

The background of the cover is a composite image. On the left, a portion of the Earth is visible, showing continents and oceans. On the right, a dense cityscape of skyscrapers is shown at night, with their lights glowing and reflecting in a curved, panoramic view.

Scenarier för den framtida elanvändningen

En underlagsstudie

IVA-projektet Vägval el

OM UPPDRAGET

Uppdraget har genomförts som en underlagsstudie inom Vägval el och har som syfte att belysa hur elanvändningen kan komma att utvecklas på lång sikt, för perioden 2030–2050, samt vilka faktorer som har störst betydelse för utvecklingen. Uppdraget har beställts av Användargruppen inom Vägval el och utgör ett fristående underlag för deras arbete. NEPP och författarna bakom studien svarar för innehållet och de slutsatser som presenteras i studien.

KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN (IVA) är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling. I samarbete med näringsliv och högskola initierar och föreslår IVA åtgärder som stärker Sveriges industriella kompetens och konkurrenskraft. För mer information om IVA och IVAs projekt, se IVAs webbplats: www.iva.se.

NEPP är ett multidisciplinärt och omfattande forskningsprogram om utvecklingen av elsystemen och elmarknaderna i Sverige, Norden och Europa i tidsperspektiven 2020, 2030 och 2050. NEPP leds av Energiforsk och finansieras av Energimyndigheten, elbranschen och Svenska Kraftnät samt Svenskt Näringsliv. Forskningen genomförs av välmeriterade forskare och analytiker, under projektledning av Profu och Sweco.

Rapporten är samfinansierad mellan Svenskt Näringsliv och IVA-projektet Vägval el.

Utgivare: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2015
Box 5073, SE-102 42 Stockholm
Tfn: 08-791 29 00

IVAS RAPPORTER: Inom ramen för IVAs verksamhet publiceras rapporter av olika slag. Alla rapporter sakgranskas av sakkunniga och godkänns därefter för publicering av IVAs vd.

UNDERLAGSSTUDIE (IVA-R): Inom verksamheten produceras underlagsrapporter som material för att belysa olika frågeställningar. Uppdrag kan till exempel ges till enskilda projektmedlemmar, forskare vid universitet och högskolor eller konsultföretag. Författarna står själva för innehållet, och IVA står nödvändigtvis inte bakom analys, slutsatser och eventuella rekommendationer. Inför publicering sakgranskas rapporten av IVA för att garantera vetenskaplighet och kvalitet.

IVA-R 485
ISSN: 1102-8254
ISBN: 978-91-7082-907-9

Författare: *Bo Rydén*, Profu, *Håkan Sköldberg*, Profu, *Thomas Unger*, Profu, *Anders Göransson*, Profu, *Johan Linnarsson*, Sweco, *Andrea Badano*, Sweco & *Stefan Montin*, Energiforsk

Projektledare: Jan Nordling & Karin Byman, IVA
Redaktör: Camilla Koebe, IVA
Layout: Anna Lindberg & Pelle Isaksson, IVA

Denna studie finns att ladda ned som pdf-fil via IVAs hemsida www.iva.se

Innehåll

Sammanfattning	4
En bedömning av Sveriges elanvändning fram till 2050	6
Inga trendbrott i referens- och högscenarier för elanvändning.....	7
Prognoser för elanvändning visar god träffsäkerhet på 10–15 års sikt.....	9
Energieffektiviseringen den enskilt viktigaste faktorn som påverkar elanvändning	9
Flera faktorer påverkar elanvändningen.....	9
Befolkningsutvecklingen har stor påverkan på elanvändningen	10
Elanvändningen påverkas allt mindre av den ekonomiska utvecklingen	11
Strukturförändringar och tekniskskiften svåra att förutsäga.	11
Energieffektivisering inte driven av effektiviseringspolitik	12
Energieffektivisering mycket större i högkonjunktur än i lågkonjunktur.....	12
Möjligheter att politiskt påverka elanvändningens utveckling.....	12
EUS Energieffektiviseringsdirektiv har liten påverkan på elanvändningen.....	13
Ökningen av hushållsel avtar men driftel fortsätter öka	13
Industrins elanvändning vänder uppåt i takt med den ekonomiska återhämtningen	15
Elanvändningen för uppvärmning minskar i alla scenarier	17
Framtida ”jokrar”: transporter, fjärrvärme och IT	17
Transportsektorns elanvändning.....	17
Framtida effektbehov	18
Förändrad produktion ger utmaningar för effekt	20
Flera slutsatser kan dras, bland annat	20
Matchningen av elproduktion och elanvändning försvåras av vissa styrmedel	22
Efterfrågefleksibilitet blir viktigare.....	22
Litteraturförteckning.....	25

Sammanfattning

I rapporten presenteras tre olika scenarier, se figur 2, inom ett relativt brett utfallsrum, med såväl ökning som minskning av elanvändningen. Scenarierna baseras företrädesvis på officiella prognoser och antaganden om utvecklingen av ett tiotal faktorer som har påverkan på elanvändningens utveckling.

Energieffektiviseringen är den enskilt viktigaste påverkansfaktorn för elanvändningen, och den antas, i samtliga scenarier, successivt öka i omfattning jämfört med idag. Den antas bli i storleksordningen 3–4 procent per år under hela perioden från idag till 2050. Det är högre än vad den varit under de senaste decennierna, då den i genomsnitt legat på 2–3 procent per år.

Ytterligare fyra påverkansfaktorer, utöver effektiviseringen, har stor betydelse för utvecklingen: befolkningsökningen, den ekonomiska utvecklingen (BNP), strukturförändringar och teknikgenombrott.

Befolkningsutvecklingen har stor påverkan på elanvändningen. Skillnaden i elanvändning mellan SCBs högsta och lägsta befolkningsprognoser är 30–40 TWh för år 2050. Befolkningsprognoserna har under 2015 skrivits upp av SCB med 0,5 miljoner invånare för 2030 och 1 miljon för år 2050, sedan föregående prognos (lagd år 2012). Bara denna uppskrivning ger en påverkan på elanvändningen uppåt med cirka 5 TWh för 2030 och 5–10 TWh 2050.

Elanvändningens utveckling påverkas fortfarande starkt av den ekonomiska utvecklingen, men fortsatt ”decoupling” innebär att påverkan långsamt blir mindre i framtiden. Våra beräkningar visar dock att skillnaden mellan en låg tillväxt (mindre än 1,5 procent BNP-ökning per år) och en hög tillväxt (upp emot 2,5 procent per år) fortfarande kommer att kunna bli så stor som 15–20 TWh år 2030 och 25–35 TWh år 2050.

Driftelelen fortsätter att öka, dock inte lika snabbt som tidigare. Hushållselens ökning avtar helt. Driftelelen har ökat med 3–4 procent per år sedan 1970, som en följd av befolkningsökning, BNP-utveckling

och standardhöjning. Samtidigt har det skett en ”decoupling” i takt med en allt större effektivisering, och i samtliga våra scenarier antas en fortsatt stor effektivisering.

Industrins elanvändning antas vända uppåt igen i takt med den ekonomiska återhämtningen internationellt och nationellt, men antas öka i långsam takt. Elanvändningen i massa- och pappersindustrin ökar dock inte i referensscenariot. Utvecklingsläget för industrin är fortfarande högst osäkert.

Elanvändningen för uppvärmning minskar påtagligt i alla scenarier. Orsaken är en fortsatt utbyggnad av värmepumpar, effektivisering i befintlig bebyggelse och en nybyggnation med låga värmebehov.

Några framtida ”jokrar” är transportsektorn, fjärrvärme och IT. Introduceras elfordon i stor skala, ökar elanvändningen inom transportsektorn högst påtagligt. Idag diskuteras också möjligheterna att utnyttja el under lågprisperioder för fjärrvärmeproduktion, men de höga elskattesatserna begränsar lönsamheten påtagligt. Inom IT-området planeras och byggs nu elkrävande serverhallar på flera håll.

I huvudsak kommer elanvändningens effektbehov att förändras proportionellt till elenergiutvecklingen. I samtliga scenarier kommer dock eleffektbehovet under vintern att minska något relativt utvecklingen av elanvändningen genom att el för uppvärmning minskar. Det gör att lasten jämnas ut och effekttopparna under vintern inte blir lika stora som idag. I de scenarier som innefattar en stor introduktion av elfordon, kan vi istället få en ökad variation av effektuttaget över dygnet, om inte ”smarta laddstrategier” förmår att jämna ut lasten över dygnet för elfordonens effektbehov.

Effektutmaningen handlar om matchningen mellan elanvändning och elproduktion. Det är produktionsutvecklingen, inte användningen, som ger en ökad utmaning i framtiden. När balansen mellan användning och produktion är ansträngd får vi höga elpriser. Hittills har höga priser sammanfallit med att

elanvändningen varit stor. I framtiden, med alltmer variabel kraft, kopplas de höga priserna både till en hög elanvändning och en låg produktion.

I NEPP:s analyser finns ännu ännu inte underlag nog för att kunna precisera effektbehovet för alla sektorer, men två viktiga konstateranden kan göras om dagens och morgondagens effektbehovsprofil:

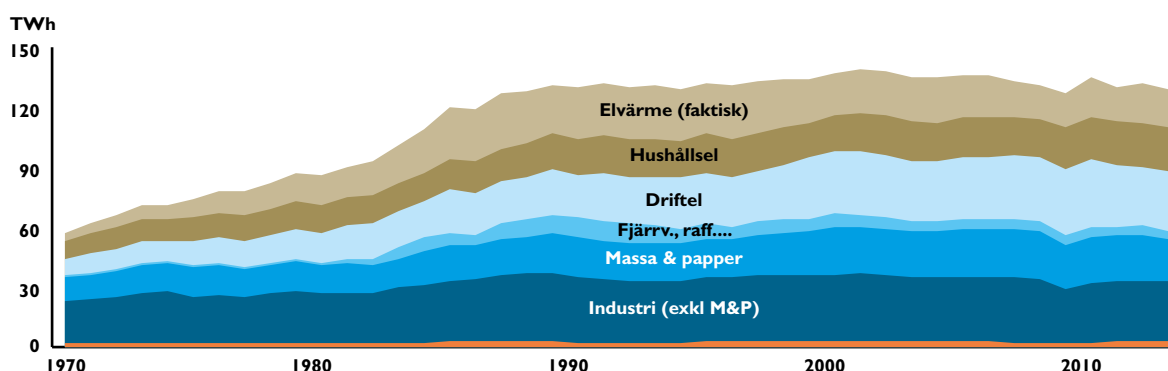
- Elanvändningens effektbehov för uppvärmning har en stor **säsongsvariation**, med ett mycket större effektbehov under vintern än under sommaren.
- Effektbehovet för den övriga elanvändningen (exklusive processindustri och elfordon) varierar **lika mycket** som elvärmens effektbehov, men det är istället en variation **över dygnet**.

Efterfrågefleksibilitet blir viktigare i framtiden. Efterfrågeanpassningar drivs fram av höga priser, såväl idag som i framtiden, men efterfrågefleksibilitetens funktion blir i framtiden delvis annorlunda eftersom de höga priserna kan förutses uppträda vid fler tidpunkter och ha fler orsaker än idag. Det ger efterfrågefleksibiliteten nya funktioner.

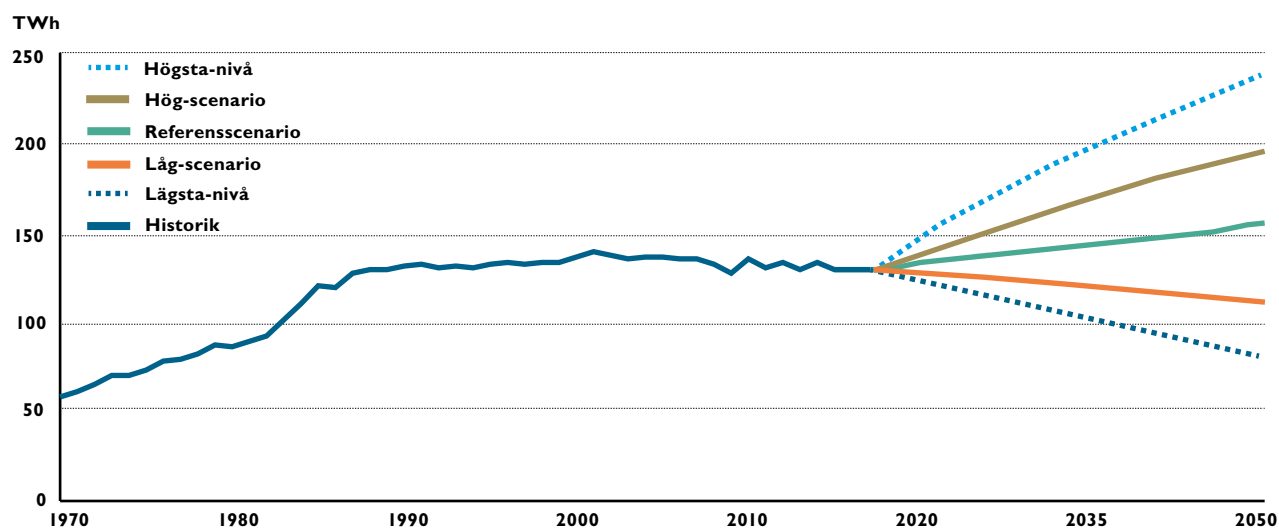
Matchningen av elproduktion och elanvändning försvåras av vissa styrmedel. Ett exempel är elskatten som även vid nollpris på el delvis förhindrar att el används. Omvänt är det ologiskt att elcertifikatsystemet kraftigt stimulerar elproduktion även under perioder då efterfrågan saknas. Utformningen av elskatten och nättariffer ger dessutom incitament till ”procurement” att anpassa sin förbrukning så att den minimerar utmatning på nätet vilket inte nödvändigtvis är det agerande som gynnar systemet som helhet.

