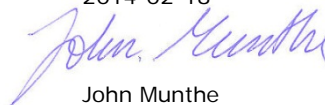


# Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar


En översiktlig  
kunskapssammanställning

Philip Thörn Jenny Arnell  
B2093  
Mars 2013

Rapporten godkänd:  
2014-02-18



John Munthe  
Forskningschef



# Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar

En översiktlig kunskapssammanställning

Elforsk rapport 13:97



Philip Thörn, Jenny Arnell

mars 2013

**ELFORSK**

# Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar

En översiktlig kunskapssammanställning

Elforsk rapport 13:97

## Förord

*Denna rapport har tagits fram inom projektet Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringarna finansierat av Elforsk samt Formas och Naturvårdsverket via Stiftelsen IVL. Projektet har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet.*

*Projektet är en förstudie till ett större ramprogram som planeras genomföras i en andra etapp. Förstudien syftar till att översiktligt analysera hur klimatförändringar kan påverka energisystemet, presentera kunskapsläget inom energibranschen kring hur klimatförändringar kan påverka energisystemet samt att ta fram förslag till ett större ramprogram för analyser av konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar skulle kunna utformas.*

*Rapporten har även följande rapportnummer i IVL Svenska Miljöinstitutets rapportserie B2093. Rapporten är godkänd av John Munthe, Forskningschef, IVL Svenska Miljöinstitutet AB.*

*Lars B Johansson  
För programområde  
Omvärld och System*

## Sammanfattning

Denna rapport är framtagen inom ramen för projektet *Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringarna* och presenterar översiktligt kunskapsläget om hur klimatförändringarna kan påverka energisektorn samt identifierar kunskaps- och forskningsbehov. Rapportens resultat bygger på en litteraturstudie samt intervjuer med företrädare för energibranschen. Projektet har finansierats av Elforsk samt Formas och Naturvårdsverket via Stiftelsen IVL.

I rapporten konstateras att klimatförändringarna kommer i betydande omfattning att påverka energisektorn i Europa och Sverige. Internationella, europeiska, nordiska och nationella studier visar att klimatförändringar i form av temperaturökningar, ökad nederbörd, stigande havsnivåer samt eventuellt en ökad frekvens av extrema väderhändelser innebär både positiva och negativa konsekvenser för energisystemet. Positiva effekter inkluderar ökad produktionspotential för vattenkraft, bioenergi och vindkraft. Ett varmare klimat kommer även att kraftigt minska behovet av uppvärmning. Klimatförändringarna kommer dock även att medföra negativa konsekvenser för energisektorn i form av större risk för skador på elsystemet till följd av extrema väderhändelser, t.ex. stormfällning, nedisning av elnät och översvämningar. Kylbehovet kommer också att öka till följd av en ökande temperatur. Anpassningsåtgärder kommer att bli nödvändiga för att minska de negativa effekterna och för att kunna ta tillvara på de möjligheter som klimatförändringarna medför.

Flera av de studier som har genomförts är av övergripande karaktär och det finns inom flera områden behov av mer djuplodande studier av hur energisektorn kan påverkas av klimatförändringarna.

Tidigare genomförda studier, t.ex. Klimat- och sårbarhetsutredningen, Elforsks rapport 07:39 samt Energimyndighetens rapporter, identifierar ett antal områden där behov av fördjupade studier föreligger. Dessa punkter överensstämmer i många fall med de områden som har identifierats av branschföreträdare. Identifierade forsknings- och kunskapsbehov inkluderar:

- *Förändrade produktionsförutsättningar:* Hur påverkas produktionspotentialen för bioenergi och vindkraft?
- *Förändrad energianvändning:* Hur kommer det framtida värme- och kylbehovet att se ut?
- *Extrema väderhändelser:* Hur kommer extrema väderhändelser att påverka och hur kan klimatdata och scenarier sammanställas för att underlätta identifiering av sårbarhet?
- *Anpassningsåtgärder:* Vilka anpassningsåtgärder kommer att behöva vidtas för att hantera långsiktiga successiva klimatförändringar respektive kortsiktiga och plötsliga förändringar?

## Summary

This report was produced within the framework of the project Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringarna (Climate change impact on the energy sector) and gives an overview of the current state of knowledge regarding how climate change may affect the energy sector and identifies data and research needs. The findings in the report findings are based on a literature review and interviews with representatives from the energy industry. The project was funded by Elforsk, Formas and the Swedish Environmental Protection Agency through the IVL Foundation.

The report concludes that climate change will significantly affect the energy sector in Europe and Sweden. Both international, European, Nordic as well as national studies show that climate change in the form of increased temperatures, increased rainfall, rising sea levels, and a possible increase in extreme weather frequency, will have both positive and negative implications for the energy system. Positive effects include increased production potential for hydropower, bioenergy and wind power. A warmer climate will also substantially reduce the need for heating. Climate change will, however, also cause negative consequences for the energy sector in the form of increased risk of damage to the electrical system as a result of extreme weather events, e.g. storm felling, icing of electric grids and flooding. Cooling demands will also increase as a result of increasing temperatures. Adaptation actions will be necessary in order to reduce the negative impacts as well as taking advantage of the opportunities that climate change brings.

Several of the studies conducted are of a general nature and there is, within several areas, a need for more in-depth studies with regards to how the energy sector may be affected by climate change.

Previous studies, such as Klimat- och sårbarhetsutredningen (The Final Report from the Commission on Climate and Vulnerability), Elforsk report 07:39 and several Energy Agency reports, identifies a number of areas where there is a need for more in-depth studies. These areas correspond in many cases with the areas that have been identified by industry representatives. Identified data and research needs include:

- Changes in conditions for production: How will climate change affect the bioenergy and wind power production potential?
- Changes in energy demand and usage: How will climate change affect heating and cooling needs?
- Extreme weather events: How will extreme weather events affect the energy sector and how can scenarios and climate data be compiled in order to assist in the identification of current and future vulnerabilities?
  
- Adaptation actions: What adaptation actions will be needed in order to handle long-term and gradual climate changes, as well as short-term and more abrupt changes?

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte och mål .....	1
1.3	Avgränsningar .....	1
1.4	Metod, material och disposition .....	1
<b>2</b>	<b>Klimatförändringar i Norra Europa och Sverige</b>	<b>3</b>
2.1	Norra Europa .....	3
1.1	Sverige .....	4
<b>3</b>	<b>Konsekvenser för energisektorn - norra Europa och Sverige</b>	<b>6</b>
3.1	Norra Europa .....	6
3.2	Sverige .....	7
<b>4</b>	<b>Konsekvenser för olika energisektorer</b>	<b>11</b>
4.1	Konsekvenser för vindkraften .....	11
4.2	Konsekvenser för bibränsleförsörjningen .....	12
4.3	Konsekvenser för naturgasförsörjningen .....	14
4.4	Konsekvenser för elnät.....	15
4.5	Konsekvenser för energianvändning, inklusive värme och kyla .....	18
4.6	Konsekvenser för solenergi .....	21
<b>5</b>	<b>Forskningsbehov</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Intervjuer med branschföreträdare</b>	<b>26</b>
6.1	Sammanfattning av intervjustudien.....	26
6.2	Klimatförändringarnas konsekvenser för energisystemet .....	27
6.3	Klimatförändringarnas påverkan på energiproduktion .....	28
6.4	Identifierade forskningsbehov .....	29
	<b>Referenser</b>	<b>30</b>
	<b>Bilaga A - Intervjustudie</b>	<b>33</b>

# 1 Inledning

Denna rapport är framtagen inom ramen för projektet *Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringarna* och presenterar översiktligt kunskapsläget för hur klimatförändringarna kan påverka energisektorn samt identifierar kunskaps- och forskningsbehov. Projektet har finansierats av Elforsk samt Formas och Naturvårdsverket via Stiftelsen IVL.

## 1.1 Bakgrund

Flera studier, däribland Elforsk rapport 07:39 samt Klimat- och sårbarhetsutredningen, konstaterar att klimatförändringarna betydande omfattning kommer att påverka energisektorn. Klimatförändringarna innebär både positiva och negativa konsekvenser för sektorn. Positiva effekter inkluderar till exempel ökad potential för vattenkraftproduktion, bioenergi och vindkraft. Ett varmare klimat kommer även att minska behovet av uppvärmning. Klimatförändringarna kommer dock även att medföra negativa konsekvenser för energisektorn till exempel i form av större risk för skador på elnät till följd av stormfällning, nedisning av elnät och översvämningar. Flera av de studier som har genomförts är av övergripande karaktär och det finns inom flera områden behov av mer djuplodande studier av hur energisektorn kan påverkas av klimatförändringarna.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att identifiera kunskapsluckor vad gäller hur klimatförändringarna kan påverka energisektorn. Målet är att översiktligt presentera kunskapsläget vad gäller hur klimatförändringarna kan påverka energisektorn. I rapporten fokuseras på konsekvenser för produktionspotentialer för olika energislag, driftsförutsättningar samt energianvändning.

## 1.3 Avgränsningar

Studien är geografisk avgränsad till norra Europa, med särskilt fokus på Sverige, samt tidsperspektivet år 2050 och 2100. Konsekvenser för vattenkraft och kärnkraft omfattas inte av rapporten enligt överenskommelse med Elforsk.

## 1.4 Metod, material och disposition

För att översiktligt analysera hur energisektorn kommer att påverkas av klimatförändringarna och presentera kunskapsläget har projektgruppen genomfört en litteraturstudie samt intervjuat företrädare för energibranschen. Litteraturöversikten bygger på material från vetenskapliga tidskrifter, rapporter från myndigheter och expertorgan. Intervjuerna har varit semi-



strukturerade och urvalet av intervjupersoner har skett i dialog med Elforsk (för mer information om intervjuerna se kapitel 6 samt bilaga A).

Rapporten inleds med ett kapitel (kapitel 2) som presenterar hur klimatet kan förändras i norra Europa och Sverige framöver. Efter detta följer övergripande beskrivningar av hur energisektorn i norra Europa och Sverige kan påverkas av klimatförändringar (kapitel 3). Kapitel 4 presenterar hur olika energislag kan påverkas av klimatförändringar, varpå följer ett kapitel (kapitel 5) som sammanfattar de forskningsbehov som har identifierats av olika studier och aktörer. Avslutningsvis redogör kapitel 6 för de intervjuerna som har genomförts med företrädare för energibranschen.

