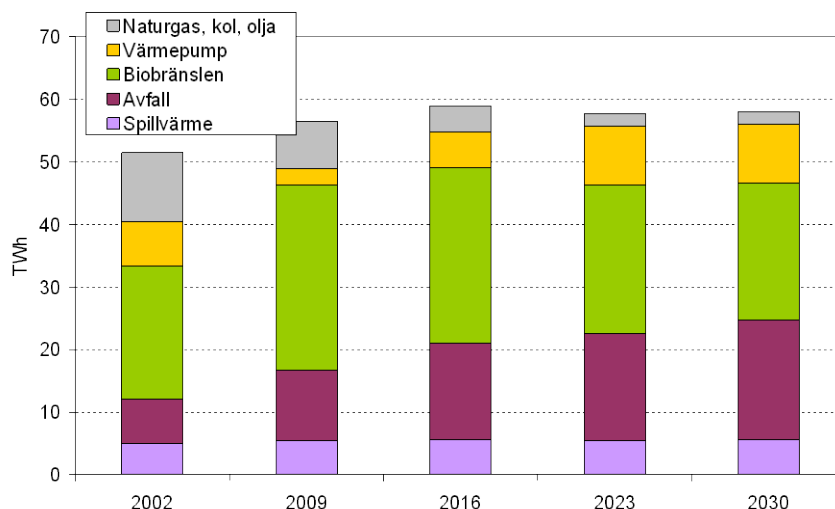
av minskat specifikt uppvärmningsbehov hos nuvarande kunder. Av produktionsmixen framgår att värmeproduktion baserad på avfall och biobränsle ökar, medan användningen av fossila energikällor och eldrivna värmepumpar minskar något.

*Total fjärrvärme-
produktion i Sveri-
ge, utan några nya
mål från EU (nuva-
rande utsläpps-
rättshandel och
nationella styrmedel
bibehålls dock).*



Om vi till dagens styrmedel adderar EU:s alla tre 20 % mål blir utvecklingen av fjärrvärmeproduktionen en annan, vilket framgår av figuren nedan. Effektiviseringsmålet leder till intensifierat energisparande med betydligt långsammare fjärrvärmeanvändningsökning, och efter 2016 stagnerande eller till och med minskande användning. Samtidigt medför de tre 20 % målen minskad konkurrenskraft för fjärrvärmeproduktion baserad på fossila energikällor. Avfallsförbränning bibehåller sin konkurrenskraft, mycket tack vare deponiförbuden. Samtidigt medför effektivitets- och förnybarhetsmålen definition att värmepumpar få stärkt konkurrenskraft och dessa ökar sin produktion kraftigt. För biobränsle betyder detta sammantaget att det efter en snabb expansion till några år efter 2010 (i stor utsträckning driven av elcertifikatsystemet) så minskar biobränsleanvändningen för fjärrvärmeproduktion ordentligt. Detta antyder att vissa av de biobränslekraftvärmeverk som byggs i snabb takt för närvarande, på sikt kan komma att få minskande drifttider.

*Total fjärrvärme-
produktion i Sveri-
ge, då EU:s förny-
barhetsmål, växt-
husgasreduktions-
mål och effektivise-
ringsmål tillämpas
samtidigt (nuvaran-
de utsläppsrätts-
handel och natio-
nella styrmedel bi-
behålls också).*



Det svenska elcertifikatsystemet har medfört en rejäl ökning av elproduktion från industriellt mottryck, främst inom skogsindustrin. Effekterna av EU:s 20 % mål är svår att förutse, eftersom målen inte bara påverkar elproduktionen utan också industrins utveckling som sådan. Detta medför att det är svårt att förutse utvecklingen för elproduktion i industriellt mottryck. Mycket talar dock för fortsatt expansion av industriellt mottryck baserat på förnybar energi.

Samtidigt medför nordiska styrmedel att användning av biomassa för drivmedelsproduktion kan bli attraktiv. Drivmedel förefaller därför att bli allt viktigare i samband med utformning av framtida energikombinat. Detta skulle delvis kunna bli på bekostnad av elproduktion.

6.10.1 Strategiska frågor

Utvecklingen för fjärrvärme och industrins processångbehov är viktigt i elperspektiv genom att de utgör underlaget för elproduktion i kraftvärme och industriellt mottryck. Fjärrvärmens utveckling har också en koppling till elens roll på uppvärmningsmarknaden. En tredje koppling mellan fjärrvärme och el är den el som ingår i den svenska fjärrvärmeproduktionen (i värmepumpar och elpannor).

Även om fjärrvärmens tar marknadsandelar i Sverige så leder den löpande energieffektiviseringen i bebyggelsen till att fjärrvärmeleveranserna endast ökar långsamt i framtiden. Om EU:s effektiviseringsmål genomförs kan fjärrvärmeleveranserna inom kort stagnera eller till och med minska.

Om EU:s tre 20 % mål genomförs kommer värmeunderlaget för kraftvärme att minska genom stagnerad eller minskad fjärrvärmeproduktion och ökad fjärrvärmeproduktion i värmepumpar kopplade till fjärrvärmeproduktionen. Det blir alltså en dubbel effekt på elnettот från fjärrvärmeområdet; dels minskar värmeunderlaget för elproduktion i kraftvärmeverk dels ökar elanvändningen i värmepumpar.

I Elforskprojektet "Kraftvärme i framtiden" beräknades den lönsamma elproduktionen från kraftvärme i Sverige på 10 års sikt. Denna beräknades uppgå till ca 15 TWh/år (+/- 3 TWh beroende på beräkningsfall). Nivån påverkas av elcertifikatsystemet, bränslepriser, elpriser, m.m. I dagsläget saknas liknande detaljerade analyser av framtida lönsam elproduktion i industriellt mottryck.

Elproduktionen från industriellt mottryck ökar, till stor del som en följd av elcertifikatsystemet. Ökningen utgörs främst av biobränslebaserad mottrycksproduktion inom skogsindustrin.

6.10.2 Forskningsområden

Med utgångspunkt från slutsatserna ovan har följande forskningsområden identifierats:

Det är viktigt att bevaka utvecklingen inom fjärrvärmeområdet (institutionellt, värmebehov, m.m.).

Det är också viktigt att analysera utvecklingen för fjärrvärme/kraftvärme/industrimottryck vid olika kombinationer av mål och styrmedel. God kunskap om detta gör det både möjligt för branschen att förbereda sig på förändrade villkor och att påverka makthavarna så att styrmedelsutformningen blir rimlig.

I Elforskprojektet "Kraftvärme i framtiden" gjordes år 2005 en bedömning av den ekonomiskt lönsamma elproduktionen från kraftvärme kring år 2015-2020. Analyserna gjordes med en kombination av bottom-up och top-down metodik. Med samma principiella metodik vore det värdefullt att beräkna den lönsamma framtida elproduktionen från industriellt mottryck.

Det skulle också vara värdefullt att uppdatera "Kraftvärme i framtiden" (längre tidsperspektiv, värmebehovsutveckling, EU:s 20 % mål, m.m.). Analysera de ekonomiska förutsättningarna och frågor om produktionsreglering.

Högt elutbyte i samband med kraftvärme och mottryck är viktigt. Det är angeläget att studera möjligheter att åstadkomma detta för olika bränslen (biobränsle, avfall, ...), både för storskaliga och småskaliga anläggningar.

Eftersom avfall är ett attraktivt (= billigt) bränsle och avfallsförbränning utgör en växande del av fjärrvärmens baslast vore det särskilt angeläget att få fram avfallskraftvärme med högt elutbyte, t.ex. via högre ångdata, förgasning, etc.

Vad kan (TPA) Third Party Access i fjärrvärmenät innebära. Vad kan elföretagen tillföra den nyligen tillsatta utredningen om TPA t ex om spillvärmeutnyttjande och påverkan på kraftvärmeunderlag och om "kärnkraftspillvärme".

6.11 Energikombinat och bioraffinaderier

Ett energikombinat är en anläggning som producerar en eller flera av energivarorna; el, värme, gas och drivmedel ibland även tillsammans med andra produkter (t ex foderprotein).

I EU:s många forskningsprogram används begreppet bioraffinaderi för en anläggning eller grupp av anläggningar som kombinerar biomassabaserad energiproduktion med produktion av material, kemikalier och/eller bränsleprodukter. Biprodukterna kan vara fiberbaserade såsom timmer, pappersmassa och papper men även biokemikalier och bioplaster. Begreppet används ofta tillsammans med begreppet andra generationens biodrivmedel.

Första generationens biodrivmedel avser i huvudsak etanol som i sin tur i väsentligen framställs genom jäsning. Brasiliansk etanol från sockerrör är ett välbekant exempel. Råvarorna för första generationens biobränslen kan i de flesta fall även användas som föda. Vid en omfattande användning i global skala uppstår konkurrens om mark för födoämnesproduktion. Andra generationens biodrivmedel – avser vanligen det som produceras ur cellulosa, hemicellulosa eller lignin. Råvarubasen utökas relativt första generationens genom att använda biomassa från växter och växtdelar, som inte används för att framställa föda, samt industriella restprodukter både från jordbruk (halm mm) eller skogsbruk (skogsrester).

Andra generationens biobränslen utvecklas därför att första generationens har viktiga begränsningar. Utöver konkurrensen om mark för födoämnesproduktion är de utan subventioner sällan konkurrenskraftiga med existerande petroleumbränslen och ibland ger de endast begränsade nettominuskningar av CO₂-utsläpp. I en total livscykelanalys kan emissionerna från första generationens biobränslen ibland överstiga de från traditionella fossila bränslen. Andra generationens biobränslen kan undvika båda dessa problem.

Båda typerna av biodrivmedel kan blandas med petroleumbaserade bränslen och omvandlas i förbränningsmotorer eller i Flexifuel fordon. De kan distribueras genom existerande infrastruktur.

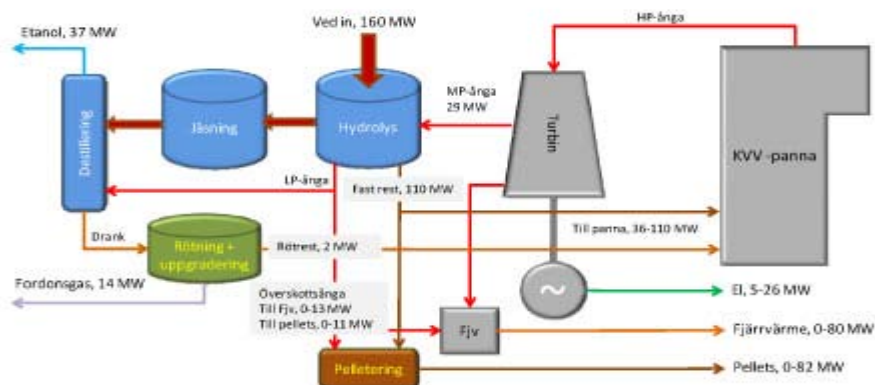
Syntetiska biobränslen är andra generationens biobränslen som syntetiseras från gas, genererad av förgasning av biomassa t ex:

- Fischer-Tropsch bränslen. Diesel- eller bensinmotorbränslen. Kallas ibland BTL-bränslen (Biomass to Liquids)
- SNG, syntetisk naturgas producerad genom termokemiska processer
- Dimetyleter (DME), ett gasformigt bränsle för dieselmotorer
- Metanol

Tekniken för andra generationens biodrivmedel är ännu inte kommersiell men det finns många pilot- och demonstrationsanläggningar världen runt. IEA bedömer att kommersiell introduktion av andra generationens biodrivmedel kan börja ca 2020.