En bedömning av Sveriges elanvändning fram till 2050

Figur 1: Den sektorsvisa elanvändningens utveckling i Sverige 1970–2013. Källa: Energiläget 2015.



Figur 2: Elanvändningen i Sverige, dels den historiska utvecklingen sedan 1970, dels tre scenarier för den framtida utvecklingen till 2030 och 2050. Scenarierna baseras på officiella prognoser och antaganden om utvecklingen av ett tiotal faktorer som har påverkan på elanvändningens utveckling.



Föreliggande arbete om den framtida elanvändningen utgår såväl från den historiska utvecklingen, som från prognoser om utvecklingen för de faktorer och omvärldsparametrar som kommer att påverka elanvändningens utveckling, bland annat ekonomi, befolkningstillväxt, teknik- och standardutveckling samt

effektivisering. Tre scenarier har tagits fram som visar både på en möjlig ökning eller minskning av elanvändningen fram till 2050, se figur 2 ovan.

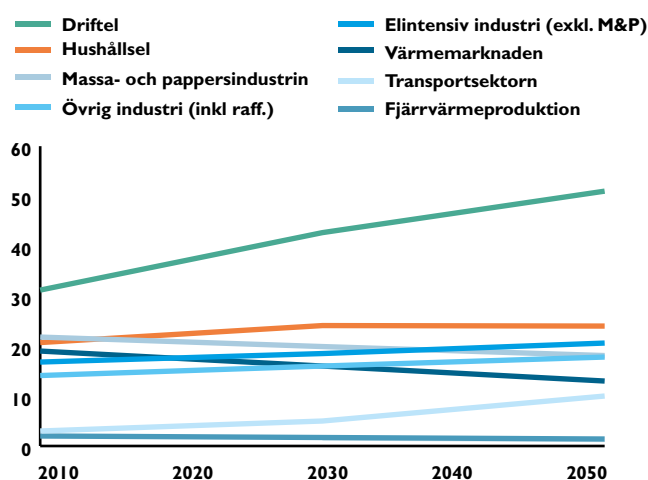
Elanvändningen i Sverige har legat relativt konstant på 130–140 TWh/år i 25 år. Dessförinnan ökade elanvändningen med i genomsnitt 4–5 procent per år.

Tabell 1: Elanvändningsutvecklingen i de tre huvudscenarierna, samt för en "högsta- och lägstanivå". Tabellen anger elanvändningen exklusive distributionsförluster. OBS: "Idag" anger värden för år 2013, eller för ett medelvärde över 3–4 år med tyngdpunkt på 2013.

TWh	Lägstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	129	129	129	129	129
2030	112	123	143	162	183
2050	90	115	155	195	240

Referensscenariot TWh	Idag	2030	2050
Hushållsel	20,7	24,1	24,0
Driftel i servicesektorn	31,2	42,7	51,0
Värmemarknaden	19,0	16,0	13,0
Fjärrvärme- produktion	2,0	1,7	1,4
Massa- och pappersindustrin	21,8	19,9	18,1
Elintensiv industri (exklusive massa och papper.	16,8	18,5	20,6
Övrig industri (inklusive raffina- derier)	14,1	16,0	17,8
Transportsektorn	3,0	5,0	10,0
Summa	129	143	155

Tabell 2 och Figur 3: Elanvändningsutvecklingen uppdelat på olika sektorer i referensscenariot (TWh). Både tabellen och figuren anger elanvändningen exklusive distributionsförluster.



Industrin, bostäder och service står för merparten av elanvändningen. Avgörande för den framtida utveckling är vad som händer inom dessa sektorer.

Scenarierna för framtida elanvändning baseras företrädesvis på officiella prognoser och antaganden om utvecklingen av ett tiotal faktorer som har påverkan på elanvändningens utveckling, vilka bidrar till såväl minskande som ökande elanvändning. Scenarierna är alltså *inte* formade utifrån enkla trendframskrivningar av den historiska elanvändningen, men viktiga lärdomar har hämtats från historien och de olika påverkansfaktorernas utveckling fram tills idag.

Referensscenariot som baseras på de officiella referensprognoser och grundantaganden som finns tillgängliga för de olika påverkansfaktorerna, visar på en *ökande* elanvändning till 2030 och 2050. Lågscenario visar däremot på en minskning och högscenario på en ännu större ökning.

Dessutom anges i figur 2 två "ytterligheter", som benämns "lågsta- och högstanivåer". De visar ut-

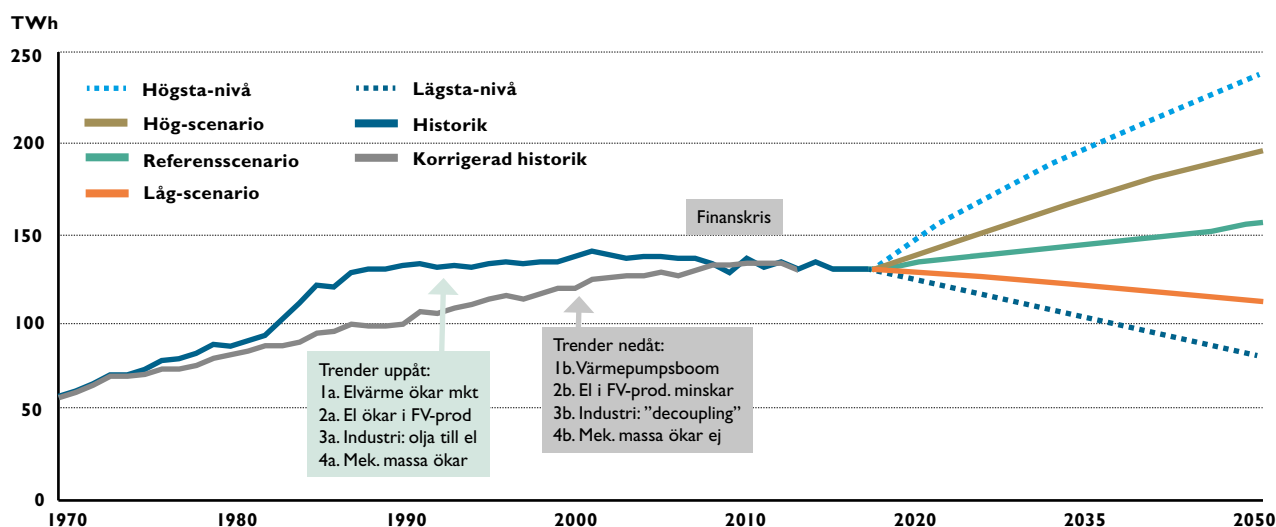
vecklingen om min- respektive maxvärden för alla de faktorer och omvärldsparemetrar som kan påverka elanvändningens utveckling samvarierar, så att de tillsammans ger en lägsta respektive en högsta nivå för elanvändningen. Det är dock högst osannolikt att alla dessa faktorer kommer att samvariera, vilket gör att låg- respektive högscenarierna hamnat en bra bit från dessa ytterlighetsnivåer, vilket figuren ovan också tydligt illustrerar. Elanvändningens utveckling i scenarierna anges också i tabell 1. Se även tabell 2 och figur 3 för elanvändningens utveckling per sektor för referensscenariot

I det följande beskrivs de underlag och analyser som använts för att bedöma en möjlig utveckling av elanvändningen till 2030 och 2050.

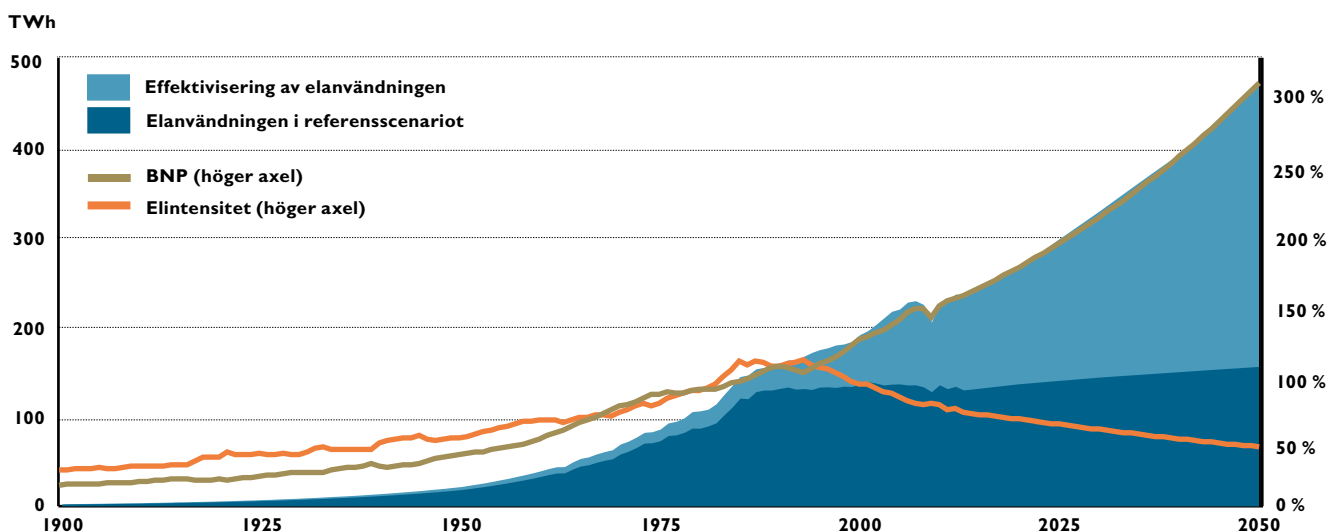
Inga trendbrott i referens- och högscenarier för elanvändning

Den historiska utvecklingen har visat på tydliga trendbrott. Utan dessa hade elanvändningen visat på en relativt jämn årlig ökning från 1980-talet ända fram till

Figur 4: Elanvändningen i Sverige, där den historiska utvecklingen korrigerats (grå kurva) genom att de i texten och figuren angivna trendbrotten under 1975–2008 ersatts med en jämnare utveckling, såväl uppåt som nedåt. Utvecklingen efter finanskrisen, under åren 2008–2014, har dock inte korrigerats. Figuren anger också den faktiska historiska utvecklingen (blå kurva) samt de tre scenarierna.



Figur 5: Den historiska och framtida (enligt referensscenariot) elanvändningen och effektiviseringen (båda angivna i TWh – vänster axel), samt nivåerna på BNP och elintensitet (det vill säga elanvändning per BNP-enhet) angivna relativt 1970 års nivåer (höger axel – 100 procent år 1970).



finanskrisen, vilket illustreras av den gråa kurvan i figur 4. Följande trendbrott har bidragit starkt till att elanvändningen legat still i 25–30 år:

1. Under 1980- och 1990-talet ökade eluppvärmningen i bebyggelsen (direktel och elpannor) kraftigt, mycket snabbare än den gjort under tidigare år. Det ledde till ett trendbrott uppåt i elanvändningen.

2. Sedan sekelskiftet har värmepumpar installerats i stor skala och mycket snabbt bidragit till att vända trenden nedåt istället (för el till uppvärmning i bebyggelsen).

3. Under 1980-talet ökades också elanvändningen i fjärrvärmeproduktionen; under 1990-talets senare del minskade denna elanvändning igen.

4. Industrin ökade sin elanvändning, både i totala siffror och specifikt (elanvändning per produktionsvärde/förädlingsvärde), som en följd av den stora konverteringen från olja till el under 1980-talet och fram till mitten av 1990-talet.
5. Därefter har industrin genomfört en "decoupling" mellan elanvändningen och produktionen, som bromsat ökningen högst påtagligt.
6. Dessutom skedde en snabb ökning av den elintensiva mekaniska massaproduktionen i skogsindustrin under 1980-talet, en ökning som sedan avtog under 1990-talet och efter sekelskiftet har den mekaniska massan inte ökat alls.