## 2 Klimatförändringar i Norra Europa och Sverige

### 2.1 Norra Europa

Flera omfattande och mångåriga studier har genomförts och/eller finansierats av EU kommissionen och EEA för att undersöka hur Europa, inklusive norra Europa, kommer att påverkas av klimatförändringarna. Studierna bygger överlag på IPCC:s utsläppscenarier och regionala klimatmodelleringar (RCM) utifrån globala klimatmodeller. Resultaten från undersökningarna pekar mot att norra Europa allvarligt kommer att påverkas av klimatförändringar. Undersökningar visar att temperatur kommer att öka mer i norra Europa än det globala genomsnittet, att nederbörden kommer att öka samt att risken för extrema väderhändelser blir större (EEA, 2012 & PESETA, 2009). För en sammanfattning av hur klimatförändringarna kan påverka norra Europa se Tabell 1 och 2.

**Tabell 1. Förväntade klimatförändringar i norra och nordvästra Europa**

	Norra Europa	Nordvästra Europa
Temperatur °C (medel)	Ökar	Ökar
Värmebölja (förekomst)	Ökar	Ökar
Extrem kyla (förekomst)	Minskar	Minskar
Nederbörd (medel)	Ökar	Minskar
Extrem nederbörd (förekomst o varaktighet)	Ökar	Ökar
Stormar (vindstyrka)	Ökar i vissa delar	Ökar i vissa delar

Källa: EEA, 2012

**Tabell 2. Klimatförändringar i norra Europa, 2071-2100 jmf med 1961-1990, enligt olika scenarier\***

	Scenario 2,5°C	Scenario 3,9°C	Scenario 4,1°C	Scenario 5,4°C	Scenario 5,4°C (hög SLR)
Temperatur °C	2,9	4,1	3,6	4,7	4,7
Nederbörd %	10	10	19	24	24
Havsnivåhöjning (cm)	49	56	51	59	88

\*PESETA-studien har tagit fram 5 olika scenarier med temperaturökningar från 2,5–5,4°C, vilka återspeglar olika koncentrationer av växthusgaser, för hur klimatet kan utvecklas till 2080.

Källa: PESETA, 2009

## 1.1 Sverige

Klimat- och sårbarhetsutredningen hade under åren 2005-2007 till uppdrag att utreda hur svenska samhället kan påverkas av klimatförändringar.

Utredningen använde sig av IPCC:s klimatscenarier, två globala klimatmodeller (HadAM3H och ECHAM4/OPYC3), regionala klimatmodeller (RCA3) från SMHI Rosby Center samt sektoriella sårbarhetsanalyser för att genomföra uppdraget. Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande fastställer att klimatet i betydande omfattning kommer att förändras i Sverige (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007):

- Temperaturen kommer att stiga mer i Sverige och Skandinavien än det globala genomsnittet. De modellscenarier som utredningen utgick ifrån pekade mot att medeltemperaturen i Sverige kommer att stiga med 3–5 grader till 2080-talet jämfört med åren 1960–1990. Vintertemperaturen kan öka med uppemot 7 grader i norra Sverige och Mälardalens klimat kommer att påminna om dagens klimat i norra Frankrike.
- Nederbörden kommer att öka i större delen av landet under höst, vinter och vår. Sommartid kommer Sverige att få ett varmare och torrare klimat, särskilt i södra Sverige. Antalet dagar med kraftig nederbörd ökar under vinter, vår och höst i större delen av landet.
- Havsnivån förväntas stiga med 0,2–0,6 meter globalt de närmaste 100 åren för att sedan fortsätta att stiga under många hundra år. Någon avsmältning av isarna på Grönland och Antarktis är då inte inräknad för detta århundrade. Havsnivån stiger med upp till 0,2 meter mer i våra angränsande hav.
- Resultaten vad gäller vindar och stormar var osäkra. Vissa scenarier pekade på en ökad frekvens och omfattning vad gäller vindar och stormar medan andra pekade mot att förutsättningarna kommer att vara oförändrade.

Sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen offentliggjordes år 2007 har ett antal uppdateringar av det naturvetenskapliga underlaget publicerats. Uppdateringarna fastslår att IPCC:s rapporter från 2007, vilka utgör grund för Klimat- och sårbarhetsutredningen samt flera andra analyser av konsekvenser av klimatförändringar, fortfarande står sig väl men att risken för allvarliga klimateffekter har ökat jämfört med vad som redovisas i rapporten (Rummukainen & Källén, 2009 samt Rummukainen, Johansson, Azar, Langner, Doscher & Smith, 2011). Uppdateringarna konstaterar att:

- Växthusgashalterna i atmosfären fortsätter att öka och att ökningstakten är högre än tidigare.
- Den framtida havsnivåhöjningen kan bli större än vad som redovisas i IPCC:s rapport AR4, även om betydande osäkerheter kvarstår om hur stor den globala havsnivåhöjningen kan bli till år 2100. De högre värdena i intervallet 0,18–0,59 meter, som redovisas i IPCC:s rapport AR4, anses mer tänkbara än de lägre värdena.
- En signifikant ändring av nederbörds mängderna har kunnat bestämmas utifrån observerade data. Denna ändring stämmer med vad som förväntas som ett resultat av en växthusgasuppvärmning.
- Det kan bli svårare än vad som hittills bedömts att begränsa den globala uppvärmningen till maximalt 2°C.

## 3 Konsekvenser för energisektorn - norra Europa och Sverige

### 3.1 Norra Europa

Flera studier genomförda eller finansierade av EU kommissionen eller EEA har bedömt att klimatförändringarna allvarligt kommer att påverka energisektorn i Europa (EEA, 2012 & EU kommissionen, 2009). Utredningarna och studierna har bland annat bedömt att:

- Klimatförändringarna kommer att påverka det framtida värme och energibehovet i Europa. Den total efterfrågan på energi och värme i Europa kommer inte att påverkas i någon större grad, men det kan uppstå betydande variationer beroende på årstid samt stora regionala skillnader. Temperaturökningar kommer medföra att antalet värmedagar<sup>1</sup> (Heating Degree Day, HDD), d.v.s. antalet dagar då uppvärmning krävs, minskar i norra och nordvästra Europa.
- Temperaturökningar kommer medföra ett ökat behov av kylning sommartid, d.v.s. ett ökat antal kylgraddagar<sup>2</sup> (Cooling Degree Days, CDD), särskilt i södra Europa. Detta kan stärka mönstret av toppar i efterfrågan på el under sommarmånaderna, vilket påverka även andra regioner i Europa.
- Temperaturökningar och torka kommer att minska tillgången på kylvatten, särskilt under sommaren och för termiska elgeneratorer, vilket kommer att påverka produktion negativt.
- Både förnybar och konventionell elproduktion kan komma att påverkas av temperaturförändringar, förändrade nederbördsmonster och en eventuell ökade förekomst av stormar. Påverkan kommer i huvudsak vara negativ, även om påverkan kan vara positiv, t.ex. förbättrade förutsättningar för biobränsleproduktion, i vissa regioner.
- En ökad frekvens av extrema väderhändelser, inklusive värmeböljor, torka och eventuellt även stormar, utgör stora utmaningar för energisystemen. Stormar kan orsaka allvarliga skador på energiinfrastruktur, t.ex. ledningsnät och generatorer och översvämningar kan allvarligt påverka elstationer.

Enligt vissa studier kommer kapaciteten i termiskelektriska kraftverk i Europa att minska med 6-19 procent, till år 2040 jämfört med 1980, på grund av temperaturförändringar och förändringar i flöden i vattendrag. De regionala

---

<sup>1</sup> Med värmegraddag (Heating Degree Day, HDD), avses dagar då utomhustemperaturen understiger 17°C.

<sup>2</sup> Med kylgraddagar (Cooling Degree Day, CDD), avses dagar då utomhustemperaturen överstiger 20°C.

skillnaderna är dock stora, med förväntade kapacitetsökningar i Skandinavien och förväntad minskad kapacitet i resten av Europa (Vliet et al., 2012).

## 3.2 Sverige

Flera studier har konstaterat att klimatförändringarna kommer att påverka energisektorn i Sverige (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, Elforsk 2007, CES, 2012 och MSB, 2012). Klimatförändringarna kommer att medföra betydande positiva effekter för energisektorn i form av ökad potential för vattenkraftproduktion, bioenergi och vindkraft. För att kunna ta tillvara på den ökade produktionspotentialen kommer det dock att krävas vissa investeringar i kraftverken. Ett varmare klimat kommer även att minska behovet av uppvärmning. Klimatförändringarna kommer även att medföra vissa negativa konsekvenser för energisektorn på grund av en ökad förekomst av stormfällning, till följd av extrema väder, minskad tjäle och ett troligt förändrat skogsbestånd, samt att översvämningar ökar risken för skador på elnät. Den pågående markförläggningen av elkablar kommer dock att minska risken för störningar. Ett varmare klimat kommer att även att öka kylbehovet. Sammanfattningsvis kommer klimatförändringarna att medföra betydande positiva effekter, men även vissa negativa effekter, för energisektorn i Sverige. För en sammanfattning av hur energisektorn i Sverige kan påverkas av klimatförändringarna se Tabell 3-5.

