

Konsekvenser av en avstannad vindkraftsutbyggnad inom svenskt territorialområde

- Uppdrag åt utredningen Stärkta incitament för utbyggd vindkraft (Dir. 2022:27)

Filip Johnsson, Lisa Göransson
Institutionen för Rymd-, geo- och miljövetenskap, avdelning Energiteknik, Chalmers

Lars Zetterberg
IVL Svenska Miljöinstitutet

Ebba Löfblad, Mikael Odenberger, Thomas Unger, Johan Holm
Profu

2022-12-01 (med vissa uppdateringar gjorda i mars 2023)



Sammanfattning

Mistra Electrification har fått ett mindre uppdrag av Regeringskansliet och utredningen Stärkta incitament för utbyggd vindkraft (Dir 2022:27) i form av att ta fram en kortare rapport som övergripande resonerar kring konsekvenserna av att ingen vindkraft utöver den som redan är tillståndsgiven byggs inom svenskt territorialområde. Rapporten ger först en kort sammanfattning av olika bedömningar av framtida elbehov samt statusen för vindkraft i Sverige. Därefter resonerar rapporten kring konsekvenserna av en avstannad vindkraftsutbyggnad med avseende på elpris, industri, hushåll och klimat.

Rapporten konstaterar att för de närmsta tio åren finns få eller inga alternativ till att möta industrins elektrifieringsambitioner annat än med vindkraft, förutom ökad import. Att sätta exakta siffror på de samhällsekonomiska konsekvenserna av att ingen vindkraft utöver den som redan är tillståndsgiven byggs inom svenskt territorialområde har inte varit möjligt inom ramen för uppdraget. Men en tekno-ekonomisk modellanalys ger att den kostnadsmässiga konsekvensen av att begränsa landbaserad vindkraft till förmån för havsbaserad vindkraft samt solkraft är en ca 10 % högre marginalkostnad för elproduktion sett över året för såväl år 2035 som för år 2045. Ett scenario utan vare sig ytterligare land- eller havsbaserad vindkraft ger en kostnadsökning på ca 25% högre marginalkostnad för elproduktion sett över året för år 2035 och ca 20 % högre för år 2045. I ett tredje scenario helt utan nyinvesteringar i vindkraft men som tillåter obegränsad expansion av kärnkraft fås betydande investeringar i både kärnkraft och solkraft. Marginalkostnaden för elproduktion år 2035 är då ca 20 procent högre sett över året än om ny vindkraft tillåts, medan motsvarande kostnadsökning för år 2045 är ringa förutsatt att systemet klarar att etablera drygt 100 TWh ny kärnkraftsel (till en kostnad av 600SEK/MWh). Samtidigt innebär en försening av elektrifieringen fram till 2035 troligtvis ett stort tapp i Sveriges möjligheter att hänga med i elektrifieringen. Det är viktigt att peka på att kostnadsuppskattningarna i detta arbete är teoretiska modellberäkningar och resultaten ska ses som storleksuppskattningar av de potentiella kostnadsökningarna. Modellanalysen gör heller inte någon skarp distinktion mellan havsbaserad vindkraft inom territorialgränsen och installationer inom den ekonomiska zonen. Men kostnaden för havsbaserad vindkraft ökar ju längre avståndet är till land. Utesluts möjligheten att investera inom territorialgränsen exkluderas företrädesvis de billigaste kostnadsklasserna i det samlade utbudet för ny havsbaserad vindkraft vilket dels ger en förskjutning av investeringar till den ekonomiska zonen till högre kostnader, dels att investeringar i havsbaserad vindkraft blir mindre till förmån för investeringar i andra konkurrerande kraftslag samt att investeringar i vindkraft i ökande utsträckning kan komma att ske i våra grannländer.

Rapporten exemplifierar elektrifiering av industrin med fossilfritt stål med antagandet att EU:s klimatpaket Fit for 55 (FF55) driver upp priset på utsläppsrätter till en nivå på 150€. Med ett antagande om 50 procent fri tilldelning år 2030 kommer masugnsbaserat stål år 2030 kosta ca 460€ per ton (antaget att övriga produktionskostnader är likvärdiga med dagens). Detta skulle göra fossilfritt stål till ett mer konkurrenskraftigt alternativ än masugnsbaserat stål. En förutsättning för denna utveckling är tillgången till fossilfri el till ett rimligt pris, vilket fram till in på 2030-talet rimligtvis är begränsat till främst vindkraft. År 2035 kommer den fria tilldelningen vara helt utfasad och ersatt av en gränjusteringsmekanism vilket troligtvis ger ytterligare ökning av priset på utsläppsrätter.

För industrin rent generellt innebär otillräcklig eller osäker tillgång till el uteblivna eller fördröjda investeringar, vilket i sin tur påverkar bland annat sysselsättning, skatteintäkter och klimatpåverkan från verksamheterna. Dessutom riskerar svensk industri att tappa sitt försprång inom vissa nyckelområden och sin globala konkurrenskraft.

Det är också viktigt att konstatera att när svensk utsläppsfri elproduktion ökar, och el exporteras till andra länder, så trängs fossilbaserad elproduktion undan i det nordeuropeiska elsystemet.

När det gäller hushållen är det mycket viktigt att Sverige säkerställer att ny elproduktion kan komma till så fort som möjligt eftersom det, tillsammans med energieffektiviseringar, är enda praktiskt genomförbara möjligheten att på kort sikt fram till runt 2030 dämpa elkostnaden för hushållen.

Innehåll

1	Bakgrund.....	2
2	Det framtida elbehovet.....	2
2.1	Scenarier över framtida elbehov.....	2
2.2	Industrins ambitioner i förhållande till tillgänglig elproduktion.....	4
3	Status för vindkraften.....	6
3.1	Landbaserad vindkraft.....	6
3.2	Havsbaserad vindkraft.....	7
4	Konsekvenserna av en avstannad vindkraftsutbyggnad.....	8
4.1	Elsystemet.....	8
4.2	Industrin.....	10
4.3	Hushåll.....	13
4.4	Klimatet.....	13
4.5	Övrigt.....	14
5	Referenser.....	17

1 Bakgrund

Mistra Electrification har fått ett mindre uppdrag av Regeringskansliet och utredningen *Stärkta incitament för utbyggd vindkraft* (Dir 2022:27) i form av att ta fram en kortare rapport som övergripande resonerar kring konsekvenserna av att ingen vindkraft utöver den som redan är tillståndsgiven byggs. Kortrapporten skulle därvidlag utgöra en konsekvensutredning (i enlighet med 6 § 2 p. konsekvensutredningsförordningen, 2007:1244) som diskuterar vilka effekterna blir inom Sveriges territorialgräns om incitament och kompensationssystem inte kommer till stånd och kommuners tillstyrkansgrad förblir på nuvarande nivå.