Sedan finanskrisen under 2008 har den globala ekonomin stagnerat, och påverkan på elanvändningen är tydlig: vi har haft en minskande elanvändning, främst inom industrin. I referensscenariot inkluderas, åtminstone till viss del, en (global) återhämtning i ekonomin under det kommande decenniet, och därmed också en drivkraft för en (viss) "återhämtning" av de senaste 5–7 årens nedgång i elanvändningen.

Prognoser för elanvändning visar god träffsäkerhet på 10–15 års sikt

I stort sett samtliga officiella prognoser och scenarier över elanvändningens utveckling som gjorts i Sverige

under de senaste 50 åren, har haft en relativt god träffsäkerhet på 10–15 års sikt. Det gäller även de (i efterhand starkt kritiserade) prognoser som gjordes kring 1970. Träffsäkerheten på den längre sikten, det vill säga på två till fyra decenniers sikt, har dock varit mycket svagare. Det gäller säkerligen också våra scenarier. Osäkerheten i scenariernas utveckling bortom 2030 – och särskilt ända till 2050 – bör därför anses stor.

Energieffektiviseringen den enskilt viktigaste faktorn som påverkar elanvändning

Energieffektiviseringen antas bli i storleksordningen 3–4 procent per år under hela perioden från idag till 2050. Det är högre än vad den varit under de senaste decennierna, då den i genomsnitt legat på 2–3 procent per år. Figur 5 illustrerar hur summan av elanvändning och effektivisering korrelerar väl med BNP-utvecklingen. Elintensiteten visar på en fortsatt "decoupling", det vill säga en frikoppling mellan BNP och elanvändning, som en följd av den ökande effektiviseringen. Det går alltså åt allt mindre el för varje BNP-krona.

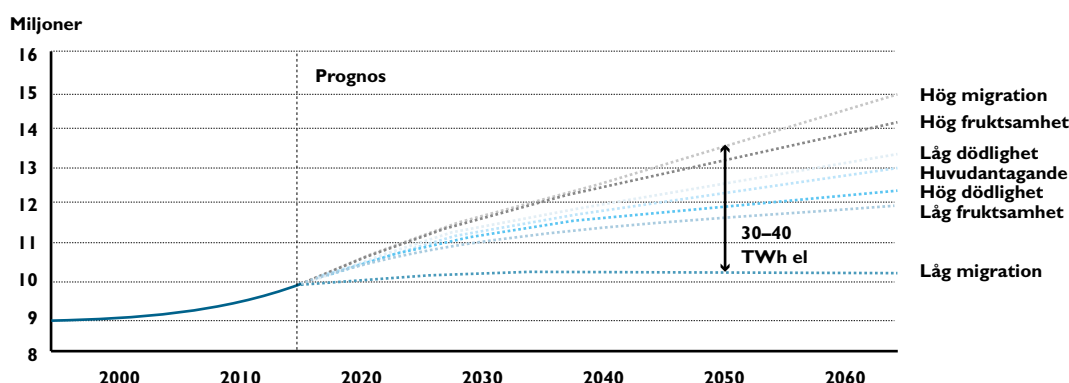
Flera faktorer påverkar elanvändningen

Sammanlagt identifieras minst ett tiotal faktorer och omvärldsparametrar som påverkar elanvändningens utveckling. Tabell 3 ger en sammanställning av de viktigaste påverkansfaktorerna för respektive sektor

Tabell 3: En sammanställning av de viktigaste faktorerna och omvärldsparametrarna som påverkar elanvändningens utveckling. En kvadrat anger en relativt stor påverkan, en cirkel anger en mer måttlig påverkan och saknas symbol är påverkan från den påverkansfaktorn ringa. Källa: NEPP.

	Hushållsel	Driftel	Värmemarknaden	Fjärrvärme	Industri	Transport
Befolkningsutveckling	■	■	■	●	●	●
Ekonomisk utveckling (BNP, förädlingsvärde, etc.)	■	■			■	●
Strukturförändringar (hos elanvändare eller i elproduktionen)	●	●	●	●	■	■
Teknikutveckling	●	●	●	●	●	■
Energieffektivisering	■	■	■	●	■	
Volymfaktorer (antal, area, produktionsvolym, etc.)	■	■	●	●	■	■
Politiska mål/styrmedel	●	●	●	■	●	■
Elprisutveckling (även relativpriset gentemot alternativ)			●	■	■	
Kunders preferenser (inkl. krav på standardökning)	●	●	■			■

Figur 6: SCBs senaste befolkningsprognoser (publicerade i maj 2015) för utvecklingen till 2060, angivna för ett "huvudscenario" (huvudantaganden) och för sex alternativa scenarier/antaganden. Skillnaden i elanvändning mellan högsta och lägsta alternativen är hela 30–40 TWh el för år 2050.



Tabell 4: Antaganden om BNP-utveckling per capita respektive den totala BNP-utvecklingen som har legat till grund för bedömning av elanvändningens utveckling i de olika scenarierna.

	BNP/capita (i fasta priser)	Totala BNP (i fasta priser)
Högscenariot	1,8 procent per år	drygt 2,5 procent per år
Referensscenariot	1,5 procent per år	drygt 2,0 procent per år
Lågscenariot	1,1 procent per år	cirka 1,3 procent per år

och anger på ett kvalitativt sätt hur stor påverkan från respektive faktor är.

De påverkansfaktorer som har störst generell påverkan på utvecklingen av elanvändningen är, förutom energieffektiviseringen, befolkningsökningen, den ekonomiska utvecklingen (BNP), strukturförändringar och teknikgenombrott. I allmänhet påverkar dessa faktorer elanvändningen uppåt.

Befolkningsökningens utveckling anges av SCB:s senaste prognos, och deras huvudalternativ ligger som grund för de antaganden som gjorts i referensscenariot. År 2014 var invånarantalet cirka 9,8 miljoner. De senaste åren har befolkningsökningen varit snabb och enligt SCB-prognosen kommer 10-miljonersstrecket passeras under 2016.

Prognoser och scenarier för den ekonomiska utvecklingen i Sverige och internationellt finns tillgängliga från en lång rad officiella organ, såväl på global och europeisk, som på svensk nivå. Antaganden för referensscenariot utgår från en viss återhämtning av den globala ekonomin, och sedan en fortsatt utveckling i enlighet med en historisk medelutveckling för BNP, eller något svagare. Det leder till en BNP-utveckling i Sverige på i genomsnitt 2 procent per

år under perioden 2015–2050 för referensscenariot. För lågscenarierna ligger BNP-utvecklingen på cirka 1,2–1,5 procent per år och för högscenarierna på över 2,5 procent per år.

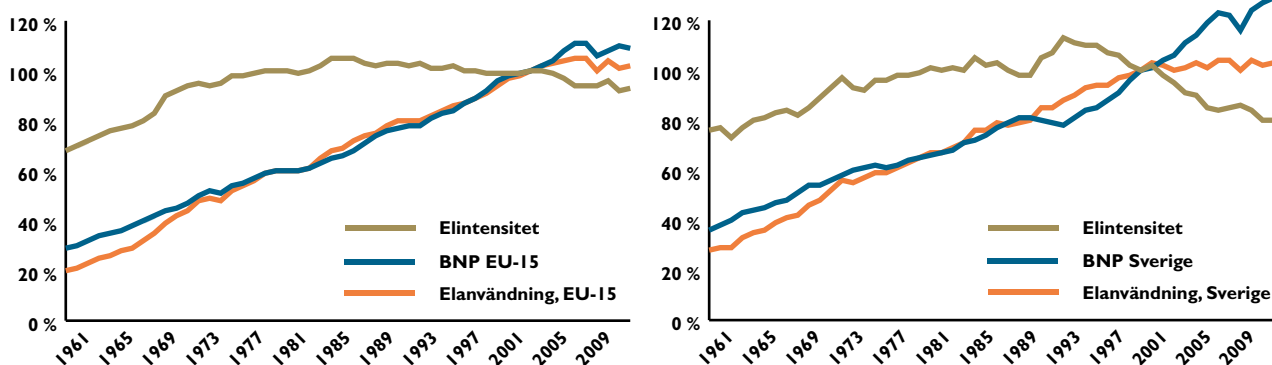
För de påverkansfaktorer där de officiella källorna behöver kompletteras med egna avvägningar, har vi valt att lägga oss något under den historiska utvecklingstakten för faktorer som påverkar elanvändningen uppåt (till exempel antal hushåll) och lägga oss något över den historiska utvecklingstakten för faktorer som påverkar elanvändningen nedåt (till exempel effektivisering). Det resulterar i en något försiktigare utvecklingstakt, än om de historiska värdena hade använts.

Befolkningsutvecklingen har stor påverkan på elanvändningen

Befolkningsprognoserna har under 2015 skrivits upp av SCB med 0,5 miljoner invånare för 2030 och 1 miljon för år 2050, sedan föregående prognos (lagd 2012). Bara denna uppskrivning ger en påverkan på elanvändningen uppåt med upp till 5 TWh för 2030 och 5–10 TWh 2050.

SCB anger nu i 2015 års huvudprognos en befolk-

Figur 7: Utvecklingen av BNP och elanvändning, samt energiintensiteten i EU 15 (vänstra figuren) och Sverige (högra figuren) under perioden 1961-2012. Under slutet av 1990-talet fick skedde en "decoupling" mellan utvecklingen av BNP och utvecklingen av elanvändningen i Sverige och under 2000-talets början i EU.



ning i Sverige på 11,4 miljoner invånare år 2030 och 12,4 miljoner år 2050, jämfört med dagens befolkning på 9,8 miljoner. Figur 6 visar alla SCB:s prognosalternativ, där det högsta visar på nästa 14 miljoner år 2050. Ser vi till befolkningsutvecklingens betydelse för elanvändningens ökning jämfört med idag, svarar den för 10–15 TWh till 2030 och 20–25 TWh till 2050 (i SCB:s huvudalternativ och även i referensscenariot). Jämförs sedan SCB:s högsta och lägsta alternativ, är skillnaden i elanvändning mellan dem hela 30–40 TWh för år 2050. Förutom den direkta påverkan på elanvändningen av "antalet invånare i Sverige", har vi här också inkluderat den påverkan invånarantalet har på "antalet hushåll" och "lokalyta i servicesektorn". Invånarantalets påverkan på elanvändningen för uppvärmning, inom industrin och i transportsektorn har bedömts vara relativt måttlig.

Elanvändningen påverkas allt mindre av den ekonomiska utvecklingen

Beräkningarna visar dock att skillnaden mellan en låg tillväxt (mindre än 1,5 procent BNP-ökning per år) och en hög tillväxt (upp emot 2,5 procent/år) fortfarande kommer att kunna bli så stor som 15–20 TWh år 2030 och 25–35 TWh år 2050.

EU spår nu en lägre BNP-utveckling än man gjorde i de prognoser som daterades före finanskrisen. En svag ekonomisk utveckling ger en lägre elförbrukning, såväl i Sverige som i EU som helhet, även om påverkan inte är direkt proportionell på grund av den decoupling som varit. En snabbare ekonomisk utveckling, till exempel att ekonomin återhämtar hela BNP-tappet efter finanskrisen, skulle ge en klart större elanvändning än den som EU nu anger i sina scenarier.

Energianvändningen har ökat i takt med BNP-utvecklingen i såväl Sverige och Norden som i EU, se-

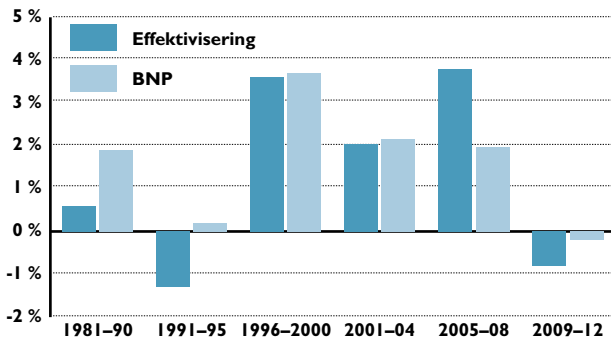
dan mycket lång tid tillbaka. Det var inte förrän under 1970-talets oljekriser som det skedde en "decoupling". Utvecklingen efter att decouplingen inletts är likartad i Sverige och EU, med en fortsatt BNP-ökning i samma takt som tidigare men endast med en svagt ökande energiförbrukningsnivå. Energiintensiteten har därigenom successivt sjunkit till en nivå idag på runt 60 procent av nivån på 1970-talet. Ekonomin har alltså blivit betydligt energieffektivare.

Elens andel av den totala energianvändningen har dock ökat stadigt från år till år, med få undantag, såväl i hög- som i lågkonjunktur. I Sverige och Norden har elandelen ökat från drygt 30 procent år 1990 till 33–34 procent år 2013. I EU har ökningen av elandelen varit ännu större, från cirka 17 procent år 1990 till cirka 22 procent år 2013. Elanvändningen har också ökat i takt med BNP-utvecklingen under lång tid. Det är inte förrän under slutet av 1990-talet som det skedde en decoupling i Sverige och under 2000-talets början i EU. Utvecklingen efter decouplingen är likartad i Sverige och EU, med en relativt konstant elförbrukningsnivå. Elintensiteten har dock sjunkit mer i Sverige än i EU, procentuellt sett, sedan decouplingen startade.