**Tabell 3. Klimatvariabler av betydelse för energisektorn (i Sverige)**

	Klimatvariabler av intresse
<b>Vattenkraft</b>	Nederbörd, tillrinning, vattentillgång (nederbörd och avdunstning)
<b>Vindkraft</b>	Vindstyrka, vindriktning, byvind och nedisning
<b>Elnät</b>	Vindstyrka, vindriktning, byvind och nedisning, åska, vattentillgång (nederbörd och avdunstning)
<b>Energianvändning</b>	Solinstrålning, temperatur, HDD, CDD, vind
<b>Biobränslen</b>	Temperatur, vegetationsperiod, nederbörd, vattentillgång (nederbörd och avdunstning), CO <sub>2</sub> -halt, vind, tjäle
<b>Naturgas</b>	Vind i Nordsjön, byvind

Källa: Elforsk, 2007

**Tabell 4. Systemtyper och klimatfaktorer – elsystem (nät/produktion)**

Systemtyper för stamnät/regionala/lokala nät	Känsliga klimatfaktorer för stamnät	Känsliga klimatfaktorer för övriga nät	Känsliga klimatfaktorer för kraftverk
Kopplingsstationer	Extremt höga vindar utan is	Kraftig vind	Nederbörd
Transformatorstationer	Extrema islaster med måttlig vind	Isbildning	Medelvind/byvind
Luftledning	Isbarksstorm	Åska	Nedisning
Kablar	Salthaltig is	Salt	Medel/extremflöden
Kommunikation (drift, styrning, övervakning)	Åska	Vattentillgången i mark	Flödesmönster
Kraftverk (vatten-, vind-, kärn- och kondenskraft samt kraftvärme m.fl.)		Stora mängder blötsnö	Havsvattentemperatur
		Tjäle	

Källa: Länsstyrelsen Stockholm, 2010

**Tabell 5. Urval av klimatfaktorer av betydelse för energisektorn.**

Klimatfaktor	Trend	Kommentar
Temperatur	Ökad temperatur i hela landet under alla årstider	<i>Energianvändning:</i> minskar uppvärmningsbehovet, ökar kylbehovet <i>Biobränsle:</i> generellt positivt för tillväxten så länge risken för torka inte ökar
Solinstrålning	<i>Vår:</i> minskning i hela landet <i>Sommar:</i> minskning i norr, små förändringar i söder <i>Höst &amp; vinter:</i> små förändringar i hela landet	<i>Energianvändning:</i> förstärker minskat uppvärmningsbehov i norr, motverkar minskat uppvärmningsbehov i söder, motverkar ökat kylbehov i norr, förstärker ökat kylbehov i söder.
Graddagar	Minskat antal värmegraddagar (HDD), ökat antal kylgraddagar (CDD)	<i>Energianvändning:</i> minskat uppvärmningsbehov, ökat kylbehov
Nederbörd	Ökad nederbörd alla årstider i hela landet med undantag för sommartid i södra Sverige då nederbörden minskar.	<i>Vattenkraft:</i> ökar vattentillrinningen till magasinerna (så länge nederbörden överstiger avdunstningen) <i>Biobränsle:</i> kan vara både positivt och negativt för tillväxten av biomassa, risk för skador till följd av skyfall
Snö	Minskad förekomst av snö i hela landet och minskad utbredning av snötäcket.	<i>Vattenkraft:</i> nederbördens karaktär (snö/regn) påverkar flödesmönstren <i>Elnät:</i> blötsnö på ledningar kan vara problematiskt <i>Biobränsle:</i> minskar skador till följd av tung snö på grenar etc., skadesvampen snöskytte hämmas
Avrinning, vattentillgång (nederbörd minus avdunstning)	Ökning under hela året i hela landet med undantag för sommartid i södra Sverige där vattentillgången minskar.	<i>Vattenkraft:</i> påverkar tillrinningen till magasinerna, ökad vattentillgång ökar produktionspotentialen, förändrade flödesmönster påverkar hur anläggningarna körs över året <i>Elnät:</i> risk för vattentråd i markkablar <i>Biobränsle:</i> både positivt och negativt för tillväxten av biomassa, om avdunstningen överstiger nederbörden föreligger risk för torka
Vegetationsperiod	Förlängd vegetationsperiod i hela landet. Tidigarelagd start i hela landet.	<i>Biobränslen:</i> förlängd och tidigarelagd vegetationsperiod är vanligtvis positivt för tillväxten
Vind	Svårbedömt eftersom olika scenarier ger olika resultat. De scenarier som projektet har haft tillgång till visar på ökad medelvind, medan det finns andra scenarier som endast ger små förändringar. Möjligen ökad förekomst av extremvindar.	<i>Vindkraft:</i> ökad vindstyrka kan upp till viss nivå öka produktionspotentialen, ökade byvindar och ökad förekomst av hård vind/stormar kan orsaka driftstopp <i>Elnät:</i> ökade byvindar och ökad förekomst av stormar kan orsaka problem för elnätet <i>Biobränslen:</i> ökade byvindar och ökad förekomst av stormar kan leda till stormfällning av träd <i>Naturgas:</i> ökade byvindar och ökad förekomst av stormar kan orsaka driftstopp vid naturgasfält i Nordsjön
Vindriktning	Ökat inslag av sydvästvindar vintertid enligt de scenarier som projektet har haft tillgång till.	<i>Elnät:</i> ökat inslag av vindar från havet kan öka förekomsten av saltstänk i kustnära områden
Tjäle	Information saknas. Samspel mellan temperatur, tjäle och snöförhållanden är komplicerat. Trots stigande temperatur kan det bli mer tjäle om snötäcket samtidigt minskar.	<i>Biobränsle:</i> minskad förekomst av tjäle kan göra träden mer känsliga för stormfällning och kan försvara avverkningen
Nedisning	Svårbedömt. Varierar beroende på typ av nedisning. Troligen sker geografisk omfördelning av problem med nedisning.	<i>Elnät:</i> nedisning kan ge problem för elnätet <i>Vindkraft:</i> nedisning kan orsaka produktionsbortfall och driftstopp
Åska	Möjligen ökat antal nedslag per år och möjligen fler kraftiga blixnar (eget resonemang inom projektet).	<i>Elnät:</i> kan orsaka kortslutning i kraftledningar.
CO2-halt	Ökad CO2-halt.	<i>Biobränsle:</i> positivt för tillväxten
Klimatzoner	Förflyttning av klimatzonerna norrut.	<i>Biobränsle:</i> gynnsamt för vissa växter medan andra missgynnas
Östersjön	Minskad salthalt, minskad isläggning, ökad temperatur, förändrad havsnivå (varierar beroende på scenario)	Östersjöns förhållanden har betydelse även för klimatet över land. Direkt koppling till energisystemet finns bl.a. avseende kylvatten till termiska energianläggningar (temperatur) och vattenkraften (nivån).

Källa: Elforsk, 2007

Flera studier har konstaterat att klimatförändringarna och extrema väderhändelser allvarligt kommer att påverka energisektorns sårbarhet

(Energimyndigheten, 2008 & MSB, 2012). Tabell 6 sammanfattar hur extrema väderhändelser kan påverka elektroniska kommunikationer, elförsörjning, -distribution och -produktion.



**Tabell 6. Konsekvenser av klimatförändringarna i Sverige för olika sektorer och områden**

Sektor/område	Orsak	Konsekvenser
<b>Elektroniska kommunikationer</b>	Stormfällning av skog, skogsbränder, ras och skred Minskad nedisning Höga floden	Ökad risk för skador på system med luftledningar, master och antenner Minskad risk för skador på system med luftledningar, master och antenner Ökad risk för översvämningar av anläggningar och ledningsnät
<b>Elförsörjning/distribution</b>	Ökning av kraftiga vindar (eventuell förändring), Stormfällning av skog Höga floden, översvämningar Skyfall Ras, skred och erosion Ökad vattenmängd i mark Skogsbränder Minskad risk för nedisning, mindre blötsnö	Ökad risk för att elstolpar och nätstationer raderas Ökad risk för skador på markkablar Ökad risk för skador på system för eldistribution Minskad risk för skador på luftledningar och elstolpar
<b>Elförsörjning/produktion</b>	Ökad nederbörd Ökning av vindens energiinnehåll (eventuell förändring) Högre havsvatten- eller kylvattentemperatur Högre temperatur, kortare snösäsong, minskad geografisk utbredning av snötäcket Höga floden, översvämningar, skyfall, ras och skred Minskad risk för nedisning	Ökad vattenkraftproduktion Ökad vindkraftsproduktion Effektbortfall i kärnkraftsproduktion Minskad solenergiproduktion Ökad risk för skador på anläggningar för kraftproduktion Minskad risk för driftsstopp i vindkraftsproduktion

Källa: MSB, 2012

## 4 Konsekvenser för olika energisektorer

### 4.1 Konsekvenser för vindkraften

Vindkraften kan allvarligt påverkas av klimatförändringar. Förändringar i vindstyrka, vindriktning, byvind och nedisning har särskilt stor betydelse (Elforsk, 2007). Relativt små förändringar i vindstyrka kan ha stor betydelse för vindkraftspotentialen. Generellt kommer klimatförändringarna innebära att områden med ökande vindstyrkor kommer att öka sin vindkraftspotential medan områden med minskande vindstyrkor kommer att få en minskad vindkraftspotential (Mideksa & Kallbekken, 2009).

Enligt vissa studier kommer klimatförändringarna innebära att vindkraftspotentialen kommer att öka något i norra Europa (Pryor et al., 2005). I Nordsjön bedöms vindkraftspotentialen kunna öka med 3-9 procent, enligt ett "business-as-usual" scenario (Sood & Durante, 2006). I Östersjöområdet bedöms vindkraftspotentialen kunna öka med 15 procent, enligt IPCC SRES scenario A2 (Clausen et al. 2007). Klimatförändringar förväntas minska problemen med nedisning, vilket påverkar vindkraftsproduktionen och vindkraftsturbinernas livslängd positivt, i norra Europa (Laakso et al. 2006).

Inom ramen för forskningsprogrammet Climate Change and Energy Systems (CES) bedömdes hur förutsättningarna för vindkraft kan förändras i Norden i ett förändrat klimat. Fokus lades särskilt på att bedöma förändringar i extrema vindstyrkor på 10 respektive 100 meters höjd. Analyserna byggde på scenarier från den regionala klimatmodellen HIRHAM5 och använde perioden 1958-2000 som kontrollperiod. Två framtida scenarier för vind för perioden 2001-2050 samt 2051-2099 togs fram av projektet. Resultaten visade att vindförhållandena i de framtida scenarierna liknade förhållandena i kontrollperioden. Ett scenario visade en ökning av extremvindar i Danmark med 20 procent, men resultaten ska tolkas med försiktighet på grund av stora osäkerheter (Nordiska ministerrådet, 2012).