På grund av uppdragets begränsade omfattning (motsvarande 3 dagars arbete) har någon djupare konsekvensanalys ej varit möjlig. Denna rapport, som utgör leverans av uppdraget, ska därför ses som en övergripande konsekvensanalys med kvalitativa konsekvensresonemang kopplat till ett antal kvantitativa exempel av möjliga konsekvenser.

Rapporten ger först en kort sammanfattning av olika bedömningar av framtida elbehov (kapitel 2) samt statusen för vindkraft i Sverige (kapitel 3). Därefter resonerar kapitel 4 kring konsekvenserna av en avstannad vindkraftsutbyggnad med avseende på elpris, industri, hushåll och klimat.

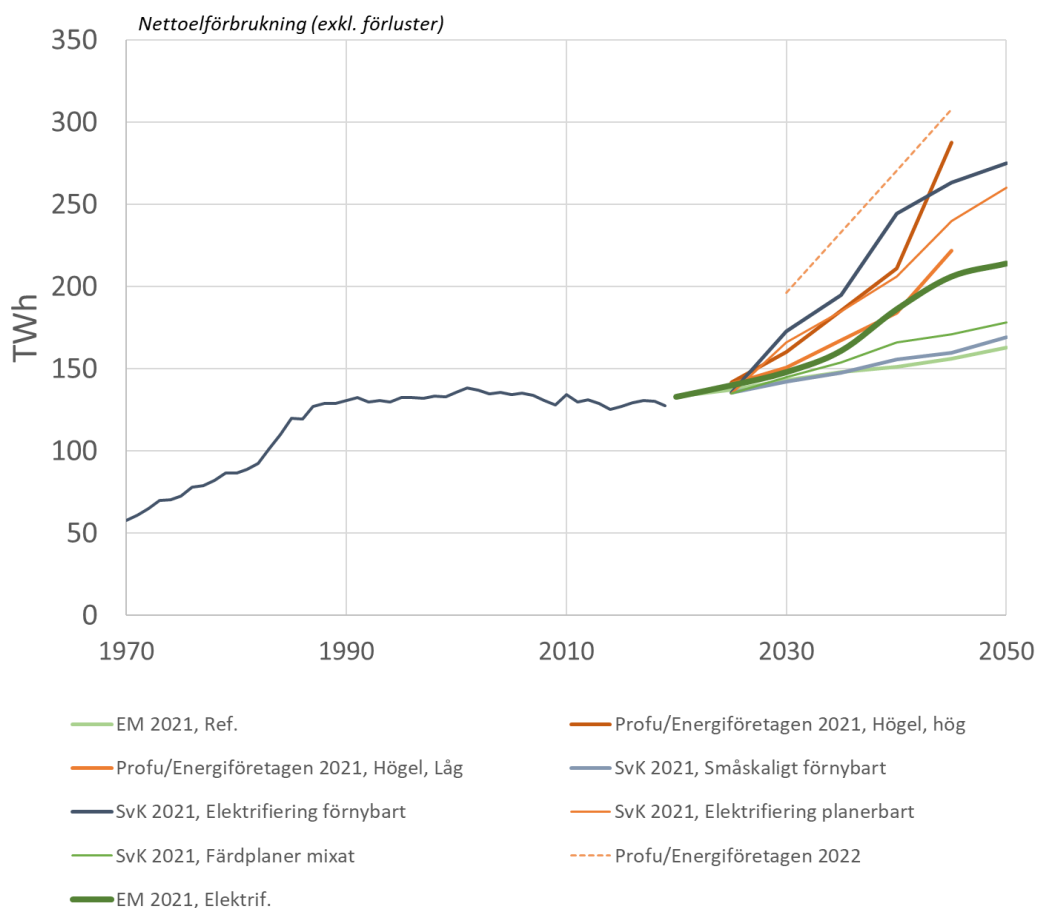
Utöver rapporten har uppdraget till Mistra Electrification omfattat att genomföra och leda en workshop med ett antal forskare från projektet. Syftet med workshopen var att diskutera metoder för att bestämma en lämplig nivå på de incitament och kompensationssystem som utredningen har att föreslå, dvs. nivåer som är tillräckligt höga för att vara verkningsfulla, men inte högre än samhällsekonomiskt lämpliga nivåer eller att det får alltför stora effekter på vindkraftens lönsamhet och utbyggnadstakt. Utkomsten av workshopen ingår inte i denna rapport.

2 Det framtida elbehovet

Mycket tyder på att elektrifiering kan bli den enskilt viktigaste åtgärden för att klimatomställningen av framförallt industri- och transportsektorerna ska ske tillräckligt snabbt och i tillräcklig omfattning.

2.1 Scenarier över framtida elbehov

Ett antal olika scenarier över den möjliga utvecklingen av Sveriges elbehov har tagits fram under de senaste åren. Figur 1 visar utfallsrummet för den totala nettoelförbrukningen (dvs. exklusive överföringsförluster) fram till 2045-2050 för några av dessa. Det totala elbehovet i dessa scenarier varierar mellan 150-250 TWh redan år 2035, vilket skulle innebära en ökning av dagens elanvändning på ca 140 TWh med mellan ca 10 och 110 TWh. Mycket pekar på att det är den övre delen av spannet som svarar mot samhällets elektrifieringsambitioner. För att möta en sådan ökning i elbehovet krävs en betydande ökning redan till år 2030 dvs om bara sju år. I skrivande stund (december 2022) arbetar både Energimyndigheten och Svenska Kraftnät med uppdaterade elektrifieringsscenarier där det förväntade elbehovet ligger betydligt över deras tidigare scenarier.