Det är rimligt att anta att decouplingen mellan elanvändningen och BNP fortsätter, men det kommer ändå vara ett starkt BNP-beroende i utvecklingen av elanvändningen även i framtiden.

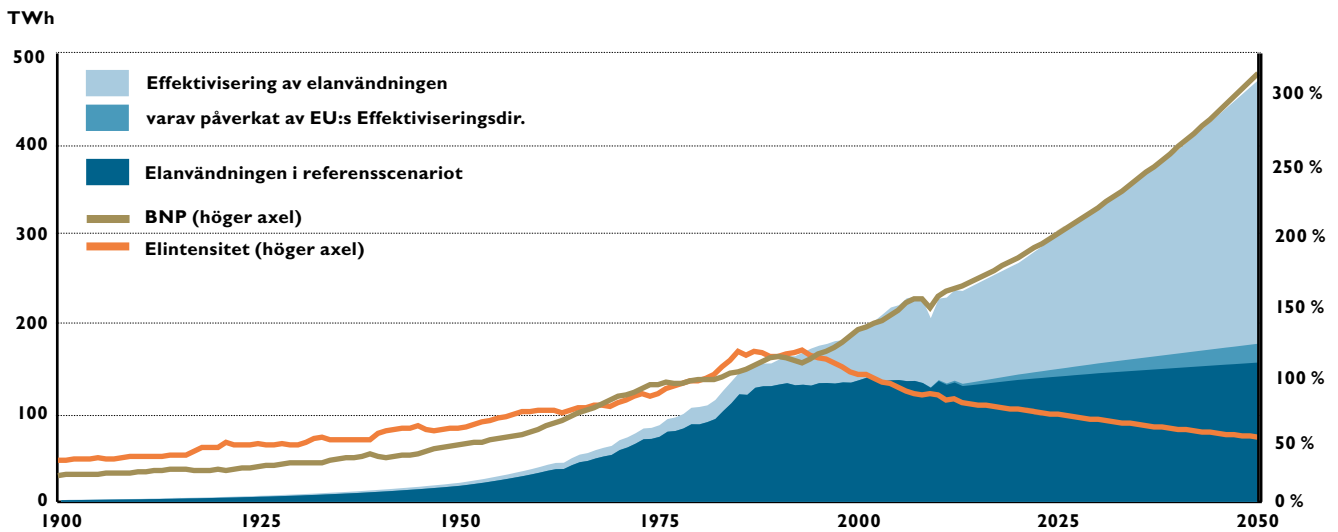
Strukturförändringar och teknikskiften svåra att förutsäga.

Ovan redogörs för de viktigaste historiska trendbrotten de senaste decennierna inom bostads- och servicesektorn, industrin och fjärrvärmeproduktionen. Flera av dessa är orsakade av strukturförändringar, exempelvis ökad andel mekanisk massa inom skogsindustrin, och teknikskiften, exempelvis "värme-



Figur 8 (vänster): Årlig förändring av BNP och årlig effektivisering av hushållselen. Källa: NEPP:s analyser. (Jämförs effektiviseringen istället med det ekonomiska måttet "hushållens utgifter" blir utfallet fortfarande snarlikt det i figuren.)

Figur 9 (nedan): Mindre än en tiondel av effektiviseringen av elanvändningen i Sverige i referensscenariot antas påverkas av effektiviseringsdirektivets åtgärder. Figuren anger den historiska och framtida (enligt referensscenariot) elanvändningen och eleffektiviseringen (TWh – vänster axel), samt nivån på BNP och elintensitet (det vill säga elanvändning per BNP-enhet) angiven relativt 1970 års nivåer (höger axel – 100 procent år 1970).



pumps-boomen" för uppvärmning av småhus, som tillsammans haft en stor påverkan på elanvändningens utveckling.

Det är högst sannolikt att det kommer ske strukturförändringar och tekniskiften även i framtiden, men vilka de blir, när de kommer och hur stor påverkan på elanvändningen de får, är mycket svårt att förut säga. Referensscenariot tar hänsyn pågående strukturförändringar och tekniskiften, men det görs inga antaganden om helt nya strukturförändringar och tekniskiften.

Energieffektivisering inte driven av effektiviseringspolitik

Energieffektivisering är inte politiskt driven. Drivkrafterna är istället ekonomiska, tekniska och strukturella, även om dessa tre drivkrafter till viss del indirekt påverkas av politiska beslut. Scenarierna bygger på att de ekonomiska, tekniska och strukturella drivkrafterna för effektivisering kommer att vara fortsatt starka, och till och med öka över tid, både inom industrin och inom bostads-, service- och transportsektorerna.

Energieffektivisering mycket större i högkonjunktur än i lågkonjunktur

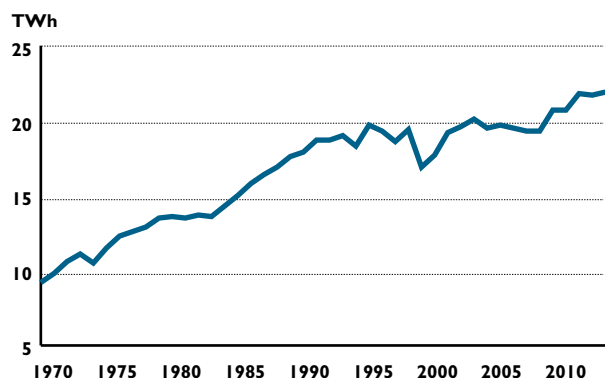
Effektiviseringen av elanvändningen, såväl hushållselen som driftelen som en stor del av industrins elanvändning, sker främst i samband med apparat- och utrustningsbyten. De nya apparaterna, till exempel vitvaror, är effektivare än de gamla. Företrädesvis sker dessa apparatbyten när ekonomin är god, det vill säga i högkonjunktur. I perioder av sämre konjunktur sker mycket färre apparat- och utrustningsbyten, varför också effektiviseringstakten är låg.

Härigenom skiljer sig effektiviseringen av elanvändningen gentemot effektiviseringen av exempelvis uppvärmningen. Den är inte alls lika konjunkturberoende.

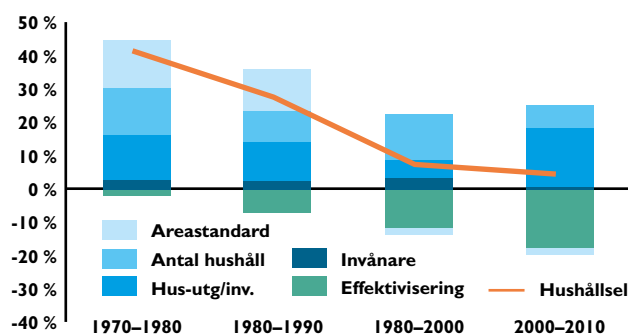
Möjligheter att politiskt påverka elanvändningens utveckling

Politiska beslut kan påverka elanvändningens utveckling, till exempel kan en kraftig introduktion av elfordon öka elanvändningen. Med politiska stödåtgärder kan användningen av elfordon stimuleras. En ökad användning av elpannor i fjärrvärme-

Figur 10: Hushållselens utveckling 1970–2013, TWh.
Källa: Energiläget i siffror 2015.



Figur 11: Identifiering av de faktorer som påverkat utvecklingen av hushållselen historiskt. (Enhet på y-axeln: "Procent per 10 år")



produktionen under tider med mycket låga, kanske till och med negativa, elpriser skulle bli attraktiv först om skattesatserna för denna elanvändning reduceras eller helt tas bort. En sådan skattereduktion är en enkel politisk åtgärd, som tillämpades under lågprisperioder på 1980- och 1990-talen. Det här är två exempel på politiska åtgärder som skulle medverka till en ökad elanvändning, med i storleksordningen 5–10 TWh vardera. En generell politisk stimulans av ekonomin och konkurrenskraften ger också en resulterande påverkan uppåt för elanvändningen, även om den samtidigt ger ökad stimulans till effektivisering. Däremot är det mer osäkert om riktade policyinitierade åtgärder, program och direktiv för effektivisering kommer att ge en särskilt stor påverkan på elanvändningens utveckling, utöver den mycket stora "autonoma" effektivisering vi ändå har i elanvändningen.

EU:s Energieffektiviseringsdirektiv har liten påverkan på elanvändningen

NEPP:s analyser visar att EU:s Energieffektiviseringsdirektiv kommer att ha en relativt liten påverkan på elanvändningens utveckling, både i Sverige och EU, jämfört med den påverkan som övrig energieffektivisering har. Mindre än en tiondel av effektiviseringen av elanvändningen i referensscenariot beräknas vara påverkad av direktivets åtgärder.

Energieffektiviseringsdirektivet syftar till att minska primärenergianvändningen i EU, relativt en referensutveckling, i vilken primärenergianvändningen ökar. Såväl NEPP:s analyser som EU-kommissionens visar dock att det mest kostnadseffektiva, när direktivet genomförs, är att effektivisera/reducera de olika energislagen olika mycket. Elanvändningen bör då inte effektiviseras/reduceras alls lika mycket som exempelvis bränsleanvändningen.

EU-kommissionens analyser visar till och med på en fortsatt svag *ökning* av elanvändningen i EU, vid en implementering av effektiviseringsdirektivet, men alltså en minskning av elanvändningen jämfört med referensutvecklingen. Dessutom visar EU-kommissionens analyser att elanvändningen i Sverige inte minskar lika mycket, jämfört med referensutvecklingen, som i EU som helhet.

Ökningen av hushållsel avtar men driftel fortsätter öka

Hushållselens utveckling påverkas av en rad faktorer, primärt av utvecklingen av hushållens disponibla inkomster, antal hushåll, areastandard, befolkningsförändringar, nybyggnation samt energieffektivisering. Nya apparater tenderar att bli mer effektiva vilket samtidigt kan motverkas av inkomsteffekten, det vill säga att en ökad inkomst tenderar att skapa större behov exempelvis genom att man väljer att köpa flera apparater till hemmet.

Sedan 1970 har hushållselen mer än fördubblats. Ökningstakten var i genomsnitt 3 procent per år under perioden 1970–1995, för att sedan mattas av och har legat på i genomsnitt 1 procent per år mellan 1995 och 2012. Under de senaste åren, efter 2008, har ökningen dock varit 2,5 procent per år.

Utvecklingen av hushållselen påverkas alltså av en rad faktorer och omvärldsparametrar, där en handfull har betydande påverkan på utvecklingen. I en historisk analys har vi särskilt studerat inverkan av dessa faktorer:

- Antalet hushåll
- Areastandard
- Hushållens ekonomi (eg. hushållens utgifter per capita)
- Befolkningsutveckling (antalet invånare)
- Energieffektivisering

Kort om "dekompositionsanalysen" – den metod som använts för hushålls- och driftel

I en dekompositionsanalys bryter man ner ett komplext samband till en serie enklare samband. Analysformen har många tillämpningar, och den som använts här är densamma som används, exempelvis av EU-kommissionen och IEA, för att bland annat förklara hur utvecklingen av primärenergianvändningen eller koldioxidutsläppen beror på olika påverkansfaktorer.

I tabellen nedan och i figur 11, visas resultatet för dekompositionsanalysen för hushållselen för perioden 1970–2013. I scenarierna har resultaten sedan använts för att ange utvecklingen till 2050.

Utvecklingen av faktorer som påverkar hushållselanvändningen, dels historiskt (uppdelat på perioden före resp. efter finanskrisen) och för våra fem scenarier (genomsnittlig utveckling till 2050).

	1970–2007	2008–2013	Lägsta	Låg	Referens	Hög	Högsta
Invånare	0,3%/år	0,8%/år	0,3%/år (SCB-lägsta)	0,4%/år (SCB-låg)	0,7%/år (SCB-huvudalt)	0,9%/år (SCB-hög)	1,0%/år (SCB-högsta)
BNP	1,9%/år(*)	+/-0%/år	1,2%/år	1,7%/år	2,2%/år	2,6%/år	2,8%/år
BNP/cap	1,6%/år(*)	-0,8%/år	1,1%/år	1,3%/år	1,5%/år	1,7%/år	1,8%/år
Hush-utg/cap	1,2%/år	+0,8%/år	0,6%/år	0,8%/år	1,1%/år	1,4%/år	1,5%/år
Areastandard	-0,2%/år (**)		-0,5%/år	-0,4%/år	-0,2%/år	+/-0%/år	+0,2%/år
Antal hushåll	1,1%/år	1,1%/år	0,5%/år	0,8%/år	1,0%/år	1,0%/år	1,2%/år
Effektivisering	1,5%/år (**)		1,9%/år	2,0%/år	2,0%/år	2,0%/år	1,8%/år

(*) Om man exkluderar "devalveringsåren" i början av 1990-talet, blir genomsnittsökningen av BNP 2,3 procent/år och av BNP/cap 2,0 procent/år. (**) Här har vi angivit medelvärden under perioden 1990–2010. Medelvärdet för 1970–2010 är drygt +0,5 procent/år för areastandard och cirka 1 procent/år för effektivisering.