Elforsk bedömer i sin rapport om klimatförändringarnas påverkan på energisektorn att vid en installerad vindkrafteffekt om 4 000 MW kan potentialen i Sverige för el från vindkraft bli 5-20 % högre, i tidsperspektivet 2011-2040 jämfört med referensperioden 1961-1990. Detta skulle innebära en produktion motsvarande 12 TWh, jämfört med 10 TWh år 2007, vid en installerad effekt om 4 000 MW (Elforsk, 2007).

Flera studier understryker att vindkraften är känslig för extrema vindstyrkor och att varken för hög respektive för låg vindstyrka är optimalt för vindkraftsproduktion, (Schaeffer et al, 2011, Världsbanken, 2011, Elforsk, 2007). Dagens vindkraftverk kan inte producera el vid vindstyrkor över 25m/s, vilket innebär att om vindstyrkorna blir för kraftiga så kommer inte

vindkraftsproduktionen att öka utan att minska (Mideksa & Kallbekken, 2009). Vissa studier pekar mot att de extrema vindstyrkorna i norra Europa kommer att öka i omfattning (Pryor & Bartelmie, 2010). Resultaten från Elforsk var inte entydiga gällande förekomsten av extrema vindstyrkor i Sverige. Vissa resultat pekade mot att frekvensen av vindar på över 25 m/s om 20-30 år skulle vara ungefär densamma som idag, medan andra pekade mot att frekvensen skulle kunna vara dubbelt så hög som i dagsläget (Elforsk, 2007).

Även vad gäller förekomsten av nedisning var resultaten från Elforsk svårbedömda. Bedömningen är att problemen troligen skulle kunna öka i vissa delar av landet och minska i andra (Elforsk, 2007). Energimyndigheten bedömer att en ökad förekomst av kraftiga vindar, stormar samt nedisning kan orsaka produktionsstörningar för vindkraftverk i Sverige, se även Tabell 9 (Energimyndigheten, 2008).

Vindkraften bedöms vara mer sårbar för klimatförändringar än vattenkraften, men på grund av vindkraftens kortare livsspann bedöms den samtidigt vara mer anpassningsbar till ett förändrat klimat i ett längre perspektiv (Schaeffer et al, 2011 & Världsbanken, 2011).

## 4.2 Konsekvenser för biobränsleförsörjningen

Klimatförändringar kan innebära allvarliga konsekvenser för biobränsleförsörjningen. Förändringar i temperatur, vegetationsperiod, nederbörd, vattentillgång (nederbörd och avdunstning), koldioxidhalt, vind, tjäle samt förekomsten av extrema väderhändelser har stor betydelse (Schaeffer et al, 2011, Världsbanken, 2011, Elforsk, 2007). Faktorer som storlek på skördar, förekomst av skadedjur samt utbredning av och tillgången på lämpliga jordsbruksmarker kan påverkas av ett förändrat klimat. Högre koldioxidhalter kan ha en positiv påverkan på fotosyntesen och öka produktiviteten. En ökad temperatur minskar dock samtidigt den fotosyntesiska aktiviteten (Schaeffer et al, 2011 & Världsbanken, 2011).

Flera studier pekar mot att förutsättningarna för biobränsleproduktion kan förbättras i norra Europa i och med att klimatförändringarna förväntas öka jordsbruks- och skogsproduktion (EEA, 2012). Inom ramen för forskningsprogrammet Climate Change and Energy Systems (CES) bedömdes hur förutsättningar för biobränsle kan förändras i Norden i ett förändrat klimat. Projektet analyserade genom en fallstudie hur klimatförändringar kan påverka produktionen av biobränsle och virke i Finland. En ekosystemmodell vid namn Sima användes för analysera tre 30-års perioder, 1991-2020, 2021-2050 och 2070-2099. Resultaten visade att både klimatförändringar och förändringar i metoder för gallring kan kraftigt öka produktionspotentialen för bioenergi i Finland (Nordiska ministerrådet, 2012).

Elforsk menar i sin rapport att produktionspotentialen för biomassa inom både skogsbruk och jordbruk i Sverige kan förväntas öka i och med ökad temperatur och CO<sub>2</sub>-halt, i tidsperspektivet 2011-2040 jämfört med referensperioden 1961-1990. Detta kräver dock anpassningsåtgärder inom produktionssystemen, t.ex. långsiktig planering av vilka trädslag som planteras och var. Hänsyn måste tas till trädslagets känslighet för extrema

väder men även deras förmodade framtida utbredningsområden. En ökad produktion kan innebära vissa förändringar i egenskaperna hos biomassan, men dessa förändringar skulle troligen vara mindre och av liten betydelse för energisektorn. Konkurrensen om biomassan till följd av en omställning mot ett koldioxidfritt samhälle kommer att öka och efterfrågan, och därmed priserna, förväntas öka både nationellt och internationellt. Uttaget av och leveranserna av biomassa både från skogs- och jordbruk kan komma att försvåras till följd av försämrade väg- och markförhållanden på grund av t.ex. minskad tjäle (Elforsk, 2007).

Energimyndigheten menar att extrema väderhändelser allvarligt kan påverka biobränsleförsörjningen, se Tabell 7.

**Tabell 7. Biobränsleförsörjningen sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
<b>Lufttemperatur</b>	Skogsavverkning och terrängtransporten hindras vid utebliven tjäle (gäller bestånd som ska avverkas på vintern).	Bränslefabriker stängs p.g.a. råvarubrist.		Ev. stopp i värmeproduktion
<b>Ytvattentemperatur</b>	-	-	-	-
<b>Nederbörd</b>	Skogsavverkningen hindras vid kraftigt och/eller långvarigt regnväder. Även terrängtransporten av råvara försvåras	Bränslefabrik slås ut p.g.a. översvämning	-	-
<b>Vind, stormar</b>	Tillfälligt stopp i import till enskilda hamnar.	-	-	-
<b>Saltstormar</b>	-	-	-	-
<b>Åska</b>	-	Bränslefabrik slås ut.	-	-
<b>Översvämningar, höga flöden</b>	Skogsavverkningen, terrängtransporten och vidaretransporten hindras	Bränslefabrik slås ut.	Transport av bränsle från fabrik stoppas.	Ev. stopp i värmeproduktion
<b>Högre havsvattennivå</b>	-	-	-	-
<b>Ras, skred</b>	Stopp i import till enskild hamn. Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Bränslefabrik slås ut.	Transport av bränsle från fabrik stoppas.	
<b>Erosion</b>	-	-	-	-
<b>Nedisning</b>	-	-	Transport av bränsle från fabrik stoppas	-

Källa: Energimyndigheten, 2008

### 4.3 Konsekvenser för naturgasförsörjningen

Klimatförändringar kan innebära allvarliga konsekvenser för naturgasförsörjningen. Förändringar i vågrörelser, havsnivå, luft och vattentemperatur, vindförhållanden, nederbördsmonster och förekomsten av extrema väderhändelser har stor betydelse för naturgasförsörjningen (Schaeffer et al, 2011, Elforsk, 2007). Flera studier har visat att klimatförändringar kan öka tillgången till naturgas och olja då områden som är otillgängliga i dagsläget, t.ex. Sibirien och Arktis, får ett mildare klimat. Klimatförändringar i form av temperaturökningar kan samtidigt medföra issmältning, vilket kan skada infrastruktur och anläggningar för produktion och kraftöverföring (Schaeffer et al, 2011 & Världsbanken, 2011).

Elforsk bedömer att de danska naturgasplattformarna som utvinns den naturgas som används i Sverige är dimensionerade för att klara mycket hårda väderbelastningar. De klimatscenarier som användes av projektet visade att förekomsten av starka vindar (d.v.s. >25 m/s) endast skulle öka marginellt över den del av Nordsjön där naturgasen som levereras till Sverige utvinns. Framtida klimatförändringar borde, enligt projektets bedömning, således inte påverka naturgasutvinningen nämnvärt. Inom ramen för projektet ingick inte att analysera konsekvenser av klimatförändringar på naturgasledningar eller transporter av LNG (Elforsk, 2007).

Energimyndigheten bedömer att extrema väderhändelser kan påverka naturgasförsörjningen, t.ex. skulle en omfattande skada på den enda sjöledningen från Danmark till Sverige kunna ta upp till åtta veckor att reparera. En storm på Nordsjön medförde att den danska gasplattformen Tyra, som förser bland annat Sverige med naturgas, stängdes i ett dygn i november 2007. Detta var den första stängningen av gasplattformen till följd av en annalkande storm. Energimyndigheten konstaterar att om stormarna i Nordsjön kommer att bli fler och/eller starkare finns det risk för att gasplattformarna i Nordsjön behöver stängas fler gånger (Energimyndigheten, 2008). Tabell 8 sammanfattar hur extrema väderhändelser kan påverka naturgasförsörjningen.

**Tabell 8. Naturgasförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	-	-	-	-
Ytvattentemperatur	-	-	-	-
Nederbörd	-	-	-	-
Vind, stormar	Stoppad tillförsel från Nordsjön.	-	-	Leveransavbrott vid stopp i mer än enstaka dagar.
Saltstormar	-	-	-	-
Åska	-	-	Utslagna noder	Leveransavbrott
Översvämningar, höga flöden	-	-	-	-
Högre havsvattennivå	-	-	-	-
Ras, skred	-	-	Ledningar förstörs	Leveransavbrott
Erosion	-	-	-	-
Nedisning	-	-	-	-

Källa: Energimyndigheten, 2008

#### 4.4 Konsekvenser för elnät

Klimatförändringar kan innebära allvarliga konsekvenser för elnät. Förändringar i vindstyrka, vindriktning, byvind, nedisning, åska, vattentillgång (nederbörd och avdunstning) och förekomsten av extrema väderhändelser har stor betydelse för elnätet (Schaeffer et al, 2011, Världsbanken, 2011 & Energimyndigheten, 2008, Elforsk, 2007). Vissa studier pekar mot att högre temperaturer kan orsaka elförluster i samband med kraftöverföringar (Eskeland, 2008).

