



Framtidens elanvändning

En delrapport

IVA-projektet *Vägval el*

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.

Utgivare: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2016
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.

PROJEKTRAPPORT (IVA-M): En projektrapport summerar en betydande del av ett projekt. Projektrapporter kan vara en delrapport eller en slutrapport. En slutrapport kan bygga på flera delrapporter. Projektrapporter innehåller en faktabaserad analys, observationer och diskuterar konsekvenser. Slutrapporter innehåller tydliga slutsatser och prioriterade policyrekommendationer. En delrapport är ofta resultatet från en arbetsgrupps insats. Delrapporter innehåller endast begränsade slutsatser och policyrekommendationer. Projektets styrgrupp godkänner alla projektrapporter för publicering och dessa sakgranskas av IVA för att garantera vetenskaplighet och kvalitet.

IVA-M 461
ISSN: 1102-8254
ISBN: 978-91-7082-908-6

Författare: Anna Liljeblad, WSP
Projektledare: Jan Nordling, IVA
Redaktör: Camilla Koebe, IVA
Layout: Anna Lindberg & Pelle Isaksson, IVA

Denna rapport finns att ladda ned som pdf-fil
via IVAS hemsida www.iva.se

Förord

IVAs projekt Vägval el undersöker hur elsystemet skulle kunna se ut i tidsperspektivet 2030 till 2050 och vilka alternativa vägval det finns. En viktig utgångspunkt är hur behovet av el kommer att utvecklas, både gällande energi och effekt, samt hur kunderna kan komma att agera på framtidens marknad. Det är den fråga som Arbetsgruppen för elanvändning har fått i uppgift att besvara och vi har närmat oss frågan med ödmjukhet.

Vi har haft tre viktiga utgångspunkter i vårt arbete:

- El är en effektiv energibärare. En ökad grad av elektrifiering ger möjlighet till en effektivare energianvändning och minskad klimatpåverkan. Klimatneutral el gör elsystemet till ett viktigt verktyg i klimatarbetet.
- Stabil tillgång till el med lågt pris gynnar Sverige. Den relativa kostnaden för el har varit och kommer även framåt att vara viktig för Sveriges konkurrenskraft.
- Företagens ständiga förbättringsarbete för effektivare produktion och smartare produkter leder tillsammans med ekonomisk och strukturell utveckling till effektivare energianvändning. Rätt utformade styrmedel för energieffektivitet bidrar till att få bort dåliga produkter från marknaden och stimulera utveckling och implementering av nya och bättre lösningar.

Hur fångas framtiden? Det är givet att vi inte kan ge alla svar, men vår ambition har varit att peka på ett antal viktiga faktorer som kommer att påverka framtidens elanvändning, och hur detta sammantaget påverkar den totala elanvändningen i Sverige. Vi kan dock inte fånga det oväntade. Tekniksprång och disruptiva tekniker är något som till sin natur inte låter sig förutsägas.

Stockholm januari 2016

Arbetsgruppen för elanvändning:

Maria Sunér Fleming, Svenskt Näringsliv (ordförande)

Anna Liljeblad, WSP (delprojektledare)

Charlotte Bergqvist, Power Circle

Tomas Björnsson, Vattenfall

Thomas Björkman, Energimyndigheten

Maria Brogren, Sveriges Byggindustrier

Bo Dahlbom, Sustainable Innovation

Tomas Hallén, IVA

Tomas Hirsch, SSAB

Stefan Montin, Energiforsk

Lina Palm, SCA

Göran Persson, Siemens



Innehåll

1. Slutsatser och sammanfattning	7
Centrala faktorer för elanvändningens utveckling.....	7
Bedömning av framtida elanvändning (Energi)	7
Bedömning av framtida elanvändning (Effekt).....	8
Viktiga observationer.....	8
2. Inledning	10
3. Elanvändningens utveckling fram till idag.....	13
Elanvändningen i bostads- och servicesektorn	15
Elanvändningen i industrisektorn	17
Elanvändningen i transportsektorn.....	19
Övrig elanvändning	21
4. Centrala faktorer för elanvändningens utveckling	23
Ekonomisk utveckling.....	23
Befolkningsutveckling.....	25
Teknikutveckling	26
Politiska beslut och styrmedel	30
5. Elanvändningen bortom 2030.....	33
Elanvändningen i bostads- och servicesektorn bortom 2030.....	33
Elanvändningen i industrin bortom 2030.....	34
Elanvändningen i transportsektorn bortom 2030	36
Samlad bedömning av elanvändningen bortom 2030.....	38
6. Sveriges effektbehov.....	41
Dagens effektbehov.....	41
Framtida effektbehov	42
Potentialen i ökad efterfrågeflexibilitet.....	43
Sammanfattande bedömning effekt och efterfrågeflexibilitet	46
7. Bilaga	47
Fotnoter	47
Litteraturlista.....	48



I. Slutsatser och sammanfattning

Många funktioner vi idag tar för givna, som sjukvård, kommunikation och internet, skulle inte vara möjliga utan el. El är en avgörande förutsättning för dagens moderna samhälle.

Elanvändningen i Sverige har legat konstant kring 130–140 TWh, exklusive förluster, de senaste 25 åren. Dessförinnan ökade användningen med cirka 4–5 procent per år från en nivå på 60 TWh år 1970. År 2013 var den totala elanvändningen nästan 130 TWh, exklusive förluster, där den största användningen var koncentrerad till södra Sverige.

Med högre krav på minskade utsläpp av växthusgaser kan el komma att spela en viktig roll för att ersätta fossila energibärare. Samtidigt digitaliseras samhället och IT-användandet ökar snabbt, vilket kräver mer el.

Att göra prognoser för framtidens elanvändning är inte enkelt. Tidigare prognoser och scenarier visar god träffsäkerhet inom 10–15 år, men de har allt sämre träffsäkerhet på 30–35 års sikt. Denna rapport belyser vilka faktorer som kan påverka den framtida elanvändningen med avseende på energi och effekt i Sverige i tidsperspektivet 2030 till 2050. Rapporten syftar till att visa hur elanvändningen kan komma att förändras baserat på vilken utveckling som sker i Sverige och i omvärlden.

CENTRALA FAKTORER FÖR ELANVÄNDNINGENS UTVECKLING

Storleken på den framtida elanvändningen i Sverige beror på ett stort antal faktorer. De som bedöms ha störst betydelse kan grupperas enligt följande:

- **Ekonomisk utveckling** – inklusive näringslivets utveckling och strukturomvandling.
- **Befolkningsutveckling** – stor osäkerhet i bedömningen av antalet invånare i Sverige 2050.
- **Teknikutveckling** – i form av kontinuerliga förbättringar och teknikgenombrott.
- **Politiska beslut och styrmedel** – kan direkt och indirekt påverka framtidens elanvändning.

I Tabell 1 visas olika företeelser inom dessa områden och vilken påverkan det kan ha på den framtida elanvändningen.

BEDÖMNING AV FRAMTIDA ELANVÄNDNING (ENERGI)

Bedömningen av framtidens elanvändning i tidsperspektivet 2030 till 2050 uppskattas till totalt 128–165 TWh, exklusive förluster.

Bedömningen grundar sig på att kraven på klimatneutralitet och resurseffektivitet kommer att öka i samhället, vilket kommer att bidra till en ökad elektrifiering. Sveriges befolkning kommer vara nästan 11,4 miljoner 2030 och närmare 12,5 miljoner år 2050. Fler bostäder, mer service och bättre komfort kommer att efterfrågas, vilket ökar efterfrågan på el. Samtidigt kommer ökningen att motverkas av energieffektivisering genom teknikutveckling och politiska initiativ. Sveriges komparativa fördelar, som inhemska råvaror och teknisk spetskompetens, kommer fortsatt ge goda möjligheter för industriproduktion i landet. Bedömningen grundar sig även på

att miljöhänsyn, både klimat och andra miljöfrågor, samt hälsorelaterade frågor som luftkvalitet och buller i stadsmiljö, kommer att vara viktiga drivkrafter bortom 2030. Därmed antas att fordonsmarknaden kommer att drivas mot en riktning som minskar såväl klimatutsläppen som andra miljörelaterade utsläpp, och att eldrivna fordon därmed kommer vara en tydlig del av lösningen.

BEDÖMNING AV FRAMTIDA ELANVÄNDNING (EFFEKT)

Kundernas förväntningar på hög leveranssäkerhet och god elkvalitet kommer att vara fortsatt höga. Många av det moderna samhällets nya elektrifierade funktioner, exempelvis inom IT-sektorn, industrin och sjukvården, är alltmer elberoende. Tillgången på el måste även i framtiden kunna möta efterfrågan, och effektbehovet blir då centralt att hantera.

Under 2014 varierade effektbehovet i Sverige mellan cirka 8 500 MWh/h och 25 000 MWh/h. Det var dock endast under cirka 200 timmar som behovet översteg 20 000 MW. Effektbehovets variation över året och dygnet drivs till stor del av hushållens energianvändning och då framförallt av el för uppvärmning, som bidrar med en topplasteffekt på cirka 7 000 MW (normalår) eller 8 000 MW (20-årsvinter). Effektbehovet i transportsektorn och industrin är relativt konstant över året, givet att industriproduktion och transporter sker året runt samt till stor del även dygnet runt.

Med antagande att eleffektbehovet förändras proportionellt mot elanvändningen kommer maxeffektbehovet uppgå till **23 600–28 700 MW**, exklusive distributionsförluster, bortom 2030. Det baseras på att elanvändningen uppskattas till **128–165 TWh**, exklusive förluster. Minskar elanvändningen för uppvärmning, antas även effektbehovet vintertid minska något. Säsongsvariationer i efterfrågan, drivet av bland annat värmebehovet, kommer att finnas även i framtiden och nya förbrukningsmönster kan uppkomma, exempelvis drivet av en elektrifierad transportsektor eller ökat antal data-center.

Det finns potential till ökad efterfrågeflexibilitet både i industrin och hos privatkonsumenter. Dock endast om det inte kräver påtagliga uppoffringar vad gäller komfort hos privatkunder eller undantar möjligheter att bedriva huvudprocessen inom näringslivet. Efterfrågeflexibiliteten är inte uthållig under längre tidsperioder och kan därmed inte jämföras med produktionsresurser.

Potentialen för **efterfrågeflexibilitet i systemet bedöms vara 3000–4500 MW**, men med olika karaktär vad gäller uthållighet och hur ofta den finns tillgänglig, vilka tekniska lösningar (exempelvis med lokala energilager) samt vilka incitament och prissignaler som krävs för att den ska realiseras. Vidare analys av detta krävs.

VIKTIGA OBSERVATIONER

Det är svårt att prognostisera den framtida elanvändningen och flera scenarier är tänkbara. Utvecklingen kommer att påverkas av ej direkt påverkbara faktorer såsom befolkningsökning, global teknikutveckling och ekonomisk tillväxt. Det finns dock några slutliga observationer som är viktiga att belysa:

- För att främja energieffektivisering tycks en fortsatt ekonomisk tillväxt vara viktig. Det är delvis genom investeringar av hushåll såväl som industrin som tidigare effektiviseringar har skett, och dessa investeringar har historiskt skett främst under perioder av högre tillväxt.
- En elektrifiering av transportsektorn kan ge betydande klimat- och miljönytta och bidra till stor energieffektivisering i samhället, då el direkt ersätter fossila bränslen och elmotorer har en betydligt högre verkningsgrad än förbränningsmotorer. Det kan förväntas att detta har en viktig påverkan på Sveriges elanvändning och på effektbehovet över dygnet.
- Hur Sveriges värmebehov möts i framtiden har påverkan på den framtida efterfrågan på el, inte minst på de stora säsongsvariationerna och effekttopparna under vintern. Det ska dock betonas att el, exempelvis genom att

driva värmepumpar, kan fylla en viktig roll även i framtiden.

- Sverige har goda förutsättningar för en elförsörjning med låg klimat- och miljöpåverkan. Den absoluta användningen är av samma direkta vikt som behovet av maxeffekt, vilket är det som styr dimensioneringen av elsystemet. Det kan således vara av nytta att uppmuntra beteenden som kan reducera maxeffektbehovet, och på så vis permanent reducera effektoppar, särskilt som dessa effektoppar endast uppstår ett fåtal timmar om året. Det leder i längden till en lägre kostnad för konsumenten.

- Det finns naturliga och beteendemässiga förklaringar till varför efterfrågeprofilen över dygn, veckor och säsonger ser ut som den gör; vi lagar mat vid middagstid, sätter på värmen då det är kallt och tänder lampor då det är mörkt. En stor teknisk potential finns dock för att, utan påverkan på komfort, styra och flytta efterfrågan (efterfrågefleksibilitet) från timmar av höglast och därmed reducera de högsta effektopparna. Således kan användningsmönster komma att se annorlunda ut i framtiden än idag. Detta kan ytterligare förstärkas av lagringstekniker som kostnadseffektivt kan jämna ut efterfrågeprofilen över dygnet.

Tabell 1: Olika företalers påverkan på den framtida elanvändningen i Sverige.

Företeelse	Förändring 2030–2050
Ökad befolkning med en miljon personer	Ökar 8–11 TWh ¹
Fullständig elektrifiering av transportsektorn	Ökar cirka 13 TWh
Utfasning av all mekanisk massproduktion (~2 TWh per bruk)	Minskar cirka 10 TWh
Storskalig CCS	Ökar 2–5 TWh
Total elektrifiering av stålindustrin	Ökar 15–20 TWh
Storskalig etablering av datacenterverksamhet	Ökar 6–10 ² TWh

Tabell 2: Samlad bedömning av den framtida elanvändningen, exklusive distributionsförluster, bortom 2030 uppdelat per sektor.

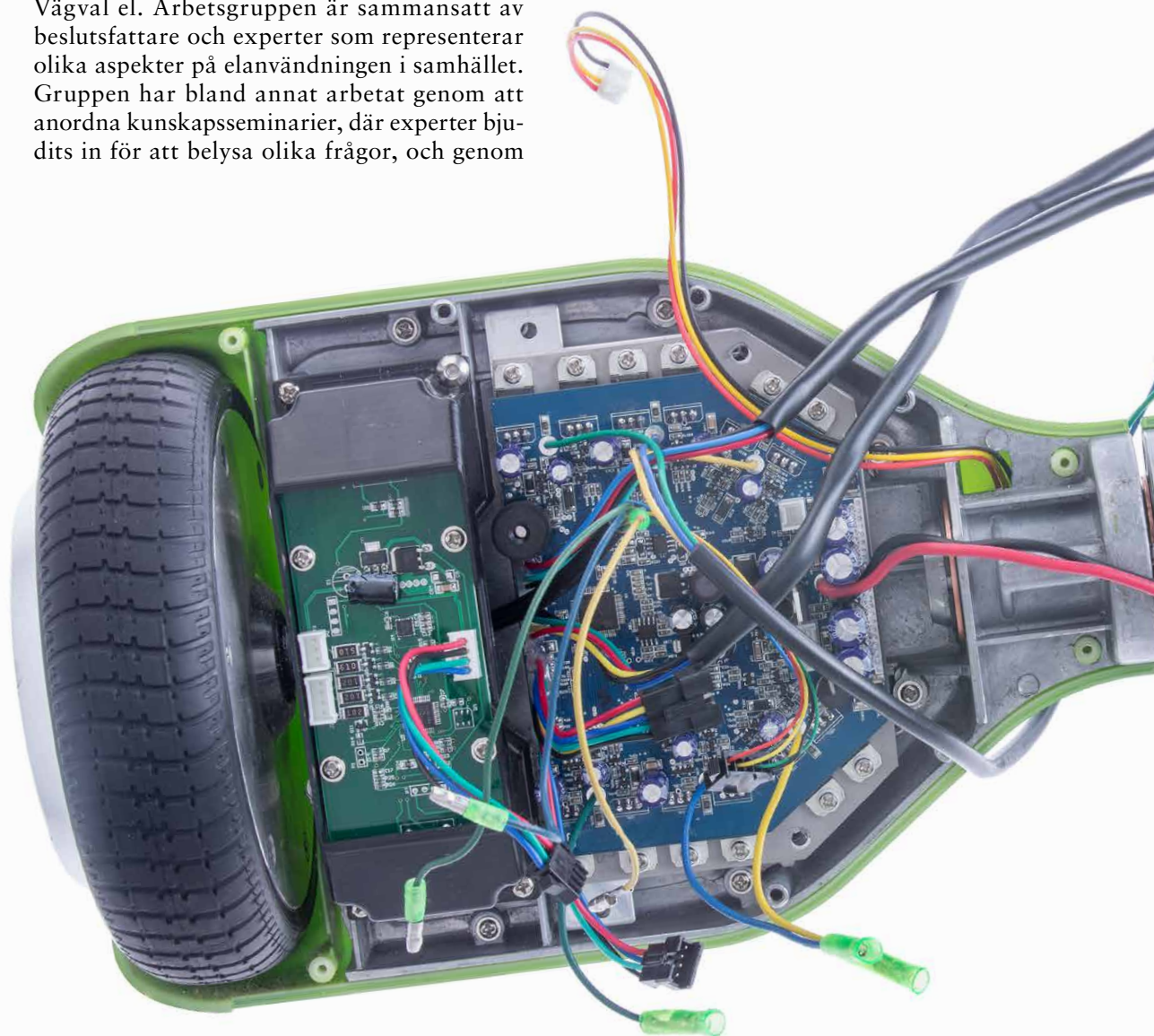
Sektor	Dagens elanvändning 2013 [TWh]	Bedömd elanvändning bortom 2030 [TWh]
Bostads- och service	71	65–85
Industri ³ (inkl. serverhallar)	51	50–60
Transporter	3	10–16
Övrig elanvändning ⁴	4	3–4
Totalt	129	128–165