Figur 1. Sammanställning av ett antal olika framtidsscenarioer för svensk elanvändning (EM= Energimyndighetens långsiktsscenarioer 2021, SvK= Svenska Kraftnäts långtidsscenarioer 2021, Profu/Energiföretagen = de scenarier som Profu tagit fram för Energiföretagen Sverige 2021 och 2022).

Den förväntade ökningen av elbehovet beror till stor del på den befintliga industrins omställning mot minskat fossilbränsleberoende för att möta klimatmålen. Men i de scenarier som ligger i det övre spannet ingår även aviserade satsningar på nya anläggningar för produktion av framförallt stål utan utsläpp av fossil koldioxid¹, konstgödsel och batteritillverkning. Därtill förväntas även en elektrifiering av vägtransportsektorn. Det råder viss osäkerhet kring det framtida elbehovet för kemi- och raffinaderiindustrierna, som idag står inför olika vägval avseende tekniker och processer som kraftigt kan minska fossilberoendet men påverka behovet av el, utöver det som finns med i ovanstående scenarier.

I framtidsscenarioer av den typ som visas i figur 1 finns förstås alltid stora osäkerheter och det finns idag många frågetecken om industrins förutsättningar med tanke på den stora utbyggnad av elproduktion och nätinfrastuktur som måste till för att möta de satsningar som planeras. Förutom tillgång till elproduktion, kostnad för el och nätinfrastuktur så handlar industrins förutsättningar för investeringar i Sverige främst om faktorer som effektiviteten i tillstandsprocesser, mål- och markkonflikter, otydligheter i befintliga och framtida styrmedel och regelverk liksom tillgång till råvaror/metaller,

¹ Det är en definitionsfråga vad som är befintlig och ny industri. Omställning av stålproduktionen skulle kunna räknas till befintlig industri medan reduktion av järnmalm till järnsvamp kan sägas vara "ny industri". Här har vi grupperat ihop det för enkelhetens skull.

komponenter och arbetskraft/kompetens. Trots de relativt stora osäkerheterna som föreligger vad gäller den exakta nivån på elbehovet fram till 2045 är det ändå troligt att det framtida elbehovet kommer att öka kraftigt, efter att under flera decennier ha legat på ungefär samma nivå som idag. Med det sagt skulle även en ökning på "endast" 75 TWh fram till 2035 eller däromkring innebära en stor utmaning att åstadkomma beaktat den tidsrymd vi talar om.

2.2 Industrins ambitioner i förhållande till tillgänglig elproduktion

De till dags dato större planerade och aviserade industriprojekten i Sverige som kan komma att realiseras fram till 2045 kommer alltså att behöva stora mängder el, framförallt i norra Sverige. Att projekten realiseras har stor betydelse för om Sverige ska nå sina klimatmål, men också bidra till att omvärlden får tillgång till mindre klimatpåverkande produkter. Lyckas detta kommer Sverige dessutom kunna ses som föregångare för andra att ta efter, vilket skulle ge konkurrensfördelar för svenska företag på de internationella marknaderna.

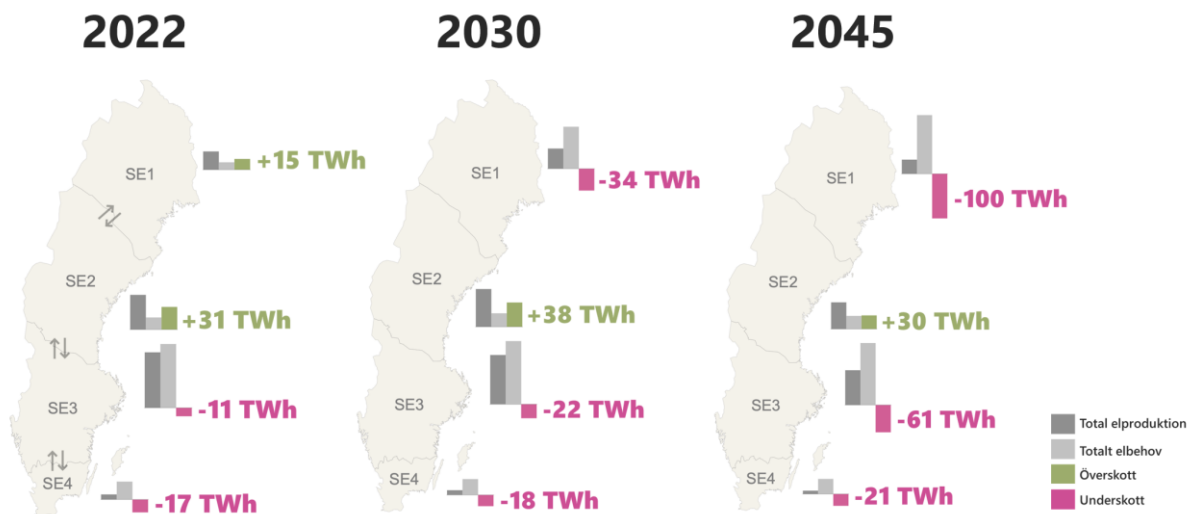
De sammanställningar i form av "högelektrifieringsscenarier" som har gjorts de senaste två åren vad gäller elbehov från planerade industrisatsningar pekar på att industrin har ett tillkommande behov på uppemot 50 TWh el till 2030 och ytterligare 80 TWh till 2045 (se bl.a. Johnsson m.fl., 2022; Profu & Energiforsk, 2021 samt 2022). Om alla planer skulle realiseras skulle den svenska industrin behöva ca 180 TWh år 2045, vilket kan jämföras med ca 50 TWh idag. Dessa nivåer av elbehov är naturligtvis förknippade med betydande osäkerheter, och som nämnts ingår i dessa bedömningar inte de möjliga stora elbehoven från kemiindustrin och raffinaderierna.