Resultatet, som ges i figur 11, ges också i tabellen i faktarutan ovan. Dessa faktorer har haft olika stor betydelse under de fyra studerade årtiondena.

Scenarierna för den framtida utvecklingen baseras alla på antaganden om hur dessa påverkansfaktorer utvecklas under perioden till 2030 och 2050. Antagandena har baserats på officiella källor, såsom SCBs befolkningsprognoser, eller dokumenterade forskningsresultat, såsom utvecklingen för areastandard.

Hushållselens utveckling

Bedömningen om hushållselens utveckling fram till 2050 illustreras i diagrammet i figur 12. Av referensscenariot framgår att ökningen av hushållselen succesivt avtar och till sist stannar av kring 2040. Därefter vänds ökningen till en svag minskning av hushållselanvändningen.

Med de antaganden om de olika påverkansfaktorernas utvecklingstakt i låg- och högscenarierna, kommer den resulterande utvecklingen för hushållselen att variera inom ett intervall. I tabell 5 anges utvecklingen för hushållselen i samtliga scenarier. I högscenarierna antas en befolkningsökning enligt SCBs hög-/högsta-prognoser, samt en snabbare ökning av både hushållens ekonomi och areastandarden jämfört med referensscenariot. I låg-scenariot görs

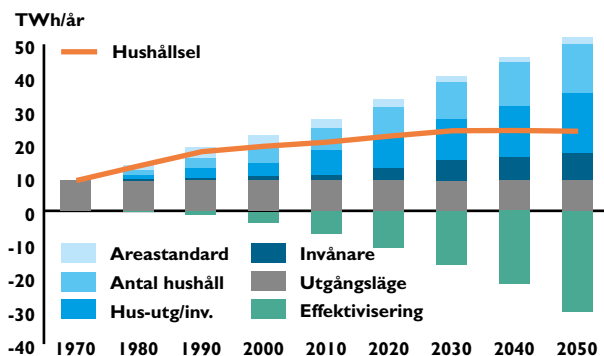
motsvarande antaganden, men då som antaganden om långsammare utveckling än i referensscenariot. Antagandena om utvecklingen för energieffektivisering skiljer dock relativt lite mellan scenarierna, och effektiviseringen antas genomgående vara högre än den varit historiskt.

Driftselens utveckling

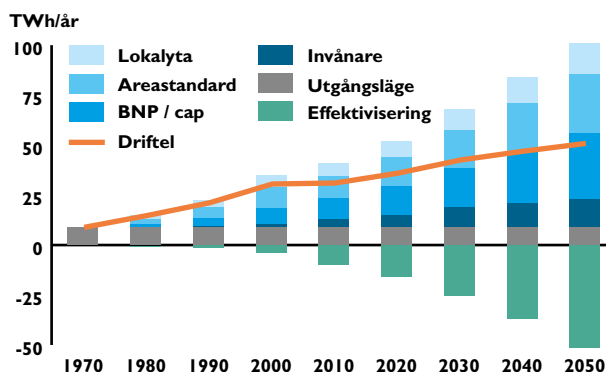
Driftelen har ökat med 3–4 procent/år sedan 1970, som en följd av befolkningsökningen, BNP-utvecklingen och standardhöjningen. Samtidigt har det skett en "decoupling" i takt med en allt större effektivisering, och i samtliga scenarier antas en fortsatt stor effektivisering. Utvecklingen i referensscenariot för driftelen (det vill säga verksamhetsel i lokaler plus fastighetsel i lokaler och bostäder) visar därför bara på en genomsnittlig ökning på 1–2 procent/år under perioden 2015–2030 och mindre än 1 procent/år under perioden 2030–2050.

Med de antaganden som görs om de olika påverkansfaktorernas utvecklingstakt i låg- och högscenarierna, kommer den resulterande utvecklingen för driftelen att variera inom ett intervall. Inte i något scenario fås dock en lägre driftelanvändning år 2050, än idag. I tabell 6 anges utvecklingen för driftelen i samtliga scenarier.

Figur 12: Utvecklingen av hushållselen i referensscenariot, samt utvecklingen av de faktorer som påverkar hushållselens utveckling, TWh/år. Källa: NEPP.



Figur 13: Utvecklingen av driftelen i referensscenariot, samt utvecklingen av de faktorer som påverkar driftelens utveckling. Även historisk utveckling, TWh/år. Källa: NEPP.



Tabell 5: Bedömning av hushållselens utveckling i respektive scenario, TWh. Källa: NEPP.

TWh	Lågstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7
2030	17,5	18,5	24,1	27,6	31,5
2050	12,1	14,5	24,0	32,9	46,8

Tabell 6: Bedömning av driftselens utveckling i respektive scenario, TWh. Källa: NEPP.

TWh	Lågstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
2030	36,2	39,5	42,7	48,6	54,6
2050	33,8	42,4	51,0	64,1	77,1

Industrins elanvändning vänder uppåt i takt med den ekonomiska återhämtningen

Industrins elanvändning bedöms vända uppåt i takt med den ekonomiska återhämtningen. Utvecklingsläget för industrin är dock fortfarande högst osäkert. Tillsammans med branschexperter och företrädare för industrin har de faktorer som påverkar elanvändningen inom respektive bransch diskuterats, vilket visar att det finns ett relativt brett utfallsrum för den framtida elanvändningen inom industrin. Den gemensamma bilden av utvecklingen i ett referensscenario grundas på en successiv återhämtning av ekonomin under de närmaste åren, och därefter en något långsammare utvecklingstakt. Samtidigt fortsätter effektiviseringen inom industrin att vara stark, varför den resulterande ökningstakten för elanvändningen blir relativt mått-

lig. En fortsatt decoupling mellan elanvändningen och produktionen håller alltså tillbaka ökningen av elanvändningen, trots en påtaglig ökning av produktions- och förädlingsvärdet. När det gäller den elintensiva industrin visar referensscenarioet på en ökad användning i branscher som järn och stål, kemi och gruvor, medan skogsindustrins elanvändning minskar. Framst som en följd av minskad efterfrågan på tidningspapper, och därmed minskad produktion av den elintensiva mekaniska pappersmassan. Inom verkstadsindustrin och andra mindre elintensiva branscher sker en ökning av elanvändningen i referensscenarioet.

Industrins elanvändning bedöms, genom en återhämtning av ekonomin, öka till 2020 i referensfallet, och därefter fortsätta att öka men i en något långsammare takt. Finanskrisens inverkan på ekonomin

Tabell 7: Bedömning av industrins elanvändning i respektive scenario, TWh. Källa: NEPP.

TWh	Lägstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	52,7	52,7	52,7	52,7	52,7
2030	44,3	50,0	54,5	59,5	63,3
2050	35,0	47,3	56,6	66,3	73,5

Tabell 8: Bedömning av elanvändning för uppvärmning i respektive scenario, TWh. Källa: NEPP.

TWh	Lägstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
2030	10,2	12,0	16,0	17,0	19,6
2050	6,3	9,0	13,0	14,0	18,2

Tabell 9: Bedömning av transportsektorns elanvändning enligt de olika scenarierna. Källa: NEPP.

TWh	Lägstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2030	2,8	3,4	5,0	8,8	10,1
2050	2,6	3,9	10,0	16,0	16,0

innebär att det finns ledig kapacitet inom industrin. Därför ska den ökande elanvändningen fram till 2020 ses som en konsekvens av att kapacitetsutnyttjandet successivt höjs inom industrin. Nedan följer en kort beskrivning av utvecklingen av de viktigaste branscherna för industrins elanvändning.

Massa- och pappersindustrin

Massa- och pappersindustrin är den enskilt största elanvändaren inom industrin. Branschen har under de senaste åren genomgått en strukturovandling med minskad elanvändning som följd. Bakgrunden är att efterfrågan på tidningspapper minskar i Europa vilket har inneburit en försämrad lönsamhet. Det har inneburit att flera pappersmaskiner har lagts ned med en minskad elanvändning som följd. Förändringen innebär totalt sett cirka 2 TWh/år lägre elförbrukning för den svenska skogsindustrin som helhet jämfört med för fem år sedan. Förpackningsmaterial och hygienprodukter uppvisar globalt sett en tillväxt. Sågverken ligger på en hög men inte maximal produktionsstakt. I vårt referensscenario har det antagits att elanvändningen inom branschen fortsätter att minska, om än i långsam takt. Detta bygger på antagandet att vissa produktionsstämplat som kartong expanderar och delvis kompenserar den minskande elanvändningen av en fortsatt strukturell nedgång av tidningspappersproduktionen. I dialog med Skogsindustrierna har

vi analyserat alternativa utvecklingslinjer. De anger en utveckling för hög-/högsta-scenarier på upp till 24–25 TWh/år, eller högre, och en utveckling för låg-/lägsta-scenarier på ner emot 12–13 TWh/år, eller lägre.

Gruvindustrin

Elanvändningen inom gruvindustrin har under senare år uppgått till 3–4 TWh/år. Det är dock en bransch som kännetecknas av stora investeringar för att öka produktionskapaciteten. Man kan därför förvänta sig att branschen kommer att öka sin elanvändning något över tid.

Järn- och stålindustrin

På medellång sikt bedöms järn- och stålindustrin öka elanvändningen i takt med att konjunkturen förbättras och att branschen fortsatt har ledig kapacitet. Elanvändningen har minskat under senare år men väntas återhämta den minskningen till 2020. Därefter väntas endast en mindre ökning ske i referensfallet. Svensk stålindustri kännetecknas av en stark specialisering på specialstål med relativt högt förädlingsvärde. Flera av de svenska stålföretagen är världsledande i sina respektive stålsortiment. I bedömningen antas branschens fokus på specialstål fortsätta till fördel för bulkstål. Efterfrågan på specialstål bedöms öka i framtiden. Elanvändningen i järn- och stålindustrin kan även öka som en följd av fortsatt konvertering från bränslen till el. Här är potentialen i storleks-

ordningen 3 TWh/år. (Om man också ska ersätta kolen i processen med el via elektrolys – en teknik som ännu inte är kommersiell – skulle elbehovet öka med ytterligare upp till 15 TWh/år. Inget av våra scenarier inkluderar dock ett sådant processkifte.)

Metallverk

Elanvändningen inom branschen metallverk domineras främst av smältverkens elanvändning (primär-aluminium samt koppar). Låga aluminiumpriser har drabbat produktionen av primär-aluminium. I takt med att världsekonomin förbättras väntas dock branschens elanvändning öka när kapacitetsutnyttjandet förbättras. År 2014 hade branschens elanvändning sjunkit ner emot 3 TWh. År 2020 bedöms elanvändningen ha ökat med cirka 20 procent för att därefter öka i en svagare takt.

Kemisk industri

Kemisk industri är en mycket heterogen bransch som inkluderar både elintensiv industri i form av baskemi samt läkemedel. I prognosen för referensscenariot bedöms elanvändningen öka något i takt med att världsekonomin förbättras.

Utvecklingen för europeisk kemiindustri, medräknat svensk kemiindustri, är i stor utsträckning beroende på i vilken mån Europa kan uppvisa ramvillkor för industriell verksamhet som ger förutsättning för konkurrenskraftiga aktiviteter i Europa jämfört med andra regioner i världen.

I tabell 7 redovisas den framtida utvecklingen av elanvändningen i industrin. I referensfallet, som diskuterats ovan, bedöms elanvändningen öka i långsam takt, efter en viss återhämtning till 2020. Sett över hela perioden bedöms såväl den elintensiva som den icke-elintensiva industrin att öka sin elanvändning, bland annat drivet av en positiv ekonomisk tillväxt i branscherna. Undantaget är massa- och pappersindustrin, som antas minska sin elanvändning i referens- och låg-scenarierna men öka i hög-scenarierna. Låg- och hög-scenarierna representerar utvecklingsvägar där flera av de påverkansfaktorer som angivits utvecklas kraftigare än i referensfallet, och åt samma håll, det vill säga högre respektive lägre utvecklingstakt.

Elanvändningen för uppvärmning minskar i alla scenarier

Bostads- och servicesektorernas energianvändning för uppvärmning domineras av fjärrvärme, värmepumpar, elvärme och biobränslen. Skatter och styrmedel har en stor betydelse för valet av uppvärmningsform liksom den relativa investeringskostnaden för ett nytt uppvärmningssystem. Även teknikutvecklingen har en stor betydelse för valet av uppvärmningssystem och därmed energibärare. Vidare har energieffektiviserande åtgärder i befintlig bebyggelse och i nybyggnationer en återhållande effekt på värmebehovet, vilket dock kan motverkas av exempelvis ökad efterfrågan

på komfortvärme. Energianvändningen för uppvärmning påverkas även av rådande normer och av storleken på nybyggnation samt befolkningsutvecklingen.