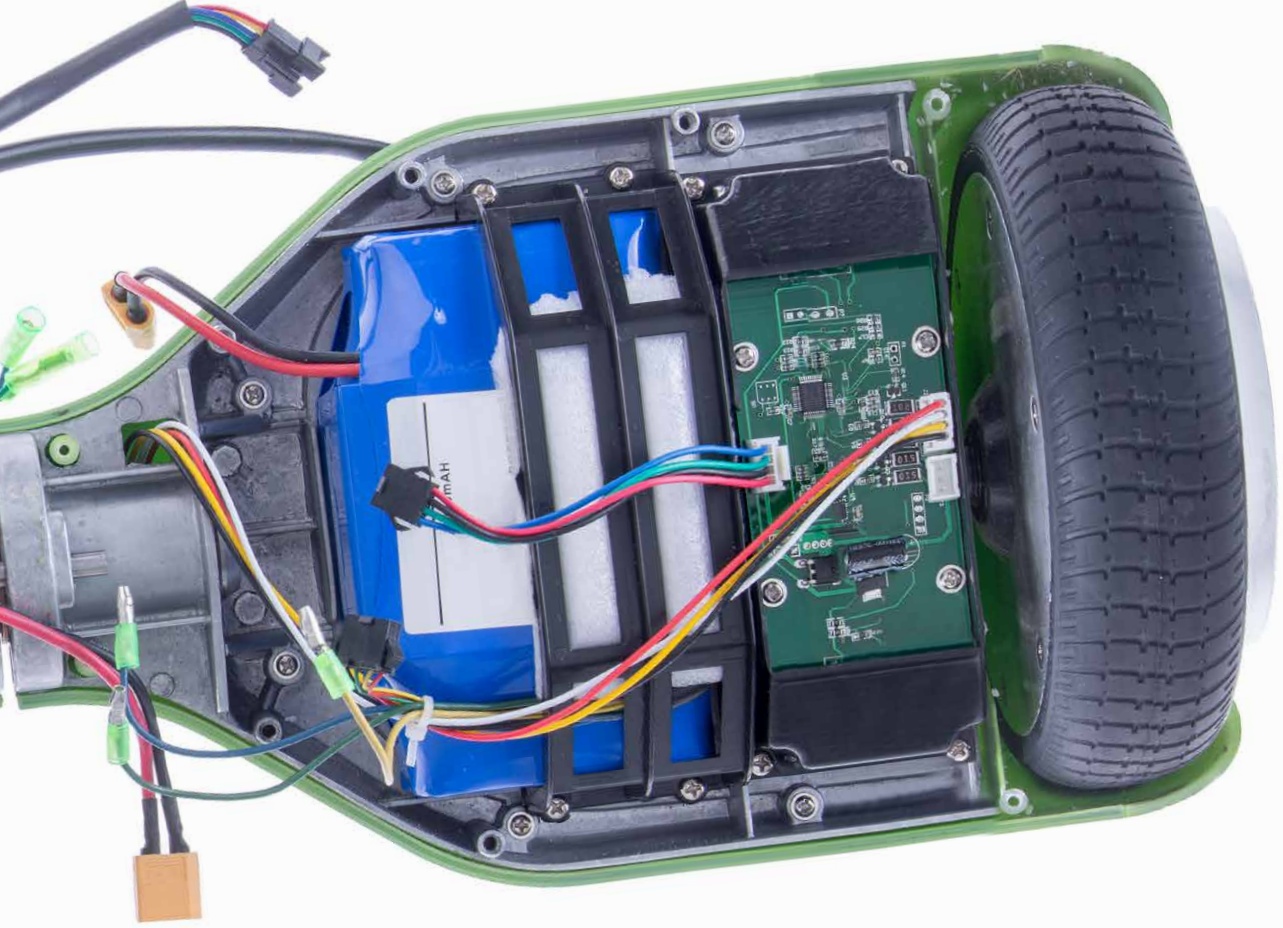
2. Inledning

Denna rapport belyser vilka faktorer som kan påverka den framtida elanvändningen i Sverige i tidsperspektivet 2030 till 2050, både vad gäller energi och effekt. Rapporten syftar till att visa hur elanvändningen kan komma att förändras baserat på vilken utveckling som sker i Sverige och i omvärlden.

Rapporten är framtagen av Arbetsgruppen elanvändning inom ramen för IVAs projekt Vägval el. Arbetsgruppen är sammansatt av beslutsfattare och experter som representerar olika aspekter på elanvändningen i samhället. Gruppen har bland annat arbetat genom att anordna kunskapsseminarier, där experter bjudits in för att belysa olika frågor, och genom

att samla in kunskapsunderlag, däribland en specialbeställd studie från forskningsprojektet North European Power Perspectives (NEPP) *Scenarier för framtidens elanvändning* som analyserar vad som påverkar den framtida elanvändningen. Utöver detta har arbetsgruppen haft cirka tio heldagarsmöten där relevanta frågeställningar diskuterats och analyserats.





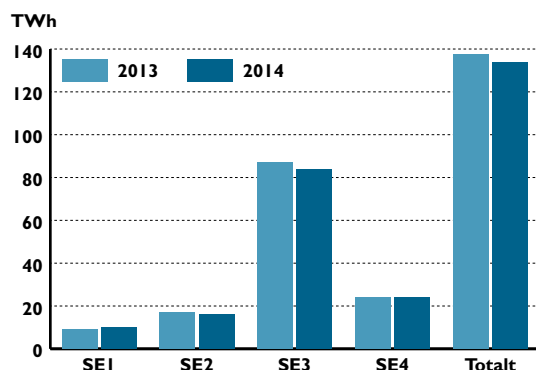


3. Elanvändningens utveckling fram till idag

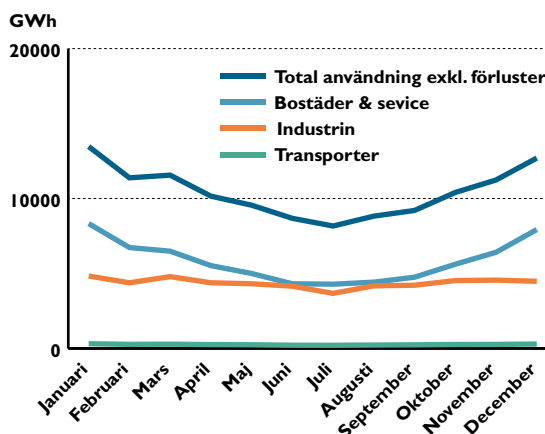
2013 uppgick den totala svenska elanvändningen till nästan 130 TWh, exklusive förluster. Över 60 procent av användningen är koncentrerad till södra Sverige i de tätbefolkade områdena i elområde 3, se Figur 1 (SCB, 2015). Utslaget per person är elanvändningen i Sverige relativt hög jämfört med i andra länder, dels på grund av det geografiska läget med kalla vintrar och hög användning av el för uppvärmning, och dels på grund av att Sverige har en stor elintensiv industri. Elanvändningen brukar delas in i sektorerna industri, bostäder och service samt transporter, där användningen över året varierar, se Figur 2. Det förklaras bland annat av det ökade behovet för uppvärmning och belysning vintertid.

Elanvändningen i Sverige har varit relativt konstant kring 130–140 TWh, exklusive förluster, de senaste 25 åren. Dessförinnan ökade elanvändningen med cirka 4–5 procent per år från en nivå på 60 TWh år 1970, se Figur 3. Under en period i början av 1980-talet skedde en mycket kraftig ökning av elanvändningen. Det var bland annat en reaktion på den kraftiga oljeprisuppgången som följde oljekriserna under 1970-talet, samtidigt som det skedde en snabb utbyggnad av kärnkraft som gav ett överskott på el. Detta, tillsammans med att elvärme premierades av staten, gav en stor övergång från olja till el i uppvärmningssektorn (Boverket, 2003). En annan viktig förklaring till den ökade elanvändningen

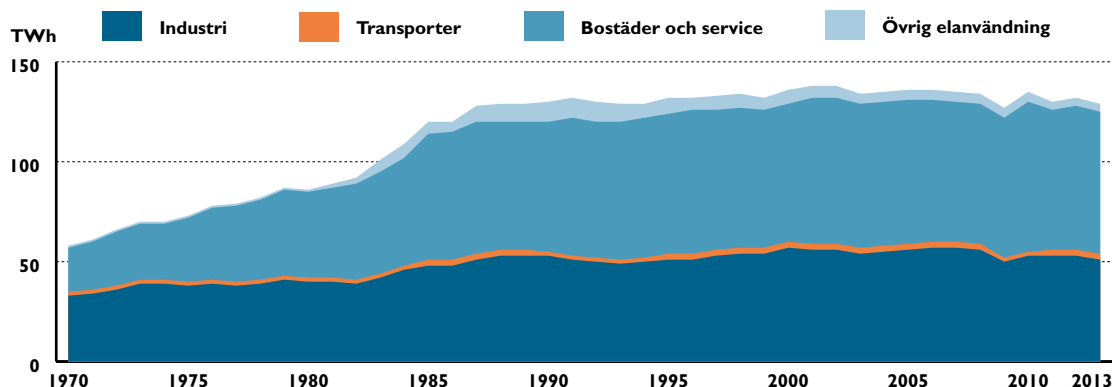
Figur 1: Årlig elanvändning fördelat på de fyra elområdena (Nord Pool Spot, 2015).



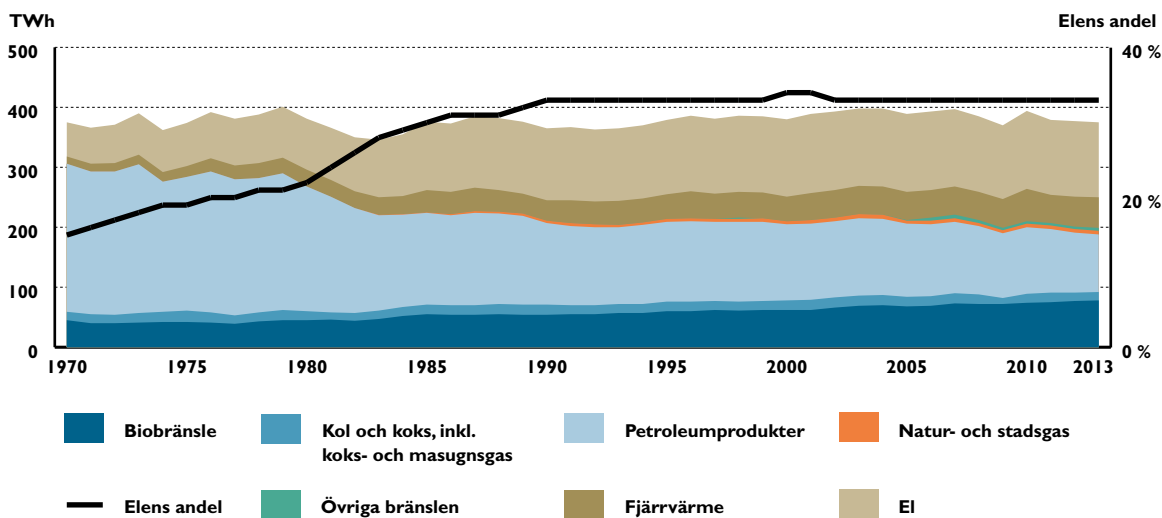
Figur 2: Månatlig elanvändning i respektive sektor under 2014 (SCB, 2015).



Figur 3: Sveriges elanvändning uppdelat per sektor 1970–2013, exkl. förluster. Till övrig elanvändning hör den el som används i raffinaderier och för fjärrvärmeproduktion (Energimyndigheten, 2015a).



Figur 4: Sveriges slutliga energianvändning uppdelat per energibärare samt elns andel av den totala energianvändningen 1970–2013 (Energimyndigheten, 2015a).



var ökad produktion i basindustrin (Sköldberg, et al., 2006:05).

Utvecklingen av elanvändningen mellan 1990 och idag skiljer sig markant från utvecklingen 1970–1990. Det beror på ett antal olika faktorer, vilket diskuteras mer ingående under respektive sektor.

Elens andel av den totala energianvändningen i Sverige har ökat, från 15 procent år 1970 till 33 procent år 2013, se Figur 4. Samma trend kan för övrigt ses i hela Norden.

ELANVÄNDNINGEN I BOSTADS- OCH SERVICESEKTORN

Till sektorn bostäder och service hör bostäder, verksamhet i lokaler, areella näringar⁵ och övrig service⁶ samt tjänstenäringen. Elanvändningen i sektorn bostäder och service är intimt kopplad till den totala energianvändningen i sektorn, särskilt vad gäller energi för uppvärmning och varmvatten. Därför behöver elanvändningen diskuteras mot bakgrund av sektorns totala energibehov. Figur 5 visar sektorns energianvändning sedan 1970, fördelad på olika energibärare. Av figuren framgår att vissa energibärare, till exempel olja, fasats ut och ersatts av andra, till exempel el och fjärrvärme.

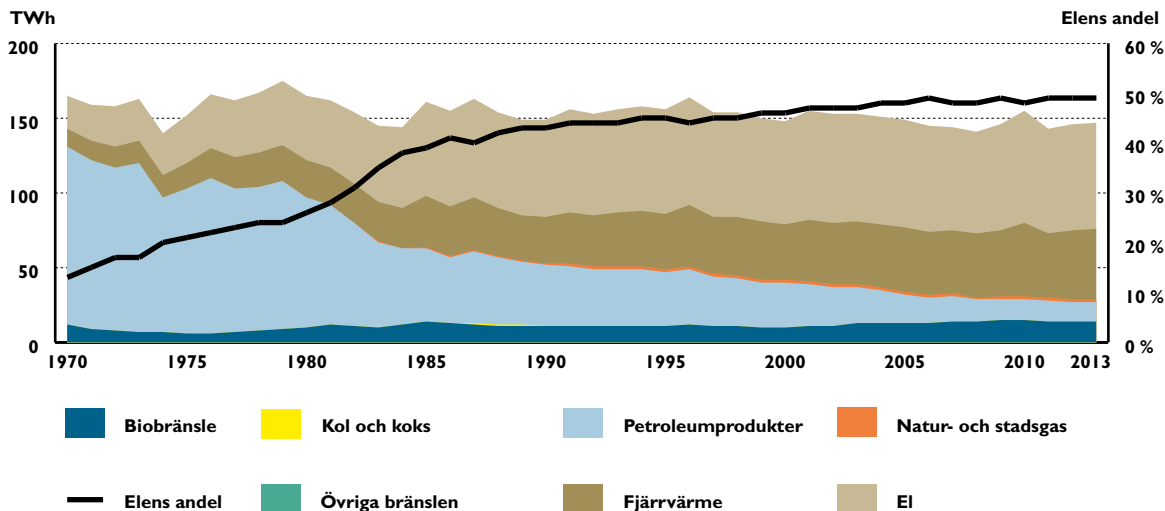
Elanvändningen i bostads- och servicesektorn var drygt 70 TWh år 2013. Användningen i sektorn ökade stadigt från 1970-talet till mitten på 1990-talet. Därefter har elanvändningen varit relativt konstant kring dagens nivå på 70 TWh. Figur 6 visar den totala temperaturkorrigerade⁷ elanvändningen i sektorn, uppdelad på el till uppvärmning, hushållsel och driftel (fastighetsel

och verksamhetsel). I den offentliga statistiken ingår även elanvändningen i så kallade datacenterverksamheter i sektorn service. Dessa ingår i den så kallade IT-sektorn som spänner över flera sektorer.

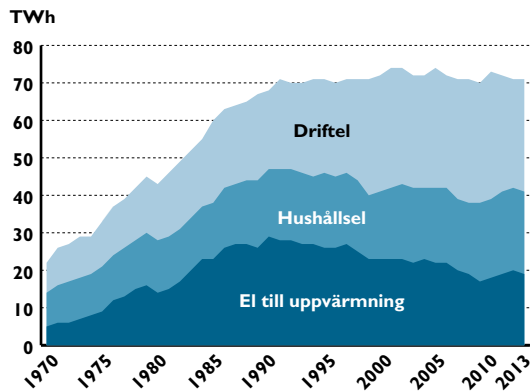
Definition: Med hushållsel avses den el som används av hushållen i bostäderna, exempelvis för elapparater som TV, belysning, kylskåp och så vidare. För ett flerbostadshus är hushållselen den el som används i lägenheterna medan den el som används för trapphusbelysning, fläktar, pumpar etcetera beskrivs som fastighetsel och återfinns i statistiken för driftel.

Användningen av hushållsel har mer än fördubblats sedan 1970, från 9 TWh till nästan 22 TWh 2013. Användningen per person och år har ökat med mer än 75 procent sedan 1970. Ökningstakten har dock minskat under de senaste åren, se Figur 7. Ökningen förklaras bland annat av att antalet hushåll ökat (från drygt 3 miljoner (SCB, 1977) 1970 till nästan 4,8 miljoner idag (SCB, 2015)) och att hushållen har fler

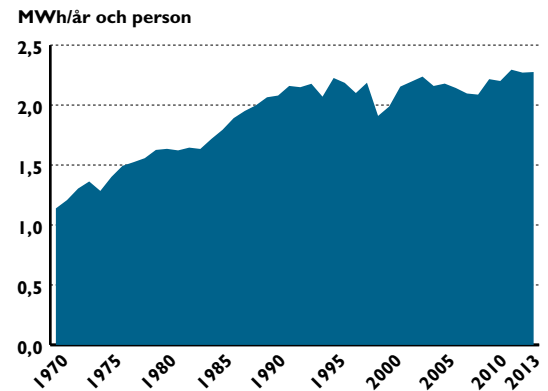
Figur 5: Historisk energianvändning i bostads- och servicesektorn samt elns andel av totala energianvändningen. (Energimyndigheten, 2015a).



Figur 6: Temperaturkorrigerad elanvändning i bostads- och servicesektorn 1970–2013 i TWh (Energimyndigheten, 2015a).



Figur 7: Användningen av hushållsel per person och år. (Energimyndigheten, 2015a), (SCB, 2015).



elektriska apparater. Ökningen motverkas, om än inte fullt ut av att apparaterna blir allt mer energieffektiva (Energimyndigheten, 2015a). Andra faktorer som påverkar användningen av hushållsel är befolkningsutvecklingen, hushållens ekonomi och areastandard, det vill säga boyta per person.

Definition: Driftel är en sammanslagning av fastighets- och verksamhetsel, där fastighetsel är den el som används i fasta installationer och system i byggnader som till exempel ventilation, hissar, rulltrappor och allmän belysning. Verksamhetsel är den el som används för verksamhet som bedrivs i byggnader, till exempel datorer, apparater och belysning över skrivbord och andra arbetsplatser (Energimyndigheten, 2015a).

Driftelen har ökat stadigt, från 8 TWh 1970 till drygt 30 TWh 2013. Det förklaras bland annat av att elanvändningen i servicenäringarna (som kontor, skolor, affärer, sjukhus) steg kraftigt under 1980-talet vilket berodde på en utbyggd service, standardhöjning av servicenäringarnas lokaler samt starkt ökat antal apparater, till exempel datorer, i servicen. Elanvändningen

inom servicesektorn har även ökat på grund av att tjänstenäringarna växt i omfattning under denna period.

På samma sätt som för hushållsel är det två motsatta trender som påverkar användningen av driftel. Utvecklingen går mot energieffektivare apparater, men både antalet apparater och antalet funktioner på många apparater ökar. Andra faktorer som påverkar användningen av driftel är bland annat Sveriges ekonomi, lokalareor, kontraktsformer och organisation av ägande (till exempel så kallade delade incitament⁸), fastighetsdrift samt standardhöjningar.

Definition: Elvärme är ett samlingsnamn för uppvärmningssystem som använder el. Dessa system kan vara av olika typer, till exempel direktverkande eller värmepumpsbaserade. Distributionen av värmen i byggnaden kan också ske på olika sätt, till exempel i form av direktverkande elradiatorer, elektrisk golvvärme, vattenburen golvvärme, vattenburet radiatorsystem och värme via tilluften.