Den förväntade ökningen av elanvändningen måste mötas med inhemsk elproduktion och/eller import. Utmaningen på tillförselsidan förstärks av det faktum att en stor del av den befintliga elproduktionen kan ha fallit för åldersstrecket efter 2040 (Energimyndigheten uppskattar exempelvis att drygt 100 TWh av den befintliga elproduktionen förväntas nå sin tekniska livslängd år 2045).² Så gott som alla studier pekar på att den växande efterfrågan på el i huvudsak måste mötas med ökad inhemsk elproduktion. Flertalet studier pekar dessutom på att Sverige kommer att bibehålla sitt elexportöverskott även framöver (se exempelvis NEPP, 2020 och Energimyndigheten, 2021). Det är även troligt att våra grannländer kommer att genomgå en liknande utveckling med avseende på elförbrukningen, ambitioner som har förstärkts betydligt t.ex. vad gäller den tyska industrins omställning efter Rysslands invasion av Ukraina. På den integrerade nordeuropeiska elmarknaden kommer därför marknadens aktörer att sträva efter att uppföra ny elproduktion där den är mest lönsam. Det är högst troligt att inget annat kraftslag kan mäta sig med landbaserad vindkraft under överskådlig tid (i alla fall fram till en bit in på 2030 talet) när det gäller att bygga ut stora volymer på relativt kort tid till konkurrenskraftiga kostnader. I ett nordeuropeiskt perspektiv har Sverige goda förutsättningar att bygga ut både land- och havsbaserad vindkraft. Men även våra grannländer har goda förutsättningar för vindkraft, och har kommit betydligt längre när det gäller att investera i havsbaserad vindkraft. På sikt kan naturligtvis ny kärnkraft också utgöra ett alternativ. Det är dock osäkert vad dess kostnader kommer hamna, såväl avseende stora verk av dagens generation (Gen III, III+) samt för små och modulära, som kan vara av antingen tredje eller av fjärde generationen (Gen IV).

I ett uppdrag för Energiföretagen Sverige har Profu tillsammans med Energiforsk under 2022 gjort en övergripande analys av den möjliga energibalansen år 2030 respektive år 2045 i de fyra elområdena. Figur 2 visar det möjliga framtida gapet mellan ett maxscenario för elanvändningen (en uppdatering av Profus & Energiforsks Högelsscenario från 2021, se figur 1) och dagens befintliga elproduktion. Kartorna beskriver situationen i ett fall då dagens tillgängliga elproduktion bibehålls men ingen ytterligare tillkommer (utöver den som är under byggnation idag). Gapet indikerar därmed hur stor

² Energimyndigheten (2018), "Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem", ER 2018:16

insats (i TWh) som krävs för att möjliggöra en elektrifiering av den magnitud som målas upp i Högelscenariot 2022. Det indikerade gapet måste därmed fyllas genom ny elproduktion inom Sverige och/eller import av el.

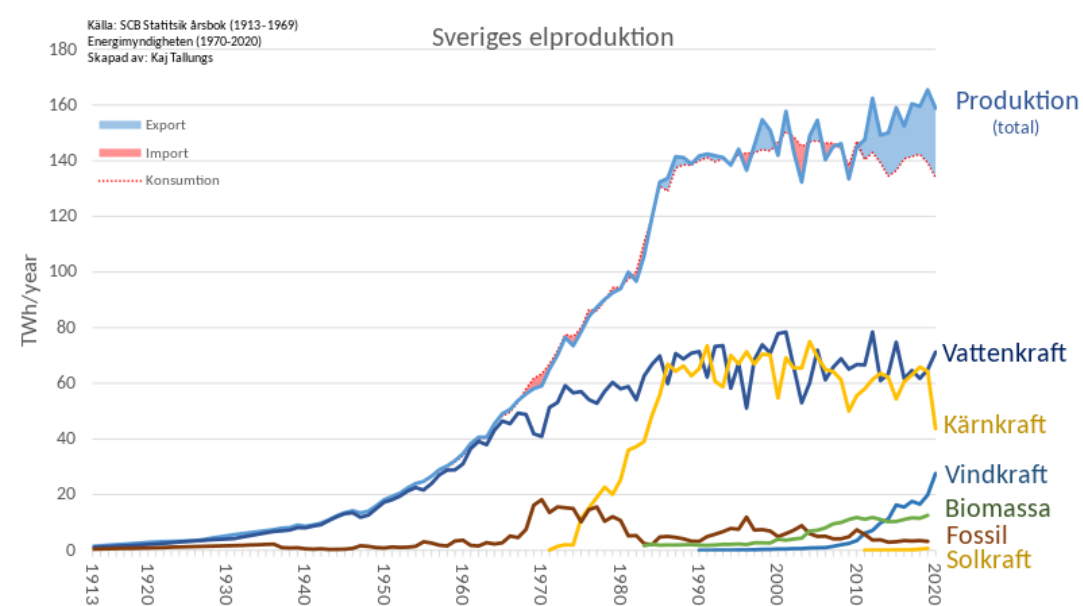


Figur 2 Energibalansen i Sveriges fyra elområden idag (2022) samt i en framtid med hög grad av elektrifiering (baseras på Energiföretagen Sveriges uppdaterade Högelscenario 2022) år 2030 och 2045 i en situation då ingen ny elproduktion tillkommer utöver den som redan finns på plats/är under byggnation idag. Kartor av Profu (hämtat från uppdrag för Energiföretagen Sverige).

Lägger man samman ovanstående "gap" till Sverigenivå innebär det ett underskott på nästan 160 TWh år 2045, förutsatt att alla de nu planerade satsningarna från industrin realiserar.

Då detta gap på kort tid i huvudsak kan mötas med vindkraft är det utbyggnaden av denna som är kritisk. I första hand landbaserad vindkraft men även havsbaserad vindkraft utgör en stor potential, då Sverige trots den långa kustlinjen endast har mycket lite havsbaserad vindkraft. Efter 2030 kan det finnas fler alternativ för att möta expansionen i elbehov (t.ex. kärnkraft). För att få elproduktionen som krävs för att möta industrins elektrifieringsambitioner på plats innan år 2030 är det därför av yttersta vikt att det görs ansträngningar för att undanröja de barriärer som idag finns för etablering av land- och havsbaserad vindkraft.