Inom ramen för ett projekt åt Svensk Fjärrvärme har Profu, tillsammans med forskare inom företagsekonomi, undersökt tekniska och ekonomiska möjligheter för, samt miljökonsekvenser av energikombinat i svenska fjärrvärmesystem.

Tekniker såsom etanolproduktion, pyrolys och förgasning har integrerats i olika svenska fjärrvärmesystem för att belysa potentialen för olika tekniker. Även uppskalning till nationell nivå har gjorts



6.11.1 Strategiska frågor

IEA Energy Technology Perspectives ger biodrivmedel en stor roll för att minska CO₂-emissioner från transportsektorn.

I studiens scenarier spelar biobränslen stor roll för möjligheterna att minska CO₂-emissioner från transportsektorn. I dess två scenariogrupper (ACT resp. Blue) ökar användningen globalt från 19Mtoe år 2005 till 570 Mtoe resp. 693 Mtoe. I Blue scenario ökar användningen av andra generationens biodiesel särskilt för tunga lastbilar, flygplan och fartyg. Användningen av första generationens etanol stagnerar efter 2030 och i ett globalt perspektiv kommer endast sådan etanol från sockerrör att ha större betydelse. För personbilar och lätta lastbilar verkar det vara lättare än för andra fordons- och farkosttyper att ställa om till el eller väte, särskilt efter 2030, och på lång sikt kommer dessa transportslag kanske inte att ha så stora behov av biobränslen för att uppnå stora minskningar i sina CO₂-emissioner.

Framställning av etanol från lignocellulosa når snart demonstrationfasen och kanske inom några få år tillämpningsfasen men dessa tekniker fordrar fortfarande grundläggande forskningsinsatser inom flera delområden. IEA poängterar att stora forskningsinsatser behövs bl.a. om biprodukter från bioraffinaderier, vilka är väsentliga för systemens totalekonomi¹⁷.

IEA bedömer att kommersiell introduktion av andra generationens biobränslen kan börja ca 2020.

¹⁷ Det kan vara av intresse att notera att de anläggningar för etanolframställning som byggdes i Sverige från mitten av 1980-talet där etanolen användes för inblandning i bensin hade en ekonomi som grundades på direkta statliga stöd, jordbrukssektorns särskilda ekonomiska förhållanden samt sist men inte minst framställning av kommersiella biprodukter t ex foderprotein

I EU:s ramprogram är andra generationens biobränslen och bioraffinaderier ett viktigt delområde. Flera demonstrationsprojekt förutses EU:s drivmedelsdirektiv spelar stor roll i EU:s energi och miljöpolitik.

I Sverige har forskning om förgasning av biomassa pågått sedan mitten av 1980-talet. Idag drivs med stöd av Energimyndigheten pilotprojekt om förgasning i Värnamo, etanolframställning ur cellulosa i Örnsköldsvik och svartlutsförgasning i Piteå.

Slutsatser om teknikläget

- För andra generationen ger förgasningsvägen högre bränsleutbyte och värdeförädling än jäsning
- Biprodukter, inklusive energi/värme, är av stor betydelse för hela systemets effektivitet och kostnader. Kombinat, kluster, etc är därför av avgörande betydelse
- Koppling mot CCS i framtiden kan bli betydelsefull. Större kombinat och geografiska kluster av anläggningar kan skapa tillräckliga skalförutsättningar för CCS.

Andra generationens biobränslen reser alltså frågor om tillgångarna på biobränslen och konkurrens mellan olika användningsområden dels mellan energiområdet och andra industriella områden, särskilt skogsindustrin, dels mellan olika användningsområden inom energiområdet dvs. el- värme- och drivmedelsframställning vilka vi berört tidigare i denna rapport. (Elforsks Biokonstudie).

EU:s 20-mål och drivmedelsdirektiv kan alltså öka konkurrensen om svenska bioråvaror.

6.11.2 Forskningsområden

Det pågår internationellt och i Sverige en omfattande forsknings- utvecklings- och demonstrationsverksamhet om andra generationens biodrivmedel. Kommersiella tillämpningar ligger bortom 2020, möjligen strax bortom.

För elföretagen är energikombinat och bioraffinaderier av intresse på åtminstone två sätt, konkurrenssituationen om bioråvaror och att flera av de tekniker som diskuteras för kombinat och biodrivmedel innehåller elproduktion som en del.

Vilka biprodukter från bioraffinaderier (utanför energiområdet) kan bli aktuella.

Förgasning är ett viktigt kompetensområde.

Finns det anledning till och förutsättningar för samarbeten mellan elföretagen och andra branscher inom bioraffinaderier?

6.12 CCS

Det finns en stor internationell tilltro till CCS som en viktig möjlighet i bl.a. EU:s program och IEA:s studier. CCS ägnas f.n. många studier både internationellt och i Sverige. Fokus för arbeten om CCS har länge varit avskiljning och lagring av CO₂ från fossil förbränning i kraftverk. På senare tid har t ex IEA:s internationella och ÅF:s svenska studier och forskning vid Chalmers tagit upp CCS från stora punktkällor i industri och även tagit med växthusgasutsläpp av biologiskt ursprung t ex från pappersindustri. (Ett större massabruk motsvarar ungefär ett kolkraftverk på 300 MW i generering av växthusgaser).

I de körningar som Profu gjort för Elforsks projektet kommer CCS inte in som en möjlighet för det fasta energisystemet i Sverige men området är väsentligt och CCS kan komma att få betydelse för Sverige på flera sätt:

- Ett genomslag för CCS i Europa påverkar de europeiska energimarknaderna och speciellt elmarknaderna, utsläppshandel mm och får därmed betydelse för Sverige
- Möjligheterna för CCS i industri är av intresse för svensk energiintensiv industri
- Sverige har egen forskning och egna aktörer

Alla leden i CCS för kraftverk är föremål för omfattande forskning internationellt. För svensk del har Vattenfall uppfört pilotanläggningen Schwarze Pumpe i Tyskland, E.ON bygger en pilotanläggning vid Karlshamnsverket och Fortum utför tester i Värtaverket.

Forskning vid Chalmers ligger långt framme vad avser tekniker för avskiljning. Frågan studeras också inom det internationella projektet Pathways, (också av Chalmers).

Lagringsmöjligheter, deras potentiella kapacitet och belägenhet utreds i hela Europa. Den totala potentialen i Europa är stor och mer än tillräcklig för många decenniers utveckling, demonstration och fullskalig tillämpning av tekniken. I Sverige finns möjligheterna i sydvästra Skåne och ev. i vattnen öster och söder om Gotland.

McKinsey's CCS-rapport bedömer att de specifika kostnaderna i de första demonstrationsanläggningarna för kraftverk kommer att ligga på 60-90 Euro/ton CO₂. EU:s uppskattningar av priser på utsläppsrätter för fas 2 av Emission Trading system (ETS) ligger på 30-48 Euro/ton även i perspektivet 2030. Demonstrationsanläggningar blir därför inte ekonomiskt bärkraftiga i sig själva under de närmaste 10-15 åren.

McKinsey konstaterar vidare, (liksom EU själv i det energipolitiska paketet i januari 2008), att andra möjligheter att minska CO₂ i Europa såsom förnybar energi och effektivisering knappast kommer att räcka för att nå EU:s utsläppsmål, utan det krävs ytterligare medel särskilt CCS. McKinsey pekar också på andra plusvärden. CCS kan bidra till att lösa andra problem i Europas energiförsörjning. CCS skulle kunna öka "energy security" genom att göra

förbränning av Europas rika koltillgångar mer miljömässigt acceptabla och minska importbehoven av naturgas.

CCS kan alltså också tänkas bli infört som utsläppsreducerande åtgärd inom energiintensiv industri i Sverige. I en studie initierad av ÅF:s forskningsstiftelse och Naturvårdsverket har ÅF gått in i närmare detalj i denna fråga. Kartläggningen av punktutsläpp av koldioxid har visat att Sverige år 2006 hade 14 svenska utsläppskällor med utsläpp på över 1 miljon ton koldioxid per år. Av dessa kommer de största från Sveriges två masugnar. Övriga punktutsläpp härrör från cementindustrin, raffinaderiindustrin, energisektorn samt nio punktutsläpp från den svenska massaindustrin. De sammantagna utsläppen från dessa 14 punktutsläpp motsvarar ungefär 23 miljoner ton koldioxid.

Metodens tillämpbarhet i Sverige skiljer sig från de flesta andra länder med bindande klimatåtaganden i att merparten av koldioxiden från de stora svenska punktutsläppen är av biologiskt ursprung. För att möjliggöra metodens fulla potential i Sverige krävs således att de regelverk som ger incitament för olika klimatåtgärder ger likartade förutsättningar för avskiljning och lagring av koldioxid, oavsett om koldioxid är av biologiskt eller fossilt ursprung.

I EU:s program planeras för 12 demonstrationsanläggningar i Europa för kraftverk under de närmaste sju åren¹⁸. IEA:s ETP studie talar om 15-20 demonstrationsanläggningar i världen under tiden 2015-2030. (Se närmare detaljer under avsnittet Road Map).

EU-parlamentet beslöt i januari 2009 om ett "legal package" för CCS. Vidare beslöt EU att tilldela de blivande demonstrationsanläggningarnas ägare 300 miljoner utsläppsrätter, (motsvarande 5 – 10 miljarder EUR).

6.12.1 Strategiska frågor

De viktigaste osäkerheterna med CCS i perspektivet till 2020 är:

- Hur fort demonstrationsanläggningar kommer till stånd. Hur fort tillståndsfrågor för CCS anläggningar och tillhörande infrastruktur för transport och lagring kan lösas
- Hur finansieringsfrågorna för demonstrationsanläggningar kan lösas i beaktande av att CCS i denna fas har ett ganska stort ekonomiskt gap till priset på utsläppsrätter

I det längre perspektivet när tekniken skall kommersialiseras tillkommer ytterligare osäkerheter som knappast kan överblickas fullt ut idag:

- Kommer kraftindustriella och andra berörda aktörer att vidta förberedelser för kommersiella projekt
- Hur långt "glapp" blir det mellan demonstrationsprojektens slut i mitten av 2020-talet och de första kommersiella projekten

¹⁸ EU Parlamentet har i slutet av november ställt sig bakom en rapport utarbetad av en rapportör inom Parlamentet "calling for prompt direct financial commitment for twelve demonstration plants for carbon capture & storage (CCS) with a minimum output of 180MW".