Eftersom energianvändningen för uppvärmning påverkas av utomhustemperaturen kan det leda

till stora variationer mellan olika år. Användningen av elvärme ökade kraftigt från 5 TWh 1970 till nästan 30 TWh 1990. Anledningen var bland annat att det under perioden 1965 till 1980 byggdes ett stort antal småhus med direktverkande elvärme. Denna utveckling gick hand i hand med utbyggnaden av kärnkraften. För att minska oljeberoendet efter oljekriserna konverterades också ett stort antal småhus från oljepanna till elpanna under åren fram till 1990. Från 1990 har det skett ett trendbrott och elanvändningen har istället minskat. 2013 uppgick elanvändningen för uppvärmning till knappt 19 TWh. En av orsakerna till minskningen var att elpriserna tidigare var relativt höga, vilket gav incitament till att byta från direktverkande el till fjärrvärme, pellets eller värmepump (Energimyndigheten, 2015:08).

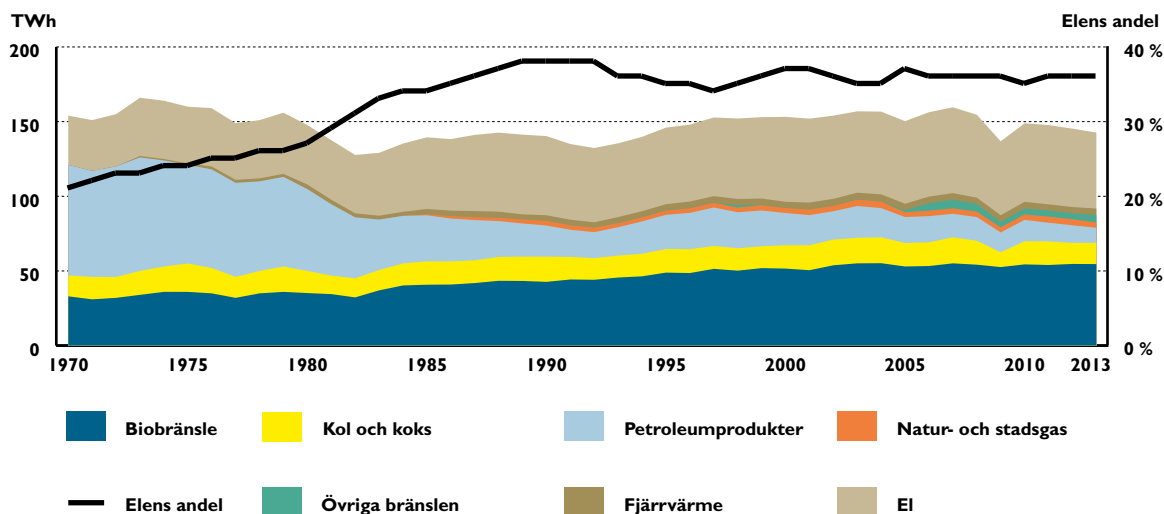
Avgörande faktorer för den framtida elanvändningen för uppvärmning är energieffektivisering i befintlig bebyggelse, befolkningsutvecklingen, byggreglernas krav på energiprestanda, nybyggnationens omfattning, politiska mål och styrmedel, utomhusklimatet samt fastighetsägarnas preferenser.

ELANVÄNDNINGEN I INDUSTRISEKTORN

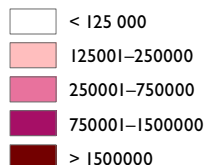
Energianvändningen i industrin har varit relativt konstant sedan 1970-talet, trots ökad industriproduktion. Det är ett resultat av både energieffektivisering och en successiv övergång från olja till el och biobränsle, se Figur 8.

Sveriges goda tillgång till råvaror i form av skog och järnmalm, samt relativt konkurrenskraftiga elpriser, har medverkat till en förhållandevis stor elintensiv industri. Fyra elintensiva branscher står för cirka 75 procent av industrins sammanlagda elanvändning; massa- och pappersindustrin, järn- och stålindustrin, den kemiska industrin samt gruvor och mineralutvinning. Elanvändning i industrisektorn uppgick 2013 till 51 TWh och har legat kring 50–55 TWh sedan slutet av 1980-talet (se Figur 10). Under 1970-talet inträffade två oljeprischocker vilket medförde en övergång från olja till bland annat el inom industrin. Den stora expansionen av elanvändningen inom industrin kom dock på 1980-talet och viktigt var här utbyggnaden av produktion av termomekanisk massa inom

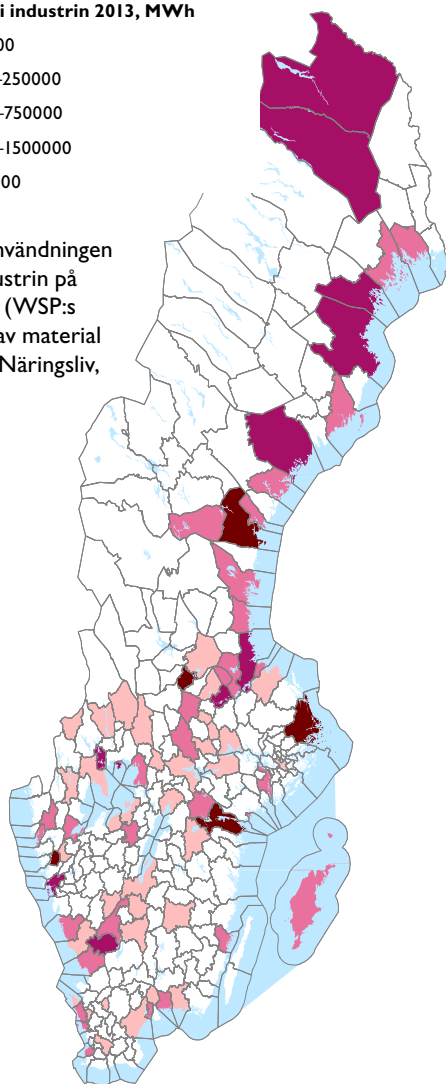
Figur 8: Historisk energianvändning i industrisektorn samt elns andel av den totala energianvändningen (Energimyndigheten, 2015a).



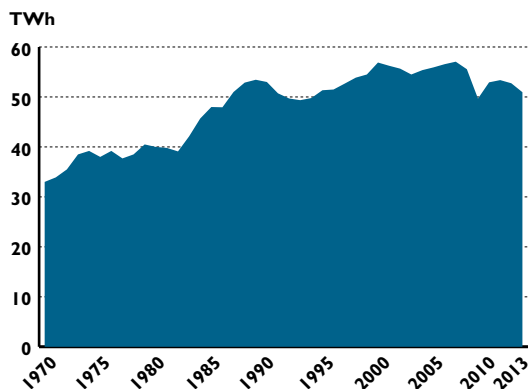
Elanvändning i industrin 2013, MWh



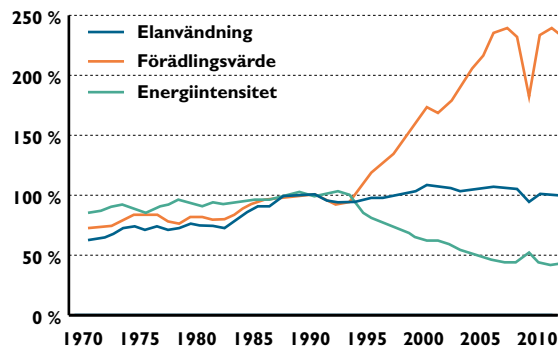
Figur 9: Elanvändningen (MWh) i industrin på kommunnivå (WSP:s bearbetning av material från Svenskt Näringsliv, 2015).



Figur 10: Industrins elanvändning år 1970 till 2013, TWh (Energimyndigheten, 2015a).



Figur 11: Industrins förädlingsvärde respektive elanvändning och energiintensitet⁹ (NEPP, 2015).

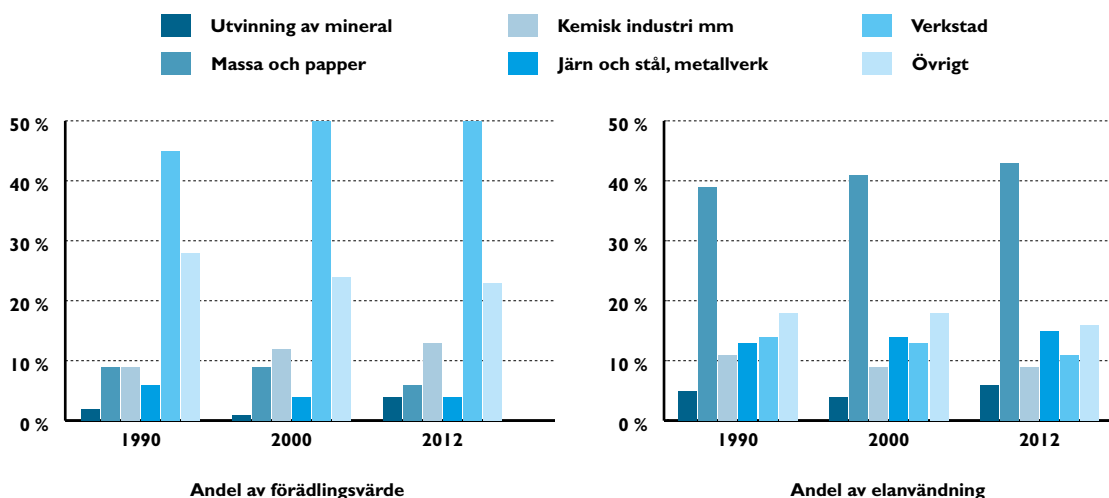


skogsindustrin. Den ökade elanvändningen förklaras även av en långvarig högkonjunktur. I början på 1990-talet minskade elanvändningen igen till följd av lågkonjunktur och strukturomvandling (Sköldberg, et al., 2006:05).

Fram till början av 1990-talet var industrins elanvändning tätt sammankopplad med dess förädlingsvärde. Från 1993 har dock industrins förädlingsvärde ökat markant samtidigt som produktionsvolymen mer än fördubblats. Trots detta har elanvändningen legat kvar på ungefär samma nivå som i början av 1990-talet, se

Figur 11. Det beror bland annat på att ett antal branscher (till exempel verkstads- och läkemedelsindustrin), som använder relativt lite el i förhållande till värdet av de varor och tjänster som de producerar, har vuxit kraftigt (se Figur 12). Dessutom har produktionen inom den elintensiva industrin blivit alltmer kunskapsintensiv. Även energieffektivisering av produktionsprocesserna och övergången mot ökad tjänsteproduktion har haft en påverkan. Det har minskat mängden energi som används per enhet. En del av energieffektiviseringen består av en övergång

Figur 12: Strukturförändringar inom industrin. Elanvändningen och förädlingsvärdet uppdelat på olika sektorer som andel av industrins totala elanvändning och förädlingsvärde (Data hämtat från (NEPP, 2015)).



från fossila bränslen till el, vilket å andra sidan ger en ökad elanvändning (SOU, 2015:87).

Faktorer som påverkar industrisektorns framtida elanvändning är bland annat ekonomisk utveckling, den branschvisa produktionsutvecklingen, förändringar av relativpriser mellan energibärare inklusive skatter och andra styrmedel, och på längre sikt teknisk förändring samt energieffektivisering. Eftersom fyra elintensiva branscher står för cirka 75 procent av industrins sammanlagda elanvändning kommer deras utveckling att ha stor betydelse för den framtida elanvändningen.

ELANVÄNDNINGEN I TRANSPORTSEKTORN

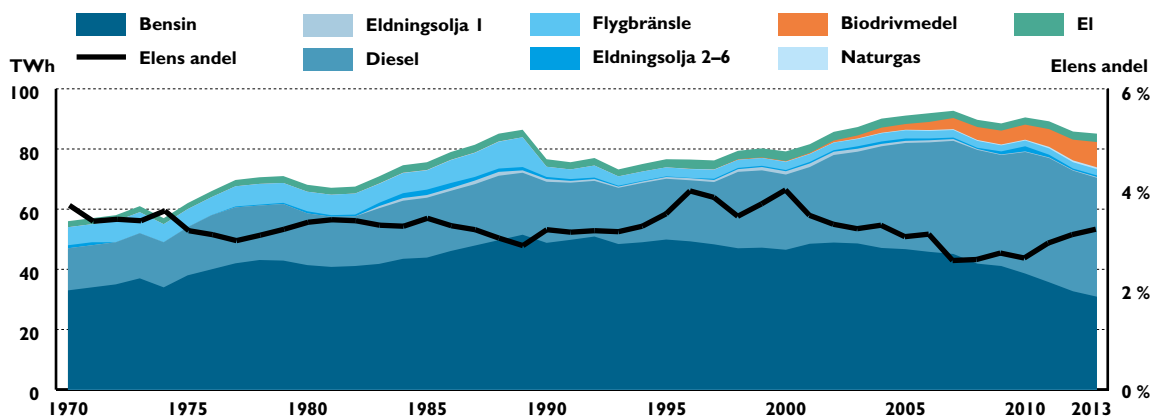
När bilen introducerades för lite drygt hundra år sedan var framdrivning med ånga, el och förbränningsmotor ungefär lika vanligt. När Henry Ford började bygga bilar med förbränningsmotor på löpande band blev de dock snabbt billigare och fick därmed ett försprång och började utvecklas parallellt med den framväxande oljeindustrin.

Förbränningsmotorn blev snart helt dominerande och idag är 90 procent av alla transporter beroende av olja (Chalmers, 2014:a).

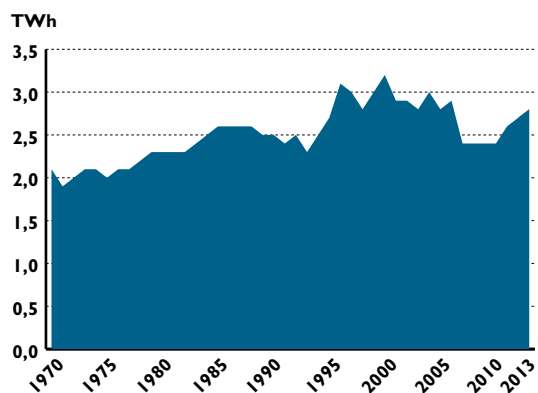
Elanvändningen inom transportsektorn uppgick 2013 till knappt 3 TWh, vilket utgör cirka 3 procent av den totala energianvändningen (85 TWh) i sektorn, se Figur 13. Den generella trenden inom transportsektorn sedan 1970-talet är att energianvändningen totalt ökar och nådde sitt högsta värde 2007 (92,8 TWh) (Energimyndigheten, 2015:08). Under de senaste åren har dock användningen minskat, vilket kan tyda på att trenden är på väg att brytas. Elanvändningen inom transportsektorn domineras idag helt av bantrafik (innefattar järnvägs-, tunnelbane- och spårvägstrafik), vilken under 2000-talet varierat från år till år, dock med relativt små variationer, se Figur 14.

Vid årsskiftet 2014/2015 fanns det nästan 4,6 miljoner personbilar i trafik. Laddbara personbilar (elbilar och laddhybrider) utgjorde knappt 1,5 procent (4 677 fordon) av nybilsförsäljningen under 2014, vilken uppgick till drygt 320 000 fordon. Antalet laddbara personbilar har dock ökat, från drygt 120 bilar år 2005 till nästan 7 000

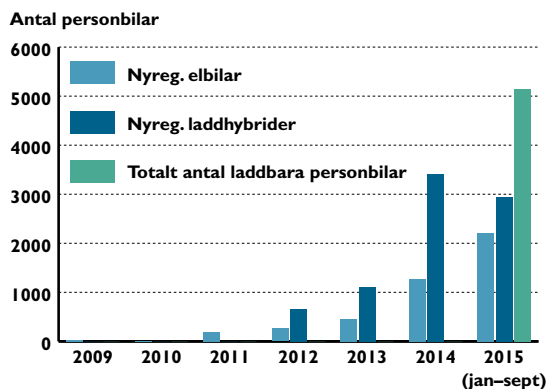
Figur 13: Transportsektorns energianvändning fördelat på olika energibärare (Energimyndigheten, 2015a).



Figur 14: Transportsektorns elanvändning 1970–2013 (Energimyndigheten, 2015a).



Figur 15: Nyregistrerade laddbara personbilar per år samt totala antalet laddbara personbilar på den svenska marknaden. (Trafikanalys, 2015).

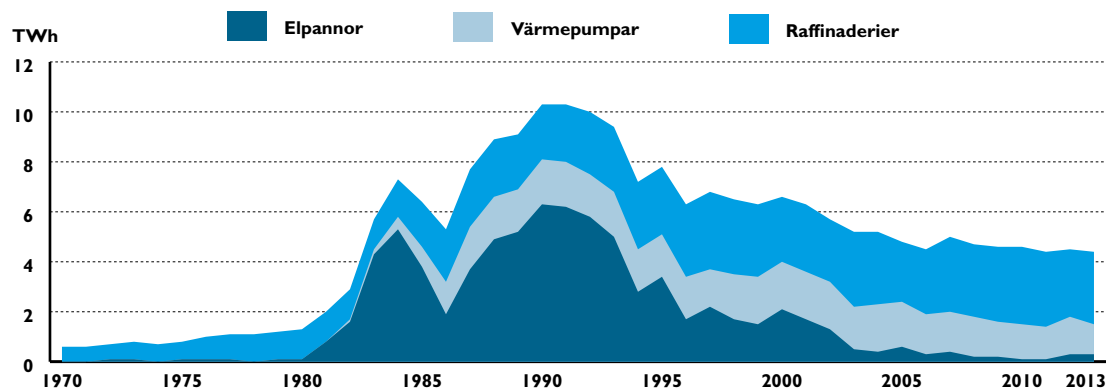


vid årsskiftet 2014/2015. Inkluderas även övriga laddbara fordon var antalet nästan 8 000. Enligt den månatliga statistiken från Trafikanalys har redan 5145 nya laddbara personbilar registrerats i trafik under 2015 (januari till och med september 2015) vilket visar på den utveckling som sker på elbilsmarknaden just nu, se Figur 15. (Trafikanalys, 2015) Flaskhalsen för utvecklingen av elfordon är idag batteriet, vilket är avgörande både för kostnaden och för prestandan (Ståhl, et al.,

u.d.). Batterierna sjunker dock snabbt i pris och det kan påverka hur snabbt utvecklingen går (se vidare under avsnittet *Småskalig energilagring och batterier* i kapitel 4).

Faktorer som påverkar transportsektorns elanvändning är framförallt teknikutveckling, prisutveckling på batterier, politiska mål inom EU och nationellt, politiska beslut, normer och andra styrmedel, effektivisering samt kundernas preferenser.

Figur 16: Elanvändningen i fjärrvärmesektorn och raffinaderier (Energimyndigheten, 2015a).