Som kan ses av figur 3 har det framförallt varit landbaserad vindkraft som bidragit till ny elproduktion i Sverige det senaste decenniet. Mellan åren 2000 och 2010 hade vi även ett ökat bidrag från biomassa i kraftvärme. Sammantaget har Sverige idag fortfarande nettoexport av el. Framöver ser det dock ut som att vindkraftsexpansionen kommer avta om det inte skapas bättre incitament för dess etablering (vilket troligtvis gäller även andra kraftslag som kräver ny lokalisering). Som nämnts ovan är det framförallt vindkraft som – förutsatt att tillståndprocesser effektiviseras och förenklas – förväntas kunna fortsatt expandera fram till en bit in på 2030-talet. Johnsson & Wråke (2022) uppskattar att land- respektive havsbaserad vindkraft skulle kunna bidra med 52 respektive 65 TWh fram till 2030. Detta inkluderar redan gjorda turbinbeställningar för landbaserad vindkraft, som på tre år förväntas öka elproduktionen med cirka 20 TWh. I tillägg finns potentialer från kraftvärme om ungefär 12 TWh (där de framtida priserna på biobränsle dock utgör en osäkerhet), från solkraft på 10 TWh samt 2 TWh genom effekthöjningar i Forsmark 1 och 3 (Johnsson & Wråke, 2022). Trenderna samt potentialen för land- och havsbaserad vindkraft sammanfattas i kapitel 3, baserat i huvudsak på en rapport framtagen inom Mistra Electrification (Johnsson m.fl., 2022).



Figur 3 Sveriges elproduktion (årsmedelvärden). Från Wikipedia (2022)/Kaj Tallungs med data från SCB (1913-1969) samt Energimyndigheten (1970-2020).

3 Status för vindkraften

Då det som nämnts ovan är främst vindkraft som kan bidra till att möta ett ökat elbehov från elektrifieringen fram till 2030 samt att vindkraft är i fokus för den utredning som denna rapport är ett underlag för (*Stärkta incitament för utbyggd vindkraft*, Dir. 2022:27) så ges här en bild från en kartläggning (Johnsson m.fl., 2022) av statusen för vindkraft. Det bör beaktas att läget kan ha ändrats något sedan kartläggningen färdigställdes (september 2022). Trenderna har dock inte ändrats nämnvärt, möjligen att de förstärkts något.

3.1 Landbaserad vindkraft

Man kan beskriva den landbaserade vindkraftens utveckling i fem olika trender:

- antalet samråd ökar
- antal och andel samråd som inte leder till ansökan ökar
- antalet ansökningar ligger jämnt men förväntas öka
- antalet ansökta verk som beviljas minskar
- andelen ansökta verk som beviljas minskar

För att behålla vindkraftens nuvarande utbyggnadstakt (7 TWh/år), och möta det ökade elbehovet, måste det installeras cirka 280 nya vindkraftverk om året, men under 2021 var det bara 130 verk som beviljades tillstånd (medan 454 fick avslag). Det bör också noteras att Svenska kraftnät planerar att senarelägga anslutningen, från år 2026 till år 2029, av 57 av de 130 verk som beviljades 2021.

I Mistra Electrification har vi granskat 276 landbaserade vindkraftsansökningar, med totalt 5 455 verk, som mellan 2014 och 2021 beslutats i första instans och slutligt avgjorts eller återkallats (Johnsson m.fl., 2022). Av dessa verk har 45 procent beviljats, medan 55 procent inte beviljats tillstånd. Under 2021 var det bara 22 procent av verken som beviljades tillstånd.

Mistra Electrification har granskat skälet till att 2 640 verk i sammanlagt 148 ansökningar inte beviljades tillstånd (Johnsson m.fl., 2022). De vanligaste anledningarna är **kommunernas veto** (51

procent av verken), **arter och naturvård** (24 procent), **rennäringen** (12 procent) och **Försvarmakten** (5 procent). Notera att samtliga dessa anledningar också stoppade ett stort antal projekt och verk i ett tidigare skede, före ansökan. När det gäller det kommunala vetot har det, när man också inkluderar projekt i tidigare skede än ansökan, stoppats minst 2 097 verk i 118 projekt. Johnsson m.fl. (2022) uppskattar att vetot stoppat 15–20 TWh vindkraftsel från att realiseras.

3.2 Havsbaserad vindkraft

I dagsläget finns det bara cirka en halv TWh havsbaserad vindkraft och sex av de åtta senaste ansökningarna har fått avslag (Johnsson m.fl., 2022). Ett av de två projekt som beviljats kan stoppas av kommunala vetot.

Samtidigt finns ett stort intresse att etablera havsbaserad vindkraft vilket går att mäta i antalet ansökningar om elanslutning, inledda samråd och ansökningar:

- Det fanns i mars 2022 ansökningar till Svenska kraftnät om att ansluta havsbaserad vindkraft från 42 områden, där potentialen (när man räknat bort överlappningar) uppgick till 90 GW eller 378 TWh (vid 4 200 fullasttimmar).
- Mellan den 1 januari 2014 och den 31 december 2021 inleddes minst 35 samråd om 4 320 havsbaserade vindkraftverk, motsvarande cirka 272 TWh. Hela 22 av samråden inleddes 2021. Det hade, vid årsskiftet 2021/2022, lämnats in tio ansökningar avseende 849–869 verk havsbaserad vindkraft som ännu inte var avgjorda, motsvarande cirka 54 TWh. Tre av ansökningarna avser samma områden.

Potentialen redan till 2030 är stor. Det finns ledig kapacitet i näten och projektörer vill bygga så snabbt som möjligt. Hur mycket som byggs beror på politisk vilja, Svenska kraftnäts utbyggnad av nätstationer i havet, Försvarmaktens uppdrag att möjliggöra ytterligare 90 TWh (utöver 20–30 TWh i befintliga havsplaner), kommuners användning av vetot och möjligheten till att snabba på tillståndsprocesser.

Den förra regeringens uppdrag om att möjliggöra ytterligare 90 TWh havsbaserad vindkraft via havsplanerna lämnades i februari 2022 till Energimyndigheten, Svenska kraftnät, Försvarmakten, Havs- och vattenmyndigheten, Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet, Sjöfartsverket, Statens jordbruksverk och Sveriges geologiska undersökning. Den förra regeringen avsåg troligen att ändra havsplanerna i enlighet med resultatet av "90 TWh-uppdraget" (troligtvis år 2025). Det är i dagsläget oklart vad den nyligen tillträdde regeringen avser göra i frågan.