Industriell CCS för energiintensiv industri är än så länge mindre studerat än kraftindustriell dito. IEA bedömer kostnaderna som högre och att den kommersiella implementeringen ligger längre bort. Intresset har dock ökat påtagligt på senare tid inte minst i Sverige och studier satts igång eller planeras.

6.12.2 Road map

Sammanfattningsvis kommer CCS för kraftverk ha en demonstrationsfas genom mitten av 2020-talet. Därefter följer en kommersialiseringsfas, som kan gå olika fort beroende på utfallet av ett antal tidigare nämnda osäkerhetsfaktorer.

IEA:s road maps för CCS för kraftverk resp. industri anger följande för de två scenariegrupperna i studien, dvs. ACT som betyder återgång till dagens CO₂ utsläpp år 2050 resp. Blue som betyder halvering av dagens CO₂ utsläpp till 2050.

Kraftverk

ACT

2008-2020, 20 demonstrationsanläggningar i världen

2030, 9 % av kraftproduktionen utrustad med CCS

2050, 16 % av kraftproduktionen utrustad med CCS

Blue

2008-2015 10 demonstrationsanläggningar och 2015-2030 ytterligare 20 fullskaliga demonstrationsanläggningar i världen

2030 12 % av kraftproduktionen utrustad med CCS

2050, 16 % av kraftproduktionen utrustad med CCS

Industri

ACT

2020 5 demonstrationsanläggningar för olika branscher

2030 4 % av industrin och 20 % av bränsleomvandlingen

2050 17 % av industriemissionerna

Blue

2020 12 demonstrationsanläggningar i olika utföranden

2030 7 % av industrin och 70 % av bränsleomvandlingen

2050 Majoriteten av industribranscherna järn/stål, ammoniak, cement, massa och raffinaderier m fl utrustade med CCS

6.12.3 Forskningsområden

Många av de listade frågorna och osäkerheterna kräver fortlöpande bevakning av olika delar av CCS-utvecklingen.

Vattenfall och E.ON som redan driver pilotprojekt kommer givetvis att uppmärksamt följa utvecklingen. Elforsk kan bidra med kompletterande branschgemensamma bevakningsinsatser som underlag för kommande ställningstaganden av Svensk Energi mm. Elforsk skulle kunna bidra med kritiska analy-

ser av rapporter och slutsatser och ta fram en återkommande rapport av typen "Året som gått inom CCS".

Studier av liknande typ som Profu utfört för detta projekt kan göras av den direkta och indirekta betydelsen för Sverige av ett genomslag av CCS med olika antaganden om utvecklingen och dess takt.

Elforsk har nyligen publicerat en utredning¹⁹ om lagringsmöjligheterna i Sverige och Danmark. Elforsk planerar ytterligare studier för att närmare klarlägga lagringsmöjligheter för CCS i Nordeuropa. Liknande studier görs inom projektet Pathways.

Elforsk föreslog under hösten 2008 Energimyndigheten och ett antal industribranscher ett svenskt branschöverskridande forskningsprogram inom CCS-området: "Koldioxidavskiljning och lagring" med start med en inledande systemstudie. Ett motsvarande forskningsprogram har påbörjats inom VTT i Finland. Vidare pågår det s.k. Skagerakprojektet, som försöker knyta ihop industri - och energianläggningar i Danmark, svensk västkust och Norge för att pumpa ner i botten antingen på norsk sockel eller i Skagerak.

Utöver ÅF:s studie kring CCS har studier nyligen gjorts av SGU "Möjligheter till koldioxidlagring i Sverige" Elforsk genomför projektet "CCS-direktivet - analys av EU:s direktiv och konsekvenser för svensk lagstiftning"

Frågor om industriell CCS kommer att studeras av olika parter i Sverige där Chalmers ÅF m fl redan är igång. Elforsk bör följa dessa arbeten och se vilka frågeställningar som kan bli av betydelse för Elforskföretagen. Frågeställningarna anknyter till andra frågor om olika former av industrikombinat.

Vad skulle konsekvenserna kunna bli i Europa och Sverige om CCS inte skulle utvecklas på det sätt och i den takt som t ex EU hoppas på idag.

6.13 Export/import av el

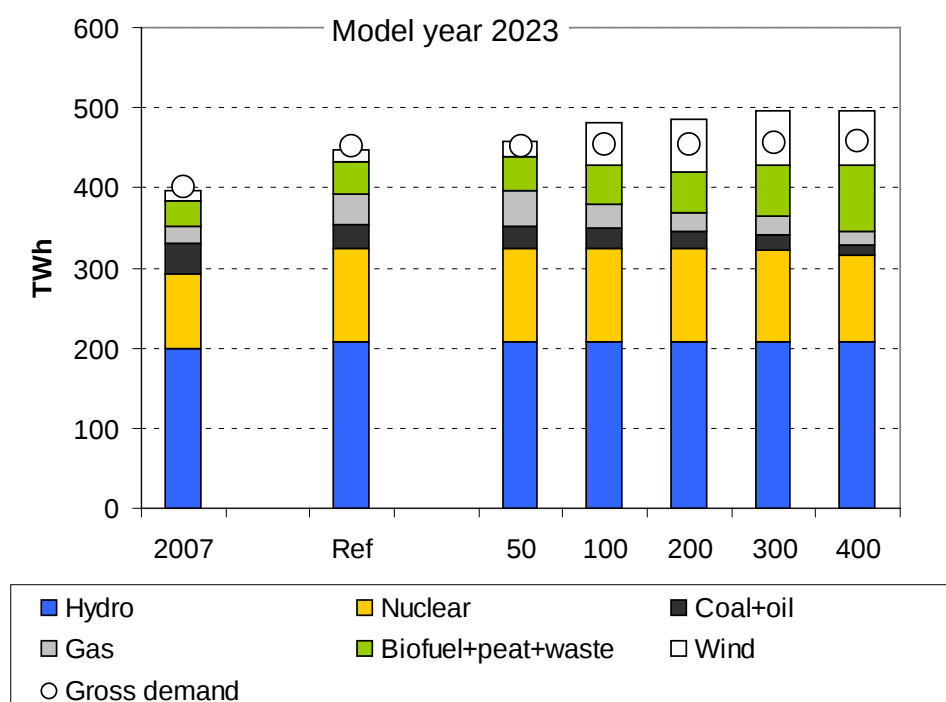
Norden har goda förutsättningar för förnybar energi. Om gemensamma styrmedel utnyttjas kan detta leda till stor export av el från Norden till resten av EU. Om man förutsätter ett EU-gemensamt elcertifikatsystem kan man förutse allt större elexport från Norden ju högre certifikatpris som förutsätts. Höga elcertifikatpriser driver in förnybar elproduktion, vilket i sin tur reducerar koldioxidutsläppen.

Med hjälp av MARKAL- modellen har en ökad elproduktion baserad på förnybar energi i Nordeuropa studerats. Analysen har gjorts genom att införa ett gemensamt elcertifikatsystem i Nordeuropa, där olika elcertifikatpriser har studerats. Resultaten jämförs med ett referensfall som innehåller dagens styrmedel, t.ex. det svenska elcertifikatsystemet och EU:s system för utsläpps rättshandel. Figuren nedan jämför utfallen (för modellår 2023) för de olika prisnivåerna på de europeiska elcertifikaten. Dessutom ingår dagens

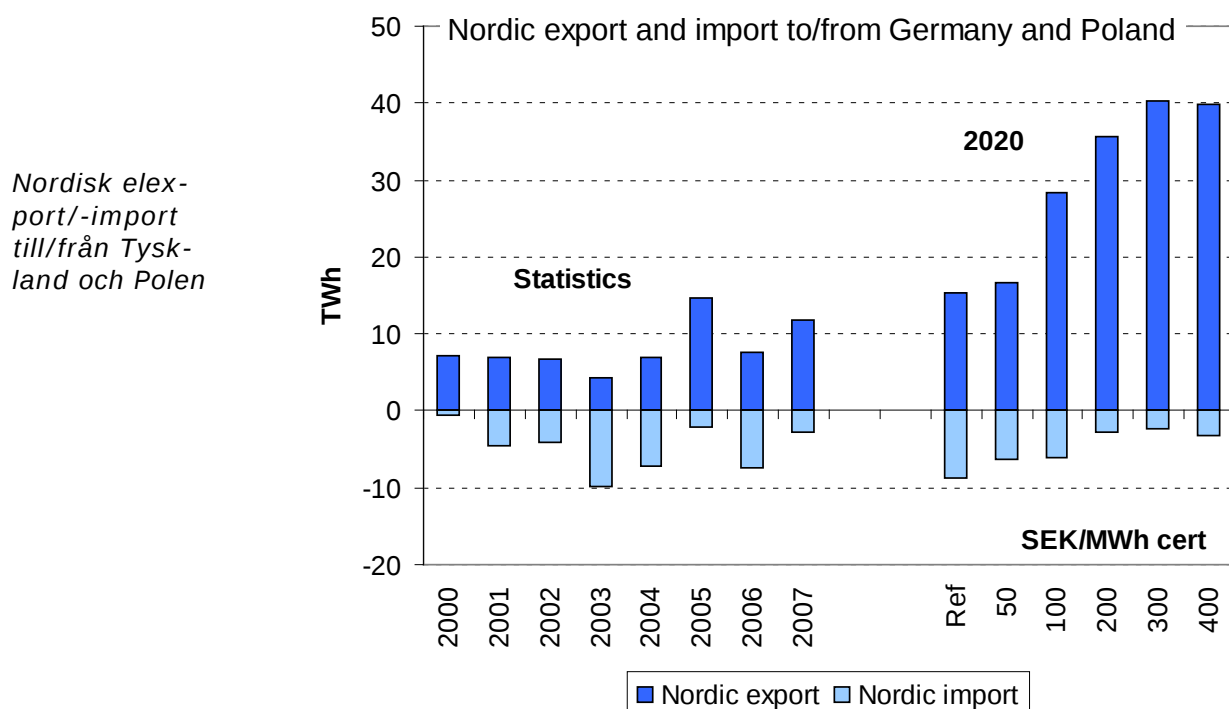
¹⁹ Lagring av koldioxid i djupa akvifärer – Lagringsmöjligheter i Sverige och Danmark, Elforsk Rapport 08:84, Mikael Erlström, december 2008.

produktion samt referensfallets produktion för modellår 2023. Ett utsläpps-rättspris på 20 EUR/t förutsätts. Skillnaden mellan referensfallet och fallet med ett europeiskt elcertifikatpris på 50 SEK/MWh är tämligen liten. Detta trots att beräkningsfallen skiljer sig fundamentalt i termer av stöd till förnybar elproduktion. Man kan också se att ju större elcertifikatpris desto större nordisk kraftproduktion i allmänhet och desto större förnybar elproduktion i synnerhet. De fossila kraftslagen minskar stadigt i takt med stigande elcertifikatpriser. En del av detta är framtida nyinvesteringar i fossil kraft som "inte blir av" om elcertifikatprisnivån är tillräckligt hög.