ÖVRIG ELANVÄNDNING

Fjärrvärme och raffinaderi särredovisas i den offentliga statistiken, varför dessa sektorer presenteras som övrig elanvändning i denna studie. I Sverige används el i raffinaderier (knappt 3 TWh år 2013) för produktion

av drivmedel och i fjärrvärmeproduktionen, både direkt i elpannor och som drivenergi i värmepumpar, men även för andra ändamål. I Sverige användes cirka 1,5 TWh el för fjärrvärmeproduktion under 2013. Låga elpriser kan ge incitament att öka utnyttjandet av el för fjärrvärmeproduktion.



4. Centrala faktorer för elanvändningens utveckling

Den historiska utvecklingen av elanvändningen kan ge kunskap för framtiden. Faktorer som legat till grund för den historiska utvecklingen kommer även att ha betydelse för den framtida elanvändningen, men kan samtidigt behöva kompletteras med nya perspektiv. De faktorer som bedöms ha störst betydelse för framtidens elanvändning kan sammanfattas i punkterna:

- Ekonomisk utveckling
- Befolkningsutveckling
- Teknikutveckling
- Politiska beslut och styrmedel

Historien har visat att svårförutsägbara trendbrott inom dessa områden har haft betydelse för elanvändningen och det finns anledning att tro att detta kommer gälla även i framtiden. Det är dock svårt att uppskatta sannolikheten för trendbrott, samt vilken påverkan de skulle ha på elanvändningen. Nedan ges en kvalitativ diskussion av ovanstående faktorer samt en diskussion om möjliga trendbrott. Detta ligger sedan till grund för den samlade bedömningen av den framtida elanvändningen (energi och effekt) i kapitel 5 och i kapitel 6.

EKONOMISK UTVECKLING

Sveriges ekonomi som helhet förväntas fortsätta växa under kommande decennier. Enligt konjunkturinstitutets makroekonomiska bas-scenarier kommer BNP öka med 55 procent, eller drygt 2 procent per år, fram till 2035. (SOU, 2015:87) Vid analys av ekonomins påverkan på den framtida elanvändningen är det även viktigt att beakta utvecklingen inom EU, dels för att EU är en stor exportmarknad för svensk industri och

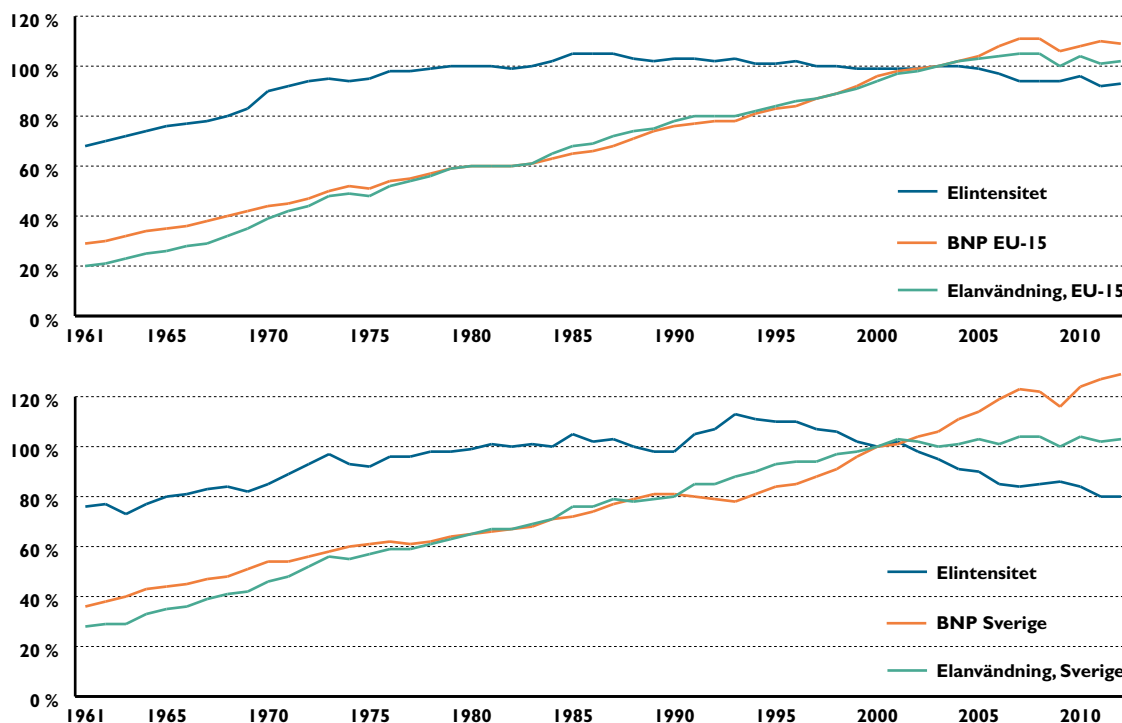
dels för att utvecklingen inom EU påverkar den politik EU kommer att föra och de energi- och klimatmål som sätts i framtiden. Enligt EUS senaste referensscenario (EC 2013) antas en genomsnittlig BNP-utveckling i EU på 1,5 procent per år fram till 2050. För de nordiska länderna antas en nivå på cirka 2 procent per år (NEPP, 2015).

Historiskt har strukturomvandling, det vill säga omfördelning av produktion och arbetskraft mellan olika sektorer i ekonomin, haft genomgripande effekter på såväl ekonomisk tillväxt som på användningen av olika insatsvaror, däribland el. Ny teknik, förändrade relativpriser och förändrade användningsmönster är exempel på viktiga faktorer som driver denna omvandling. Sveriges ekonomi och de svenska företagens branschstruktur har förändrats under hela 1900-talet. Utvecklingen har gått från att jordbruk, skogsbruk och fiske varit dominerande till en stark expanderande industri och en växande tjänstesektor.

Den svenska ekonomin är i dag baserad på varor och tjänster med ett högt kunskapsinnehåll, samtidigt som industrin till stor del har sin grund i de råvaror som finns i landet. Sett till den omvandling som skett sedan slutet av 1970-talet är utvecklingen präglad av ökad globalisering och de möjligheter som ges av mer utvecklade informations- och kommunikationsteknik. Det har medfört att tjänstesektorn vuxit kraftigt de senaste årtiondena och utgör idag två tredjedelar av den totala sysselsättningen, samt en nästan lika stor andel av näringslivets bidrag till BNP (SOU, 2015:87).

Näringslivets elanvändning var fram till slutet av 1990-talet nära sammankopplad med förädlingsvolym och elanvändningen i Sverige ökade därmed i takt med BNP-utvecklingen. Därefter har elanvändningen och förädlingsvärde delvis

Figur 17: Utvecklingen av BNP och elanvändningen, samt energiintensiteten i EU15 (överst) och Sverige (underst) under perioden 1961–2012. Under slutet av 1990-talet skedde en "decoupling" mellan utvecklingen av BNP och utvecklingen av elanvändningen i Sverige, elintensiteten vänder nedåt. Inom EU skedde "decouplingen" under 2000-talets början.



frikopplats. Frikopplingen innebär att förädlingsvärdet inom näringslivet inte längre är en lika god indikator för hur elanvändningen kan komma att utvecklas i framtiden. I EU kom frikopplingen mellan elanvändningen och BNP-utvecklingen något senare, under 2000-talets början, se Figur 17. (NEPP, 2015). Det är dock värt att påpeka att denna frikoppling ännu inte skett inom exempelvis massa- och pappersindustrin, som är den industribransch som använder överlägset mest el.

Inom gruvor och mineralutvinning var förädlingsvärdet och elanvändningen i princip sammanlänkade fram till mitten på 2000-talet. Mellan 2005 och 2012 minskade förädlingsvärdet med 17 procent medan elanvändningen ökade med 40 procent som en följd av ökad automatisering av branschens produktionsprocesser. Inom

både kemisk industri och stål- och metallverksker dock en markant frikoppling mellan förädlingsvärdet och elanvändningen sedan början av 1990-talet. Fram till 2012 steg förädlingsvärdet inom kemisk industri trefaldigt, samtidigt som elanvändningen var oförändrad. Det beror främst på en ökning av läkemedelsindustrin som har relativt låg elintensitet (SOU, 2015:87).

Det är rimligt att anta att frikopplingen mellan elanvändning och BNP fortsätter, men det kommer ändå att finnas ett BNP-beroende i utvecklingen av elanvändningen i framtiden. En ökad ekonomisk aktivitet innebär således att elanvändningen kommer att öka. Framtidens elanvändning kommer även att bero på fortsatt internationell konkurrens och på hur svenska företag svarar på detta (SOU, 2015:87).

BEFOLKNINGSUTVECKLING

Hur Sveriges elanvändning utvecklas bortom 2030 är kraftigt beroende av befolkningsutvecklingen. År 1900 bodde det drygt 5 miljoner personer i Sverige. År 2014 var invånarantalet 9,7 miljoner personer, vilket nästan innebär en fördubbling sedan förra sekelskiftet. Ökningen har varit mycket snabb under de senaste åren på grund av hög invandring. Enligt SCBs prognos för totalbefolkningen kommer Sverige, enligt huvudalternativet, passera 10 miljoner invånare under 2016, se Figur 18. Nästa miljongräns, 11 miljoner, uppnås enligt prognosen år 2025. I slutet av SCBs prognosperiod, år 2060, väntas befolkningen i Sverige vara nära 13 miljoner (SCB, 2015:2).

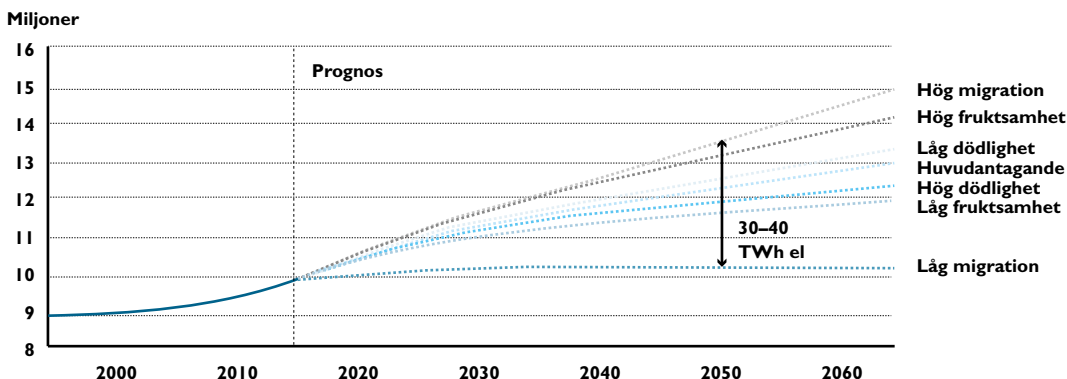
Som visas i Figur 7 har användningen av hushållsel per capita ökat sedan 1970-talet vilket beror på ökad levnadsstandard, antal personer per hushåll etcetera. Som kan ses i Figur 18, varierar prognosen över antalet invånare med nästan 4 miljoner år 2050, från drygt 10 miljoner (låg invandring) till nästan 14 miljoner (hög invandring). Det skulle kunna ge en skillnad i elanvändning på 30–40 TWh el. Förutom den direkta påverkan på elanvändningen av ”antalet invånare i Sverige” påverkar även ”antalet hushåll” och ”lokalyta i servicesektorn” (NEPP, 2015).

Urbaniseringens påverkan på elanvändningen

Som nämns i kapitel 3 är elanvändningen koncentrerad till södra Sverige och där främst inom de tätbefolkade områdena. Urbanisering som huvudtrend är mer än 100 år gammal och det har skett en flytt från landsbygd till allt större orter. Befolkningen har flyttat uppåt i ortshierarkin, det vill säga större orter har haft en starkare befolkningsutveckling än vad mindre orter har haft. Den svenska folkomflyttningen från land till stad är i stort avslutad och landsbygdsbefolkningen räknat i absoluta tal minskar inte längre. Inom tätortsbefolkningen pågår dock fortfarande en förskjutning från de mindre till de större orterna (Svanström, 2015:1).

Kartorna i Figur 19 visar dagens befolkning (vänster) och den relativa befolkningsutvecklingen 2040 (höger). Figuren visar att vissa kommuner, främst i Norrland, förväntas minska med mer än 20 procent medan andra kommuner, främst i södra Sverige, förväntas öka med mer än 20 procent. De områden som väntas växa mest är Stockholm, Skåne och Västra Götaland medan befolkningen i till exempel Norrbotten och Västernorrland förmodas minska.

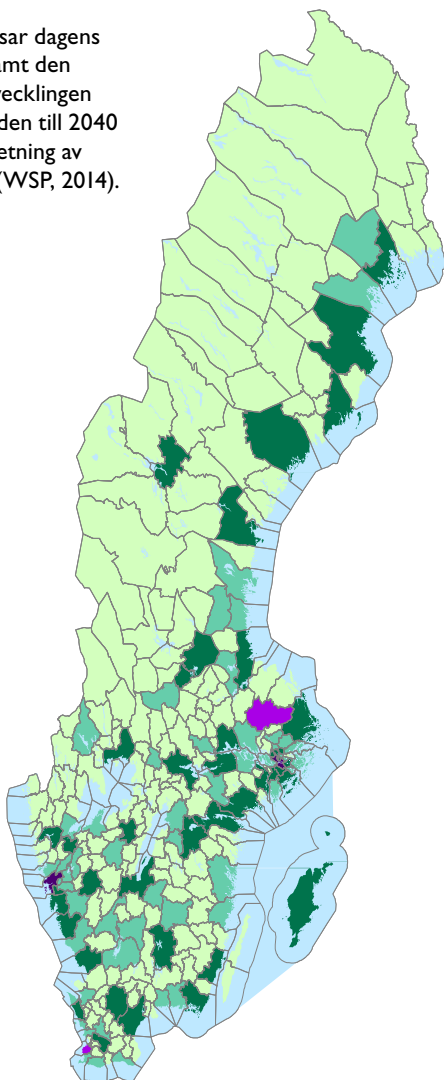
Figur 18: Befolkningsutveckling fram till 2014 och prognos till 2060 med varierande antagande avseende exempelvis graden av migration. Källa: (SCB, 2015:2) (NEPP, 2015).



Figur 19: Kartorna visar dagens befolkning (vänster) samt den relativa befolkningsutvecklingen och urbaniseringstrenden till 2040 (höger) (WSP:s bearbetning av data från SCB, 2015), (WSP, 2014).

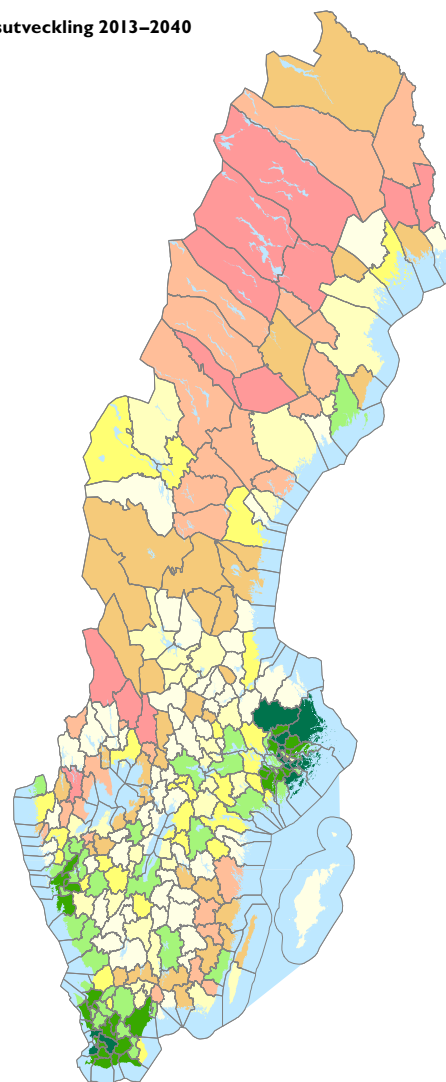
Befolkning 2013

- < 25 000
- 25001–50000
- 50001–200000
- 200001–350000
- > 350000



Relativ befolkningsutveckling 2013–2040

- < -20 %
- 19 % – -10 %
- 9 % – -5 %
- 4 % – -0 %
- 1 % – 5 %
- 6 % – 10 %
- 11 % – 20 %
- 21 % – 30 %
- > 31 %



TEKNIKUTVECKLING

Teknikutveckling kan ske i form av kontinuerliga förbättringar eller teknikgenombrott. För exempelvis vitvaror har det skett en kontinuerlig effektivisering av elanvändningen med 60 procent eller mer under det senaste decenniet. Ett exempel på teknikgenombrott är LED-belysning, som minskar elanvändningen med 85–90 procent jämfört med traditionella glödlampor. LED-belysning förväntas fortsätta utvecklas och bli ytterligare två till tre gånger effektivare jämfört med idag (IVA, 2014). Energimyndigheten upp-

skattade under 2011 besparingspotentialen till 6 Twh per år om all belysning ersätts med exempelvis LED-belysning (Bennich, 2011). Värmepumpar har också genomgått betydande teknisk utveckling och effektivisering de senaste åren, framförallt vad gäller förbättrad värmefaktor (COP), varvtalsstyrning och bättre prestanda vid låga temperaturer för luft-luft-pumpar (IVA, 2014). Dessa exempel visar att det finns anledning att anta att teknikutveckling kommer att ha en kraftig påverkan även på framtidens elanvändning. Nedan diskuteras några sådana förväntade teknikutvecklingsområden.

Betydelsen av och potentialen för energieffektivisering

Kontinuerlig teknikutveckling och effektivisering har lett till lägre elanvändning än vad som skulle varit fallet om utvecklingen stannat av. De faktorer som driver energieffektiviseringen i samhället kan delas upp i politiska, ekonomiska, tekniska och strukturella faktorer.

Det finns generellt ett samband mellan konjunkturläge och minskningar i energiintensitet (NEPP, 2015), (Thollander, et al., 2010). Energiintensiteten (förhållandet mellan energianvändning och BNP/förädlingsvärde) i Sverige minskar när företagen får mer betalt för sina produkter (det vill säga har högre förädlingsvärde), men också av faktiska åtgärder. Exempel på åtgärder är så kallad *strukturell energieffektivisering*, som innebär att företag, olönsamma fabriker och tillverkningslinor läggs ner och ersätts med effektivare. Det innebär också att nybyggda hus är energisnålare än gamla. Så kallad *autonom effektivisering* betyder att företagen hela tiden tar bort flaskhalsar och ökar utnyttjandegraden på sina anläggningar, och att lokalägare och privatpersoner ersätter gamla produkter med mer energieffektiva. Alla dessa åtgärder drivs av ekonomisk utveckling och positiv framtidstro, och detta är orsaken till att energianvändningen inte ökat i Sverige trots ökad produktion (Thollander & Ottosson, 2012).

Effektivare energianvändning har traditionellt haft fokus på teknikåtgärder och investeringar. Det är också centralt hur tekniken används och hur så kallad energiledning (Backlund, et al., 2012) bedrivs på företag och i byggnader.