Flera studier menar att ökad frekvens av extrema väderhändelser utgör stora utmaningar för energisystemen i norra Europa. Stormar kan påverka energinfrastrukturen, t.ex. ledningsnät och generatorer, och översvämningar kan påverka elstationer (EEA, 2012).

Elforsk bedömer att klimatets påverkan på elnätet i Sverige idag är betydande. Dock bedöms de klimatförändringar som förväntas ske de närmsta 20-25 åren endast påverka elnätet i mindre omfattning. Visserligen menar man att klimatförändringarna ge en negativ inverkan på elnätets prestanda, men samtidigt görs det redan nu mycket för att göra elnätet mindre väderkänsligt, t.ex. kablfiering, utvecklandet av bättre korrosionsskydd samt breddning av kraftledningsgator. Elforsk menar att 20-25 år är en kort period sett ur elnätets sårbarhetsperspektiv och bedömde att de förändringar som skulle kunna ske i klimatet under denna period troligtvis inte skulle påverka elnätet drastiskt. Däremot framhålls att det skulle vara av intresse att se vilka faktorer som kan påverka elnätet på längre sikt (Elforsk, 2007).

Energimyndigheten bedömer att även om risken för ledningsavbrott orsakade av stormfällning kommer att minska så kan andra typer av skador bli kostsamma. Åska orsakar i dagsläget ungefär lika många avbrott i elförsörjningen som alla andra naturrelaterade störningar tillsammans. Antalet kortvariga störningar (s.k. spänningsdippar) kommer att öka om antal åsknedslag ökar. Sådana störningar bedöms vara bland de mest besvärliga elkvalitetsproblemen och är mycket kostsamma för processindustrin. Saltvattendroppar kan orsaka överslag på elledningar och kraftstationer vilket leder till kortslutning och bortkoppling från elnätet. Nedisning tillsammans med mer eller mindre kraftig vind kan medföra att ledningar och stolpar faller omkull eller knäcks. Blötsnö som lägger sig på träd som har löven kvar kan orsaka elavbrott i områden med oisolerade luftledningar (s.k. blanktråd). Vid längre perioder med vattenmättad mark kan sättningsskador uppkomma på stolpar vilket kan leda till stolpräs (Energimyndigheten, 2008). Tabell 9 sammanfattar hur extrema väderhändelser kan påverka bland annat elnät och eldistribution.

**Tabell 9. Elförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
<b>Lufttemperatur</b>				Ev. elbrist vid ansträngd effektbalans.
<b>Ytvattentemperatur</b>		Produktion kan inte ske fullt ut		Ev. elbrist vid ansträngd effektbalans.
<b>Nederbörd</b>	Anläggningar för elimport slås ut.	Enskilda anläggningar slås ut vid skyfall.	Enskilda anläggningar slås ut vid skyfall. Tyngden av blötsnö raserar luftledningarna.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
<b>Vind, stormar</b>		Vindkraftverk kan inte användas.	Elnät raseras.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt elavbrott.
<b>Saltstormar</b>	Anläggningar för elimport slås ut		Kortslutning i elanläggningar.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
<b>Åska</b>		Anläggningar kan "falla ur" elsystemet.	Delar av elnät faller ur eller förstörs.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
<b>Översvämningar, höga flöden</b>	Dammar och vattendrag förstörs. Anläggningar för elimport förstörs. Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Produktionsanläggningar förstörs	Elstolpar och/eller nätstationer raseras.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott. Vid mycket allvarliga händelser i tillförsel- eller produktionsledet uppstår effekt eller energibrist.
<b>Högre havsvattennivå</b>	Anläggningar för elimport slås ut.	Enskilda anläggningar slås ut.	Enskilda anläggningar slås ut.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
<b>Ras, skred</b>	Dammar och vattendrag förstörs. Anläggningar för elimport förstörs. Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Produktionsanläggningar förstörs.	Elstolpar och/eller nätstationer raseras.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott. Vid mycket allvarliga händelser i tillförsel- eller produktionsledet uppstår effekt eller energibrist.
<b>Erosion</b>	Dammar och vattendrag förstörs.	Produktionsanläggningar förstörs.	Elstolpar och/eller nätstationer raseras.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt elavbrott.
<b>Nedisning</b>	Anläggningar för elimport förstörs.	Vindkraftverk kan inte användas.	Elstolpar raseras.	Omfattande regionalt elavbrott.

Källa: Energimyndigheten, 2008



## 4.5 Konsekvenser för energianvändning, inklusive värme och kyla

Klimaförändringar kan innebära allvarliga konsekvenser för energianvändningen, inklusive värme- och kylbehovet. Förändringar i solinstrålning, temperatur, värmedagar (Heating degree day, HDD), kyldagar (Cooling Degree day, CDD) och vindförhållanden har stor betydelse för energianvändningen (EEA, 2012, Schaeffer et al, 2011, Världsbanken, 2011 & Energimyndigheten, 2008, Elforsk, 2007).

Ett ökat förändrat värme och kylbehov kommer att påverka att produktion och efterfrågan på el i Europa, eftersom cirka 30 % av all värme och i princip all kylning i Europa produceras med el (Eskeland & Mideksa, 2010). Enligt vissa studier kommer efterfrågan på el att öka i Europa med 12 procent till 2050 och 24 procent till 2100, till följd av ett ökat kylbehov (Mima et al, 2012). De regionala skillnaderna är dock stora, vilket innebär att medan efterfrågan bedöms öka i södra Europa så bedöms den minska i norra Europa (Pilli-Sihvola et al., 2010). Antalet värmedagar (HDD) i Europa förväntas minska, till följd av en ökad temperatur, vilket medför en minskad efterfrågan på värme i norra och nordvästra Europa. Antalet värmedagar (HDD) i Europa har redan minskat med i genomsnitt 16 dagar per år sedan 1980. I norra Europa har antal HDD minskat med mer än 25 dagar sedan 1980 (EEA, 2012).

Elforsk har i sin rapport undersökt hur antalet värme- och kyldagar (HDD och CDD) kan ändras i Sverige till följd av klimaförändringar. I studien undersöks hur antalet graddagar kan förändras till 2011-2040 jämfört med kontrollperioden 1961-1990. Resultaten visar att antalet HDD och därmed behovet av uppvärmning minskar markant i hela landet. Den största minskningen procentuellt sett sker i södra Sverige (cirka 20 procent) och den minsta förändringen sker i norr (cirka 10 procent). I absoluta tal HDD är dock resultatet det omvända. Antalet värmedagar minskar i något större utsträckning på vintern än sommaren. Studien menar att om denna förändring appliceras på det totala behovet för uppvärmning med en antagen minskning på omkring 15 % för hela Sverige erhålls ett minskat värmebehov på mellan 10-15 TWh per år. Ett minskat värmebehov minskar behovet av el för uppvärmning men samtidigt påverkas även förutsättningarna för kraftvärmeproduktion. Då värmeunderlaget minskar, minskar också förutsättningarna för kombinerad värme- och elproduktion. Enligt rapporten så är förändringarna i CDD inte särskilt omfattande. Dock visare scenarierna en ökning av CDD under hela året, vilket kan leda till en ökad efterfrågan på energi för komfortkyla. Det skulle då innebära en omfördelning av energibehovet jämfört med idag, med ett ökat behov sommartid och ett minskat behov under övriga årstider. Behovet av komfortkyla är även dock starkt beroende av andra faktorer än klimatet, t.ex. förekomst av kylapparater, närvaro av värmealstrande apparater och människor (Elforsk, 2007).

Klimat- och sårbarhetsutredningen menar i sitt slutbetänkande att klimatförändringarna kraftigt kommer att påverka värme- och kylbehoven. Värmebehovet kommer att minska kraftigt till följd av temperaturökningen medan kylbehovet kommer att öka. Det minskade värmebehovet kommer att innebära stora kostnadsbesparingar i form av minskad energianvändning. Utredningen menar att om man enbart ser till effekten av ett förändrat klimat, utan att anta någon energieffektivisering, så minskar ändå energianvändningen med cirka 12 TWh till 2020 talet, 17,5 TWh till 2050-talet och 23,5 TWh till 2080-talet, enligt scenariot RCA3-EA2. Kylbehovet kommer enligt utredningen att öka kraftigt i bostäder och lokaler till 2100. Utredningen uppskattar att kostnaderna för värme kommer att minska betydligt i ett förändrat klimat. På kort sikt, till 2020, skulle kostnaderna minska med 4,5 miljarder kronor per år, på medellång sikt, till 2050, skulle kostnaderna minska med 6,4 miljarder kronor per år och på lång sikt, till 2080, skulle kostnaderna minska med 6,9 miljarder kronor per år (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007). Tabell 10 visar en uppskattning av energikostnaderna för uppvärmning och kylning i ett förändrat klimat.

**Tabell 10. Uppskattning av energikostnader (miljoner kronor per år) för uppvärmning, kylning och totalt för befintlig bebyggelse.**

Tidperiod	Kostnad för uppvärmning	Kostnad för kylning	Totala kostnader
Nuläge (2006)	33 780	991	34 771
2011-2040	28 426	1 791	30 217
2041-2070	26 284	2 077	28 361
2071-2100	23 686	4 216	27 902

*Källa: Klimat- och sårbarhetsutredningen, bilaga B 11, 2007*

Flera studier menar att extrema väderhändelser kan allvarligt påverka elanvändning och försörjningen av värme och kyla (Energimyndigheten, 2008, Elforsk, 2007). Långvariga elavbrott kan utgöra ett problem för bränsletillförseln. Intensiva och/eller långvariga snöfall kan orsaka problem att transportera bränslen till kraftverk. Flertalet fjärrvärmeverk har i dagsläget reservkapacitet för ungefär en vecka. Om en produktionsanläggning t.ex. drabbas av en översvämning, som förstör elektriska installationer och styrsystem, kan detta dock innebära att anläggningen är utslagen i flera veckor (Energimyndigheten, 2008). Tabell 11 och 12 sammanfattar hur extrema väderhändelser kan påverka fjärrvärme och fjärrkyla.