Nordisk elproduktion vid utsläpps-rättspriset 20 €/ton



I figuren visas också den nordiska elanvändningen, inklusive förluster (cirklar i diagrammet). Av detta framgår att Norden idag och i referensfallet 2023 uppvisar en liten nettoimport från grannländerna, främst i form av import från Ryssland. Om ett gemensamt elcertifikatsystem förutsätts i Norden och Tyskland/Polen ändras detta till att Norden blir nettoexportör av el. Nedan visas hur den långsiktiga kraftbalansen mellan Norden och Tyskland/Polen påverkas av de olika prisnivåerna på de nordeuropeiska elcertifikaten. Året som avses är 2020. Man kan se att en prisnivå på över 100 SEK/MWh och uppåt snabbt får en tämligen dramatisk effekt på elöverföringen. Den nordiska exporten ökar från referensfallets omkring 15 TWh till närmare 40 TWh givet att elcertifikatpriserna är tillräckligt höga. Detta innebär nyinvesteringar i elöverföringskapacitet (vilket modellen också behandlar). Den relativt stora nordiska exporten är en tydlig indikation på de komparativa fördelar för förnybar elproduktion som finns i de nordiska länderna.

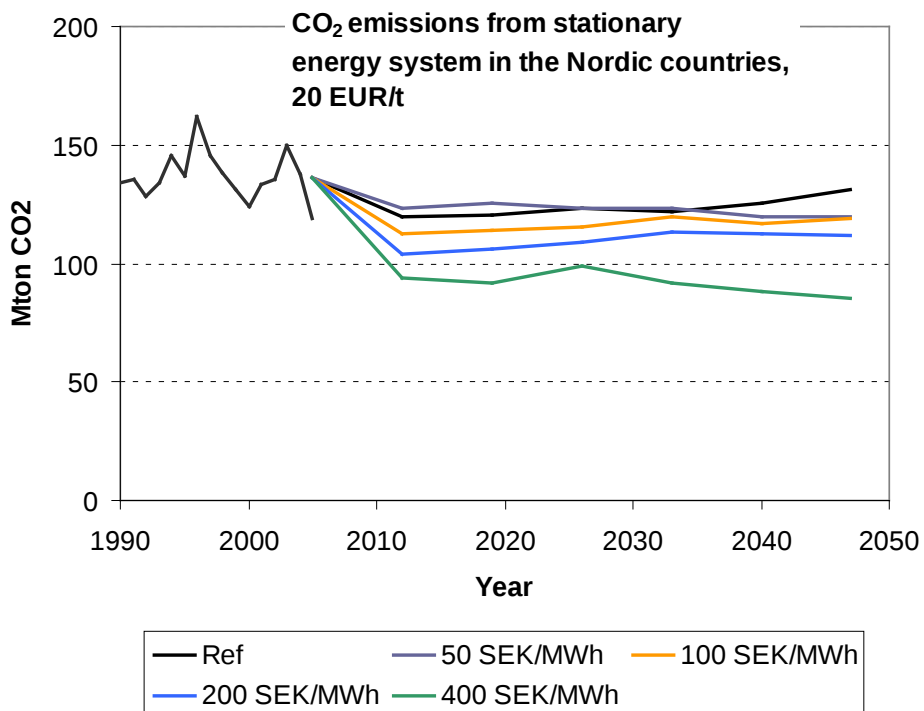


Resultatet att Nordens elexport till Tyskland/Polen ökar vid ökande ambition att införa förnybar elproduktion gäller också om man förutsätter en högre nivå på priset för utsläppsrätter för koldioxid.

Det nordiska elpriset påverkas både av de antagna priserna på utsläppsrätter för koldioxid och på elcertifikat. Högre utsläppsrättspriser ger högre elpris, medan högre elcertifikatpris sänker elpriset. Orsaken till att högt utsläppsrättspris ger högt elpris är att elpriser sätts utifrån marginalproduktionen och denna utgörs i stor utsträckning av kraftverk som utnyttjar fossila bränslen som fördyras av utsläppsrättspriserna. Orsaken till att elpriset sänks av högre elcertifikatpris är att certifikatsystemet hjälper till att finansiera nya produktionsanläggningar varigenom utbudet av el ökar och elpriset kan därmed sjunka. I verkligheten påverkas prissättningen på elcertifikat även av marknadens bedömning av risken för brist på certifikat och andra faktorer, vilket kan leda till att samspelet mellan elpris och elcertifikatpris inte blir lika tydligt. När vi säger att elpriset sjunker avser vi alltså systempriset på el. För de kvotpliktiga elanvändarna tillkommer ju en elcertifikatavgift, varför det resulterande priset i de allra flesta fall istället ökar.

Det tänkta nordeuropeiska elcertifikatsystemet får till följd att mängden förnybar elproduktion ökar och att koldioxidutsläppen från energisystemet därmed minskar. Figuren nedan visar de nordiska CO₂-utsläppen från de stationära sektorerna vid de olika elcertifikatprisnivåerna samt referensfallet. Koldioxidutsläppen i Norden minskar vid ökande elcertifikatpris trots att alltmer el exporteras till Tyskland/Polen. Det betyder att minskningen av koldioxidutsläpp blir stor även i dessa länder.

*Koldioxidutsläpp
från de stationära
energisystemen i
Norden vid olika
elcertifikatpriser.*



I referensfallet kan Norden om 15 år förväntas bli en liten nettoimportör av el, främst från Ryssland till Finland.

Om däremot Norden ges möjlighet att hjälpa andra länder att på ett kostnadseffektivt sätt klara sina nationella åtaganden för förnybar energi genom import av förnybar el från Norden (som har god tillgång till kostnadseffektiv förnybar el) så kan man förvänta sig att Norden blir en stor nettoexportör av el, ända upp till 40 TWh/år. Detta kräver dock att handel inom ramen för förnybarhetsmålet tillåts.

Det är viktigt att sådana gemensamma styrmedel utformas på ett sätt som upplevs som rättvist. Det kan annars bli diskussion om varför svenskt stöd skall användas för export av el till andra länder.

Ett europeiskt elcertifikatsystem är i dagsläget avlägset, men om EU:s 20 % mål för förnybart verkligen blir styrande och överordnas andra hänsyn skulle det vara tänkbart.

En sådan expansion av produktionen av förnybar el i Norden medför att viss annan elproduktion "trängs undan", främst sådan som baseras på fossila bränslen. Detta medför att utsläppen av koldioxid minskar i Norden. Hur stor minskningen blir är en funktion av ambitionsnivån i introduktionen av förnybar el. Elexporten medför samtidigt att koldioxidutsläppen minskar i Tyskland/Polen. Samarbetet kring utbyggnad av förnybar el i Norden ger alltså en dubbel utsläppsreduktionseffekt.

De goda förutsättningarna för förnybar el i Norden, tillsammans med måttlig eller till och med minskande elanvändning, kan leda till att stora mängder el exporteras till Tyskland/Polen. Detta ställer krav på ökande överföringskapacitet.

Även om vi här främst diskuterat elexport från Norden till Tyskland/Polen kan man förutse att fler länder kan komma att delta i denna typ av utbyte, exempelvis Ryssland, Baltikum och Nederländerna.

EU-kommissionen har uttalat att överföringsförbindelser mellan länder skall vara öppna. Det behövs incitament för att stamnätsföretagen skall bygga nya utlandsförbindelser. En ny ledning till kontinenten tar inemot 10 år att få till stånd. Av detta utgör byggtiden 2-3 år. Kompetens är en bristvara i flera led av tillverkande entreprenörer.

För att kunna överföra stora mängder el mellan länderna behövs inte bara förstärkningar av överföringsförbindelserna utan också av transmissionssystemet inom respektive land.

6.13.1 Forskningsområden

Med utgångspunkt från slutsatserna ovan har följande forskningsområden identifierats:

Det är av stor vikt att klargöra Nordens roll i EU:s ambitioner att öka användningen av förnybar energi och att minska utsläppen av växthusgaser. Elutbytet med omvärlden är i detta sammanhang viktigt att analysera.

Analys av styrmedel för ökning av förnybar elproduktion behövs. Det gäller exempelvis en utvidgning av elcertifikatsystemet, både omfattning och utformning av det svenska systemet och en utvidgning med fler länder. Av intresse är även internationellt samarbete där andra styrmedel kan komma att ingå. För att nå bred acceptans är det viktigt att sådana styrmedel upplevs som rättvisa.

Det är viktigt att klarlägga behovet av förstärkning/nybyggnad av kablar mellan Norden och resten av Europa. Den kostnadseffektiva utbyggnaden är en konsekvens av många variabler, t.ex. bränslepriser, utsläppsriktpriser, mål för förnybar el, elanvändningsutvecklingen, ytterligare mål/styrmedel, m.m. Modellberäkningar krävs för att belysa den mest kostnadseffektiva utvecklingen. När utbyggnad av överföringsförbindelserna analyseras är det viktigt att också väga in behovet av transmissionsförstärkningar inom länderna.

Frågor som är viktiga att belysa i samband med överföringsförbindelsernas kapacitet är flöden av el mellan länderna, elprisutvecklingen land för land, miljövärdering av el, "vinnare & förlorare" m.m.

Hur påverkas de nationella elpriserna av överföringskapaciteterna och den elexport och elimport som dessa möjliggör? Omvänt, vid vilka elprisskillnader blir det lönsamt att bygga ut överföringsförbindelserna?

Det vore värdefullt att betrakta ett större område för utbyte av el, särskilt kopplat till förutsättningarna för förnybar el i respektive land/område. Exempel på sådan utvidgning kan vara Baltikum, Nederländerna och Ryssland (främst St. Petersburgsområdet).

Det kan visa sig bli intressant att specialstudera effekterna av specifika elöverföringsprojekt. Då är det mycket värdefullt att ha tillgång till en realistisk och väl genomarbetad modellbeskrivning av energisystemen (främst elsystemen) i en större region.