Ekodesign och energimärkning är exempel på politiska initiativ som syftar till att ta bort dåliga produkter från marknaden och ge kunder möjlighet att göra informerade val. Forskning och innovationsstöd bidrar till att aktörer får möjlighet att ta fram nya, effektivare lösningar. Gemensamt lärande och aktörssamarbeten i nätverk och incitamentsprogram påverkar också energianvändningen (Paramonova, et al., 2015). Förändrade skatteregler och avgifter påverkar prissignaler och kan komma att förändra relationen mellan material- och tjänstebaserad konsumtion. Om energieffektiviseringen önskas drivas längre än vad som anses företags-

ekonomiskt motiverat för att nå samhällsmål, ekonomiska eller kvalitativa, finns möjlighet till incitamentsprogram eller liknande. Det är viktigt att dessa införs med försiktighet så att globala konkurrensförhållanden inte påverkas negativt eller marknadsbalanser rubbas.

Många energieffektiviserande åtgärder har gått ut på att ersätta processer som drivs av fossila bränslen med el, vilket varit en starkt bidragande orsak till att Sverige redan på 1970-talet lyckades frikoppla tillväxt från ökade koldioxidutsläpp. En sådan framtida elektrifiering av produktionsprocesser skulle kunna innebära att elanvändningen blir större, även om den totala energieffektiviteten ökar. Hårdare framtida krav på utsläppsminskningar och en omställning till ett hållbart samhälle kan kräva vidare elektrifiering av samhället och en högre omställningstakt från fossila bränslen till el. Det förutsätter dock att elen produceras från hållbara energikällor.

Mobilitet och infrastruktur

Att driva fordon med elektricitet är en väg till minskat oljeberoende, lägre utsläpp av växthusgaser och förbättrad luftkvalitet i städerna. En sådan omställning skulle givetvis påverka framtidens elanvändning.

Elektromobilitet är ett samlingsnamn för en mängd tekniska lösningar och system som kan användas för att transportera människor och varor med hjälp av elkraft. De mest aktuella fordonstyperna för elektromobilitet är batteriefordon. Hinder för elektrifiering av vägtransporter är bland annat höga priser på batterier och elmotorer samt kort körsträcka vid batteridrift. Dessutom kräver en övergång till elektromobilitet även ny infrastruktur, anpassning av lagar och uppbyggnad av nya tillverkningsindustrier, vilket gör att det är svårt att bedöma hur lång tid omställningen kommer att ta (Chalmers, 2014:a).

Elfordon finns idag, men för att elfordonsmarknaden ska utvecklas är laddinfrastrukturen en viktig fråga. För att få till stånd investeringar så behövs såväl laddstolpar och uttag, som system för kommunikation, betalningar och tjänster. Det finns både tekniska och ekonomiska utmaningar med infrastrukturen för

elfordon som behöver överkommas (Ståhl, et al., u.d.), (Chalmers, 2014:a).

Ytterligare ett sätt att elektrifiera transport-systemet, framförallt med avseende på tunga transporter, är att satsa på elvägar. Med kontinuerlig tillförsel från elnätet behövs endast liten eller ingen lagring i batterier. Att införa elvägar är ett stort infrastrukturellt beslut som staten måste fatta, till skillnad från den infrastruktur som krävs för laddning av personbilar (Energimyndigheten, 2015:10). I Sverige har två projekt avseende konduktiv laddning startat, vilket innebär att en två kilometer lång sträcka norr om Stockholm kommer att förses med elektriska skenor i asfalten och att en två kilometer lång sträcka längs E16 vid Sandviken kommer utrustas med kontaktledningar i luften. Projekten ska fungera i demonstrationssyfte.

Teknikutveckling inom industrin som påverkar den framtida elanvändningen

Ett annat område som kan påverka den framtida elanvändningen är utvecklingen av industriell CCS (carbon capture and storage) för avskiljning, transport och lagring av koldioxid samt CCU (carbon capture utilization) som beskriver olika sätt att återanvända det kol som avskilts. CCS är en teknik som skulle kunna eliminera stora delar av industrins koldioxidutsläpp. En satsning på CCS i framtiden för att nå klimatmålen skulle medföra ett något ökat elbehov från industri-sektorn då elektricitet behövs för att trycksätta ren koldioxid för transport. Hur mycket el som behövs beror helt på vilken CCS-teknik som väljs och vilken riktning teknikutvecklingen tar under de närmaste 10–20 åren. En introduktion av CCS där upp till 50 procent av industrins koldioxidutsläpp fångas in kan öka elanvändningen med 2,5 TWh. Om CCS får fullt genomslag och en teknik med hög elförbrukning väljs kan elbehovet landa i storleksordningen 5 TWh till 2040/2050 (NEPP, 2015).

Det pågår en utveckling av elektrokemiska och elektrolytiska processer för olika värme- och processändamål, men många av dessa tekniker befinner sig för närvarande långt ifrån en kommersialisering. Elektrifiering av industrin kan även ske indirekt genom användning av vätgas producerad via elektrolys av vatten. Det

krävs ett omfattande och långsiktigt stöd för att tekniken ska utvecklas och bli ett realistiskt alternativ. Om stålindustrin går från kol- och koksbaseerade reduktionsprocesser till reduktion med vätgas eller genom elektrolys innebär det att 15–20 TWh kol kan ersättas med ungefär samma mängd el och därmed reducera cirka 6 Mton koldioxidutsläpp per år (Åhman, et al., 2012), (Ulcoss, 2015).

Elektrifiering kan även bli aktuellt för den petrokemiska industrin i framtiden för produktion av råvara, såsom etan och propen till plasttillverkning. Grunden för detta är konceptet power-to-gas där el används för att spjälka vatten till vätgas via elektrolys. Därifrån finns flera möjliga processer under utveckling för att tillverka eten och propan. Att tillverka 1 ton eten (motsvarande cirka 13–14 MWh el idag) skulle kräva cirka 25 MWh el i en framtida optimerad helt elbaserad process och cirka 3 ton infångad koldioxid. Dagens volym av eten och propenproduktion från el, koldioxid och vatten skulle kräva cirka 20–25 TWh el och cirka 3 Mton koldioxid. Kravet på teknikutveckling är dock stort och med dagens teknik och prestanda på elektrolysörer skulle det gå åt cirka 35 MWh el per ton eten (Ericsson, et al., 2015).

Digitaliseringens inverkan på den framtida elanvändningen

Internets elanvändning uppskattas år 2013 till knappt 10 procent av den totala elanvändningen i världen (Kooimey, 2013). Då ingår själva nätet, datorhallarna och de terminaler som används. Det är de senare, det vill säga datorer, läsplattor, telefoner och sensorer som står för merparten av elanvändningen. Var och en av dem drar inte mycket el, men de är tillsammans väldigt många. De senaste fem åren har antalet internetanvändare i världen fördubblats, från 1,5 miljarder år 2008 till 3 miljarder år 2014. Många i branschen tror på en fördubbling till 6 miljarder år 2020. Tekniken blir hela tiden mer energieffektiv, men rimligen kommer den totala elanvändningen ändå att öka.

Det är inte självklart hur gränserna för internetns elanvändning ska dras. Det finns mycket IT vid sidan om internet: kontors-IT, industriell IT, fordons-IT och så vidare, men i allt högre

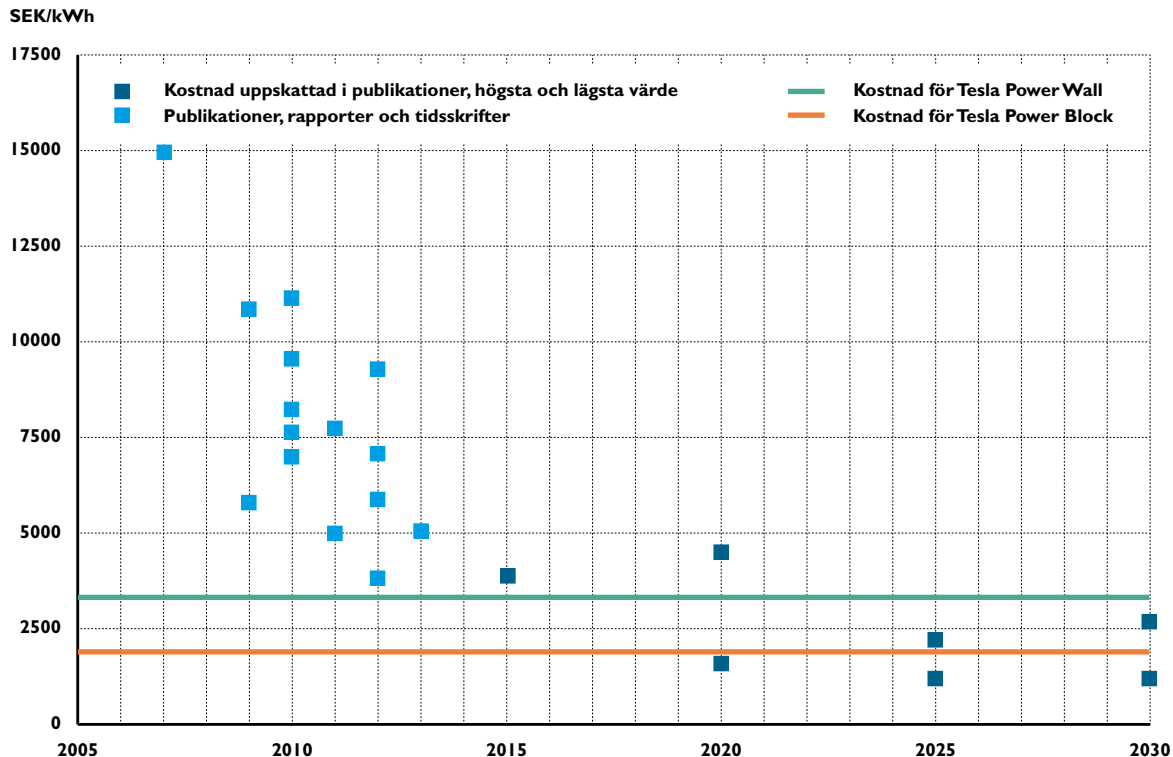
utsträckning använder dessa system internet. De smarta telefonerna har suddat ut gränsen mellan telekom och IT, och television sänds allt oftare över internet. Ju mer integrerat internet blir i andra produkter desto svårare blir gränsdragningen.

Digitaliseringen har redan idag förvandlat villkoren för många branscher: resor, böcker, tidningar, utbildning, musik, film, bank och så vidare. Ofta innebär användningen av internet minskad energianvändning och även minskad elanvändning, även om det inte är oproblematiskt att uppskatta hur stor förändringen är. Med Internet of things (sakernas internet), där apparater och system kommunicerar med varandra, kommer fler branscher att påverkas: verkstad, transport, säkerhet, fastigheter och så vidare (Heck & Rogers, 2014).

Internet spelar en allt viktigare roll när energin når konsumentmarknaden. Tekniken möjliggör konsumentvänliga energitjänster och system för egenproduktion och batterilagring. Genom visualisering av elanvändningen uppmuntras användaren att bli mer effektiv och sparsam, eller att använda elen när priset är lågt. Smarta energitjänster kan användas för att automatiskt effektivisera elanvändningen genom närvarostyrning av belysning, media, värme och så vidare och kapa effekttoppar genom efterfrågeflexibilitet. Dessa tjänster ingår i ett så kallat smart elnät som möjliggör övervakning och styrning över internet (SOU, 2014:84).

IT och internet kännetecknas av hög innovationstakt och bidrar också till innovationer på andra områden. Prestandan förbättras och priserna sjunker. När solceller, vindkraftverk,

Figur 20: Kostnadsutvecklingen för Litium-jonbatterier (Nordling, et al., 2015).



batterier och andra delar av energisystemet blir så enkla och billiga att de når en större del av konsumentmarknaden kan utvecklingen explodera. Företag som Google, Apple, Facebook och Tesla börjar förändra energimarknaden. Under IT-boomen myntades uttrycket ”den nya ekonomin” för att förklara de höga värderingarna av webbyråer och dotcom-företag. Kanske ser vi nu framväxten av ”den nya energin”, som är mer småskalig, konsumentstyrd och med förnybara energikällor (Rifkin, 2014).

IT-sektorns elanvändning spänner över olika sektorer där datacenters elanvändning i den offentliga statistiken återfinns under service-sektorn. I denna studie presenteras den framtida elanvändningen från datacenterverksamhet under industrisektorn (se avsnittet *Elanvändningen i industrin bortom 2030* i kapitel 5).

Småskalig energilagring och batterier

Energilager har stor potential att bidra till ett hållbart energisystem och kan tillföra nytta för såväl slutanvändning och distribution som för transmission. I föreliggande rapport behandlas endast småskalig lagring. För en diskussion om storskalig lagring eller mer detaljerad information om småskalig lagring hänvisas läsaren till andra rapporter inom projektet Vägval el.

Det finns olika typer av energilager, där elektrokemiska lager haft störst utveckling de senaste åren. Priset på litium-jonbatterier har minskat med 20 procent per år tack vare volymer till fordonsindustrin. Mycket tyder på att priset på batterier kommer att fortsätta falla (Hansson, et al., 2014) då Tesla bland annat har lanserat produkter för både hushåll och industrier/större fastigheter eller grupp av hushåll. (Tesla, 2015). Figur 20 visar den nuvarande kostnaden och den förväntade kostnadsutvecklingen för litium-jonbatterier i eldrivna fordon. Beroende på fortsatt prisutveckling kan det få större genomslag på marknaden, vilket gör att elsystemet på sikt kan utvecklas. Ett exempel är dimensionering av elnätet. Elnätet är dimensionerat att klara leveranser även när behovet är som störst. En utveckling mot ett ökat antal batterier hos slutkunder i framtiden skulle kunna skapa en buffert nära användarna. Det skulle i sin tur kunna underlätta hanteringen av de effekttoppar som uppstår.

Figur 20 visar att kostnaden för batterier väntas minska kraftigt inom de närmaste tio åren, dels på grund av skalfördelar och dels på grund av teknisk innovation.

Disruptiva tekniker

Det är vanligt att framtidsbedömningar till stor del grundar sig på antaganden om att historiska trender, nuvarande ekonomiska samt energi- och klimatpolitiska förutsättningar kommer råda även i framtiden. Historien har dock visat att svårförutsägbara händelseförlopp har haft stor betydelse för elanvändningen och det finns all anledning att tro att detta kommer gälla även i framtiden. Exempelvis kan teknikgenomslag, som 3D-skrivare, energilagring eller elektrifiering av transportsektorn ge stor påverkan på den framtida elanvändningen. Det är dock svårt att uppskatta sannolikheten för att dessa händelseförlopp äger rum samt vilken påverkan de skulle ha på elanvändningen.

Vidare sker det en kraftig utveckling och en extremt snabb ökning av användningen av internet vilket kommer påverka den totala elanvändningen i framtiden. Med Internet of Things kan vi förvänta oss ett språng i internetanvändningen (och elanvändningen), men storleken på det språnget är svårt att bedöma. Vissa av trendbrotten kan öka elanvändningen (både energi och effekt) medan andra minskar den. Vad summan av dem kommer att bli är näst intill omöjligt att uppskatta. Därför inkluderas inte trendbrott i kommande bedömningar i kapitel 5 (elansvändningen i energi) och kapitel 6 (elansvändningen i effekt). Men en slutsats som kan dras är att det bör finnas möjligheter i elsystemet att hantera både högre och lägre efterfrågan på el i framtiden.

POLITISKA BESLUT OCH STYRMEDEL

Politiken har möjlighet att påverka elanvändningen på olika sätt. Direkt påverkan på elanvändningen har exempelvis direkta skatter på el, förbud (exempelvis förbudet mot glödlampor), normer, standarder, regler (exempelvis byggnormer, eller ekodesignkrav), eller direkta energieffektiviseringskrav på el. Det finns också

en rad politikområden som indirekt kan sägas påverka elanvändningen. Ett exempel är elmarknadens utformning, hur prisvariationer slår igenom till kund samt fördelningen av fasta och rörliga kostnader på kundernas elräkning. Men det kan även finnas en indirekt koppling från många andra politikområden; finans-, närings- och transportpolitik exempelvis. Historiskt har det skett en större politisk påverkan mot ökad elanvändning, så som exempelvis under 1970- och 1980-talet med stimulanser till elvärme.

Exempel på områden där politiska initiativ och stöd/stimulanser kan påverka utvecklingen;

- En kraftig introduktion av elfordon kan öka elanvändningen med upp till 13 TWh i transportsektorn.
- En ökad användning av elpannor i fjärrvärme-produktionen under tider med mycket låga elpriser (även negativa priser) skulle bli attraktivt om förutsättningarna är de rätta, exempelvis att skatter anpassas. Ett högscenari för hur det påverkar elanvändningen pekar på upp till 6 TWh ökad elanvändning (NEPP, 2015).

- Om skatten på el som används i datacenter sänks till en internationellt fördelaktig nivå (samma som för tillverkande industri), kan det driva fram en snabb etablering av fler stora datacenter i Sverige. Redan 2020 kan det motsvara 6–7 TWh (Länsstyrelsen Norrbotten, 2014).

Det här är tre exempel på politiska åtgärder som kan medverka till en ökad elanvändning med drygt 25 TWh sammantaget. Samtidigt bör det noteras att utvecklingen bara delvis drivs av politiska åtgärder.

En allmän stimulans av ekonomin och konkurrenskraften ger också en påverkan uppåt på den totala elanvändningen, även om den samtidigt ger ökad stimulans till effektivisering då det sker mer effektiviseringsåtgärder vid högkonjunktur. Det är svårt att kvantifiera påverkan av riktade policyinitierade åtgärder, program och direktiv för eleffektivisering eftersom det ständigt sker en ”autonom” effektivisering spontant, samtidigt som riktade program likt Program för Energieffektivisering (PFE) har haft effekt.



5. Elanvändningen bortom 2030

Nedan följer en diskussion om hur den framtida elanvändningen kan komma att se ut bortom 2030 i respektive sektor. Diskussionen avslutas med en sammanfattande bedömning för respektive sektor. Bedömningarna som presenteras ska inte ses som prognoser eller scenarier utan endast som en framtidsbild av vad som kan vara en trolig utveckling baserat på det vi vet idag. Fram till 2030–2050 kan flera trender inträffa som vi inte kan förutspå. Osäkerheten måste därmed anses stor.

ELANVÄNDNINGEN I BOSTADS- OCH SERVICESEKTORN BORTOM 2030

Bostads- och servicesektorn använder drygt 70 TWh el årligen (Energimyndigheten, 2015a). Den framtida elanvändningen i bostads- och servicesektorn kommer att vara ett resultat av både tekniska, ekonomiska, regulatoriska och beteenderelaterade faktorer (Karlsson & Widén, 2008), (Sköldberg, et al., 2006:05). De faktorer som kan tänkas ha störst påverkan är befolkningsutvecklingen, teknikutvecklingen och den ekonomiska utvecklingen, både i Sverige och globalt. Energieffektivisering i sektorn drivs både av teknikutveckling och politiska styrmedel. Beteendefaktorer och eventuella trender påverkar också den framtida elanvändningen och kan både öka och minska elanvändningen framöver. Utvecklingen går sannolikt även mot att fler hushåll och företag inte längre bara är användare av el utan även producenter, så kallade prosumenter, då de exempelvis investerar i solceller.