Det finns en relativt god bild av hittillsvarande och planerad vindkraftsutbyggnad. Men det saknas en analys av förutsättningar, hinder och förslag för att möjliggöra en ambition i enlighet med havsplanerna (alltså 90 + 30 TWh = 120 TWh).

Det tre viktigaste hindren är, enligt Johnsson m.fl. (2022), den **långsamma nätutbyggnaden** i kombination med **långa och okoordinerade tillståndsprocesser**, **Försvarmaktens motstånd** samt **kommunala veton i Sveriges sjöterritorium**.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att ifall kompensationsystem – för både land- och havsbaserad vindkraft (inom territorialgränsen) - inte kommer till stånd och kommuners tillstyrkansgrad förblir på nuvarande nivå så är det mycket osannolikt att svensk industris ambitionsnivåer för elektrifiering fram till 2030 kan infrias (och därmed även efter det). Detta främst på grund av det kommunala vetot för landbaserad och kustnära vindkraft (dvs på svenskt territorialvatten) samt att osäkerheterna för havsbaserad vindkraft när det gäller nätutbyggnad och tillståndsprocesser är stora.

4 Konsekvenserna av en avstannad vindkraftsutbyggnad

En avstannad vindkraftsutbyggnad till land och till havs leder till en rad olika konsekvenser, framförallt försämrade möjligheter att ställa om den svenska industrin och transportsektorn genom elektrifiering men också risken för ett, åtminstone på kort sikt, mindre robust elsystem och en lägre självförsörjningsgrad. Samtidigt ser vi en alltmer osäker omvärld, med förändrad geo- och säkerhetspolitik som följd, vilket leder till nya utmaningar för investerare i både elproduktion och industrier att våga ta investeringsbeslut. Den energiprisutveckling vi nu ser, som en konsekvens av Rysslands invasionskrig i Ukraina, kommer ytterligare att spä på osäkerheterna och förutsättningarna för den industriella omställningen till fossilfrihet. Detta faktum, tillsammans med den oro som idag finns hos industriaktörer att få tillgång till den el som behövs för de planerade investeringarna skapar konsekvenser som är svåra att överblicka.

4.1 Elsystemet

I detta avsnitt för vi ett teoretiskt resonemang, utifrån ett antal modellscenarier, kring vilka konsekvenser en avstannad vindkraftsutbyggnad skulle få för det svenska elsystemets sammansättning, robusthet, systemkostnad och självförsörjningsgrad. De exempel som beskrivs ska ses som de teoretiska resonemang som de facto är, där avsikten är att visa hur ett kraftigt elbehov ska kunna mötas med de kvarvarande alternativen för att balansera elsystemet under tidsperioden fram till 2045 i det fall vindkraften är begränsad.

För att belysa konsekvenserna av en avstannad vindkraftsutbyggnad inom svenskt territorialområde med avseende på alternativ kraftproduktion samt hur handelsbalansen med el till och från kringliggande regioner påverkas har ett antal scenarier beräknats med energisystemmodellen TIMES-Nordic. De fall som beräknats är ett referensfall, ett fall utan möjlighet till ny landbaserad vindkraft utöver den som redan är under byggnation (baserat på vad Svensk Vindenergi bedömer är på plats fram till år 2025), ett fall med varken ny landbaserad eller havsbaserad vindkraft utöver den som redan är under byggnation samt ytterligare ett fall helt utan nyinvesteringar i vindkraft men som tillåter obegränsad expansion av kärnkraft. De tre första fallen inkluderar viss nyetablering av kärnkraft som motsvarar att nuvarande elproduktion ifrån kärnkraft kan bibehållas under hela den undersökta perioden. Samtliga scenarier antar en ökad efterfrågan på el som motsvarar en total efterfrågan på el på ca 330 TWh till år 2045 (dvs. baserat på Profu & Energiforsks Högelscenario 2022 för Energiföretagen Sverige).

Det är viktigt att komma ihåg att alternativen till fossilfri kraftproduktion är få och i mångt och mycket begränsade till vind- och solkraft samt, i det lite längre perspektivet, kärnkraft. Ett ytterligare, men begränsat, alternativ är biokraft som dock snabbt blir en fråga om hur mycket skogsråvara som kan allokeras till el- och värmeproduktion. Även potentialen för ny vattenkraft antas vara mycket begränsad och främst en fråga om ökad effekt och inte ökad årlig elproduktion. Att starkt begränsa något av de fossilfria produktionsalternativen som har potential att växa får stora konsekvenser för elsystemets förmåga i termer av robusthet samt hur mycket adaptation som krävs för att klara balansen på både kort och lång sikt.

Det är tydligt från beräkningarna att vindkraften har en mycket viktig roll som potentiell "bulkleverantör" av konkurrenskraftig el. I referensfallet bidrar vindkraft med mer än 50 procent av den el som används 2045, där landbaserad vind har en komparativ fördel gentemot havsbaserad vind i termer av enklare och billigare utbyggnad. Om landbaserad vindkraft begränsas till de ca 50 TWh som troligtvis kommer vara etablerat i elsystemet till omkring år 2024-2025 blir huvudalternativet (i modellscenarierna) att öka, och tidigarelägga, utbyggnaden av havsbaserad vindkraft samt en betydande ökning av solkraft. Fram till en bit in på 2030-talet finns få eller inga andra alternativ,

förutom ökad import, om elektrifieringstrenden ska kunna fortgå. **Modellberäkningarna ger att den kostnadsmässiga konsekvensen av att begränsa landbaserad vindkraft till förmån för havsbaserad vindkraft samt solkraft är en ca 10 procent högre marginalkostnad för elproduktion sett över året för såväl år 2035 som för år 2045.** Handelsbalansen för elimport och elexport påverkas mest mellan år 2030 och 2040 där begränsningar i vindkraften leder till minskad eller upphörd nettoexport samt visst importbehov framåt år 2045 men detta skulle klart påverkas av hur mycket och när återinvesteringar i kärnkraft kan göras. Det är viktigt att peka på att detta är teoretiska beräkningar med begränsad tidsupplösning och resultaten ska därför ses som storleksuppskattningar av de potentiella kostnadsökningarna.