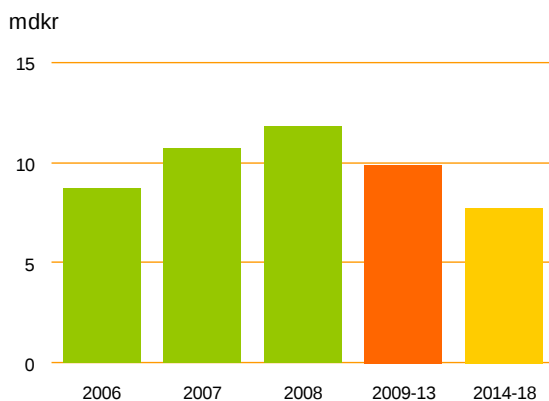
6.14 Transmission och distribution av el

Systemet för transmission och distribution av elkraft är en av samhällets mest väsentliga infrastrukturer. Det svenska systemet har byggts upp under hela 1900-talet. Svensk tillverkande elkraftindustri och kraftindustri har gjort viktiga pionjärinsatser inom detta teknikområde, särskilt inom högspänd kraftöverföring med både växelström och likström (HVAC resp. HVDC), vilket även lett till stora exportframgångar.

Elnäten är i ständigt behov av utbyggnad, upprustning, modernisering och reinvesteringar där ny teknik integreras i befintliga strukturer. Därmed vidmakthålls systemet och förändras i takt med nya krav. Ett stort pågående projekt är Svenska Kraftnäts Sydlänken och dess utvidgning SydVästlänken. Andra pågående stora verksamheter gäller kablifiering för att göra nätet säkrare.

Svensk Energi har i maj 2009 uppskattat de samlade investeringsbehoven i elnät till 90 miljarder kr för tiden 2009-2018. Investeringarna 2008 uppgick ca 12 miljarder. Vindkraftutbyggnad ställer starka krav.

Årliga investeringar i elnätsverksamhet
befintliga och nya anläggningar
(Scenario vind +12 TWh 2020)



2009-05-28

Källa: Svensk Energi 3



Elnäten står inför nya utmaningar både i Sverige och internationellt:

- Elnäten på många håll i världen närmar sig gränser för kapacitet, livslängder för nyckelkomponenter mm. Det finns stora s.k. "underhållsberg"²⁰ Krafttransformatorerna som installerades på 70-talet, börjar närma sig slutet. Dessa transformatorer är mer optimerade än tidigare enheter, på grund av att datoriserade hjälpmedel använts vid dimensioneringen. Säkerhetsmarginalerna har därför blivit mindre, vilket kommer att visa sig på livslängden" Leveranstiden för en transformator är för närvarande minst två år. Den internationella marknaden för apparater och system för elnät är stor och växande²¹
- Kraven på leveranssäkerhet och spänningskvalitet ökar, t ex beroende på den ökande användningen av informations- och kommunikationsteknik (ICT) i både näringsliv och hushåll och i både stads- och landsbygd
- Elnäten skall kunna hantera större flöden av förnybar energi såväl inom som mellan länder, om EU:s förnybarhetsmål skall kunna uppnås. Detta kräver förstärkningar av näten inom länder och fler förbindelser mellan länder. Detsamma gäller också på grund av utvecklingen mot en gemensam europeisk elmarknad
- Integrationen till större sammanhängande elnät i Europa leder till nya frågor om kraftsystemdrift och hur man undviker att en störning sprider sig över större geografiska områden. Även om Sverige fyller EU:s krav på kapacitet i utlandsförbindelser i förhållande till egen elproduktion är Nordens totala export/importmöjligheter mot kontinenten inte tillräckliga för att medge obehindrad export av ett förväntat elproduktionsöverskott. Nya övergripande systemskydd behöver därför införas i de gränsöverskridande elnäten. En stor europeisk fråga är också hur man skall fördela ledig överföringskapacitet i en bristsituation
- Ett ökande inslag av kraftelektronik i kundanläggningar leder till återverkningar på näten, t ex genom övertoner som ger ökade förluster, hindrar kommunikation över elnät och minskar överföringskapaciteten

I linje med EU-kommissionens 3e lagstiftningspaket inom energiområdet sker en omstrukturering på europeisk nivå av samverkansorganisationerna för TSO-företagen (Transmission System Operators t ex Svenska Kraftnät) och reglermyndigheterna. Således bildas organisationen ENTSO-E som kommer att ha en ledande roll för nätutvecklingen inom Europa bl.a. för projekten runt Östersjön och Nordsjön (se nedan). ENTSO-E övertar bl.a. Nordels uppgifter

²⁰ Bristerna i det amerikanska nätet har påtalats många gånger de senaste åren särskilt i samband med stora strömavbrott t ex i Kalifornien. EPRI gjorde 2003 en road map för utvecklingen av framtida nät, som bl.a. tog sikte på föreningen mellan elnäten och ett utvecklat "IT-samhälle". Ett fascinerande mål var att ett framtida nät skulle kunna klara "Faster than real time processing"

²¹ Elforsk har nyligen lagt fram två rapporter 09:51 - Förluster i lokalnät - Distributionstransformatorer och 09:52 Distributionstransformatorer – Ekonomisk kartläggning av förluster

Nätfrågornas ökande betydelsen märks även i det internationella forsknings-samarbetet inom EU:s program för SmartGrids och IEA:s program ENARD. I EU:s Strategic Energy plan (SET-planen) föreslås sålunda ett antal s.k. European Industrial Initiatives, varav ett gäller "European electricity grid initiative" (creation of a European Centre to implement a research programme for the European transmission network).

EU-kommissionen kom 2008-11-13 med sin andra Strategic Energy Review (SER II), som bl.a. behandlar europeiska energinät med grunddokumentet Green Paper on European Energy Networks. Där finns följande exempel på projekt om elnät i Nordeuropa som skulle kunna stödjas av EU:

- a Baltic Interconnection Plan to fully interlink EU countries around the Baltic and North Seas
- a North Sea offshore grid for wind energy

Termen SmartGrids har fått stort genomslag men tolkas olika. En ungefärlig bild som framträder är dels smarta nät, där man på kort sikt utnyttjar ny teknik för att göra befintliga nät bättre i olika avseenden. På lång sikt, dvs. kanske tio år eller mer, gäller det nät som främst med informationsteknik kan klara t ex:

- Bättre kraftsystemdrift och hantering av störningar, fellokalisering mm
- Integration av förnybar energi som varierar i kraftflöden t ex vindkraft
- Klarar av integration av distribuerad produktion av olika slag och s.k. mikronät
- Underlättar kundkommunikation och kunders marknadsagerande samt elhandel i allmänhet
- Kan hantera ny teknik, laddhybrider ellagring och smarta belastningar

SmartGrids ställer nya frågor på en avreglerad marknad. Vem gör affärerna och hur skall man hur skall man realisera potentiella värden utan att andra grundläggande regler på energimarknaden åsidosätts.

Elnät och vindkraft

Ett nytt planeringsmål för vindkraften i Sverige på 30 TWh för år 2020 diskuteras, varav 10 TWh havsbaserad vindkraft. Förslaget knyter an till EU:s 20-mål om förnybar energi, med ett svenskt beting att nå 49 % andel förnybar energi, mot idag 40 %. Vindkraft väntas stå för merparten, vilket gör behovet av reglerkraft stort.

Vindkraftparker får i allmänhet egna uppsamlingsnät, men de befintliga lokala näten behöver ofta förstärkas för att ta emot vindkraften. Stamnätet är den kritiska faktorn. Om ny vindkraft byggs i norr – också i norra Norge och Finland - måste kraften föras söderut och det betyder krav på ökad ledningskapacitet. De kraven adderar delvis till de krav på reglerkraft, som kan behöva tas ner för att med befintlig vattenkraft utjämna vindkraftvariationer i söder. Skulle effektutbyggnader bli aktuella i vattenkraften ökar kapacitetskraven på stamnätet ytterligare.

De samlade planerade tillskotten på både vind- och kärnkraft, fram till 2020 innebär dessutom att utbudet på den nordiska elmarknaden bli större än efterfrågan. Om inte den utbyggda – koldioxidfria - kraften tidvis skall stå oanvänd behövs nya utlandsförbindelser.

Detta skulle innebära stora risker. Om kraftflödena begränsas av otillräcklig överföringskapacitet skulle prisbildningen på den isolerade marknaden kunna kollapsa om det är så att man redan från början har mycket kraft med låga rörliga kostnader - jfr Norden. I ett sådant system kan t.ex. ett certifikatsystem skapa stora problem och kan inte rekommenderas om det inte samtidigt åtföljs av fysiska överföringsförbindelser.

Detta ställer nya frågor. Vad händer om förnybarheten tränger ut fossilkraften ur den nordiska marknaden? Våra grannländer har samma problem i sina kustområden. Stora mängder vindkraft söker sin avsättning i mera befolkningsrika delar av länderna men vill man ha in ännu mer förnybar kraft - med sina variationer - i dessa regioner?

Elnät, vindkraft och kärnkraft

Det har givetvis stor betydelse om vindkraften skall exploateras med resp. utan tillgång till de ca 70 TWh som kärnkraften ger. Om nuvarande kärnkraft skall ersättas med någon annan elproduktion än kärnkraft med nuvarande lokalisering, krävs en massiv nätförstärkning. Detta tillsammans med den förstärkning av näten som krävs för vindkraften utgör en stor utmaning särskilt för stamnätet.

Långa tillståndsprocesser

Tillståndsprocessen i stora ärenden t.ex. en stamnätsledning är en tidsödande process och kan ta upp till 5 -7 år inklusive överklaganden. Byggtiden för stora byggen kan variera men kan i allmänhet klaras på 2-3 år. I nuvarande läge är dessutom leveranstiderna på nyckelkomponenter långa vilket kan ge ytterligare förseningar.

Även om tiden är kortare för ledningar för lägre spänningar är tillståndprocessen generellt sett lång och när ansträngningar nu görs för att förenkla och korta tillståndsbesluten för ny produktion, så riskerar dessa åtgärder att bli verkningslösa om inte också nätbeslut kan hanteras snabbare och mer rationellt. Vindkraftproduktion byggs idag upp i snabbare takt än tillhörande nätinvesteringar.

Nya frågor för elnäten

Kundnära produktion är på frammarsch. Lokal småskalig vind- och vattenkraft samt solceller kan komma att både leverera el till hushåll och leverera överskottet till nätet. Detta innebär att kraftflödena i näten går i fler riktningar och flödet skiftar med kort varsel. Näten får samma högsta last, som tidigare, men medelvärdet sjunker. Förlusterna minskar, men de specifika kostnaderna per överförd kWh kommer att öka och frågor uppstår dels om vem som skall betala mellanskillnaden, de som egenproducerar eller andra kunder, och dels om hur det skall ske, genom extra påslag på dem som samproducerar eller solidariskt av alla elkunder?

Lokal elproduktion tillsammans med andra framtida förändringar t.ex. el- och hybridbilar, skulle dessutom kunna ge möjligheter att utjämna fluktuerande produktion genom att antingen ladda eller lämna el till nätet för kortare eller längre tid. Även värmepumpar kan komma att "styras" av ett framtida smart elnät. Kraftflödena på nätet blir då än mer komplexa och det leder till att nya styr- och övervakningssystem måste utvecklas för lokalnäten.