Det finns också flera EU-direktiv som styr energianvändningen inom denna sektor, vilket därmed påverkar elanvändningen. Exempel är Energieffektiviseringsdirektivet, Direktivet om byggnaders energiprestanda, Ekodesigndirektivet och Energimärkningsdirektivet.

Enligt Boverket behövs ungefär en bostad per 2,5 personer under perioden 2012 till 2025 (Boverket, 2015:18). Med utgångspunkt i dagens invånarantal (2015) på 9,8 miljoner invånare och 4,8 miljoner befintliga bostäder behövs det cirka en miljon nya bostäder till 2050 (baserat på SCBs huvudprognos avseende befolkningsutvecklingen, se avsnittet *Befolkningsutveckling* i kapitel 4). Samma utveckling som för bostäder kan antas gälla övrig byggnation.

Viktiga faktorer för utvecklingen av elanvändningen i byggnader är krav vid nybyggnationer, nybyggnadstakt och energieffektivisering i det befintliga byggnadsbeståndet. Nybyggnation omfattas redan idag av tämligen höga krav på energiprestanda och kraven kommer att skärpas ytterligare. Nybyggnation kan i högre grad än idag förväntas få värmeförsörjning med hjälp av värmepumpar. Nya byggnader de närmaste 30–40 åren kommer sannolikt därför i ökande grad vara värmeförsörjda via elbaserade system, men med elanvändning för värme, varmvatten och kyla, ned till så låga nivåer som 15–25 kWh per m² och år, jämfört med dagens nivåer kring 125 kWh i det befintliga beståndet (Energimyndigheten, 2015a).

En sammanfattande bedömning av byggnaders elanvändning (uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och verksamhets-/hushållsel) är att ökningen av antalet byggnader, såväl bostäder

Sammanfattande bedömning av den framtida elanvändningen inom bostads- och servicesektorn

Bedömningen är att elanvändningen i bostads- och servicesektorn kommer att ligga kring **65–85 TWh** bortom 2030 (jämfört med drygt 70 TWh idag), uppdelat på:

- 20–25 TWh el för hushållen
- 30–40 TWh el för servicesektorn
- 15–20 TWh el för uppvärmning

Bedömningen baseras på att antalet invånare i Sverige ökar, enligt huvudalternativet i SCBs prognos, till drygt 12 miljoner invånare 2050. Därmed kommer fler bostäder, mer service och bättre komfort efterfrågas. Den potentiella ökningen av elanvändningen till följd av detta motverkas av omfattande energieffektivisering inom alla områden och drivs av teknikutveckling, informationsinsatser, ändrad incitamentstruktur samt regleringar som energikrav på byggnader, energimärkning och ekodesign. Användningen av hushållsel bedöms uppgå till **20–25 TWh** (jämfört med knappt 21 TWh idag).

Bedömningen är att elanvändningen i servicesektorn kommer att hamna kring **30–40 TWh** jämfört med dagens nivå (31 TWh) på grund av en kombination av ökad efterfrågan på service och omfattande effektiviseringar. Elanvändningen i butikslokaler kommer att minska något på marginalen på grund av ökad e-handel, detta motverkas dock något av ökat behov av lagerlokaler.

Värmebehovet bortom 2030 antas vara lägre än idag till följd av varmare klimat, effektivare uppvärmningssystem samt energieffektivisering. Bedömningen är att elanvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten kommer vara ungefär lika stor som idag eller eventuellt något lägre och hamna på **15–20 TWh** jämfört med 19 TWh idag. Detta baseras på att värmepumpar ökar sin marknadsandel på uppvärmningsmarknaden samtidigt som värmepumparnas verkningsgrad (värmefaktor) blir betydligt bättre. Vidare bedöms användarflexibilitet kunna bidra till att minska de effekttoppar som värmepumparna bidrar till, varför även effektbehovet i sektorn kommer att minska något jämfört med idag. Om batterilösningar blir vanliga kan även detta bidra till att minska effekttopparna från denna sektor.

Avgörande faktorer för den framtida elanvändningen för denna sektor är befolkningsutvecklingen, ekonomisk utveckling, teknikutveckling och energieffektivisering samt hur uppvärmningen kommer tillgodoses.

som lokaler med tillhörande verksamheter i tjänstenäringarna, i stort sett kompenseras av en generell effektivisering inom det redan befintliga beståndet. I stort sett hela spektrumet av elutrustning i byggnader genomgår effektivisering och kommer fortsatt att bli allt effektivare. Exempelvis kan LED-belysning förmodas nå betydligt bättre effektivitet än dagens bästa lysrörstrustningar. Energimyndigheten uppskattade exempelvis under 2011 besparingspotentialen för belysning till 6 TWh per år om all belysning i samhället ersätts med LED-belysning (Bennich, 2011).

ELANVÄNDNINGEN I INDUSTRIEN BORTOM 2030

Den svenska industrin använder cirka 50 TWh el årligen (Energimyndigheten, 2015a). Industrin sysselsätter, direkt och indirekt, mer än en miljon människor i Sverige och är därför viktig för ekonomin. Som industriland har Sverige även ett bra utgångsläge med exportinriktade företag med högt kunskapsinnehåll och företag som investerar i forskning och utveckling. Sverige har också egna naturtillgångar som vattenkraft, skog och malm, och en basindustri som förädlar råvaror till massa, papper, kemiska produkter,

järn och stål – vilket kräver energi. Större delen av basindustrins produktion går på export vilket innebär att industrin, förutom att de förädlar svenska råvaror till produkter, bidrar till det svenska exportöverskottet (140 miljarder kronor 2013)¹⁰ och indirekt står för en stor ”inbäddad” elexport.

Runt basindustrin har det vuxit upp en mängd tjänsteföretag. En vidareförädling av råvaror fungerar därmed som en plattform för utvecklingen av nya tjänste- och verkstadsföretag i landet. Historiskt sett har industrin genomgått stora strukturomvandlingar med utflyttning, nedläggning, sammanslagningar, koncentration, specialisering och framväxt av nya branscher. Denna utveckling kan förväntas fortgå i framtiden och påverka den framtida elanvändningen där det främst är förändringar i den elintensiva industrin och utbyggnad av ny elintensiv användning, till exempel datacenter, som kan påverka industrins elanvändning i någon större omfattning.

Minskad klimatpåverkan från industriproduktionen är en viktig framtidsfråga. Industrisektorn står för ungefär 20–25 procent av Sveriges utsläpp av växthusgaser, vilka kan härledas från förbränning av fossila bränslen för energiutvinning och processrelaterade utsläpp. (Svenskt Näringsliv, 2014:b) Energi- och materialeffektivisering kan reducera utsläppen, men för stora minskningar krävs elektrifiering, bränslebyte eller lagring av koldioxid (CCS). För vissa delar av industrin kan dagens användning av kol, olja och gas ersättas med elektrifiering eller biobränsle, men CCS kan också ses som ett viktigt alternativ. En satsning på CCS i framtiden skulle medföra ett ökat elbehov från industrisektorn med upp till 5 TWh (se avsnittet *Teknikutveckling inom industrin som påverkar den framtida elanvändningen* i kapitel 4).

Ett sätt att minska användningen av fossila bränslen är att ersätta dessa med el. Som nämns under avsnittet *Teknikutveckling* i kapitel 4 pågår det en utveckling av elektrokemiska och elektrolytiska processer för olika värme- och processändamål, vilket kan bidra till en omställning av petrokemin. Många av dessa tekniker befinner sig för närvarande dock långt från en kommersialisering. Elektrifiering av

delar av industrin kan även ske indirekt genom användning av vätgas producerad via elektrolys av vatten. Skulle detta få genomslag skulle stål- och järnindustrin kunna ersätta kol- och koks-baserade reduktionsprocesser med vätgas, vilket skulle öka elanvändningen kraftigt (15–20 TWh el), samtidigt som det skulle ge en betydande minskning av koldioxidutsläppen.

Vidare genomgår skogsindustrin just nu en strukturomvandling där efterfrågan av trähaltiga tryckpapper (baserade på mekanisk massa) minskar. I Sverige finns för närvarande fem anläggningar där tillverkning av mekanisk massa sker. Inom en 15-årsperiod kommer denna produktion sannolikt att minska, om inte nya produkter baserade på mekanisk massa utvecklas. Samtidigt är det sannolikt att branschen fortsätter att förädla skogsråvaran även i ett 15–25 års perspektiv. Vilka produkter som då kommer efterfrågas är svårare att sja om där ökad produktion av förpackningsmaterial och hygienprodukter är en möjlighet. Även för dessa typer av produkter är långsiktig tillgång till stabil elförsörjning och konkurrenskraftiga elpriser en förutsättning för en positiv utveckling. Det är även sannolikt att den kemiska massaproduktionen ökar. Det bör dock påpekas att om den kemiska massaproduktionen ökar utan vidareförädling till pappersprodukter, kommer inte användningen av el från sektorn öka. Istället kan massabruken öka elproduktionen genom ökad produktion av mottrycks kraft.

Datacenter har börjat etableras i Sverige och den installerade effekten uppgick år 2013 till 150 MW (SOU, 2015:87). Som nämns i avsnittet *Digitaliseringens inverkan på den framtida elanvändningen* i kapitel 4 är datacenterindustrin en växande bransch internationellt sett där orsaken är den ökade användningen av internet och de tjänster som tillhandahålls via nätet. Som följd av detta har serverkapaciteten i världen ökat stadigt de senaste åren, vilket även innebär en ökad elanvändning. Mellan åren 2000 och 2005 fördubblades elanvändningen i datahallar globalt sett. Enligt Boston Consulting Group (2014) kommer dataindustrins kapacitet att öka med 10 procent per år de närmaste årtiondena, vilket medför cirka 60 nya kommersiella datacenter i Europa fram till 2020. En annan studie indike-

Sammanfattande bedömning av den framtida elanvändningen inom industrisektorn

Bedömningen är att elanvändningen i industrisektorn kommer ligga kring **50–60 TWh** bortom 2030 (jämfört med 51 TWh idag). Bedömningen baseras på att Sverige även fortsatt kommer ha komparativa fördelar som inhemska råvaror, spetskompetens, institutionell stabilitet och gynnsamma förutsättningar för elproduktion vilket ger goda möjligheter till industriproduktion i landet. Ökade krav på klimatneutralitet och resurseffektivitet i en alltmer cirkulär ekonomi kommer även innebära en relativt sett ökad elanvändning inom sektorn och dess processer. Företagens förmåga att själva öka sin konkurrenskraft genom att ta till sig och utnyttja digitaliseringens möjligheter och därmed öka produktionen i Sverige påverkar också dess konkurrenskraft och elanvändning.

Vidare baseras bedömningen på antagande om en viss fortsatt omstrukturering inom massa- och pappersindustrin och att effektiviseringstrenden fortsätter där industrins produktionskedja och systemperspektiv ligger i fokus. Detta kompenserar en ökad produktion inom sektorn. I bedömningen ingår även viss tillkommande elanvändning från ny elintensiv industri, till exempel datacenter. Elektrifiering av till exempel stålindustrins reduktionsprocesser eller ökad elanvändning i nya industriprocesser ingår inte, då bedömningen främst baseras på en utveckling likt "business as usual".

Bedömningen är även att effektbehovet i sektorn kommer att följa den förändring som sker avseende elenergin. Delar av industrin har möjlighet till flexibel elanvändning, vilket kan bidra till att minska de effektoppar som uppstår i systemet under kortare tidsperioder. Flexibiliteten minskar dock med exempelvis minskad mekanisk massaproduktion, då en del av industrins flexibilitet finns just inom denna bransch.

Avgörande faktorer för den framtida elanvändningen för denna sektor är ekonomisk utveckling (i Sverige och globalt), den branschvisa produktionsutvecklingen, förändringar av relativpriser mellan energibärare inklusive skatter och på längre sikt teknisk förändring samt energieffektiviseringar som sker kontinuerligt.

rar dock att databranschens storlek fördubblas fram till 2020, vilket medför ett behov av cirka 200 nya center (större än 5 MW) i Europa.

Om datacenter erhåller samma elskatt som elintensiv industri kan så många som 40 stora datacenter (totalt cirka 1 000 MW) etableras i Sverige, vilket motsvarar ungefär 6–7 TWh el (Länsstyrelsen Norrbotten, 2014). Hur många datacenter som kommer att finnas i Sverige bortom 2030 är svårt att förutspå och kommer därmed bland annat bero på utformningen av elskatten för denna verksamhet, men naturligtvis också på en rad andra faktorer. Sektorns elanvändning kan öka snabbt, men det är inte möjligt att veta om utvecklingen kommer fortsätta bortom 2030 eller om det är en tillfällig företeelse som försvinner i takt med att teknikutvecklingen tar en annan väg. Elanvändningen i denna typ av verksamhet är inte lika stabil som i övrig industri. Ägarna till datacentren nämner

själva att de styr användningen till det center som har det lägsta priset för tillfället, vilket kan ge kraftiga svängningar i elanvändningen för anläggningen. Den här typen av verksamhet är också relativt lätt att flytta, jämfört med mer kapitalintensiv industri.

Nytablering av elanvändande industri kan öka möjligheterna att agera "reglerare" i elsystemet då det bör bli relativt sett billigare att skapa buffertar och liknande vid nya industrier.

ELANVÄNDNINGEN I TRANSPORTSEKTORN BORTOM 2030

Transportsektorn är idag nästan uteslutande beroende av fossila bränslen och elanvändningen uppgår endast till cirka 3 TWh (Energimyndigheten, 2015a). För att uppnå visionen om en fossiloberoende fordonsflotta och ett Sverige

utan nettoutsläpp av växthusgaser 2050 krävs ansträngningar för effektivisering av fordonen (exempelvis genom minskad specifik bränsleförbrukning) och effektivare transporter (genom exempelvis IT-lösningar, bättre logistik och samhällsplanering). Det finns flera möjliga utvecklingsvägar där omställningen av transportsektorn kan ske dels genom elektrifiering och dels genom en övergång till biodrivmedel. Det finns dock olika utmaningar förknippade med de olika utvecklingsvägarna. Ett långsiktigt hållbart transportsystem kommer troligen att försörjas både av förnybar el och av biodrivmedel där dessa mer ses som kompletterande än konkurrerande.

Elfordon finns i form av laddhybrider respektive rena batterifordon. Tänkbara batterifordon är främst bilar i småbilsklassen och olika former av lättviktsfordon. Även stadsbussar och

måttligt stora lastbilar som går i stadstrafik kan konstrueras som batterifordon. Lastbilar för långväga gods är i nuläget inte lämpliga som batterifordon eftersom batterivikten skulle vara så hög att det inte finns utrymme för någon nyttolast. Den främsta fördelen med ökad elektrifiering av transportsektorn är elmotorns höga verkningsgrad jämfört med förbränningsmotorn. Ellösningar ger i många fall en betydande energieffektivisering och elfordon minskar energiåtgången per fordon med upp till 60–70 procent (Svensk Energi, 2010). Andra fördelar är bättre lokal miljö eftersom elmotorn inte ger några utsläpp och även lägre bullernivå. Den främsta utmaningen för elfordon är utvecklingen av batteritekniken, vad gäller kostnader, lagringskapacitet, livslängd på batterierna, eventuell miljöpåverkan från tillverkningen av batterier samt räckvidd (Chalmers, 2014:b).

Sammanfattande bedömning av den framtida elanvändningen inom transportsektorn

Bedömningen är att elanvändningen i transportsektorn kommer att ligga kring **10–16 TWh** el bortom 2030 (jämfört med cirka 3 TWh idag). Bedömningen baseras på antagandet om att miljöhänsyn, både klimat och andra miljöfrågor, samt mer hälsorelaterade frågor som luftkvalitet och buller i städer, kommer att fortsätta vara viktiga drivkrafter både för tillverkare av fordon och för politiker. Utifrån detta bedöms som troligt att styrmedel kommer att utformas för att driva på en minskning av såväl klimatutsläpp som andra miljörelaterade utsläpp, inklusive buller. Eldrivna fordon har flera fördelar och är därför en tydlig del av lösningen. Beroende på hur snabbt teknikutvecklingen avseende batterier går och hur snabbt styrmedel kommer till och hur hårt de styr, kan utvecklingen till 2030 komma att gå fortare än vad som anges i bedömningarna. Ytterligare en osäkerhetsfaktor är hur andra tekniker utvecklas, exempelvis biodrivmedel och bränsleceller.

Bedömningen baserar sig vidare på att personbilsflottan kommer att gå mot ökad elektrifiering och fler hybrider, men också på att delar av kollektivtrafiken och stadsnära varutransporter elektrifieras. Osäkerheten är större vad gäller de långväga, tunga varutransporterna på väg, men på sikt kan delar av vägnäten komma att elektrifieras. För att klara ett växande transportbehov bedöms godstransporterna på järnväg öka och på sikt kan också höghastighetståg bli aktuellt.

En ökad andel elfordon kommer kunna ge ökade dygnsvariationer gällande effektbehovet, där behovet kan öka under vissa tider på dygnet. En ökad andel elfordon kan även bidra med en del av lösningen avseende effekttopparna, då elfordon kan bidra med efterfrågeflexibilitet genom förflyttning av last med elbilsladdning. Det förutsätter dock att användaren av fordonet är villig att anpassa sin laddning till tider när det är mest gynnsamt för systemet.

Avgörande faktorer för den framtida elanvändningen för denna sektor är politiska beslut om mål och styrmedel nationellt och på EU-nivå, och utvecklingen på batterisidan (både avseende teknik och kostnad) där även det internationella perspektivet är av stor vikt.

Det finns även acceptansfrågor kopplat till utvecklingen där exempelvis inköpskostnaden för elbilar är högre på grund av batterierna jämfört med konventionella fordon, samtidigt som den rörliga kostnaden (vilken bland annat bestäms av elpris och skatter) är betydligt lägre.

Ytterligare ett sätt att satsa på elektrifiering är om samhället väljer att elektrifiera vissa vägnät, så kallade elvägar. Strömmatning kan då ske via luftledning, induktivt eller via kontaktledningar i vägbanan. Detta bedöms vara mest intressant för tunga lastbilar och bussar i fjärrtrafik.

Hur snabbt omställningen av fordonsflottan sker beror på i vilken takt gamla fordon byts ut mot nya. En personbil i Sverige är i genomsnitt 10 år gammal och har en förväntad genomsnittlig livslängd på 17 år (SOU, 2013:84). För att fordonsflottan ska ställa om till en stor andel el krävs fortsatt sjunkande kostnader för batterier, kraftelektronik och fordonsintegration genom teknisk utveckling och ökade volymer globalt. Det krävs även åtgärder för att undanröja marknadshinder, stimulera efterfrågan och utbyggnad av nödvändig infrastruktur.