I det pågående projektet Värmemarknad Sverige, har den svenska värmemarknadens framtida utveckling analyserats i fyra olika scenarier. Från dagens elanvändning för byggnadsuppvärmning och tappvarmvattenberedning på cirka 19 TWh så minskar elanvändningen i samtliga scenarier. År 2030 pekar låg- respektive hög-scenarierna på en användning på 12–17 TWh, medan elanvändningen år 2050 sannolikt hamnar ännu lägre, 9–14 TWh. Nivåerna för lägsta- och högsta-scenarierna ligger ytterligare 2–4 TWh/år lägre respektive högre.

Trots att den elbaserade uppvärmningen antas ta marknadsandelar i flera av scenarierna, kommer mängden använd el för uppvärmning att minska i samtliga scenarier. Orsaken är främst en ökad användning av värmepumpar, som också blir allt effektivare, en fortsatt effektivisering av våra befintliga byggnader samt en nybyggnation med låg förbrukning. Därutöver påverkas värmemarknaden, och därmed även elanvändningen för uppvärmning, av befolkningsutvecklingen, nybyggnationens omfattning, de politiska målen och styrmedlen samt fastighetsägarnas preferenser. Referensscenariot bygger på en relativt långsam utveckling för samtliga dessa påverkansfaktorer. I hög- och högsta-scenarierna antas de elbaserade uppvärmningsteknikerna ta större marknadsandelar än i referensscenariot, samtidigt som såväl befolkningen som nybyggandet ökar snabbare. I låg- och lägsta-scenarierna får vi ”motsatt” utveckling för dessa faktorer.

Framtida ”jokrar”: transporter, fjärrvärme och IT

Introduceras elfordon i stor skala, ökar elanvändningen inom transportsektorn högst påtagligt. Vårt referensscenario inkluderar en ökad elanvändning på cirka 2 TWh till år 2030 (vilket motsvarar 0,5–1 miljon fordon med möjlighet till eldrift år 2030) och 7 TWh till 2050. Idag diskuteras möjligheterna att utnyttja el under lågprisperioder för fjärrvärmeproduktion, men de höga elskattesatserna begränsar lönsamheten påtagligt. Skulle dessa skatter reduceras, eller helt tas bort, kan det finnas utrymme för en ökad elanvändning i fjärrvärmeproduktionen på flera TWh. I referensscenariot har vi dock inte inkluderat en ökad elanvändning i fjärrvärmeproduktionen. Inom IT-området planeras och byggs nu serverhallar på flera håll. Dessa serverhallar är elkrävande, och en stor utbyggnad av dessa skulle ge en ökad elanvändning på många TWh. I vårt referensscenario antar vi dock endast en måttlig utbyggnad i Sverige.

Transportsektorns elanvändning

I nära anslutning till NEPP gjordes ett omfattande arbete om utvecklingen mot en fossilbränsleoberoende fordonsflotta och elens betydelse i några olika scenarier för att uppnå visionen. Motsvarande arbeten gjordes

något år senare i FFF-utredningen. Resultaten från båda dessa arbeten är snarlika. El kommer att vara en viktig faktor för omställningen av transportsektorn. Beroende på antaganden ökar elanvändningen inom transportsektorn. Dock är ökningen relativt måttligt även vid en mycket kraftfull introduktion av elfordon. Det finns flera skäl till det, främst att elfordonen har en mycket hög energieffektivitet. I vilken takt elfordon kommer att introduceras på den svenska marknaden, beror på många faktorer, till exempel politiska beslut om mål nationellt och på EU-nivå, val av styrmedel och inte minst utvecklingen på batterisidan.

Elanvändningen inom transportsektorn uppgår idag (år 2013) till cirka 3 TWh/år. Användningen domineras helt av järnvägstransporter.

Energimyndighetens referensscenario från Långsiktsprognos 2012 pekar på en elanvändning på 3,4 TWh år 2030, och med en trendframskrivning med samma procentuella ökningstakt så ger det 3,9 TWh år 2050. Det kan betraktas som ett minimiscenario. I Elforskrapporten 12:68, "Roadmap för ett fossilbränsleoberoende transportsystem år 2030", identifierade Profu en utveckling där användningen av fossila drivmedel minskar med 80 procent till år 2030. Detta arbete kan ses som ett högsenario för transportsektorns elanvändning. Omställningen åstadkoms genom ett stort antal åtgärder, varav en omfattande elektrifiering är en del. I det scenariot ökar elanvändningen i den svenska transportsektorn till 8,8 TWh år 2030. För år 2050 görs grova överslag som innefattar en ytterligare elektrifiering och en fullständig fossilbränslefri transportsektor där elanvändningen uppgår till 16 TWh.

Man kan alltså konstatera att även vid en mycket stor elektrifiering av transportsektorn så kommer sektorns elanvändning fortfarande vara relativt måttlig i förhållande till andra användarsektorer.

De påverkansfaktorer som har störst betydelse för utvecklingen inom transportsektorn är de politiska målen inom EU och nationellt, samt politiska beslut, normer och andra styrmedel; teknikutveckling och effektivisering, samt preferenserna för de som köper fordonen och transporttjänsterna.

Framtida effektbehov

För att elsystemet ska fungera krävs att det i varje ögonblick tillförs lika mycket el som man tar ut ur systemet. Det är således väsentligt att även beräkna och ange det framtida effektbehovet. I det följande avsnittet ges såväl kvalitativa som kvantitativa resultat och slutsatser om effektbehovet. De kvalitativa är väl förankrade i NEPP:s analyser och resultat, men de kvantitativa bygger ännu bara på de nyligen påbörjade och ännu ofullständiga analyser som hittills gjorts i NEPP. De kvantitativa resultaten nedan bör därför betraktas och hanteras som preliminära.

I alla scenarierna kommer dock eleffektbehovet under vintern att minska något relativt sett utveck-

lingen av elenergibehovet, genom att elanvändningen för uppvärmning minskar. Det gör att lasten jämnas ut och effekttoppen under vintern inte blir lika stor som idag.

I de scenarier som innefattar en stor introduktion av elfordon, kan vi istället få en ökad variation av effektuttaget *över dygnet*, om inte "smarta laddstrategier" förmår att jämna ut lasten över dygnet för elfordonens effektbehov.

Även om dessa laddstrategier inte förmår jämna ut lasten särskilt mycket, blir påverkan på det totala effektbehovet relativt begränsad och slutsatsen om att det totala effektbehovet förändras proportionellt till elenergiutvecklingen kvarstår.

Idag finns inte statistik om eleffektbehovet per sektor tillgängligt, på samma sätt som det finns för elenergianvändningen. Därför har två approximativa ansatser utnyttjats, för att hyggligt kunna ringa in effektbehovets utveckling i scenarierna. Dels har en ansats gjorts baserad på det historiska sambandet mellan energi och topp effekt, dels har tre av sektorerna; uppvärmning, processindustri och elfordon, brutits ut och analyserats. Effektbehovet för övrig elanvändning antas utvecklas proportionellt med elenergiutvecklingen.

Båda dessa ansatser ger ett liknande resultat, vilket anges i tabell 11. Effekttoppen hamnar då mellan cirka 21 000 och 33 000 MW, *exklusive* distributionsförluster, i de tre huvudscenarierna år 2050, jämfört med en nivå på cirka 23 500 MW idag.

Vanligtvis anges effektbehovet och effekttopparna för *elproduktionen* och inte för elanvändningen, och då måste även distributionsförlusterna inkluderas. I tabell 12 visas därför också effektbehovets utveckling *inklusive* distributionsförluster.

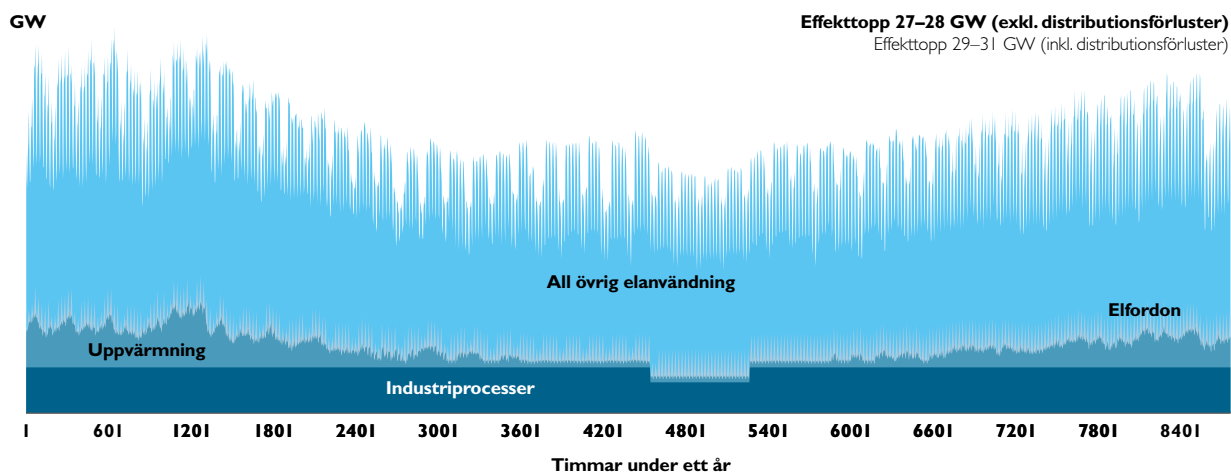
Olika förbrukningskategorier/sektorer har olika effektbehovsprofil över året (olika "spetsig" förbrukningsprofil), där processindustrins behov är relativt jämt fördelat över året och elbehovet för uppvärmning är utetemperaturberoende. Den framtida effektprofilen kommer att bero på dels hur "spetsigheten" utvecklas hos de olika förbrukningsgrupperna, dels på deras inbördes storlek framöver.

I NEPP:s analyser finns ännu ännu inte underlag nog för att kunna precisera effektbehovet för alla sektorer, men två viktiga konstateranden kan göras om dagens och morgondagens effektbehovsprofil:

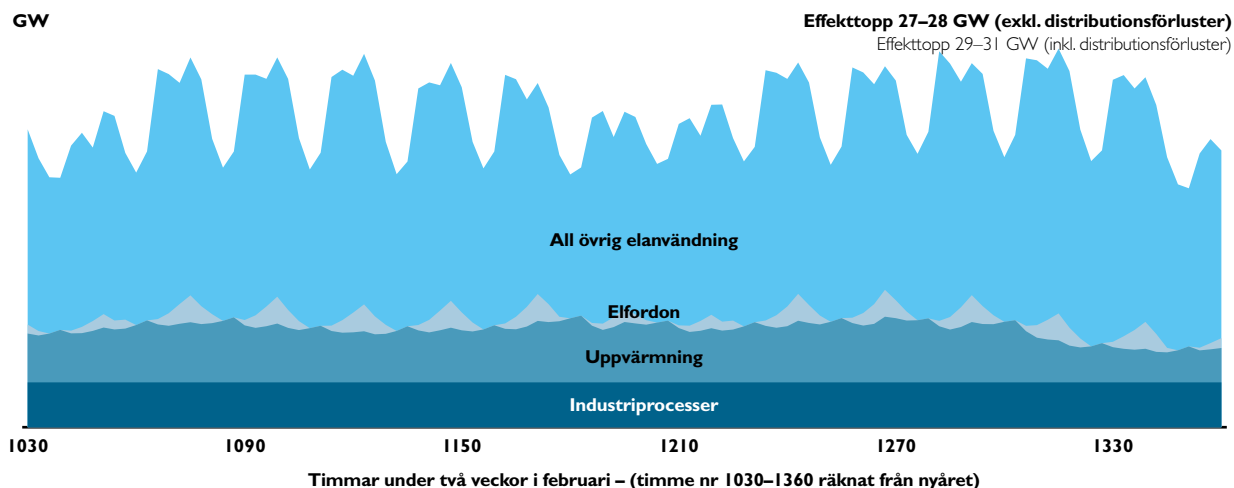
- Elanvändningens effektbehov för uppvärmning har en stor **säsongvariation**, med ett mycket större effektbehov under vintern än under sommaren.
- Effektbehovet för den övriga elanvändningen (exklusive processindustri och elfordon) varierar **lika mycket** som elvärmens effektbehov, men det är istället en variation **över dygnet**.