Arbetsgruppen för teknikutveckling inom projektet IVA Vägval Energi föreslår i korthet följande:

- Tillståndsprocesser måste bli snabbare
- Upprätta snarast en långsiktig plan för beslut om utbyggnad av elnäten fram till 2020. Klarställ snarast en tidplan för de beslut och processer som måste drivas för att möjliggöra denna tidplan.
- Utlandsförbindelserna behöver ökas annars låses kraft in i Norden när de satsningar på ny elproduktion, som nu planeras är genomförda. En gemensam plan för Norden bör tas fram.
- Det behövs ett politiskt initiativ för att ge Sverige en stark ställning i det arbete som kommer att bedrivas på EU- nivå enligt förslagen i den ovannämnda grönboken.
- Genomför en utvärdering av hur värdet av den svenska vattenkraften bäst bör tas till vara som reglerkraft för vindkraft mm i vårt europeiska närområde.
- Initiera ett elkrafttekniskt RD³-paket²², där statliga intressen samverkar med kommersiella intressenter i elkraftsektorn. Stamnätet skall på kort tid byggas ut avsevärt. Det ger en unik möjlighet att grundligt analysera frågor om systemstrukturer, framtida leveranskriterier och tekniklösningar så att nätet utvecklas mot ett totalfungerande, väl fungerande och accepterat framtida "SmartGrid"²³
- Framtiden kommer att se fler kundägda produktionsanläggningar – och tillhörande lokalnät. Nuvarande lagstiftning om det elektriska säkerhetsansvaret kan behöva ses över.

6.14.1 Strategiska frågor

Svenska elnät står inför mycket svåra utmaningar, särskilt tillkomsten av ca 12 000 MW ny vindkraft till 2020 vilket skulle krävas om planeringsmålet på 30 TWh ska uppnås. Hur mycket starkare nät som behövs, beror på en rad faktorer men inom några år är investeringar i nivån 10 – 15 miljarder kr per år troliga.

²² Från engelska: Research, Development, Demonstration and Deployment.

²³ Utbyggnaderna bör styras av de krav på nätets funktion som vi förväntar oss år 2025. Den funktionen med krav från politiker, producenter, kunder m.fl. behöver beskrivas nu.

Förstärkning av nät på olika spänningsnivåer för hantering av ökande mängder vindkraft. Nätförstärkningar kan behövas även för den basproduktion som skall ersätta nuvarande kärnkraft. (om ersättningen inte består av ny kärnkraft i samma lägen som den nuvarande).

Fler utlandsförbindelser med kontinenten i ett Europa som behöver öka andelen förnybar energi?

Ökad säkerhet i näten genom kablifiering.

Vad kan SmartGrids betyda för Sverige?

Utbyggnad av landsbygdsnät för ökad säkerhet.

6.14.2 Road Map

2009-2018. Elnätföretagen fullföljer pågående investeringsprogram

2010-talet. Vindkraftproduktionen ökar successivt. Näten på olika spänningsnivåer behöver förstärkas till en ökande vindkraftproduktion

2010-talet. I Sverige, EU och internationellt ökar insatserna på SmartGrids

2015 och framåt. Frågor om ytterligare utlandsförbindelser aktualiseras

2020-talet. SmartGrids av olika slag i drift. Nätförstärkningar för ny basproduktion som skall ersätta nuvarande kärnkraft kan behövas redan i början av 2020-talet.

6.14.3 Forskningsområden

Elforsk bedriver FUD för stöd till den omfattande investeringsverksamheten angående:

- Underhållsmetoder och förnyelsestrategier
- Riskanalysmetoder och sårbarhetsanalyser
- Leveranssäkerhet till kund
- Elkvalitet och EMC
- Nätutvecklingsmetoder
- Mättnings- och kommunikationssystem
- Miljö (t ex hälsorisker av elektriska och magnetiska fält, nya flamsäkra material, nya impregneringsmedel för trästolpar)
- Fortsatt högskoleforskning genom utveckling av de nuvarande högskoleprogrammen dvs. ELEKTRA och Kompetenscentrum för Elkraft vid KTH. (EKC2)
- Innovationssamverkan med Energimyndigheten och Innovationsbron, för att finna nya mera genomförbara och effektiva tekniska lösningar.

Forskning om integration av vindkraft bedrivs inom högskoleprogrammen.

Frågor om utlandsförbindelser behandlas under det särskilda avsnittet om Export och import av el.

Elforsk har nyligen tagit fram en rapport om SmartGrids²⁴. Elforsk har tidigare utfört ett antal projekt som kan klassificeras som SmartGrids. Rapporten konstaterar att det finns goda möjligheter för Elforsk att identifiera projekt av intresse för elföretagen inom följande områden. Rubriceringen av områdena följer den som används av EU:s Teknikplattform för SmartGrids.

- Infrastruktur för "Smart" Distribution (småkunder och nätutformning)
- Anläggningsförvaltning inom elnät – Transmission och distribution
- Gränsöverskridande frågor och katalysatorer

Elforsk kommer att utveckla projektförslag enligt dessa linjer.

6.15 Vätgas som energibärare

Det följande är ett sammandrag av en några år gammal rapport från Elforsk²⁵ men vissa av slutsatserna verkar stå sig. Ett intryck sedan den rapporten skrevs är att bilindustrins intresse för vätgas och bränsleceller mattats medan laddhybrider och elbilar kommit i fokus. Vad gäller väte till bränsleceller i stationära anläggningar drar IVA Vägval energi följande slutsats i sin rapport om teknikutveckling.

"Fungerande bränsleceller finns redan i dag, det största problemet är tillgång på bränsle. Bränsleceller kräver vätgas, som dock inte finns tillgänglig till rimligt pris och med acceptabla miljödata under överskådlig framtid²⁶. Stationära bränsleceller kan därför inte ge något tillskott till elproduktionen till 2020.

Trots det sagda är erfarenheten att möjligheten av väte som en viktig energibärare för framtiden aktualiseras med jämna mellanrum i svensk och internationell debatt. Vi har därför tyckt det vara värt att återge några tidigare slutsatser.

Från Elforskrapporten:

Intresset för vätgas som energibärare har sedan slutet av 1990-talet ökat markant både i USA och inom EU. Det finns flera orsaker till detta. Ett skäl är oron för västvärldens höga oljeberoende och stigande energipriser. Förhoppningen är att fordon med bränsleceller skall kunna utvecklas och nå verkningsgrader som

²⁴SmartGrids En definition av "SmartGrids" enligt den Europeiska Tekniska Plattformen för SmartGrids, Elforsks verksamhet och diverse projekt relaterade till SmartGrids samt några förslag till framtida Elforskprojekt inom området. Elforsk rapport 08:53 September 2008

²⁵ Väte i det svenska energisystemet – en framtidsstudie. Gunnar Hovsenius, Harald Haegermark (rapport 05:18)

²⁶ Vätgas kan framställas av naturgas, propan eller el genom elektrolys. Systemet som helhet ger då endast små miljöfördelar, även om bränslecellen i sig har goda prestanda. På lång sikt kan man tänka sig framställning av vätgas ur till exempel naturgas eller kol, om det kombineras med avskiljning och lagring av koldioxid.

totalt sett gör vätgas till ett effektivare drivmedel än bensin och diesel. Ett annat skäl som anges är att vätgas under vissa förutsättningar skulle kunna bidra till att minska utsläppen av koldioxid från transportsektorn.

Det internationella samarbetet för att utveckla system och komponenter för vätgasdrivna fordon är stort och ett antal program i flermiljardklassen har startat kring sekelskiftet 2000. Bland företrädarna för dessa satsningar är optimismen stor och inställd på att fordon, drivna med bränsleceller och väte, skall få en marknadsandel på cirka 25 % av nybilsförsäljningen i mitten av 2020-talet för att helt ha övertagit marknaden omkring år 2050.

Att bygga upp ett vätedrivet transportsystem kräver stora investeringar såväl i produktionsanläggningar som i infrastrukturer för vätets distribution. Detta kräver en väl genomtänkt strategi, särskilt i ett land som Sverige, som är relativt glest befolkat.

På lång sikt kan väteframställning ur fossila bränslen kombineras med CCS i "väteraffinaderier"

6.15.1 Strategiska frågor

Från Elforskrapporten:

Utifrån dagens energisituation är det i första hand argument från transportsektorn som driver de internationella satsningarna kring vätgas. Om vätgas av olika skäl inte blir attraktivt inom transportsektorn, är det tveksamt om vätgas i någon större utsträckning kommer till användning som energibärare inom andra sektorer.

Om vätgas skall få en stor global betydelse som drivmedel för transporter krävs att bränsleceller för fordon utvecklas så att de får en verkningsgrad på minst 70 %. I ett sådant läge kan vätgas eventuellt hävda sig mot både konventionella drivmedel och bi drivmedel. Det kan komma att ta 20 år innan bränsleceller, i kommersiell tillämpning för fordon, uppnått denna verkningsgrad.

Ett förmodligen mer attraktivt sätt att minska både oljeberoendet och utsläppen av koldioxid från transportsektorn är en storskalig övergång till elfordon och plug-in elhybrider. Detta förutsätter att högeffektiva och kostnadseffektiva batterier utvecklas. Det är sannolikt att sådana batterier för fordonsdrift finns på marknaden inom 5 till 10 år. Om batteriutvecklingen lyckas förefaller det energi- och miljömässigt betydligt bättre att använda el i el- och elhybridfordon än att gå omvägen via vätgas.

Så länge det finns kol och naturgas och/eller tillgång på el kan vätgas produceras i mängder som är av väsentlig betydelse för

transportsektorn. Detta gäller såväl globalt som regionalt. Kol kan också (genom förgasning) omvandlas till flytande drivmedel, vilket ur ett internationellt försörjningsperspektiv kan vara mer intressant än att gå omvägen via vätgas. Däremot kan biodrivmedel, i ett internationellt perspektiv, endast i begränsad omfattning (uppskattningsvis 10-15%) ersätta bensin och diesel.

Vätgas kan produceras med små utsläpp av koldioxid från naturgas (vilket f.n. är billigast) eller från kol (vilket är en storskalig möjlighet) under förutsättning att koldioxiden avskiljs och lagras. Att ta omhand koldioxiden vid stora produktionsanläggningar för vätgas höjer kostnaden med ca 10 %. Vätgas kan även produceras genom elektrolys av vatten. Verkningsgraden i elektrolysörer ligger kring 80 %.