SAMLAD BEDÖMNING AV ELANVÄNDNINGEN BORTOM 2030

Vid en summering av bedömningarna om den framtida elanvändningen i de olika sektorerna

bortom 2030 hamnar intervallet ungefär kring dagens nivå, eventuellt något högre, 128–165 TWh, exklusive distributionsförluster. Användningen antas även i fortsättningen främst vara koncentrerad i södra Sverige och där i elområde 3.

Bedömningen är att bortom 2030 kommer kraven att öka på klimatneutralitet och resurseffektivitet i samhället, vilket kommer att bidra till en ökad elektrifiering. Sveriges befolkning kommer vara nästan 11,4 miljoner 2030 och närmare 12,5 miljoner år 2050. Fler bostäder, mer service och bättre komfort kommer att efterfrågas, vilket ökar efterfrågan på el. Samtidigt kommer ökningen motverkas av energieffektivisering genom teknikutveckling och politiska initiativ. Sveriges komparativa fördelar som inhemska råvaror och teknisk spetskompetens kommer fortsatt ge goda möjligheter för industriproduktion i landet. Bedömningen grundar sig även på att miljöhänsyn, både klimat och andra miljöfrågor, samt hälsorelaterade frågor som luftkvalitet och buller i stadsmiljö, kommer att vara viktiga drivkrafter, både för politiker och för fordonstillverkare bortom 2030. Därmed antas att fordonsmarknaden kommer att utvecklas i en riktning som minskar såväl klimatutsläppen som andra miljörelaterade utsläpp och att eldrivna fordon kommer vara en tydlig del av lösningen.

Hur stor del av den framtida elanvändningen som kommer vara ”köpt” el är svårt att avgöra.

Tabell 3: Samlad bedömning av den framtida elanvändningen (exklusive distributionsförluster) bortom 2030 uppdelat per sektor. Elanvändningen avser både ”köpt” el och den el som användarna själva producerar (så kallade prosumenter).

Sektor	Dagens elanvändning 2013 [TWh]	Bedömd elanvändning bortom 2030 [TWh]
Bostads- och service	71	65–85
Industri ¹ (inkl serverhallar)	51	50–60
Transporter	3	10–16
Övrig elanvändning ²	4	3–4
Totalt	129	128–165

Utvecklingen mot att elanvändarna blir sina egna producenter styrs i hög grad av prisutvecklingen på el och kostnaden för små produktionsanläggningar, men även av andra drivkrafter som att vara självförsörjande och en ökad miljömedvetenhet.

Priset på solceller har de senaste åren sjunkit kraftigt. En ökad andel småskalig produktion kommer dock inte ha någon större inverkan på elanvändningen (energin) totalt. Däremot kommer nettoförbrukningen för de hushåll som har egen produktion att ändras, vilket främst påverkar distributionsnäten och den storskaliga elproduktionen.

En ökad andel egentillverkad el förväntas också påverka effektbehovet eftersom produktionen av solet är låg på vintern då effektbehoven normalt är som störst. En kraftig ökning av småskalig solesproduktion i kombination med batterier kan dock medföra att effektbehovet från nätet från dessa hushåll minskar. Det som sannolikt kommer att avgöra utvecklingen i framtiden är kostnadsutveckling, stödsystem och kundernas preferenser.

Bedömningen som gjorts i denna rapport grundar sig till stor del på antaganden om att

historiska trender, nuvarande ekonomiska samt energi- och klimatpolitiska förutsättningar, kommer råda även i framtiden. Historien har dock visat att svåröversäglbara händelseförlopp har haft stor betydelse för elanvändningen och det finns all anledning att tro att detta kommer gälla även i framtiden. Det är snarare de trender (så som elvärmens snabba ökning under 1980- och 1990-talet, 00-talets kraftiga ökning av värmepumpar, elanvändningen i fjärrvärmeproduktionen under 1980-talet, strukturomvandlingen i industrin och så vidare) vi haft historiskt som gjort att vi haft en relativt konstant elanvändning den senaste 25–30 åren (NEPP, 2015). Hade inte dessa trender inträffat hade elanvändningen med stor sannolikhet legat på en relativt jämn årlig ökning från 1980-talet fram till finanskrisen 2008.

Det är dock svårt att uppskatta sannolikheten för liknande händelseförlopp och vilken påverkan de skulle få på elanvändningen. Därför har inte eventuellt kommande trender inkluderats i bedömningarna.



6. Sveriges effektbehov

Det svenska elsystemets momentana efterfrågan (effekt) varierar kraftigt i tiden både under dygnet, under veckan och mellan säsonger, samt skiljer sig geografiskt i landet. Dessa variationer beror bland annat på faktorer som är:

- **Strukturella**, till exempel stor andel elvärme och stor befolkning i södra Sverige.
- **Politiska**, till exempel önskan att reducera oljeberoendet genom subventioner till elvärme under 1980-talet.
- **Beteendemässiga**, till exempel invanda dygnsrytmer.

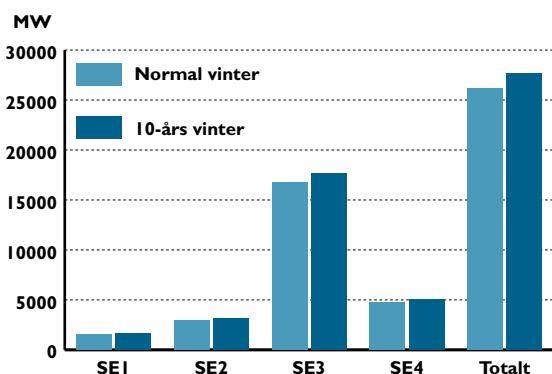
För att elsystemet ska fungera krävs det att det i varje ögonblick tillförs lika mycket el som matas ut ur systemet. Elsystemet har därför, genom

successiv utveckling, anpassats till önskad leveranssäkerhet och den förväntade maxeffekten, samt utifrån den önskade nationella självförsörjningsgraden. Det är därmed av stor vikt att förstå vilka faktorer som kan komma att påverka det framtida effektbehovet i Sverige, med avseende på maxeffekt, geografisk fördelning samt flexibilitet i användning.

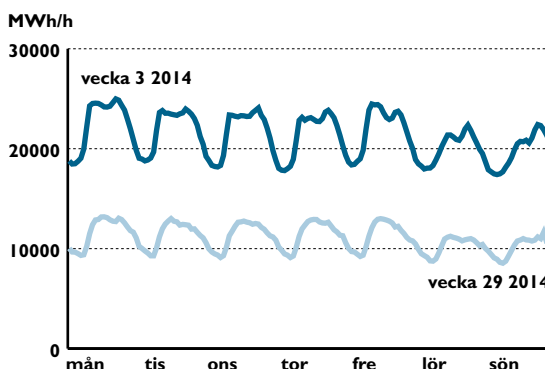
DAGENS EFFEKTBEHOV

Eleffektbehovet i Sverige kan variera från 8 000 MWh/h en sommarnatt till 27 000 MWh/h en kall vinterdag (Svenska Kraftnät, 2013:a). Under 2014 varierade effektbehovet i Sverige mellan cirka 8 500 MW/h och 25 000 MW/h. Det var dock endast under ungefär 200 timmar som behovet översteg 20 000 MW (NEPP, 2015).

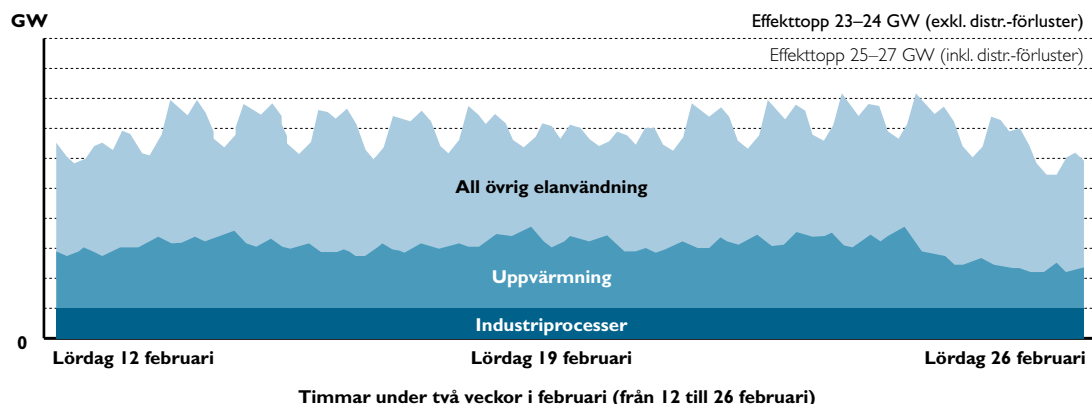
Figur 21: Effektbehovet en kall vinterdag i de olika elområdena (Vattenfall, 2015).



Figur 22: Effektbehovet under två olika veckor i Sverige (Nord Pool Spot, 2015).



Figur 23: Eleffektbehovet i Sverige under två veckor i februari 2011, då årets effekttopp inföll. Observera att sektoruppdelningen av effektbehovet är uppskattad medan det totala effektbehovet är faktiska värden (NEPP, 2015).



Efterfrågan på el har historiskt varit koncentrerad till de mer tätbefolkade delarna, där område 3 (södra Sverige) står för nästan 65 procent av effektbehovet en kall vinterdag, se Figur 21. Detta mönster kan förväntas fortsätta även framgent, eftersom elintensiv industri sannolikt inte flyttas från nuvarande placering (om än viss omfördelning kan ske) och trenden mot ökad urbanisering förväntas fortsätta.

Olika sektorer har olika effektbehovsprofiler över året (olika ”spetsig” användningsprofil) och effektbehovet är främst drivet av industrin samt bostäder och service. Effektbehovet i industri- och transportsektorn (bantrafik) har historiskt varit relativt konstant över året, givet att industriproduktion samt transporter sker året runt samt till stor del dygnet runt. Stora variationer kan däremot ses i effektbehovet inom bostads- och servicesektorn, där användningen av el varierar starkt över dygnet men även mellan säsonger och beror av el för uppvärmning och belysning (Vattenfall, 2015).

Figur 22 visar effektbehovet under två olika veckor i Sverige, med tydliga effekttoppar, framförallt morgon och kväll, samt med något lägre effektbehov under helgen. Det är som nämns ovan främst elanvändningen i bostads- och servicesektorn som bidrar till säsong-

variationerna då den höga användningen av el för uppvärmning och belysning varierar över året. Eluppvärmningen i Sverige bidrar med en topplasteffekt på cirka 7 000 MW (normalår) eller 8 000 MW (20-årsvinter). Övrig elanvändning, utöver el för industriprocesser och uppvärmning, varierar dock lika mycket som el för uppvärmning, fast variationerna sker över dygnet (se Figur 23). Det framtida effektbehovet kommer därför bero på hur ”spetsigheten” utvecklas hos de olika sektorerna samt deras inbördes storlek framöver (NEPP, 2015).

Figur 23 visar effektbehovet under veckorna med högst effektbehov 2011. Uppvärmningen varierar mindre än all övrig elanvändning (NEPP, 2015).

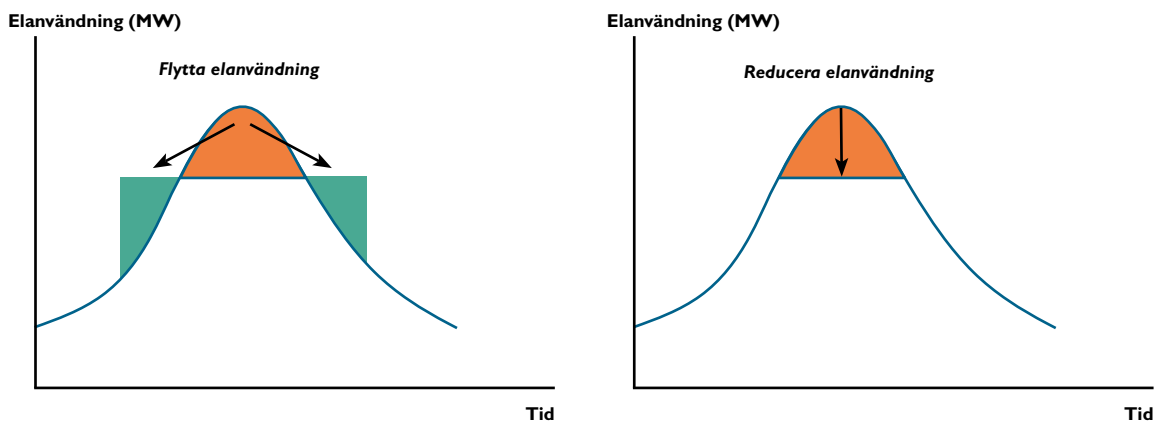
FRAMTIDA EFFEKTBEHOV

Vad gäller den framtida utvecklingen av effektbehovet förutses inga dramatiska förändringar. I huvudsak kommer effektbehovet förändras proportionellt mot utvecklingen av elanvändningen. För elanvändningen för uppvärmning kan som nämns i avsnittet *Elanvändningen i bostads- och servicesektorn bortom 2030* i kapitel 5 elenergin minska något, vilket medför att det maximala

Tabell 4: Beskrivning av hur det framtida eleffektbehovet förväntas utvecklas framöver i förhållande till utvecklingen av elenergin (NEPP, 2015).

	Hushållsel	Driftel	Värmemarknaden	Fjärrvärme	Industri	Transport
Effektutveckling	Som energin	Som energi	Minskad maxeffekt under vintern	Som energin	Som energin	Ökade dygnsvariationer

Figur 24: Förflyttning av elanvändningen i tid respektive att permanent reducera elanvändningen.



effektbehovet då också minskar under vintern, om än något långsammare. Inom transportsektorn kan en stor andel elbilar öka effektbehovet under vissa tider av dygnet. Användning av elbilar ger inga större säsongsskillnader, däremot tydliga dygnsvariationer, om inte ”smarta laddstrategier” förmår oss att jämnat ut lasten över dygnet eller bättre anpassa efterfrågan utifrån utbudet av el. Tabell 4 visar hur eleffektbehovet kan utvecklas framöver (NEPP, 2015).

POTENTIALEN I ÖKAD EFTERFRÅGEFLEXIBILITET

För att skapa balans mellan elanvändning och elproduktion kan temporära minskningar eller skiften i användarledet ske genom så kallad efterfrågefleksibilitet. Det förutsätter att kunderna svarar på prissignaler när effektbalansen

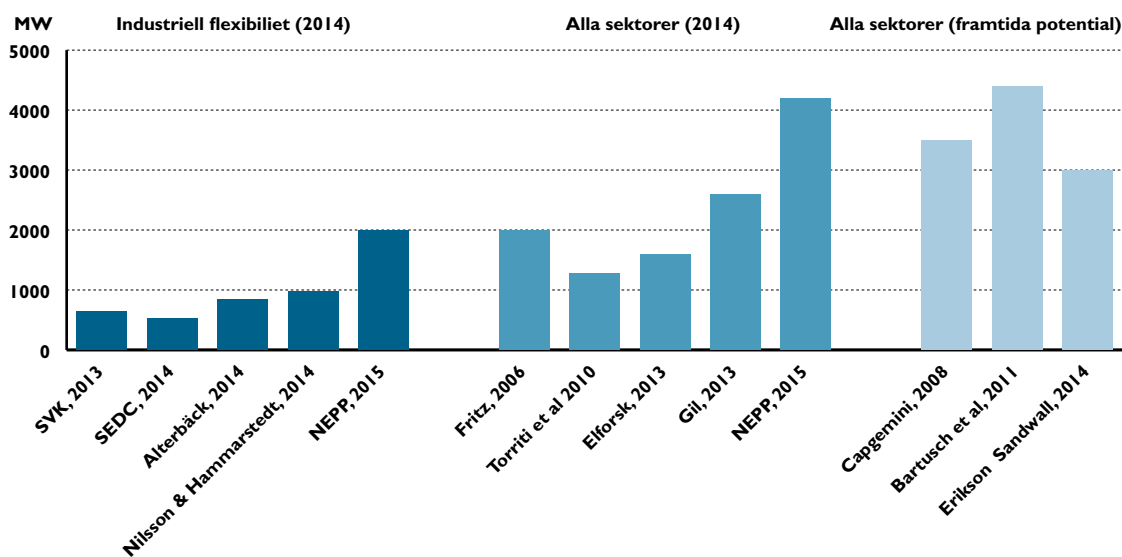
börjar bli ansträngd, eller ännu hellre att det sker automatiskt och utan att inkräkta på komforten. Att minska elanvändningen under året, det vill säga att permanent minska effekttopparna, kan ha stora fördelar för det framtida elsystemet.

Olika typer av efterfrågefleksibilitet

Det finns olika typer av efterfrågefleksibilitet (se Figur 24):

- Att flytta användningen i tid innebär att elanvändning (till exempel en varmvattenberedare, elbilsaddning, hushållsprodukter) momentant stängs av under hög efterfrågan samtidigt som elproduktion är låg och där användningen flyttas några timmar till dess att den akuta effektbristen upphört, utan att påverka inomhusklimatet eller kundens komfort. Potentialen finns främst inom bostads- och servicesektorn och kan realiseras ett antal timmar åt gången.

Figur 25: Uppskattningar av efterfrågeflexibiliteten i Sverige. Bearbetad data från (Mökander, 2014) och (NEPP, 2015).



- Att permanent reducera elanvändningen innebär att användningen frivilligt avstås och kopplas bort över ett visst elpris. Detta är den flexibilitet som i många fall kan realiseras av industrin. Industrins efterfrågeflexibilitet innebär därmed en bestående reduktion av last och är beroende av produktions- och leveransförhållanden som påverkar priselasticiteten. Denna potential kan realiseras ett par gånger om året.

Potentialen för efterfrågeflexibilitet från olika elkunder

En ökad efterfrågeflexibilitet kan vara ett kostnadseffektivt alternativ till en utbyggd elproduktion, då extrema maxeffekttimmar endast uppstår ett fåtal timmar om året, om ens så ofta. Som nämns ovan finns det olika typer av elkunder som har potential att vara flexibla i sin elanvändning. Dessa är framför allt industriföretag och hushållskunder, främst småhus med eluppvärmning, men i mindre grad även kommersiella lokaler.

Det finns ett flertal studier som uppskattar

den totala efterfrågeflexibiliteten inom industrin och totalt inom alla sektorer. Se Figur 25, där den totala framtida potentialen varierar mellan 3 000 och 4 500 MW.