**Tabell 11. Fjärrvärmeförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	-	-	-	-
Ytvattentemperatur	-	-	-	-
Nederbörd	-	Tillfälligt stopp vid skyfall.	-	Värmeavbrott vid långvariga problem.
Vind, stormar	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	-	-	Värmeavbrott vid långvariga problem.
Saltstormar	-	-	-	-
Åska	-	Anläggning slås ut.	Anläggning slås ut.	Troligen inga stora problem.
Översvämningar, höga flöden	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Anläggning slås ut.	-	Ev. långvarigt värmeavbrott.
Högre havsvattennivå	-	Anläggning slås ut.	-	Ev. långvarigt värmeavbrott.
Ras, skred	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Anläggning förstörs.	Nät förstörs.	Långvarigt värmeavbrott.
Erosion	-	-	-	-
Nedisning	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	-	-	Värmeavbrott vid långvariga problem.

Källa: Energimyndigheten, 2007

**Tabell 12. Fjärrkylförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	-	-	-	-
Ytvattentemperatur	-	-	-	-
Nederbörd	-	Tillfälligt stopp vid skyfall.	-	Avbrott i kylförsörjningen vid långvariga problem.
Vind, stormar	-	-	-	-
Saltstormar	-	-	-	-
Åska	-	Anläggning slås ut.	Anläggning slås ut.	Troligen inga stora problem.
Översvämningar, höga flöden	-	Anläggning slås ut.	-	Ev. långvarigt avbrott i kylförsörjningen
Högre havsvattennivå	-	-	-	-
Ras, skred	-	Anläggning förstörs.	Nät förstörs.	Långvarigt avbrott i kylförsörjningen
Erosion	-	-	-	-
Nedisning	-	-	-	-

Källa: Energimyndigheten, 2007

## 4.6 Konsekvenser för solenergi

Enligt flera studier kan förutsättningarna för solenergi påverkas av klimatförändringar och extrema väderhändelser, t.ex. påverka förändringar i solstrålning, temperatur, molnighet och snötäcke (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007). En ökad lufttemperatur kan påverka effektiviteten i PV-celler och minska elproduktionen (Bull et al, 2007). En minskning i solinstrålning kan även minska effektiviteten, t.ex. visar vissa studier att en minskning i global solinstrålning med 2 procent medför att solcellsproduktionen minskar med 6 procent (Världsbanken, 2011 & Fidje & Martinsen, 2006).

Flera studier pekar mot att förutsättningarna för solenergi kommer att försämrats i Norden i ett förändrat klimat. Klimatförändringar väntas medföra högre temperaturer men mindre solinstrålning, vilket sammantaget försämrar förutsättningarna för solenergi. Det faktum att solenergi är mer tillgängligt under sommarmånaderna gör dock energislaget till ett intressant komplement till vindenergin, som oftast har en mindre produktionspotential under sommaren jämfört med vintern (Mideksa & Kallbekken, S., 2010, Fidje och Martinsen, 2007).

Klimat- och sårbarhetsutredningens menar att förutsättningarna för solenergiproduktion, med dagens teknik, sammantaget kommer att försämrats i Sverige i ett förändrat klimat. Solstrålningen väntas minska något över Norrland sommartid, men öka något i söder i ett förändrat klimat. Vintertid gäller det omvända. Högre temperatur medför att solcellernas verkningsgrad och energiproduktion minskar. Kortare snösäsong och geografisk utbredning av snötäcket kan också försämma förutsättningarna för elproduktion i solceller genom minskad reflektion av solljus (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007).

## 5 Forskningsbehov

Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande konstaterar att det för energisektorn är angeläget med fortsatt klimatforskning om extrema väderhändelser. De menar att det behövs forskning om extrema is- och vindförhållanden. Kartläggning behövs av bland annat nedisningsfenomen med avseende på återkomsttid, intensitet och geografiska områden. Mer kunskap behövs även om maximal byvindshastighet samt åska. För att stödja planläggning av insatser för att säkra elnäten mot stormfällning behövs även ökad kunskap om risk för stormfällning av skog i olika delar av landet baserat på lokala skogsförhållanden, framtida vindförhållanden, tjälförhållanden och markfuktighet (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007).

Elforsks rapport identifierar 7 områden inom vilket det krävs mer forskning (Elforsk, 2007):

- *Förändrade förutsättningar för produktion, överföring/distribution, leverans och drift av anläggningar:* Det behövs studier om hur potentialer för produktionsökning i vattenkraft, vindkraft och bioenergi kan tillvaratas på optimalt sätt. Inom ramen för detta bör även gynnsamma geografiska lägen för produktionsanläggningar identifieras. Mer detaljerade beräkningar och bedömningar av effekter och produktionspotentialer i kortare tidsperspektiv efterfrågas och studier över hur termiska produktionsanläggningar påverkas av att det vatten som används som kylvatten får en högre temperatur. Det kommer även att behövas studier kring hur energibranschens anläggningar kan påverkas av översvämningar samt hur transmissioner, distribution av naturgas samt transporter av LNG kan påverkas.
- *Energianvändning:* Det behövs studier om hur den framtida efterfrågan på värme och kyla kommer att utvecklas, med hänsyn till klimatförändringar, beteendeförändringar energieffektiviseringsmöjligheter, befolkningsutveckling, industrins framtida energianvändning och produktionsmöjligheter etc. Beteendets roll skulle kunna utredas genom att studera användningsmönster i grannländer med liknande levnadsstandard men med ett varmare klimat idag, t.ex. delar av Tyskland och Frankrike. Kompletterande analys kring framtida kylbehov utifrån andra antaganden än bara CDD-kurvor kommer även behövas. Det finns ett behov av analysera hur elbehovet kommer att se ut om 20-25 år och vad den dimensionerande temperaturen kommer att vara

- *Energi- och miljöpolitiska frågor, energimarknadsfrågor samt systemaspekter:* Påverkan på framtida elsystem, t.ex. elanvändning, effektproblematik, internationell utvidgning, överföringskapacitet, reglering och scenarioanalys behöver studeras. Exempel på forskningsbehov är analyser av vilka möjligheter som finns vad gäller snabb och reglerbar effektproduktion som alternativ eller komplement till vattenkraften. Även om vattenkraftproduktionen i stort snarast gynnas av klimatförändringar kan ett förändrat klimat medföra begränsningar i effektregleringsmöjligheterna. Kostnads- och nyttoanalyser avseende olika anpassningsåtgärder efterfrågas. Det behövs även analyser där klimatförändringar sätts in i ett helhetsperspektiv, t.ex. hur förutsättningarna för bioenergi kommer att påverkas av klimatförändringar i kombination med förändringar vad gäller efterfrågan på biomassa, möjligheter att odla biobränslen med kortare rotationstider och effektivare utnyttjande av restprodukter. Mer strukturerad och intensifierad samhällsdialog kring dammsäkerhet, kraftproduktion, översvämningsskydd och vattendragsekologi och hur detta kopplat till ramdirektivet för vatten behövs.
- *Klimatvariabler:* Det behövs en fortsatt dialog mellan forskare och användare kring klimatförändringar och tänkbara konsekvenser, inklusive tolkning av klimatscenarier. Det finns behov av att utveckla kompetens vad gäller hur nedisning kan påverka vindkraft och elnät, scenarier över framtida åskfrekvens samt anpassningsåtgärder för att minska problemen vid åska.
- *Ekosystemeffekter:* Det behövs studier kring hur ekosystem kopplade till energisektorns produktionsanläggningar kan påverkas av klimatförändringar, t.ex. hur ekosystem i reglerade vattendrag kan påverkas och vilka arter som är lämpliga för biobränsleproduktion i olika delar landet med avseende på ett förändrat växtmönster och risk för tex. stormfällning.
- *Tekniska lösningar:* Det behövs fortsatta studier kring tekniska anpassningsåtgärder för energisektorn, t.ex. fortsatt utvecklingsarbete för att förbättra korrosionsskyddet för kraftledningsstolpar.

Energimyndigheten identifierar tio områden där det finns behov av fördjupande studier. Dessa tio områden delades in i fem kategorier enligt följande (Energimyndigheten, 2008):

- *Klimatdata från andra myndigheter:* Det behövs en sammanställning av underlag avseende framtida klimatförändringar och kartläggningar av områden vilka riskerar att drabbas av t.ex. ras, skred och översvämning.
- *"Väderhotade" anläggningar:* Det finns ett behov av en övergripande kartläggning av geografiska områden vilka ligger inom riskzonen för extrema vädersituationer, inom de närmaste 40–50 åren, samt en kartläggning av anläggningstyper inom energiförsörjningen vilka är särskilt känsliga för extrema väderhändelser.

- *Internationella studier och kontakter:* Det krävs utredningar och kontakter med våra grannländer för att kartlägga vad de har gjort inom ramen för energisektorns sårbarhets för klimatförändringar. Även en övergripande analys kring hur omvärldens sårbarhet påverkar Sveriges energiförsörjning är av intresse.
- *Framtidens energiförsörjning och behov:* Det behövs analyser kring hur det framtida energisystemet avseende tillförsel, omvandling, distribution och användning av energi kommer att se ut. Denna analys krävs för att kunna göra bedömningar kring hur det framtida energisystemet kommer att påverkas av klimatförändringens effekter.
- *Underlag för bedömningar av sårbarheter i ett systemperspektiv:* Det finns ett behov av mera underlag för att ur ett systemperspektiv kunna bedöma klimatförändringens påverkan på energiförsörjningen. Exempelvis utredningar om vattenkraftens ökade potential, biobränslehanteringen och hur ökade kylvattentemperaturer påverkar värmekraften.