Ett alternativt sätt att minska oljeberoendet inom transportsektorn och i viss mån minska koldioxidutsläppen är att utnyttja naturgas direkt som drivmedel i traditionella förbränningsmotorer. Om det - vid denna jämförelse - skall vara meningsfullt att i stället omvandla naturgas till vätgas måste antingen den koldioxid som bildas vid omvandlingen till vätgas tas om hand eller effektiviteten i "well to wheel" vara högre i vätgasfallet.

Vätgas är liksom el en energibärare, dvs. ett sätt att flytta energi dit där den behövs. El levereras redan idag till marknaden i väl utbyggda distributionsnät medan en tämligen kostsam infrastruktur för vätgas behöver etableras. I denna fråga har el en fördel.

Vätgas kan lagras. Kombinationen av distribuerad elproduktion från vindkraft, solceller eller vågkraft och lagring av vätgas kan därför i vissa sammanhang bli intressant på sikt.

Produktion och distribution av vätgas kräver tillskott av el. Vid en introduktion av vätgas för fordonsdrift kan elbehovet för Sveriges del uppgå till någon enstaka TWh för att senare och vid en storskalig vätgasmarknad öka till cirka 10 TWh.

I Sverige kan det – om vätgasen får stort genomslag - bli aktuellt att etablera ett fåtal större produktionsanläggningar från vilka regionala rörnät för vätgas kan byggas ut. I andra fall förutses lokal produktion utan distributionsnät eller att vätgas transporteras från större anläggningar till lokal användning.

Pågående internationell och svensk forskning om väte rymmer många intressanta möjligheter på lång sikt såsom fotolys, artificiell fotosyntes termisk sönderdelning i högttemperaturreaktorer mm.

6.15.2 Forskningsområden

Elforsk bör bevaka den allmänna utvecklingen inom väteområdet och särskilt utvecklingen avseende vätgas inom transportsektorn.

6.16 Bränsleceller

6.16.1 Strategiska frågor

I en bränslecell omvandlas väte till el och värme. Vätet (se ovan) framställs idag främst ur naturgas eller metanol, men kan i princip framställas ur alla typer av bränslen, samt genom elektrolys eller annan sönderdelning av vatten. Framställning av väte innebär med nödvändighet omvandlingsförluster. Att framställa väte på ett ekonomiskt och miljömässigt sätt är hörnstenen och än så länge också stötestenen i utvecklingen av bränsleceller.

Bränsleceller har flera goda egenskaper i både stationära eller traktionära tillämpningar. De kan byggas upp modulärt, har i sig själva nästan inga miljöpåverkande emissioner och lämpar sig för kraftvärme med måttliga platsbehov. Bränsleceller är antingen av låg- eller högttemperaturtyp. Högttemperaturbränsleceller kan bl.a. användas i toppcykler för kraftverk för att öka verkningsgraden.

Idag koncentreras utvecklingen av stationära bränsleceller på två huvudlinjer:

- högttemperaturbränsleceller i storlekar från 100 kW_{el} upp till några MW_{el}
- små stationära bränsleceller – såväl PEFC som SOFC i storlekar 1 – 10 kW_{el} för lokal kraftvärme i småhus och mindre byggnader. Ett stort demonstrationsprogram i Japan har placerat ut ca 3000 små stationära bränsleceller.

6.16.2 Road Map

De höga verkningsgraderna även i små enheter i kombination med flexibilitet vad gäller val av primärbränslen gör bränsleceller potentiellt konkurrenskraftiga vid ökande bränslepriser och/eller framtida konkurrens om förnybara bränslen. Om pågående utvecklings- och demonstrationsaktiviteter blir framgångsrika, kan tekniken komma att implementeras enligt nedan:

- 2020 förkommersiell fas med 100 tals MW installerat globalt och i Sverige enstaka MW.
- 2030 vanlig teknik för kraftproduktion i Sverige, med användning främst med biobaserade bränslen i större anläggningar

6.16.3 Forskningsområden

Omfattande FoU behövs för att minska kostnader och öka effektiviteten. Produktutveckling behövs med fokus på livstid, hållbarhet och minskade materialbehov, samt mera effektiva industriella tillverkningsprocesser. För att kraftigt minska tillverkningskostnaderna krävs bl.a. större tillverkningsvolym.

Stora program pågår i USA, Europa och Japan. Forskning behövs vidare om hur bränsleceller kan komma in i kraftsystemet.

6.17 Solceller

Kiselsolcellen är idag den vanligaste och mest utvecklade typen för stationär elproduktion. Tillförlitligheten är hög, underhållsbehoven är små och den har en lång livslängd, mer än 25 år. Kostnaderna är dock för höga för att kiselsolceller skall kunna vara konkurrenskraftiga för produktion till elnätet gentemot konkurrerande energiomvandlingstekniker. Tunnfilmssolceller har stor potential att kunna tillverkas i stor skala till låga kostnader tack vare låg materialåtgång i kombination med tillverkningsmetoderna.

6.17.1 Strategiska frågor

Framtida potentialer begränsas av att stora ytor krävs.

Idag är kostnaden i Europa såväl som i Sverige för att uppföra stationära demonstrationsanläggningar optimerade för elproduktion ca 5 000 €/kWp²⁷. En del nya anläggningar har tillkommande höga kostnader för byggnadsintegration. Kostnaden för själva solcellsmodulerna är idag i storleksordningen 30 000 SEK/kWp. Kostnaderna för drift och underhåll av solcellsanläggningar är i regel mycket låga. Enligt EU:s visionsrapport för solceller är ett uttalat mål att kostnaderna skall sänkas till en tiondel, eller 500 € /kWp senast år 2050.

EPIA (European PV Industry Association) prognostiserar att årlig installerad effekt (peak) i Europa (ca 1000 MWp år 2005) ökar med 25 – 30 % årligen för att kring år 2030 nå storleksordningen 130 GWp årligen, då med tunnfilmssolceller som helt dominerande teknik.

6.17.2 Road map

Dagens höga kostnader gör att tekniken fordrar kraftiga subventioner. Om pågående utvecklings- och demonstrationsaktiviteter blir framgångsrika, kan kostnaderna komma att reduceras och tekniken komma att implementeras enligt nedan:

- 2020 kraftigt ökad användning, eventuellt fortfarande subventionerat, beror av hur snabbt kostnaderna kan reduceras.
- 2030 nya tekniker är kommersiella och väsentligt billigare

6.17.3 Forskningsområden

Ett omfattande FoU arbete behövs för att minska kostnader och för att öka effektiviteten. Produktutveckling behövs främst inriktad på teknikutveckling för tunnfilmssolcellerna och industriell tillverkning, minskade materialbehov

²⁷ kWp betyder kW peak, d.v.s. den effekt som en solcell kan ge vid optimal solinstrålning. En solcell producerar genomsnittligt ca 900 kWh per installerad kWp och år i Europa.

samt effektivare industriella tillverkningsprocesser. För att kraftigt minska tillverkningskostnaderna krävs bl.a. större tillverkningsvolym. Forskning behövs vidare om hur solceller kan integreras i kraftsystem och elnät.

Synergier med el/energilagring skulle kunna öka användbarheten och är därför av värde att studera.

Elforsk fortsätter sitt engagemang i SolEl-programmet.

6.18 Ellagring

Den mest aktuella och uppmärksammade utvecklingen inom ellagring f.n. gäller effektiva batterier för laddhybrider och elfordon.

Teknik för ellagring har dock även andra tillämpningar inom elsystem. Det gäller:

- Integration av förnybar energi
- Olika funktioner inom generering, transmission och distribution spec. vid avbrott av olika längd.
- UPS (Uninterruptible Power Supply) i olika storlekar

I Sverige är samspelet med den stora vattenkraftandelen i elsystemet den viktigaste "ellagringstekniken" för integration av förnybar energi. Den frågan har vi behandlat på flera andra ställen i denna rapport. Annan ellagringsteknik för integration av förnybar energi har inte varit så intressant i Sverige som i andra länder med andra typer av kraftsystem. För övriga tillämpningar av ellagringsteknik har Sverige samma utgångsläge som andra länder.

Elforsk deltog 1997-2000 i ett IEA projekt om Ellagring i elsystemet²⁸. Från projektet finns bl. a. en omfattande dokumentation om det dåvarande utvecklingsläget för ett antal ellagringstekniker såsom batterier av olika typer, svänghjul, supraledande magneter (SMES), superkondensatorer, tryckluftslagring (Compressed Air Storage CAS), pumpkraftverk samt kombinationen av väte och bränsleceller. Vidare innehåller dokumentationen material om i vilka sammanhang ellagring hade tillämpats och skulle kunna tillämpas i olika delar av kraftsystemet dvs. generering, högspänningsnät och distribution. Vidare ingår några beräkningsmodeller för överslagsberäkningar.

Slutsatser i rapporten:

De största möjligheterna för ellagringstekniker såsom batterier, supraledande magnetlager, svänghjul och superkondensatorer finns i distributionssystemen, t ex för senareläggning av investeringar i nätet och vid integration av förnybar och lokal elproduktion samt för att möta höga krav på elkvalitet både i elföretagens anläggningar och hos kunder. Utvecklingen går mot lägre kostnader och bättre prestanda hos flera av teknikerna och tillämpningsmöjligheterna kan därigenom öka. För storskalig energilagring under längre tider är vattenkraft i olika former det bästa alternativet för avsevärd framtid.

²⁸ Rapport 98:07. Rapporten är på engelska och finns endast i pappersform. Den är tillgänglig endast för projektets finansörer. En svensk sammanfattning finns dock.

Några principiellt nya tekniker verkar inte ha kommit fram sedan IEA arbetet gjordes men de uppräknade teknikerna har säkert utvecklats.

Elforsk skulle kunna göra en mindre studie, som uppdaterar IEA materialet beträffande både vad som hänt med de enskilda lagringsteknikerna och om några tillämpningar inom elsystem har blivit mer intressanta.

6.19 Vågkraft

Vågkraftverk anses i regel vara småskaliga. Det finns dock planer på att tillverka stora vågkraftverk upp till storleksordningen 100 MW, vid lägen där lämpliga speciella förutsättningar finns. Potentialen i svenska vatten har bedömts till 8 TWh i Östersjön och 2- 4 TWh i Västerhavet.

Det finns flera olika metoder att utnyttja vågor för elproduktion, och de olika teknikerna – f.n. fler än 60 tekniker under utveckling - kan delas in i huvudområden:

- OWEC (Ocean Wave Energy Converter) Bojkraftverk, t.ex. bojar med linjär bottenförankrad generator
- Slack-Moored Energy converter, upphöjda plattformar med central turbin
- OWC (Oscillating Water Columns) med luftturbin, land eller havsbaserad
- Kilrännkraftverk

6.19.1 Strategiska frågor

Kostnaden för att producera vågkraft är starkt beroende av läget och den på platsen specifika vågeffekten samt teknikval, men det viktigaste är att det finns stora möjligheter för vågkraften att i rätt sammanhang i framtiden vara en konkurrenskraftig teknik. Att kostnaden kommer att minska kraftigt från dagens kostnader, som är baserade i de flesta fall på demonstrationsanläggningar, är uppenbart; angivna elproduktionskostnader från olika leverantörer spannar idag över ett stort intervall, från 300 SEK/MWh till 1.500-2.000 SEK/MWh. Bedömningar av underhållskostnader är f.n. osäkra.