Industri

Industriföretagens efterfrågeflexibilitet innebär, som nämns ovan, oftast en bestående reduktion av last och är i sin tur beroende av produktions- och leveransförhållandena som påverkar hur priskänslig industrin är. Det lägsta elpris som krävs för att nyttan från effektreduktionen ska överstiga kostnaden beror på en rad parametrar såsom beläggningsgrad, orderingång, lager nivå, konjunkturläge, ingångna avtal samt ekonomiska konsekvenser vid leveransförändringar eller risk för förlorade marknadsandelar. Effektstyrning är i första hand lämplig i industriella processer som har värmetröga laster eller buffertkapacitet i produktionen, exempelvis mekanisk massaproduktion. Det finns idag fem bruk (i Borlänge, Hyltebruk, Norrköping, Hallstavik och Sundvall) som gör mekanisk

massa och där det finns möjlighet till flexibel användning. Alla dessa företag är redan aktiva på elmarknaden.

Generellt är potentialen för effektreduktion lägre under hög- än under lågkonjunktur, medan behovet av effektreduktioner är störst under högkonjunktur när effektbehovet förväntas vara störst. Det behövs även ställtid för att realisera effektreduktion, vilket kan begränsa de praktiska möjligheterna. Produktionsprocessen ger därmed de tekniska förutsättningarna, både för reaktionstid och för neddragningsvolym. Praktiskt sett är potentialen för efterfrågeflexibilitet från industriföretagen i huvudsak tillgänglig endast några gånger per år (NEPP, 2015).

Det finns ett flertal studier som uppskattar potentialen för efterfrågeflexibilitet inom industrin där ett flertal pekar ut den nuvarande potentialen till mellan 500 och 2500 MW, under kortare perioder. Som nämns ovan utnyttjas redan en del av denna potential idag genom att aktörerna är aktiva på elmarknaden, men även som en del av effektreserven.

En nyligen framtagen studie (Mökander, 2014) uppskattar den totala potentialen inom industrisektorn till cirka:

- 2400 MW vid en timmes varaktighet till en kostnad av cirka 250 öre/kWh
- 2000 MW för 1–4 timmars varaktighet till en kostnad av cirka 320 öre/kWh
- 500 MW vid 5–24 timmars varaktighet till en kostnad överstigande 350 öre/kWh

NEPP (2015) uppskattar industrins potential till cirka 2000 MW vid ett elpris överstigande 200 öre/kWh, där det antas att cirka 85 procent av industrins potential återfinns i den elintensiva industrin och resterande i lätt industri, som omfattar bland annat livsmedels- och verkstadsindustrin.

Hushåll

Det finns inte samma erfarenhet av vilken potential som finns för efterfrågeflexibilitet hos hushållen, och att kunna utnyttja potentialen kommer sannolikt kräva en högre grad av auto-

matisering och andra incitament än vad som finns i dagsläget (Chalmers, 2014:b). Potentialen ligger huvudsakligen i möjligheten att temporärt stänga av värmeförsörjningen i småhus som är eluppvärmda utan att inomhusklimatet påverkas. Potentialen uppskattas till 500–3000 MW (Energimyndigheten, 2013:14), (Chalmers, 2014:b) beroende på varaktighet och hur mycket komforten påverkas. År 2013 uppskattade Svenska Kraftnät hushållspotentialen till cirka 2000 MW, upp till cirka 3 timmar åt gången, vilket stämmer överens med NEPPs uppskattning av potentialen för cirka en miljon småhus (Svenska Kraftnät, 2013:b) (NEPP, 2015).

Jämfört med industrins lastreduktion är hushållens last återvändande och det effektbehov som följer efter effektreduktionen är högre än den genomsnittliga efterfrågan. I och med att elvärmekunder flyttar sina värmelaster mellan närliggande tidsperioder är det den relativa prisskillnaden, inte den absoluta prisnivån, som skapar det ekonomiska incitamentet för laststyrningen.

Den maximala potentialen i denna sektor är dock högst temperaturkänslig eftersom husets värmetröghet används. Det innebär att om det inte finns något värmebehov sommartid kan inte värmeförbrukningen minskas och på samma sätt kan inte användningen ökas om full effekt redan används. Potentialen är därmed störst på vintern. Effekttoppar på vintern varar dock ofta (minst) tiotalet timmar och värmelasterna är inte möjliga att reglera ner under så lång tid, varför den behöver spridas ut på flera timmar för att påverka topplasten i någon större utsträckning (NEPP, 2015). Det är viktigt att hantera den återvändande förbrukningen så att nya effekttoppar inte skapas, eller att den leder till en komfortsänkning.

Övrig efterfrågeflexibilitet

Inom servicesektorn uppskattar Mökander (2015) nuvarande potential till 200–1000 MW, beroende på varaktigheten. NEPP (2015) uppskattar potentialen till cirka 200 MW. I ett längre tidsperspektiv finns det även möjlighet till förflyttning av last genom att exempelvis anpassa tiden för elbilsladdning eller användning av hushållsapparater. För att denna potential ska

realiseras krävs dock utökad användning av IT i kraftsystemet och ofta automatiserade lösningar som inte finns tillgängliga i nuläget (NEPP, 2015). Energilagrar kan också bidra till att anpassa efterfrågan på samma sätt som efterfrågefleksibilitet, förutsatt att energilagren laddas och laddas ur under samma dygn. Energilagrar är till skillnad från efterfrågefleksibilitet oberoende av lasten och kan användas över längre tidsperioder. De olika lagringsteknikerna är idag under utveckling, både gällande teknisk och ekonomisk prestanda, och konkurrerar inte med efterfrågefleksibilitet i ekonomiska termer. (NEPP, 2015)

SAMMANFATTANDE BEDÖMNING EFFEKT OCH EFTERFRÅGEFLEXIBILITET

Efterfrågan på el har historiskt varit koncentrerad till de mer tätbefolkade delarna där elområde 3 står för nästan 65 procent av effektbehovet en kall vinterdag. Detta mönster kan förväntas fortsätta även i framtiden, eftersom elintensiv industri sannolikt inte flyttas från nuvarande placering och trenden mot ökad urbanisering förväntas fortsätta. Som nämns i avsnittet *Samlad bedömning av elanvändningen bortom 2030* i kapitel 5 är den samlade bedömningen att elanvändningen bortom 2030 kommer uppgå till 128–165 TWh. Med antagande om att el-effektbehovet kommer förändras proportionellt mot utvecklingen av elanvändningen antas max-effektbehovet uppgå till 23 600–28 700 MW¹⁴ för samma tidsperiod.

Hur efterfrågefleksibiliteten kan förväntas utvecklas i framtiden är som framgått svårt att bedöma. Studier visar på en framtida potential

mellan 3 000 och 4 500 MW, där ungefär hälften finns inom industrisektorn och hälften inom bostadssektorn (framförallt småhus med eluppvärmning).

Utvecklingen för industrin kommer med stor sannolikhet drivas på kortare sikt av konjunkturen och på längre sikt av industrins eventuella strukturomvandling. En stor del av den industriella potential som nämnts ovan finns i skogsindustrins mekaniska massaproduktion där strukturomvandlingar nu sker. Dessa företag är redan aktiva på elmarknaden. Hur utvecklingen kommer att ske inom denna bransch kommer därmed ha stor betydelse för industrins framtida möjlighet till flexibel användning. Det finns dock indikationer på ett ökat intresse för, och medvetenhet om, efterfrågefleksibilitet bland industriföretagen. Men i många fall krävs en utveckling av interna processer för att löpande kunna bedöma priselasticiteten och potentialen för efterfrågefleksibiliteten.

Utvecklingen för hushållssegmentet kommer framförallt drivas av utvecklingen av elanvändningen för uppvärmning. Minskar elanvändningen för uppvärmning minskar även potentialen för flexibel användning från denna sektor. Idag saknas i de flesta fall ekonomiska incitament för hushållskunderna att vara flexibla i sin användning. Att utveckla affärsmodeller som är anpassade till hushållskundernas behov är centralt för att säkerställa att flexibel användning blir en drivkraft och inte utgör ett hinder för implementeringen av efterfrågefleksibilitet. Vidare analys av området behövs, och vid ett mer intermitterant produktionssystem kan även möjligheterna till ökad effektförbrukning komma att bli central.

7. Bilaga

FOTNOTER

1. I det högre intervallet ingår förutom den direkta påverkan av elanvändningen av ”antalet invånare i Sverige” också den påverkan invånarantalet har på ”antalet hushåll” och ”lokalyta i servicesektorn”. Baseras på uppgifter från (NEPP, 2015).
2. Erik Lindström, NordPool, bedömer att om datacenterverksamhet får samma elskatt som tillverkningsindustrin är det rimligt att anta en potential på 1000 MW år 2020 vilket motsvarar en ökad elanvändning kring 6–7 TWh från datacenter. Bedömning är därmed att upp mot 10 TWh kan vara rimligt i tidsperspektivet 2030–2050.
3. Inklusive den el som härrör till datacenterverksamhet, det vill säga delar av IT-sektorns elanvändning. Övrig elanvändning från IT-sektorn ingår i bostads- och service-sektorn.
4. Innefattar elanvändningen inom fjärrvärmeproduktion och raffinaderi.
5. Areella näringar inkluderar jordbruk, skogsbruk, trädgårdsnäring och fiske.
6. Övrig service omfattar byggsektorn, gatu- och vägbelysning, avlopps- och reningsverk samt vattenbruk.
7. Temperaturkorrigering görs vid jämförelse av användningen mellan olika år, oberoende av variationer i utomhustemperatur.
8. Delade incitament uppkommer när det finns en rolluppdelning mellan den som ansvarar för/har rådighet över den löpande energianvändningen (till exempel en lokalhyresgäst) och den som ansvarar för en energieffektiviserande investering (till exempel en fastighetsägare) och de intäkter och kostnader som genereras i samband med olika energiåtgärder inte har fördelats på ett sådant sätt att parterna får ett proportionerligt ekonomiskt incitament att genomföra en energieffektiviseringsåtgärd (Boverket, 2013:32).
9. Förhållandet mellan energianvändning och BNP/förädlingsvärde.
10. Handelsöverskottet från basindustrins produkter (malmer, metaller, metallvaror, trävaror och papper) var över 140 miljarder kronor 2013 (Svenskt Näringsliv, 2014:a).
11. Inklusive den el som härrör till datacenterverksamhet, det vill säga delar av IT-sektorns elanvändning. Övrig elanvändning från IT-sektorn ingår i bostads- och service-sektorn.
12. Innefattar elanvändningen inom fjärrvärmeproduktion och raffinaderi.
13. El levererad till slutkund via elnätet.
14. Baseras på NEPPS preliminära antagande om sambandet mellan topp effekt och årsförbrukning där $y = 455,03 * x^{0,8116}$ där y = topp effekt (MW) och x = årsförbrukning (TWh).

LITTERATURFÖRTECKNING

- Backlund, S., Thollander, P., Ottosson, M. & Palm, J., 2012. *Extending the Energy efficiency gas*, Linköping: Linköpings Universitet.
- Bennich, P., 2011. *Strategi för prioriterad satsning på belysning*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Björkman, T., 2015. *Samtal/Underlag från Energimyndigheten*. Eskilstuna: u.n.
- Boston Consulting Group, 2014. *Digital Infrastructure and Economic Development*, u.o.: Boston Consulting Group.
- Boverket, 2003. *Konsekvenser av ett förbud mot direktverkande elvärme i nya byggnader*, Karlskrona: Boverket.
- Boverket, 2013:32. *Analys av delade incitament för energieffektivisering – Med fokus på energiprestandaförbättrande investeringar*, Karlskrona: Boverket, Energimyndigheten.
- Boverket, 2015:18. *Behov av bostadsbyggande – Teori och metod samt analys av behovet av bostäder till 2025*, u.o.: Boverket.
- Chalmers, 2014:a. *Perspektiv på eldrivna fordon*, Göteborg: Chalmers.
- Chalmers, 2014:b. *European Energy Pathways – Towards a Sustainable European Electricity System*. Göteborg: Chalmers.
- Energimyndigheten, 2013:14. *Utmaningar för den nordiska elmarknaden*, Eskilstuna: Statens Energimyndighet.
- Energimyndigheten, 2015:08. *Energiläget 2015*, Eskilstuna: Statens Energimyndighet.
- Energimyndigheten, 2015:10. *Vägval och utmaningar för energisystemet*, Eskilstuna: Statens Energimyndighet.
- Energimyndigheten, 2015a. *Energiläget i siffror 2015*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Ericsson, K., Nilsson, L. J., Johansson, B. & Åhman, M., 2015. *Industrins långsiktiga utveckling och energisystemet*, u.o.: u.n.
- Hansson, M., Johansson, O. & Normark, B., 2014. *Energilager i energisystemet*, Stockholm: Power Circle.
- Heck, S. & Rogers, M., 2014. *Resource Revolution*, u.o.: Melcher Media.
- IVA, 2014. *50 procent effektivare energi-användning 2050 – Slutrapport från IVAs projekt Ett energieffektiva samhälle*, Stockholm: IVA.
- Karlsson, K. & Widén, J., 2008. *Hushållens elanvändningsmönster identifierade i vardagens aktiviteter – Arbetsnotat Nr 330*, Linköping: Linköpings universitet.
- Koomey, J., 2013. *Internet Infrastructure. Presentation på How green is the Internet?* [Online] Available at: <https://youtu.be/O8-LDlyKABM>
- Kågesson, P., 2014. *Farväl till kärnkraften?*, u.o.: Nature Associates.
- Länsstyrelsen Norrbotten, 2014. *Strategi för att skapa en världsledande teknikregion i Norrbotten för klimatsmarta effektiva data-center*, Luleå: Länsstyrelsen Norrbotten.
- Mökander, J., 2014. *Demand Response in the future Swedish electricity market – a typology based on cost, volume and feasibility*, u.o.: Linköpings Universitet.
- NEPP, 2015. *Elanvändningen i Sverige 2030 och 2050*, Stockholm: NEPP i samarbete med IVA.

Nord Pool Spot, 2015. *Market data – Consumption*. [Online] Available at: <http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Power-system-data/Consumption1/Consumption/SE/Hourly1111/?view=table> [Använd 2015].

Nordling, A., Englund, R., Hembjee, A. & Mannberg, A., 2015. *Energilager – Teknik för lagring av el*, Stockholm: IVA inom projektet Vägval el.

Paramonova, S., Thollander, P. & Ottosson, M., 2015. Quantifying the extended energy efficiency gap – evidence from Swedish electricity-intensive industries. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Issue 51, pp. 472–483.

Rifkin, J., 2014. *The Zero Marginal Cost Society – The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*, u.o.: Palgrave Macmillan.

SCB, 1977. *Folk- och bostadsökningen 1970 – Del 14. Bostäder och hushåll 1960–1970*, Stockholm: SCB.

SCB, 2015:2. *Sveriges framtida befolkning 2015–2060*, Stockholm: Statistiska Centralbyrån.

SCB, 2015. *Folkmängden efter region, civilstånd, ålder och kön. År 1968–2014*. [Online] Available at: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BE__BE0101__BE0101A/BefolkningNy/?rxid=32cffb25-0foa-4db7-9361-1dfb685a5264 [Använd 2015].

SCB, 2015. *SCB – Antal hushåll i tusental efter hushållstyp*. [Online] Available at: http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Hushallens-ekonomi/Inkomster-och-inkomstfordelning/Hushallens-ekonomi-HEK/7289/7296/Antal-hushall/163554/ [Använd augusti 2015].

SCB, 2015. *Slutanvändning (MWh), efter län och kommun, förbrukarkategori samt bränsletyp. År 2009–2013*. [Online] Available at: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__EN__EN0203/SlutAnvSektor/?rxid=3f84386f-cco2-4205-8e77-1646ebf81bf4 [Använd 2015].

Sköldberg, H. o.a., 2006:05. *Elanvändningen i Norden om tio år – Slutrapport*, Stockholm: Elforsk.

SOU, 2013:84. *Fossilfrihet på väg*, Stockholm: Statens offentliga utredningar.

SOU, 2014:84. *Samordningsrådet för smarta elnät*. [Online] Available at: <http://www.swedishsmartgrid.se/> [Använd 2015].

SOU, 2015:87. *Energiskatt på el – En översyn av det nuvarande systemet. Betänkande av Utredningen om sektorneutral och konkurrenskraftig energiskatt på el*, Stockholm: Statens offentliga utredningar.

Ståhl, B. o.a., u.d. *En färdplan för att främja elfordon i Sverige, nå klimatmålen och samtidigt stärka den svenska konkurrenskraften*, u.o.: Roadmap Sweden.

Svanström, S., 2015:1. *Urbanisering – från land till stad. Välfärd*, Februari, pp. 26–27.

Svensk Energi, 2010. *På väg mot ett kol-dioxidneutralt samhälle med el i tankarna*, Stockholm: Svensk Energi.

Svenska Kraftnät, 2013:a. *Perspektivplan 2025, en utvecklingsplan för det svenska stamnätet*, u.o.: Svenska Kraftnät.

Svenska Kraftnät, 2013:b. *Effektreserven – En uppföljning och analys av utvecklingen av den svenska effektreserven*, Sundbyberg: Svenska Kraftnät.

Svenskt Näringsliv, 2014:a. *Sveriges framtida elbehov – Hur mycket elkraft behövs*, Stockholm: Svenskt Näringsliv.

Svenskt Näringsliv, 2014:b. *Global klimatnytta genom svensk konkurrenskraft*, Stockholm: Svenskt Näringsliv.

Tesla, 2015. *Energy Storage for a Sustainable Home*. [Online] Available at: <http://www.tesla-motors.com/powerwall> [Använd 2015].

Thollander, P. & Ottosson, M., 2012. *Drivkrafter för industrins energianvändning – En litteraturstudie*, Eskilstuna: Energimyndigheten.

Thollander, P. o.a., 2010. *EUs 2020-mål avseende primärenergi – En studie av effekterna för svensk industri*, Linköping: Linköpings universitet.

Trafikanalys, 2015. *Fordon på väg – Fordonsstatistik månad för månad*. [Online] Available at: <http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/> [Använd 2015].

Ulcoss, 2015. *Alkaline Electrolysis*. [Online] Available at: <http://www.ulcos.org/en/research/electrolysis.php> [Använd 2015].

Vattenfall, 2015. *Uppgifter lämnade från Vattenfall*. Stockholm: u.n.

WSP:s bearbetning av data från SCB, 2015. *Be-folkningsutveckling och urbaniseringstrenden från 2013 till 2014*. Stockholm: WSP.

WSP:s bearbetning av material från Svenskt Näringsliv, 2015. *Elanvändningen (MWh) i industrin på kommunnivå*. Stockholm: WSP.

WSP, 2014. *Rapsprognos till Långtidsutredningen. Ett underlag till delrapporten om regional demografisk utveckling, Långtidsutredningen 2015*. Stockholm: WSP.

Åhman, M., Nikoleris, A. & Nilsson, L. J., 2012. *Decarbonising industry in Sweden – an assessment of possibilities and policy needs*, Lund: Lunds Universitet.



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**