I figur 14 illustreras detta. Figuren visar effektbehovet

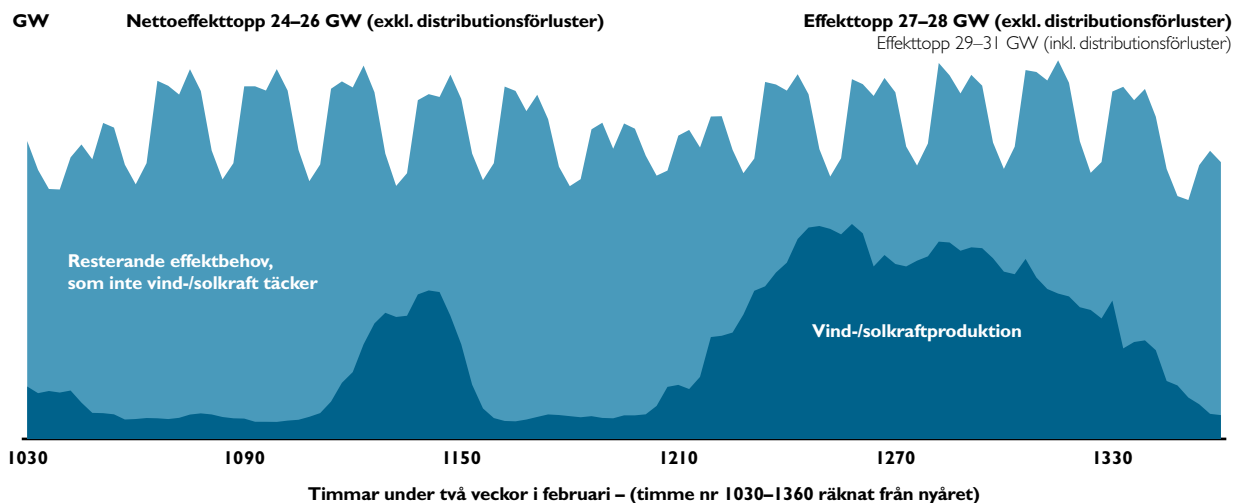
Figur 14: Eleffektbehovet i Sverige 2050, från 1 januari till 31 december i referensfallet. Observera att sektoruppdelningen av effektbehovet är preliminär.



Figur 15: Eleffektbehovet i Sverige under två veckor i februari 2050, då det årets effekttopp antas infalla. Observera att sektoruppdelningen av effektbehovet är preliminär.



Figur 16: Eleffektbehovet i Sverige under två veckor i februari 2050 (blått plus mörkblått), samt den del av effektbehovet som vind/solkraftsproduktionen täcker under dessa veckor (mörkblått).



Tabell 10: Kvalitativ bedömning av hur elleffekttopparna inom respektive sektor utvecklas relativt elanvändningens utveckling. Källa: NEPP.

	Hushållsel	Driftel	Värmemarknaden	Fjärrvärmeprod.	Industrin	Transporter
Utvecklingen av elanvändningens effektbehov	Som energin	Som energin	Minskad maxeffekt under vintern	Som energin	Som energin	Ökade dygnsvariationer

Tabell 11: Eleffektbehovets utveckling (effekttopparna) i de tre huvudscenarierna, samt för en "högsta- och lägstanivå".

Tabellen anger eleffektbehovet i MW ett normalår, exklusive distributionsförluster.

MW	Lägstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	23 500	23 500	23 500	23 500	23 500
2030	21 000	22 600	25 600	28 300	31 200
2050	17 500	21 400	27 300	32 900	38 900

Tabell 12: Eleffektbehovets utveckling (effekttopparna) i våra tre huvudscenarier, samt för en "högsta- och lägstanivå".

Tabellen anger eleffektbehovet i MW ett normalår, inklusive distributionsförluster.

MW	Lägstanivå	Lågscenario	Referensscenario	Högscenario	Högstanivå
Idag	25 100	25 100	25 100	25 100	25 100
2030	22 400	24 100	27 300	30 200	33 300
2050	18 700	22 800	29 100	35 100	41 500

under år 2050 i referensfallet. Figuren ger effektbehovet från 1 januari (timme nummer 1) till 31 december (timme nummer 8760), fördelat på industriprocesser, uppvärmning och elfordon samt övrig elanvändning. Övrig elanvändning inkluderar även elanvändning inom industrin som inte är specifikt processbunden.

Effektbehovet under de två veckor av året då vi har effekttoppen visas (schematiskt) i figur 15. Effekttoppen år 2050 antas inträffa under februari, då det är rimligt att anta att den inträffar under den kallaste vinterperioden även år 2050.

Förändrad produktion ger utmaningar för effekt

När balansen mellan användning och produktion är ansträngd får vi höga elpriser. Hittills har höga priser sammanfallit med att elanvändningen varit stor. I framtiden, med alltmer variabel kraft, kopplas de höga priserna *både* till en stor elanvändning och till en liten produktion. Om exempelvis produktionen är stor i en situation med stor användning kan elpriset vara lågt. Omvänt kan elpriset bli högt i en situation med liten användning och liten produktion. I framtiden blir det därför främst produktionen som skapar en ökad utmaning för elbalansen. Vad gäller utvecklingen av elanvändningens effektbehov förutses inga dramatiska förändringar jämfört med idag.

Om de preliminära värdena för effektbehovet som

redovisats ovan utnyttjas, så kan man få en uppfattning om vilken påverkan produktionsutvecklingen kan få till 2050 (referensfallet). Figur 16 visar effektbehovet idag för den tvåveckorsperiod där effekttoppen infaller. I figuren visas också en tänkt vind- och solkraftsproduktionen under denna period som motsvarar cirka 50 TWh år 2050, för att illustrera storleksordningarna. Det vindkraften inte täcker måste täckas med andra kraftslag.

Flera slutsatser kan dras, bland annat

Behovet av reglerbar produktionskapacitet/effekt, det som i figur 16 anges som "nettoeffekttoppen", är 24–26 GW år 2050. Det innebär, om dessa preliminära resultat är korrekta, att behovet av tillgänglig reglerbar produktionskapacitet/effekt (utöver vind- och solkraft), blir minst lika stort i framtiden som idag.

Samtidigt kommer ett framtida elsystem med mycket vind- och solkraft att ha ett behov av att kunna hantera snabba och stora variationer i produktionen, som tydligt framgår av figuren, vilket kräver mycket stor flexibilitet i styrbar produktion och förbrukning.

Denna nya utmaning för kraftsystemet, det vill säga "ett större behov av flexibilitet i styrbar produktion och förbrukning" är en av åtta stora utmaningar för det framtida kraftsystemet som NEPP identifierat (se faktaruta nedan). Dessa utmaningar måste ägnas alltmer uppmärksamhet i framtiden, och även om

Generella utmaningar för att upprätthålla balans

1. Större behov av flexibilitet i styrbar produktion och förbrukning:

- Vindkraftsproduktionen kan förväntas ha lika stora variationer som efterfrågan har idag. Efterfrågan varierar regelbundet och på ett förutsägbart sätt medan vindkraften varierar med ett stokastiskt mönster. Detta innebär en utmaning i planering av vattenkraftproduktion med ett mönster och volym som avviker från hur dagens älvsträckor har designats för.
- Fysisk reglerförmåga och regelverk för vattenkraften har utformats för att hantera dagens regelbundna förbrukningsvariationer, men inte säkert morgondagens.
- Hydrologiska samband och vattnekologiska hänsyn i älvsträckorna begränsar möjligheterna till snabb omplanering av vattenregleringen.
- En ökad mängd svårprognostiserad vind- och solkraft försvårar vattenkraftplaneringen längs en älvsträcka och för användningen av transmissionsnätet. Den ökade osäkerheten kan leda till att både produktion och transmission måste planeras mer konservativt med större marginaler.

2. Anpassning av ansvarsfördelning och marknadsmekanismer: Ansvars- och arbetsfördelningen mellan elsystemets aktörer för att upprätthålla den fysiska balansen samt de marknadsmekanismer som står till buds för detta är utformade för att klara de hittillsvarande behoven. De ökade och förändrade reglerbehoven kan innebära att den nuvarande samverkans- och marknadsmodellen inte kommer att vara ändamålsenlig utan innebära en ineffektiv reglerprocess. Om ansvaret för att hantera de ökade prognososäkerheterna ska hanteras av marknadsaktörerna kan det krävas en utveckling så att en stor del av elhandeln ska kunna ske närmare drifttimmen. Alternativet är att en större del av balansregleringen sköts genom den systemansvarige och att upphandlingen av reglertjänster utvidgas.

3. Årsreglering: Om solenergi blir en betydande del av kraftsystemet kommer den skapa ytterligare behov till säsongslagring, eftersom större delen av produktionen sker vid lågsäsong för konsumtion.

Utmaningar vid mycket vind- och solkraft och låg konsumtion

4. Mekanisk svängmassa: Under perioder då konventionell produktion ersätts av stora mängder solkraft eller vindkraft kommer mängden mekanisk svängmassa i systemet att minska eftersom sol- och vindkraftverk vanligtvis inte använder synkronmaskiner direktkopplade till elsystemet. Mekanisk svängmassa behövs för att parera störningar som uppkommer i elsystemet.

5. Balansreglering: Med en större mängd vind- och solkraft ökar variationerna i det korta tidsperspektivet (sekunder-timmar) vilket ökar behovet av reglerförmåga. Med en större mängd vind- och solkraft blir det oftare färre konventionella kraftverk i systemet, vilket kan innebära att dessa färre kraftverk måste ta på sig en större del av balansreglering och hålla tillräckliga marginaler för detta.

6. Överskottssituationer: Soliga och blåsiga dagar med liten förbrukning kan en överskottssituation uppstå som måste hanteras, särskilt om de närliggande marknaderna har samma situation och inte kan ta emot överskottet.

7. Överföringsförmåga: Om stora mängder vindkraft ska överföras från norra Sverige samt vidare söderut och på utlandsförbindelserna samtidigt som övrig synkron produktion står i det närmaste still måste det finnas tillräcklig med annan reaktiv kompensering för att upprätthålla spänningen och därmed överföringsförmågan på stamnätet.

Utmaningar vid lite vind- och solkraft och hög konsumtion

8. Tillgång till topplastkapacitet: Med en stor mängd vind- och solkraft kommer det finnas situationer med hög elförbrukning och låg vind- och solkraftsproduktion. Även vid dessa situationer måste det finnas tillräckligt med kapacitet.

situationen idag kan hanteras utan större svårigheter, måste vi redan nu förbereda oss för de av utmaningarna som kommer redan inom 10–20 år. NEPP-projektet konstaterar samtidigt att det, för de åtta utmaningar, finns ett stort antal potentiella lösningar och att det går att få ett kraftsystem även med mycket stora inslag av variabel elproduktion att fungera väl, men det krä-

ver alltså god insikt om utmaningarna och en förmåga att få lösningarna på plats.

Endast en av utmaningarna (nr 8) har att göra med effekttoppens storlek. Lösningen är här att tillse att kraftsystemet har tillräckligt med reglerbar kapacitet för att möta effekttoppen. En del av denna effekt kan finnas på användningssidan, och elvärmen nämns som

en del av lösningen. Men ofta rör det sig om effekt-toppar som varar minst tioalet timmar, vilket figur 16 illustrerar väl, och hela eleffektbehovet för elvärmen är inte möjligt att reglera ner under så långa tider.

Inte heller skulle det minska de åtta utmaningarna särskilt mycket om man politiskt verkade för att reducera elvärmen ännu mer än vad scenarierna visar, eller rent av förbjöd den. Det framgår också tydligt av figuren.

Enligt Svenska kraftnät förväntas den högsta förbrukningen inför vintern 2015/2016 att vara 25 600 MW under ett normalår och 27 100 under en så kallad 10-årsvinter. I teorin skulle efterfrågefleksibiliteten kunna sänka efterfrågan med upp till 4000 MW, eller med cirka 15 procent. I realiteten kan man dock inte räkna med att hela potentialen finns tillgänglig vid en effekttopp av flera olika anledningar:

- Den uppskattade effekttoppen är baserad på historiska värden och innehåller troligtvis redan en viss mängd efterfrågefleksibilitet.
- Sammanlagringseffekter gör att summan av de enskilda förbrukningsreduktionerna inte motsvarar hela potentialen (all efterfrågefleksibilitet är inte tillgänglig 100 procent av tiden).
- Efterfrågefleksibilitet är inte uthållig och är tillgänglig typiskt ett par timmar.
- Efterfrågefleksibiliteten förväntas vara priskänslig. De högsta priserna sammanfaller inte nödvändigtvis med den högsta förbrukningen. Detta gäller särskilt i ett system med stora mängder vindkraft, mer om det nedan.