Schaeffer et al. understryker i sin forskningsöversikt behovet av realistiska scenarier vad gäller förändringar av frekvens och intensitet för extrema väderhändelser och hur dessa kan påverka energisektorn. De menar att analys av redan inträffade händelser kan vara ett sätt att uppskatta sårbarheten för klimatförändringar, medan klimatmodellering erbjuder ett kompletterande tillvägagångssätt. Analyser av inträffade extrema väderhändelser kan ge en ganska god bild av konsekvenserna av ökade frekvenser av extrema väderhändelser. Däremot säger denna typ av analyser inte särskilt mycket om vad konsekvenserna kan bli till följd av mer intensiva extrema väderhändelser. Sammantaget ligger en av de största utmaningarna i att bedöma konsekvenserna av extrema väderhändelser vilka aldrig någonsin inträffat tidigare. De lyfter fram att konsekvensanalyser för energisektorn bör använda sig av flera olika typer av scenarier för att kunna ta hänsyn till flera olika tänkbara händelser. Det finns också ett stort behov av att länka analyser av energisektorn med analyser av andra relevanta sektorer samt utveckla verktyg för anpassning av energisektorn till klimatförändringar (Schaeffer et al, 2011).

Mideksa och Kallbekken identifierar en rad forskningsbehov i sin översikt om hur klimatförändringarna kan påverka elmarknaden, se Tabell 13.

**Tabell 13. Översikt av påverkan på elmarknaden – identifierade forskningsbehov**

	Efterfrågan	Utbud (termisk)	Utbud (förnybar)	Överföringar
<b>Temperaturförändringar</b>	Förändringar i värmegraddagar och kylgraddagar (relativt välstuderat för vissa regioner)	Ökande vatten- och lufttemperatur minskar effektiviteten i termisk avkyling (vissa studier för vissa regioner)	Mindre nedisning ökar effektiviteten i vindkraftverk (fåtal studier)	Ökande transmissionsförluster till följd av högre temperaturer (fåtal eller inga studier) Negativa konsekvenser till följd av upptining av permafrost (fåtal studier) Sämlre prestanda i marklagda kablar till följd av ökande temperaturer och torrare markförhållanden (fåtal eller inga studier)
<b>Förändringar i nederbörd</b>	Bränsleval (ytterst få studier)	Förändringar vattenflöden påverkar kylning av termiska kraftverk (fåtal eller inga studier)	Vattenkraftpotentialen påverkas av förändringar i vattenflöden och avdunstning (några studier för vissa regioner)	(inga studier funna i denna översikt)
<b>Extrema väderhändelser</b>	(inga studier funna i denna översikt)	(inga studier funna i denna översikt)	Dammsäkerhet påverkas av förändrade och ojämna vattenstånd (fåtal studier)	Potentiellt kostsamma avbrott i överföringar (fåtal studier)
<b>Förändringar i vindstyrka</b>	(inga studier funna i denna översikt)	((inga studier funna i denna översikt)	Potentiellt stora förändringar i vindkraftpotential (relativt välstuderat för vissa regioner, dock inte vad gäller extrema vindstyrkor)	(inga studier funna i denna översikt)
<b>Havsnivåhöjning, landsänkningar och andra effekter</b>	(inga studier funna i denna översikt)	Skador till följd av i översvämningar och sättningar (fåtal studier)	Skador till följd av i översvämningar och sättningar (fåtal eller inga studier)	(inga studier funna i denna översikt)

*Källa: Mideksa & Kallbekken, 2010*



## 6 Intervjuer med branschföreträdare

För att identifiera kunskapsluckor vad gäller hur klimatförändringarna kan komma att påverka energisektorn genomfördes intervjuer med branschföreträdare som ett komplement till litteraturstudien. Ett antal nyckelpersoner i energibranschen identifierades och kontaktades med hjälp av Elforsk.

Intervjupersonerna fick svara på frågor om hur deras respektive organisation arbetar med konsekvenser och anpassningar till följd av klimatförändringar samt identifiera kunskapsluckor. Frågeställningarna var utformade så att de skulle ge en överblick av vilka kunskaps- och forskningsbehov som finns hos branschen. Intervjuerna har varit semistrukturerade, d.v.s. frågorna har utgjort bas för en öppen diskussion om ämnet där respektive branschföreträdare har kunnat redogöra och relatera utifrån sitt perspektiv (för intervjufrågorna se bilaga A).

Totalt intervjuades 7 personer per telefon och mail under perioden oktober till december 2012. De branschföreträdare som ingått i intervjustudien är Bengt Hanell (Elforsk) Eva-Katrin Lindman (Fortum Värme), Mikael Toll (Energimyndigheten), Gun Åhrling-Rundström (Svensk Energi), Claes-Göran Berg (Jämtkraft), Inga Andersson (EON) samt Stefan Arnborg (Svenska Kraftnät). Intervjupersonerna har olika ansvarsområden inom respektive företag inklusive följande befattningar: miljösamordnare, miljöansvarig, ansvarig för vattenkraftsfrågor kopplade till produktion, ansvarig för forskning och utveckling, chef för enhet med ansvar för trygg energiförsörjning, stabsfunktion på anläggningsavdelning samt dammsäkerhetschef/miljöledning.

I rapporten presenteras inga enskilda aktörers svar utan endast de aggregerade intervjusvaren.

### 6.1 Sammanfattning av intervjustudien

Intervjusvaren visar att branschen har god kännedom om att klimatförändringar kan medföra betydande konsekvenser, både positiva och negativa, för det befintliga energisystemet. Detta kommer innebära såväl möjligheter som hinder. Branschen är väl medveten om och insatt i de studier som har genomförts inom området de senaste åren. Samtliga intervjupersoner har varit delaktiga i en eller flera av de studier som har genomförts. Branschföreträdarna framhåller följande nationella studier som särskilt betydelsefulla:

- Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar, Elforsk 07:39
- Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60
- Framtidens miljöfrågor för energisektorn, Elforsk 12:25

- Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet, Energimyndigheten 2009:33

Intervjupersonernas svar visar på att klimatförändringar och konsekvenser till följd av klimatförändringar är viktiga frågor för branschen och något som de är medvetna om och arbetar med i olika utsträckning. För flera av de intervjuade är klimatförändringar och konsekvenser till följd av klimatförändringar, inklusive påverkan på egna anläggningar, en del av den dagliga verksamheten och något som de arbetar med kontinuerligt. Det finns behov av expertis inom området i det dagliga arbetet, vilket i ett fall har resulterat i rekrytering av egen kompetens kring meteorologiska frågor.

Kunskapen kring klimatförändringarna och hur den kommer att påverka energisektorn behöver kontinuerligt byggas upp. Trots att det finns en god kunskap om frågan och att flera studier och utredningar har genomförts så ser de intervjuade ett stort behov av ytterligare forskning och fortsatt fokus på frågan. Fortsatt arbete både vad gäller att minska energisystemets miljöpåverkan samt konsekvenser till följd av klimatförändringar efterfrågas. Inga absoluta sanningar förväntas men de intervjuade menar att det är viktigt med mer och mer gedigen kunskap för att kontinuerligt kunna ta nya steg framåt och undvika stora negativa effekter.

## 6.2 Klimatförändringarnas konsekvenser för energisystemet

Branschen har idag en god kännedom om att klimatförändringar kan komma att medföra betydande konsekvenser, såväl positiva som negativa för det befintliga energisystemet. Flera av intervjupersonerna lyfter fram att de kontinuerligt jobbar med frågan som en del av den dagliga verksamheten. Framtida klimatförändringar och konsekvenserna till följd av detta är högst relevant för branschföreträdarna och intervjupersonerna lyfter fram att styrdokument, t.ex. riktlinjer och upphandlingsanvisningar, i respektive organisation har reviderats för att ta hänsyn till t.ex. temperaturförändringar och höjda vattennivåer. Fokus har till stor del hamnat på säkerhetsfrågor och konsekvenser som medför någon form av risk och som ger ett direkt behov av att följas upp, t.ex. leveranssäkerhet. I samband med stormar och extrema väderhändelser har branschen genomfört ett kontinuerligt anpassningsarbete för rådande extrema väderhändelser. Direkta anpassningsåtgärder har inkluderat t.ex. rensning av träd nära kraftledning och förstärkning av dammar. Intervjupersonerna framhåller att det är mycket viktigt att man drar lärdomar från så väl inträffade händelser som scenarier för framtiden. Även akuta händelser i omvärlden har stor betydelse. Stormen Sandy som drabbade New York hösten 2012, vilken medförde bland annat en transformatorstation exploderade, lyfts fram som ett exempel. Stormen satte fokus på att ställverk samt transformatorer är en viktig del av energisystemet och att riskförebyggande åtgärder där är nödvändiga. Utslagna ställverk orsakar direkta och akuta problem i form av strömlöshet hos kunder.

Intervjupersonerna menar att branschen kontinuerligt följer den senaste utvecklingen och forskningen inom området och i planerings- och

projekteringsarbete finns en medvetenhet kring framtida klimatförändringar. När det gäller dammsäkerhet så är branschen väl insatt i att hänsyn måste tas till förmodade ökande vattenflöden. Det är Svenska Kraftnät som enligt Miljötillsynsförordningen har det centrala ansvaret för tillsynsvägledningen i frågor om dammsäkerhet. Genom en överenskommelse mellan Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin samt SMHI har man tillsatt en kommitté som arbetar med dimensionerade flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv. Kommittén har analyserat och värderat klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten och hos enskilda aktörer pågår ett kontinuerligt förstärkningsarbete enligt de riktlinjer som finns.

Branschföreträdarna menar att klimatscenarierna, vilka visar att havsvattennivåerna kommer att stiga, orsakar en del svårigheter i dagsläget. Aktörerna vet inte vilka havsvattennivåer som bör användas i projekteringar av nya anläggningar, vilka förväntas vara i drift cirka 50 år. Nya forskningsrön pekar mot att de högre värdena i intervallen vad gäller havsvattennivåerna blir allt mer trovärdiga och branschföreträdarna menar att aktörerna kan ha underskattat konsekvenserna till följd av detta.

Intervjupersonerna framhåller att skogen kommer att stå för en stor del av den framtida energitillförseln och skogsbruket kommer att såväl påverka som påverkas av klimatet. Uttag av biomassa och nyttjande av skogen som resurs är en mycket viktig fråga och något som vi inte enbart kan påverka nationellt menar de intervjuade. Även när det gäller läckage av kväve och fosfor till Östersjön är sårbarheter och konsekvenser till följd av klimatförändringar viktiga aspekter att beakta.