6.19.2 Road map

Om pågående FoU-aktiviteter blir framgångsrika kan man förvänta sig att:

- Demonstrationer pågår i mindre omfattning idag men blir vanligare runt år 2020
- kommersiella anläggningar vid havsbaserade industriella installationer samt eventuellt i vågkraftparker är implementerade runt år 2030

6.19.3 Forskningsområden

De flesta teknikerna har testats som prototypanläggningar. Fortsatt omfattande FoU behövs för att vidareutveckla, testa och validera olika tekniker samt identifiera huvudkandidater för demonstration och kommersialisering. FoU-arbetet behöver också inriktas på att minska kostnader för drift och underhåll och öka effektiviteten, samt ta fram effektiva tillverkningsprocesser.

På samma sätt som för integrering av vindkraft i elnätet, är analyser av integration av vågkraft i kraftsystem och elnät viktiga samt synergier med el/energilagring.

6.20 Övrigt

6.20.1 ORC (Organic Rankine Cycle)

ORC innebär att man utnyttjar arbetsmedier med lägre förångningstemperaturer än vatten i ångcykler. Denna kan då arbeta vid lägre temperaturer vilket kan medge nyttiggörande av spillvärme. Det finns kommersiella exempel idag. Eftersom temperaturskillnaderna är små mellan det varma mediet och kylvattnet är verkningsgraden är mycket låg men kan ändå ge kommersiella applikationer om det finns gratis spillvärme. Det finns vidare ett sjuttio-tal bio-bränslebaserade ORC-kraftvärmeverk i Europa i storleksområdet 0,5-2 MWe. Tekniken är idag under vissa förutsättningar mer ekonomisk än konventionell ångteknik för biobränsle anläggningar < 2MWe.

Forskningsområden

Forskning inriktad på att minska kostnader och öka effektivitet. Ökad verkningsgrad blir en fördel vid ökande bränslepriser och ökad konkurrens om förnybara bränslen.

Insatser behövs för marknadsutveckling. För att minska tillverkningskostnaderna krävs bl.a. större tillverkningsvolymmer.

Frammot 2030 förväntas lägre kostnader och användning i nya applikationer.

6.20.2 Concentrated Solar Power CSP

Tekniken har varit under utveckling länge och flera sådana solkraftverk har byggts på olika håll i världen., IEA drev en anläggning i Almeria i Spanien redan om kring 1980. Tekniken bygger på att solenergin koncentreras med hjälp av speglar till en omvandlingsenhet. Området finns i EU sjunde ramprogram där särskild Medelhavsländerna har intressen. Nyligen har svenska parter visat intresse för CSP som en möjlighet att tillämpa tekniken för de stiringmotorer som utvecklats för ubåtsdrift.

IEA-studien konstaterar att CSP-tekniken givetvis är mest av intresse i soliga länder och ökenområden mm). CSP kan vara billigare än solceller i stora anläggningar. och elproduktionen från CSP samvarierar med behovet av luftkonditionering. Tekniken passar också ihop med avsaltningsanläggningar IEA:s road maps har tidsperspektivet från 2020 och framåt med mer demonstrationer och så småningom hopp om kommersialitet.

6.21 Ej diskuterade möjligheter

Vi har inte diskuterat diverse nya elproduktionsmöjligheter som förekommer på gängse listor över internationell energiforskning. Det första exemplet är

fusionsenergi, som fortfarande framstår som mycket långsiktigt. Nästa stora steg i den utvecklingen är försöksanläggningen ITER, som byggs i Frankrike i internationellt samarbete med EU som en av parterna

Andra exempel är termojonisk omvandling, elproduktion från tidvatten. temperatur- och saltgradienter i hav samt magnetohydrodynamisk omvandling (MHD) för vilka vi inte ser några större möjligheter för Sverige.

Vi har heller inte tagit med supraledning för elöverföring, (transformatorer, generatorer, kablar och ellagring), men Elforsk deltar i det mångåriga IEA-samarbetet High Temperature Superconductivity.

7 Syntes och slutsatser

I rapporten anges ett stort antal forskningsområden främst av övergripande natur och systemkaraktär men delvis även frågor specifika för Elforsks programområden. En förhoppning är att det övergripande angreppssättet skall vara till hjälp även för den programområdesvisa planeringen och för samordningen av denna mellan programområden. Den fortsatta hanteringen av förslagen sker på sedvanligt sätt i Elforsks programråd.

Några viktiga lärdomar av projektet vilka också ställer nya forskningsfrågor är:

Forskning om styrmedel är viktig.

Bredare analyser än med hjälp av enbart energisystemmodeller krävs, särskilt av ekonomiska förhållanden. Nya affärsmodeller aktualiseras.

Nätfrågornas stora betydelse för att nå EU-målen och att utnyttja möjligheter till elexport. Stora investeringar kommer att krävas i näten på alla spänningsnivåer för att hantera stora mängder elproduktion från förnybara källor särskilt vindkraft. Djupare analyser krävs av betingelserna för elexport.

Reglerkraft för spec. vindkraft och hur denna fråga skall lösas om inte nuvarande kärnkraft på sikt ersätts med ny kärnkraft i samma lägen som den gamla.

Hur nuvarande kärnkraft skall ersättas är en nyckelfråga. Två av de äldsta aggregaten kan komma att avställas av ekonomiska skäl redan i perioden 2020-2025.

Det finns tak för biobränsleanvändning i t ex fjärrvärmesystemen. Nya konkurrensförhållanden om bioråvara kan uppstå vid en ev. storskalig introduktion av andra generationens drivmedel.

Intresset för laddhybrider har ökat kraftigt liksom intresset för s.k. SmartGrids. En fråga gäller hur SmartGrids skall kunna hanteras inom ramen för en avreglerad marknad.

Intresset för CCS för särskilt i kraftverk har ökat kraftigt internationellt särskilt inom EU-programmen men är inte så aktuellt i Sverige. CCS för energiintensiv industri kan dock bli en möjlighet. CCS kan via internationella elmarknader få en väsentlig indirekt betydelse för Sverige.

Omvärldsförutsättningar för energisystemet förändras ständigt. Det finns därför skäl att se över rapporten om något år.

8 Bilaga 1. Projektet och hur det bedrivits

8.1 Förhistoria

Elforsk avslutade 2005 projektet Energimarknad i förändring – Framtidsbilder (Elforsk rapport 05:06). Projektet omfattade:

- Genomgång av ett antal internationella och nationella framtidsstudier av energiområdet.
- Sammanställning av strategiska frågor
- Identifiering av forskningsinsatser

Tankar på en fortsättning lanserades i programrådet för Omvärld och system i slutet av 2005. Nya omvärldsfrågor hade tillkommit och andra hade blivit viktigare t ex:

- Klimatfrågorna
- "Security of supply"
- Osäkerheter på oljemarknaden, Rysslands agerande
- De stora investerings- och forskningsbehoven inom den internationella energisektorn

Efter sedvanligt offertförfarande startade projektet på allvar i början av 2007.

I början av 2007 (2007-01-10) kom EU:s energipolitiska paket med de s.k. 20-målen vilket tillförde ytterligare nya förutsättningar för projektet som därför modifierades under 2007. I slutet av 2007 beställdes modellkörningar av Profu AB med de nya förutsättningar som då förelåg. Ytterligare modellkörningar har gjorts i slutet av 2008.

I början av 2008 kom EU med sitt nuvarande energipolitiska paket, inklusive bördefördelningar mellan länder. Under september 2008 tillkom den internationella finanskrisen. I december 2008 antog EU-parlamentet stora delar av paketet vid sin första läsning.

I november 2008 kom EU:s Strategic Energy Review 2 med stark betoning av försörjningstrygghet. (Security of Supply).

Från sommaren 2008 till mars 2009 har Elforsk deltagit i IVA:s projekt Vägval Energi där resultaten från Elforsks projekt om Framtidsbilder och forskningsbehov för elsystemet kommit till god användning och kunnat diskuteras även med annan expertis än vi haft tillgång till inom projektet. Elforsk har i sin tur fått utnyttja material från IVA. Stefan Montin och Harald Haegermark har medverkat i IVA-projektet och Bo Rydén Profu AB har lämnat en underlagsrapport. Elforsks projekt har varit ett väsentligt underlag för IVA-projektets rapport om teknikutveckling. IVA-projektets första etapp rapporterades 2009-03-11.

8.2 Workshops och seminarier

Tre Workshops med föredrag och grupparbeten har hållits med representanter för finansierande företag och inbjudna föredragshållare.

- Energianvändning 2008-02-13
- Modellering och tillförsel 2008-03-11
- Framtidsbilder och deras konsekvenser samt forskningsfrågor 2008-12-01

Två seminarier har hållits 2008-05-15 samt 2008-08-26 med "ungdomar" utsedda av företagen. Flera av "ungdomarna" deltog även i de tre workshops

8.3 Rörligt mål

Projektet har bedrivits mot "ett rörligt mål" där väsentliga omvärldsförändringar inträffat under projektiden.

EU-politiken har utvecklats successivt:

- Parlamentet har antagit det mesta av 20-målen i december 2008
- EU:s Strategic Energy Review nr 2 kom 2008-11-13. Den innehåller bl a tankar om en road map för teknikutveckling mm fram till 2050

Den globala finanskrisen pågår sedan september 2008 Oljepriset steg i jämn takt från 80 USD/fat i oktober 2007 till 140 USD/fat i juli 2008 för att sedan gå tillbaka, bl.a som följd av finanskrisen, till f.n. ca 46 USD/fat (maj 2009).

Alliansens energiöverenskommelse i februari 2009 gällande kärnkraften, satsningar på energieffektivisering mm, som ledde till Miljö- och Energipropositionerna 2009-03-11.

Energimyndighetens långsiktsprognos (2009-03-06) som bl a innehåller att kärnkraften är kvar under hela prognosperioden dvs. 2020 och 2030 och att elexporten ökar.

Under projektiden har flera tunga studier av besläktad karaktär kommit ut och utnyttjats i projektet:

- Eurelectrics studie: Role of Electricity mars 2007
- McKinsey´s studie: Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige. Studien är gjord på uppdrag av Svenskt Näringsliv och drygt 40 företag hr medverkat. Studien bygger bl.a på tidigare studier av McKinsey och Vattenfall

IEA:s studie World Energy Perspectives – Scenarios and strategies to 2050, som bl.a. a innehåller road maps för utvecklingen till 2050 av 17 prioriterade teknikområden