Beräkningarna som tillåter varken landbaserad eller havsbaserad expansion av vindkraft utöver det som redan är under byggnation leder till mycket stora utmaningar för systemet. Beräkningarna visar på ett resultat där solkraft i kombination med mycket stora batterilager samt stor ökning av import ersätter förlusten av vindkraft, vilket i sig naturligtvis reser frågor om rimligheten i en sådan framtid. En fråga man bör ställa sig är om Sverige kan bibehålla sin konkurrensfördel med avseende på god tillgång på el till låg kostnad om systemet till hälften bygger på solkraft, vars kostnad är starkt beroende av solinstrålning där Sveriges läge inte är bland de mest konkurrenskraftiga, och import. I detta scenario går Sverige från att vara en nettoexportör till att bli en stor nettoimportör, dvs dagens normala nettoexport på ca 20 TWh årligen skulle gå till ett nettoimportbehov i paritet med nuvarande export, som endast kan undvikas om andra alternativ kan öka sin elproduktion. Nyinvesteringar i kärnkraft skulle kunna bidra till minskat importberoende men kan rimligen endast ge ett ganska begränsat tillskott innan 2035. Detta leder också till frågor om den eventuella miljöpåverkan från importerad el, dvs eventuella ökade utsläpp utanför Sveriges gräns, speciellt på kort sikt innan kringliggande regioner gjort sin egen omställning bort från ett fossilbränsleberoende.

Vi kan också konstatera att ett fall utan vare sig ytterligare land- eller havsbaserad vindkraft innebär att Sveriges självförsörjningsgrad minskar betydligt och gör oss mer sårbara från händelser i omvärlden. Angående kostnadsökningen av att begränsa vindkraft både till havs inom svenskt territorialvatten och på land skulle det behövas djupare analyser med hög tidsupplösning för att ge ett uttömmande svar på den uppkomna effekten av ett sådant scenario. Detta eftersom resultatet från modellberäkningarna till stor del består av tekniker som fluktuerar mycket över både timmar och säsong (för sol än mer än vind) samt att lösningen är starkt beroende av vilka beslut och utvecklingsvägar som tas i kringliggande regioner. Dock ger beräkningen en indikation på att produktionskostnaden för el i **scenariot utan vare sig ytterligare land- eller havsbaserad vindkraft ger en kostnadsökning på ca 25 procent högre genomsnittlig marginalkostnad för elproduktion sett över året för år 2035 och ca 20 procent högre för år 2045.**

Som nämnts ovan har även ett fall utan nyinvesteringar i vindkraft (förutom de projekt som är under byggnation) men där kärnkraft tillåts expandera i princip obegränsat efter 2040 beräknats. Detta eftersom konsekvenserna av begränsad vindkraft ger stor systempåverkan samt att alternativen är få. Resultatet pekar på en tidig och snabb utbyggnad av solkraft i kombination med kärnkraft på längre sikt, efter år 2030, för att ersätta utebliven vindkraftsproduktion. Även ett sådant scenario leder dock till en ökad elproduktionskostnad och ett ökat importberoende av el. Modellberäkningarna ger att **marginalkostnaden för elproduktion år 2035 är ca 20 procent högre sett över året än om ny vindkraft tillåts, medan motsvarande kostnadsökning för år 2045 är ringa förutsatt att systemet klarar att etablera drygt 100 TWh ny kärnkraftsel.** Anledningen till att skillnaden är mindre för år 2045 förklaras av att antagna kostnader för havsbaserad vindkraft och ny kärnkraft är liknande, dvs det finns områden för havsbaserad vindkraft som beroende av vindförhållande kan etableras i systemet för ca 500-650SEK/MWh medan antagen kostnad för ny kärnkraft är 600SEK/MWh. Således är

kostnadsläget till viss del liknande för dessa tekniker och redan i grundfallet realiserar en mindre mängd ny kärnkraft vilket i sig ger ungefär samma marginalkostnad över året i båda fallen.

Som nämnts på annan plats är dock de framtida kostnaderna för kärnkraft osäkra och kan mycket väl bli betydligt högre än denna siffra. Även i fallet med mycket ny kärnkraft riskerar vi en period med stort nettoimportbehov innan ny kärnkraft kan vara på plats. Också i ett sådant fall krävs det flexibilitet i systemet eftersom kringliggande regioner förväntas göra stora satsningar på vind- och solkraft (se diskussion i Göransson & Johnsson, 2023).

Observera att vi i modellansatsen inte gör någon skarp distinktion mellan havsbaserad vindkraft inom territorialgränsen och installationer inom den ekonomiska zonen. Grundantagandet är att havsbaserad vindkraft kan byggas ut i olika kostnads- och potentialklasser och att kostnaden ökar ju längre avståndet är till land. Om vi utesluter möjligheten att investera inom territorialgränsen (i modellansatsen skulle det innebära att vi exkluderar företrädesvis de billigaste kostnadsklasserna i det samlade utbudet för ny havsbaserad vindkraft) innebär det dels en förskjutning av investeringar till den ekonomiska zonen och till högre kostnader, dels att investeringar i havsbaserad vindkraft blir mindre till förmån för fler investeringar i andra konkurrerande kraftslag exempelvis kärnkraft, dels att investeringar i vindkraft, eller andra kraftslag, i ökande utsträckning kan komma att ske i våra grannländer. Den senare effekten har också noterats från beräkningar med en annan energisystemmodell med timupplösning (Göransson & Johnsson, 2023). Detta beror på att ur ett rent vindresursperspektiv så är vindförhållandena för havsbaserad vindkraft något mindre fördelaktiga i Sverige än i Danmark och norra Tyskland. Detta innebär att i den kostnadsoptimerande modell som används av Göransson & Johnsson så hamnar havsbaserad vindkraft företrädesvis i dessa länder och Sverige går från att vara nettoexportör till nettoimportör av el i ett koldioxidneutralt elsystem (modellen har även möjlighet att investera i ökad överföringskapacitet). Naturligtvis är det en mängd olika parametrar utöver de som avspeglas i en kostnadsoptimerade modell som ligger till grund för investeringsbeslut i ny elproduktion. Men om förutsättningarna för investering i havsbaserad vindkraft förutom de något sämre vindlägena, dessutom blir mindre gynnsamma i Sverige än i våra grannländer finns en risk att investeringarna i Sverige uteblir.