### 6.3 Klimatförändringarnas påverkan på energiproduktion

Intervjupersonerna framhåller inte endast riskerna och säkerhetsaspekten av klimatförändringar utan också möjligheterna, t.ex. ökad produktionspotential till följd av ökande vattenflöden. Denna typ av förväntade möjligheter finns med i utbyggnadsplaner och projekteringsarbeten redan idag, t.ex. har mindre vattenkraftturbiner valts att ersättas med nya turbiner med högre kapacitet för att kunna ta tillvara ökade vattenmassor.

Branschföreträdarna pekar på att även konsekvenserna för skogen är en viktig fråga. Det framhålls att klimatscenarierna är troliga som visar en ökad tillväxt i skogen, men hur förhållandet mellan tillväxt och uttag kommer att se ut är osäkert. Intervjusvaren visar att en ökad temperatur tillsammans med ett förändrat levnadsmönster troligtvis kommer att påverka värmebehovet i bostäder. Det minskade behovet av uppvärmning påpekas i intervjuerna kunna ses redan idag, vilket bland annat påverkar produktionsförutsättningarna för el. Energianvändningen kommer också att förskjutas och efterfrågan förändras över året, vilket medför effekter för kraftvärme produktionen.

Intervjupersonerna menar att konsekvenserna för vindkraften är en mycket viktig fråga. De senaste åren har vindkraftsutbyggnaden varit omfattande och flera aktörer har planer för ytterligare utbyggnad. Definitioner och

avgränsningar vad gäller elcertifikat för utbyggd produktion framhålls som viktiga frågor i detta sammanhang.

## 6.4 Identifierade forskningsbehov

Trots att det finns en betydande kunskap om klimatförändringar och dess konsekvenser och att flera studier och utredningar har genomförts så ser intervjupersonerna ett stort behov av ytterligare forskning och fortsatt fokus på frågan. Fortsatt arbete efterfrågas både vad gäller att minska energisystemets miljöpåverkan och konsekvenser till följd av klimatförändringar.

Intervjupersonerna lyfte fram ett antal områden med ett fortsatt fördjupat forskningsbehov:

- *Produktionsfrågor och framtida potential:* Det behövs mer forskning om hur ökande vattenflöden påverkar potentialen för vattenkraft. Även behovet av studier om hur en ökad skogstillväxt påverkar biobränsle och kraftvärmeproduktionen lyftes fram.
- *Klimatscenarier.* Intervjupersonerna lyfter fram behovet av mindre osäkra scenarier vad gäller vattenflöden, temperatur och vind, t.ex. mer geografiskt avgränsade scenarier samt scenarier som är mer avgränsade i tid.
- *Extrema händelser, effekter och risker:* Det finns ett stort behov av vidare studera dammsäkerhetsfrågan, hur havsnivåhöjningar direkt kan påverka anläggningar samt hur saltvatten påverkar ledningssystem. Det markburna ledningsnätet och hur det påverkas av vattensjuk mark behöver studeras. Vidare behövs studier som analyserar hur kärnkraftverkens kylsystem kan påverkas till följd av förhöjda havsvattentemperaturer. Det finns även ett behov av analyser av hur IT och infrastruktur kommer att påverkas, eftersom elbehovet är avgörande för dessa områden.
- *Energinvändning och -behov i ett framtida klimat:* Det finns ett behov att studera hur energianvändning och värmeunderlag, i kombination med beteende och energieffektiviseringar, påverkas i ett förändrat klimat. Det behövs också studier av hur fastighetsbeståndet kan påverkas av klimatförändringar, t.ex. med mer fukt som ger ökade mögelproblem.

## Referenser

Bull, S. R., D. E. Bilello, J. Ekmann, M. J. Sale, and D. K. Schamlzer, 2007. Effects of climate change on energy production and distribution in the United States. In *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States*, a report by the U.S. Climate Change Science Program and the subcommittee on Global Change Research, Washington, D.C.

Clausen, Niels-Erik, Per Lundsager, Rebecca Barthelmie, Hannele Holttinen, Timo Laakso and Sara C. Pryor, 2007. Wind power. In: Jes, F. (Ed.), *Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, their Role in the Nordic Energy System*.

EEA, 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report. EEA Report No 12/2012.

Elforsk, 2009. Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar, Elforsk rapport 07:39

Energimyndigheten, 2009. Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet. Rapport ER 2009:33

Energimyndigheten, 2008. Energisystemets sårbarhet inför effekterna av ett förändrat klimat. Rapport ER2008:20

Eskeland, Gunnar S., Jochem, Eberhard, Neufeldt, Henry, Traber, Thure, Rive, Nathan and Behrens, Arno, 2008. The future of European electricity: choices before 2020. CEPS Policy Brief No. 164.

EU kommissionen, 2011. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the interim report on the comprehensive risk and safety assessments ('stress tests') of nuclear power plants in the European Union.

EU kommissionen, 2009. Anpassning till klimatförändring: en europeisk handlingsram. Vitbok

Eskeland, G. S. and Mideksa, T. K., 2010. Electricity demand in a changing climate. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15(8), 877–897.

Fidje, A., Martinsson, T. Solar energy. Fenger, J. (ed.), 2007. *Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources. Their role in the Nordic energy system. A comprehensive report resulting from a Nordic Energy research project.* Nord 2007:003.

Fidje, A., and T. Martinsen, 2006. Effects of climate change on the utilization of solar cells in the Nordic region. Extended abstract for European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Reykjavik, Iceland, June 5-9, 2006.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: synthesis Report; Contribution of Working Groups I II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds.) ] IPCC, Geneva, Switzerland

Klimat och sårbarhetsutredningen 2007. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter SOU 2007:60

Klimat och sårbarhetsutredningen 2007. Bilaga 8. Klimat- och sårbarhetsutredningen, elförsörjning i Sverige. Svensk Energi.

Klimat och sårbarhetsutredningen 2007. Bilaga 11. Analys av värme- och kylbehov för bygg- och fastighetssektorn i Sverige.

Laakso, T., Makkonen, L. and Holttinen, H., 2006. Climate change impact on icing of large wind turbines. In: European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Iceland, June.

Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010. Systemtyper och klimatfaktorer – Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser.

Mideksa, T.K., Kallbekken, S., 2010. The Impact of Climate Change on the Electricity Market: A Review. *Energy Policy* 38 (2010) 3579-3585.

Mima, S., Criqui, P. and Watkiss, P., 2012. The Impacts and Economic Costs of Climate Change on Energy in the European Union (Technical Policy Briefing Note 4). Stockholm Environment Institute, Stockholm.

MSB, 2012. Klimatförändringarnas konsekvenser för samhällsskydd och beredskap – En översikt. Rapport

Nordiska ministerrådet, 2012. Climate Change and Energy Systems - Impacts, Risks and Adaptation in the Nordic and Baltic countries ISBN 978-92-893-2190-7, TemaNord 2011:502

PESETA, 2009. Climate change impacts in Europe. Final Report of the PESETA research project.

Pilli-Sihvola, K., Aatola, P., Ollikainen, M. and Tuomenvirta, H., 2010. Climate change and electricity consumption — Witnessing increasing or decreasing use and costs? *Energy Policy* 38(5), 2 409–2 419.

Pryor, S.C, Barthelmie, R.J., 2010. Climate change impacts on wind energy: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 430–437.

Pryor, S.C., Barthelmie, R.J., Kjellstrom, E., Mann, J., 2005. Potential climate change impacts on wind energy resources in northern Europe. *Geophysical Research Abstracts* 7, 01544.

Rummukainen, M. & Källén, E., 2009. *Ny klimatvetenskap 2006-2009*. Kommissionen för hållbar utveckling, Regeringskansliet.

Rummukainen, M., Johansson, D., Azar, C., Langner, J., Doscher, R., Smith, H., 2011. "Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet; En översyn av naturvetenskapliga aspekter", *KLIMATOLOGI* Nr 4, 2011, SMHI.

Schaeffer, R., Szklo, A.S., Lucena, AFP, Borba, BSMC., Nogueira, LPP., Fleming, FP., Troccoli, A., Harrison, M., Boulahya, M.S, 2011. Energy sector vulnerability to climate change: A review. *Energy* 38 (2012) 1-12

Sood, A. and Durante, F, 2006. The influence of the North Atlantic Oscillation on the wind conditions over the North Sea. In: *European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources*, Iceland, June.

Vliet, M. T. H. van, Yearsley, J. R., Ludwig, F., Vögele, S., Lettenmaier, D. P. and Kabat, P., 2012. Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. *Nature Climate Change* 2(9), 676–681. doi:10.1038/nclimate1546.

Världsbanken, 2011. *Climate Impacts on Energy Systems: Key Issues for Energy Sector Adaptation*. World Bank, Washington D.C. <http://hdl.handle.net/10986/2271>.

## Bilaga A - Intervjustudie

IVL Svenska Miljöinstitutet bedriver ett projekt kring "Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar". Syftet är att följa upp studien ELFORSK:s rapport "Tänkbara konsekvenser för energisektor av klimatförändringar" (Elforsk rapport 07:39), vilken genomfördes år 2007, samt att ta fram underlag för fortsatt forskning och anpassningsåtgärder. Projektet är geografiskt avgränsat till Nordeuropa och avgränsat i tid till år 2050.

Denna intervju genomförs för att sammanställa och analysera kunskapsläget hos aktörer vilka påverkas av klimatförändringarna samt identifiera forskningsbehov inom området. Kunskapsunderlaget kommer att kunna användas för att ta fram stöd och anpassningsåtgärder.

### **Frågeformulär**

Frågor
Vederbörandes roll i företaget?
Känner vederbörande till studien som publicerades 2007 samt Klimat- och sårbarhetsutredningens rapporter?  Har man använt sig av dessa rapporter?
Hur jobbar företaget med dessa frågor idag?
Vilka behov ser de av fortsatt information/forskning på området?  Vilka frågor är obesvarade?
Vill man delta i en workshop, med tema konsekvenser för energisektorn, Viktiga frågor och behov av ökad kunskap.



# **ELFORSK**

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

**Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31  
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35  
[www.elforsk.se](http://www.elforsk.se)**