I figur 17 visas ett varaktighetsdiagram där ett scenario med och utan efterfrågefleksibilitet lagts på varandra. I figuren framgår det att det vid låg förbrukning inte är någon nämnvärd efterfrågefleksibilitet. Det beror på att det vid dessa tillfällen inte finns någon värmelast som kan flytta sin last då detta troligtvis är under sommartid. Som förväntat sker också mestadels nedreglering vid hög förbrukning. Dock sker det en del uppreglering under de timmar med den högsta lasten och topplasten är faktiskt högre i ett scenario med efterfrågefleksibilitet. Förklaringen ligger i att efterfrågefleksibiliteten reagerar på prissignaler och att effekttoppen inte nödvändigtvis sammanfaller med det högsta elpriset. Det är särskilt tydligt i ett system med stora mängder vindkraft. Om vindkraftsproduktionen är hög vid det tillfälle som efterfrågan är som högst kommer det att ha en inverkan på priserna vid det tillfället. I ett system med stora mängder vindkraft är det snarare nettoförbrukningen som är dimensionerande snarare än topplasten. Förutsatt att prissignalerna är riktiga, det vill säga högst priser då det råder knapphet, kommer efterfrågefleksibiliteten

att hjälpa systemet även om topplasten inte nödvändigtvis minskar.

Matchningen av elproduktion och elanvändning försvåras av vissa styrmedel

Ett exempel är elskatten som även vid nollpris på el, helt eller delvis, förhindrar att el används. Omvänt är det ologiskt att elcertifikatsystemet kraftigt stimulerar elproduktion även under perioder då efterfrågan saknas.

Utformningen av elskatten och nättariffer ger dessutom incitament till ”procumenter” att anpassa sin förbrukning så att den minimerar utmatning på nätet vilket inte nödvändigtvis är det agerande som gynnar systemet som helhet.

Efterfrågefleksibilitet blir viktigare

Efterfrågeanpassningar drivs fram av höga priser, såväl idag som i framtiden, men efterfrågefleksibilitetens funktion blir i framtiden delvis annorlunda eftersom de höga priserna kan förutses uppträda vid fler tidpunkter och ha fler orsaker än idag. Det ger efterfrågefleksibiliteten nya funktioner.

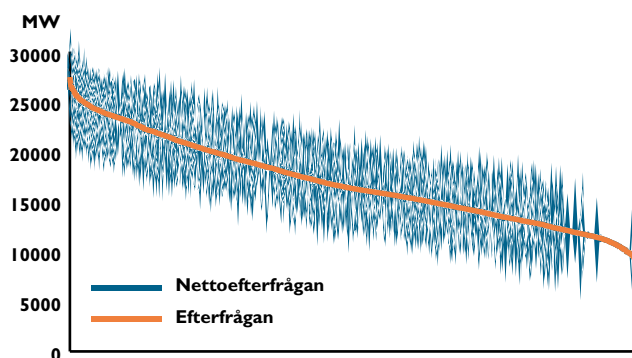
Vår bedömning är att efterfrågefleksibiliteten erbjuder en teknisk potential för minskning av effekt på minst 4000 MW i Sverige. Denna är en betydande potential och motsvarar nästan 15 procent av den maximala nationella effekttoppen som kan uppskattas till cirka 28 000 MW.

Dock är det viktigt att notera att den totala potentialen endast kan realiseras under korta perioder (1–3 timmar) i och med att hälften av potentialen erhålls från eluppvärmda småhus som enbart kan förflyttar last under få timmar utan komfortpåverkan. Denna last är också återvändande till skillnad från effektreduktioner som realiseras av industriföretag. Industriföretagens efterfrågefleksibilitet som innebär en bestående reduktion av last är i sin tur beroende av produktions- och leveransförhållandena som påverkar priselasticiteten. Det är sannolikt att den fulla efterfrågepotentialen från industrin därmed enbart kan realiseras ett par gånger per år och lämpar sig inte för kontinuerlig balansering av kraftsystemet.

Potentialen hos last som flyttas är alltså begränsad i den meningen att den behöver spridas ut på flera timmar för att påverka topplasten i någon större utsträckning. Om hela potentialen används under endast en timme kommer den timme med näst högst last att vara endast något lägre. Om efterfrågepotentialen utnyttjas och/eller att energilager, som kan få en utjämnande effekt på efterfrågan på samma sätt som efterfrågefleksibilitet, laddas och laddas ur under samma dygn finns det ändå en teknisk begränsning i potentialen på 2000–3000 MW, trots att potentialen för efterfrågefleksibilitet enskilda timmar alltså är större.

Att de tekniska potentialerna bland hushållskunder och industrikunder har olika karaktär påverkar även de ekonomiska incitamenten som krävs för efterfrågefleksibilitet. Industrikunder reagerar på

Figur 17: Efterfrågeflexibilitetens påverkan på topplasten i ett scenario med mycket vindkraft. Källa: NEPP.



Tabell 13: Potentialer för olika typer av efterfrågeflexibilitet i Sverige, TWh. Källa: NEPP.

Sektor	Total potential [MW]
Industri	1900–2300 MW
Småhus med elvärme	2000–2400 MW
Köpcentrum	40–50 MW
Kontor	140 MW
Skolor	10–20 MW
Total potential	Cirka 4000–4500 MW

Olika typer av efterfrågeflexibilitet

Det finns olika typer av efterfrågeflexibilitet som är viktiga att skilja mellan. En är industrins effektreduktioner som sker som en följd av industrins elpriskänslighet. När industriföretag anser att elpriset orsakar för höga rörliga kostnader i produktionen drar de ner på lasten, oftast genom att stänga av elkrävande produktionsprocesser under en viss tid. En del av både den tekniska och ekonomiska potentialen för denna typ av efterfrågeflexibilitet utnyttjas redan idag som en del av effektreserven, vilket har bidragit till att den ofta hamnar i fokus när efterfrågeflexibilitet mer generellt diskuteras.

Potentialen för en annan typ av efterfrågeflexibilitet är dock lika stor, nämligen förflyttande av värmelasten i eluppvärmda småhus under några timmar. Sådan last kan kallas för återvändande last i och med att effektbehovet som följer efter effektreduktionen är högre än den genomsnittliga efterfrågan. Man måste alltså "ta igen" den effektreduktion som gjorts. I och med att elvärmekunderna flyttar sin värmelast mellan näraliggande tidsperioder är det den relativa prisskillnaden, inte den absoluta prisnivån, som skapar det ekonomiska incitamentet för laststyrningen. Förutsättningen för elvärmekundernas efterfrågeflexibilitet är smarta elnät, som här definieras som en utökad användning av IT i kraftsystemet så att infrastrukturen kan användas närmare sin tekniska förmåga. Idag kan av olika skäl inte den tekniska och ekonomiska potentialen för hushållens efterfrågeflexibilitet realiseras fullt ut, men i längre tidsperspektiv är denna potential högst relevant som en del av lösningen för att möta kraftsystemets balanseringsbehov.

I ett längre tidsperspektiv kan även en tredje typ av efterfrågeflexibilitet bli aktuell, nämligen förflyttning av last genom att exempelvis anpassa tiden för elbilsaddning eller för användningen av hushållsapparater utifrån prisskillnader mellan olika tidpunkter. Denna potential kräver sannolikt en utökad användning av IT i kraftsystemet liksom automatiserade lösningar för att realiseras. Denna förflyttning av last är också möjlig under enbart några timmar, men till skillnad från värmelasten är den inte återvändande. Det handlar dock endast om att flytta lasten i tiden, från tider med högre pris till tider med lägre pris. Energibehovet sett över en längre period är alltså oförändrat.

Som det påpekas ovan, kan de olika typerna av efterfrågeflexibilitet användas för att utjämna efterfrågan över kortare tidsperioder och därmed bidra till balansering av kraftsystemet. Eftersom efterfrågeflexibiliteten inte är uthållig under längre tidsperioder kan den inte jämföras med produktionsresurser: Här skiljer sig efterfrågeflexibilitet även från energilagring som är oberoende av lasten och kan användas över längre tidsperioder. Fortfarande idag är olika lagringsteknologier under utveckling både gällande dess tekniska och ekonomiska prestanda och konkurrerar inte med efterfrågeflexibilitet i ekonomiska termer.

prisnivåer, hushållskunder på relativa prisskillnader mellan de perioder lasten förflyttas från och till. Det är därför viktigt att tariffstrukturer är utformade på ett sätt som ger tillräckliga incitament för effektreduktioner, men som också är utformade på ett sätt som möjliggör att de ekonomiska incitamenten för de olika kundkategorierna sammanfaller

De tekniska möjligheterna finns alltså för att genom efterfrågeflexibilitet påverka eleffektbehoven. Utmaningen är att hitta metoder och affärsmodeller för att realisera möjligheterna eftersom de ekonomiska incitamenten för de enskilda kunderna i många fall är jämförelsevis små.

Litteraturförteckning

Nedan anges de viktigaste referenserna för rapportens statistikunderlag och analyser.

European Commission (2008), *EU energy and transport trends to 2030, Update 2007*, European Commission, Brussels, 2008.

European Commission (2011), *Energy Efficiency Plan 2011*, SEC (2011) 277 final, European Commission, Brussels, 2011.

European Commission (2014a), *Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030 Framework for climate and energy policy*, COM (2014) 520 final, European Commission, Brussels, 2014.

European Commission (2014b), *EU energy, transport and ghg emissions trends to 2050, Reference Scenario 2013*, European Commission, Brussels, 2014.

Eurostat Statistics Database (2015), <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, Eurostat, Luxembourg, 2015:

- Final energy demand and Primary energy demand (table: nrg_100a) http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?wai=true&dataset=nrg_100a
- GDP and main components – volumes (table: nama_gdp_k) http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama_gdp_k&lang=en
- Supply, transformation and consumption of electricity – annual data (table: nrg_105a) http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_105a&lang=en

The Maddison-Project database (2013), <http://www.ggd.net/maddison/maddison-project/home.htm>, 2013 version, University of Groningen, Groningen.

The World bank database (2015), <http://data.worldbank.org/indicator>, The World Bank Group.

Elforsk (2013), *Efterfrågeflexibilitet på en energy only-marknad, Budgivning, nättariffer och avtal*. Elforsk rapport 13:95, Stockholm, 2013

NEPP – North European Power Perspectives (2013a): *Förutsättningar och drivkrafter för olika typer av elkunder att justera förbrukningsmönster och minska sin elförbrukning idag och i framtiden*, www.nepp.se, rapport till samordningsrådet för smarta elnät, 2013.

NEPP – North European Power Perspectives (2013b): *Utmaningar som det svenska elnätet står inför*, www.nepp.se, rapport till samordningsrådet för smarta elnät, 2013.

NEPP – North European Power Perspectives (2014a), *Reglering av ett framtida svenskt kraftsystem*, www.nepp.se, NEPP-rapport, 2014.

NEPP – North European Power Perspectives (2014b): *Analysera effekten av olika förändringar i regelverk, rollfördelning och marknadsmodeller som kan bidra till att utnyttja möjligheterna till efterfrågeflexibilitet bättre*, www.nepp.se, rapport till samordningsrådet för smarta elnät, 2014.

NEPP – North European Power Perspectives (2015a), *Elsystemets utveckling i Sverige, Norden och Europa*, www.nepp.se, NEPP-rapport, 2015.

NEPP – North European Power Perspectives (2015b), *Elanvändningen i Sverige 2030 och 2050*, www.nepp.se, NEPP-rapport, 2015.

Sköldberg, H., et. Al. (2014), *Värmemarknaden i Sverige – en samlad bild*, slutrapport, www.varmemarknad.se, Mölndal, 2014

Statens Energimyndighet (2009, 2014, 2015), *Energiläget i siffror, utgåvorna 2009, 2014 och 2015*, Eskilstuna.

Statistiska Centralbyråns databas (2015), <http://www.scb.se>, Stockholm, 2015:

- Befolkning: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/
- Hushåll och lokaler: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Boende-byg-gande-och-bebyggelse/
- Hushållens ekonomi: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Hushallens-ekonomi/
- BNP m.m.: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Nationalrakenskaper/

Statistiska Centralbyråns (2015b), *Sveriges framtida befolkning 2015–2060*, Demografiska rapporter 2015:2, Statistiska Centralbyrån, Stockholm

Svenska Kraftnät (2015): *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden vintrarna 2014/2015 och 2015/2016*, Stockholm, 2015

Projektet har även haft tillgång till de omfattande interna databaser som NEPP:s forskargrupper löpande uppdaterar och dokumenterar i sin forsknings- och utredningsverksamhet. Det gäller främst databaser på Profu, Sweco och Chalmers. Därutöver har projektet genomfört workshops, bl.a. med industrins branschexperter, i syfte att nå specifika statistikuppgifter och prognoser.



KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN

i samarbete med

ABB

e-on

 **Energimyndigheten**

 **Fortum**

 **IFMETALL**

 **INDUSTRIRÅDET**



SIEMENS

SKGS

**SVENSKO
energi**

 **Svensk Fjärrvärme**

 **SVENSKA
KRAFTNÄT**

 **SVENSKT NÄRINGSLIV**

 **Sveriges Ingenjörer**

**swede
gas**

 **Teknikföretagen**

VATTENFALL 

 **TORSK**