Avslutningsvis kan man konstatera att ett högelscenario är en gigantisk utmaning i sig och att inför en sådan önskad utveckling begränsa ett av få verktyg för att möta efterfrågan innebär stora konsekvenser och kostnadsökningar för elanvändare och i förlängningen samhället. Om vindkraftens utbyggnad avstannar eller fortsätter att begränsas blir det mycket svårt att hålla jämn takt med tilltänkta industrisatsningar samt den allmänna elektrifieringen av samhället som är en trolig del av omställningen av dagens energi- och transportsystem. Som nämnts ovan tyder det mesta på att de enda kraftslag som har potential att fram till 2030-2035 leverera stora volymer el är land- och havsbaserad vindkraft. Ledtiderna att få ny kärnkraft på plats medför att detta kraftslag främst utgör ett alternativ på längre sikt. Det är viktigt att beakta att för havsbaserad vindkraft kan själva byggandet av dessa genomföras på ett par tre år givet att alla tillstånd och nätanslutningar finns på plats. Själva byggnationen av kärnkraft torde ta betydligt längre tid, även exkluderat tiden för tillståndsprocesser. Solelen å andra sidan är ett snabbt växande kraftslag men där potentialen på sikt begränsas av andra faktorer. De modellberäkningar som beskrivs här pekar på att avstannad vindkraftsetablering kan leda till så pass stora kostnadsökningar att frågan bör ställas om det i sådana fall finns intresse från industrier att genomföra de satsningar som ligger framför oss eller ifall de kommer lokaliseras någon annanstans där förutsättningar och kostnader är mer gynnsamma.

4.2 Industrin

Att göra en fullständig analys av konsekvenserna av en avstannad vindkraftsutbyggnad för de industrier som har elektrifiering som en viktig åtgärd för sin klimatomställning är inte möjligt inom ramen för detta

korta uppdrag. Här exemplifieras i stället med en uppskattning av konsekvenserna för stålindustrin tillsammans följt av ett generellt resonemang av konsekvenser för industrin.

Den svenska järn- och stålindustrin (SSAB, LKAB) har visat att den avser ställa om till fossilfri stålproduktion genom vätgasbaserad reduktion av järnmalm till järnsvamp (Hybrit, 2022). En ny aktör, H2 Green Steel (H2GS), avser också etablera sig i norra Sverige och starta produktionen av fossilfritt stål. Tillsammans har de ambitioner som ger ett elbehov på uppemot 40 TWh år 2030 för den vätgas som behövs i processerna. På längre sikt behövs ännu mer el för att möta stålindustrins ambitioner.

Det fossilfria stålet och järnsvamp bedöms utgöra en ny och viktig exportprodukt för Sverige. Men stålet kommer även utgöra en viktig del av den svenska fordonsindustrins leveranskedjor. Volvo Cars avser nå nettonollutsläpp omfattande hela dess värdekedja (dvs. Scope 1, 2 och 3) till år 2040 och behöver därmed tillgång till fossilfritt stål. VW och Scania, som är delägare i H2GS, har liknande mål.

EU:s utsläppshandel (EU ETS) är det viktigaste styrmedlet för industrins klimatomställning. Under lång tid var priset på utsläppsrätter lågt. Under perioden 2012 - 2017 låg priset på mindre än €8 per ton och skapade knappast incitament för omställning. Men systemet reformerades år 2017 och därefter har priset ökat markant. Under år 2021 låg priset på utsläppsrätter på mellan €32 och €87 och under 2022 på mellan €58 och €96, med ett medelvärde på €82, det vill säga nästan 900 kr per ton CO₂. Incitamenten för omställning inom industrin är nu påtagliga.

Vad innebär då detta för industrins kostnader? Ett enkelt räkneexempel för stålet kan vara illustrativt. Enligt Vogl m.fl. (2018) är kostnaden för att producera 1 ton råstål med masugnsteknik är ungefär 320€ och leder till ungefär 1,9 ton CO₂-utsläpp. Antaget ett pris på utsläppsrätter på €80 – alltså ungefär dagens (november 2022) nivå - är kostnaden för utsläppsrätter 152€ per ton stål. Om stålindustrin skulle behöva köpa alla sina utsläppsrätter skulle kostnaden i dag alltså bli ca 320€ plus €152 = €472 per ton råstål. Men stålindustrin erhåller en stor del av sina utsläppsrätter gratis, så kallad fri tilldelning. Orsaken är att skydda EU:s industri mot så kallat koldioxidläckage, det vill säga att produktion flyttar utanför EU. År 2021 erhöll SSAB 88 procent av sina utsläppsrätter gratis (Burrows, 2021) så stället för en kostnad på 472€ blir den faktiska kostnaden för masugnsbaserad stålproduktion ca 330€ per ton råstål.

Kostnaden för fossilfritt stål är kraftigt beroende av elpris. Enligt Vogl m.fl. (2018) uppskattas kostnaden till mellan 360€ och 520€ per ton stål antaget ett elpris mellan 20€/MWh och 70€/MWh, vilket är 8 till 56 procent högre än motsvarande masugnsbaserat stål.

Inom EU:s klimatpaket Fit for 55 (FF55) ingår en reformering av EU ETS. Utfallet för EU ETS förväntas bli klart under december 2022 eller under 2023. EU-kommissionens förslag (som stöds av parlamentet) innebär att ambitionsnivån höjs genom att antalet utsläppsrätter minskas i en snabbare takt. Reduktionstakten (kallad LRF - *linear reduction factor*) är idag 2,2 procent per år. Med denna takt kommer EU ETS nå nollutsläpp år 2058. I FF55 föreslås LRF öka till 4,3 procent per år, vilket skulle innebära att EU ETS når nollutsläpp år 2040. Denna skärpta reduktionstakt kommer sannolikt driva upp priset på utsläppsrätter ytterligare. Med tanke på att priset varit nära €100 under 2022 är det inte orimligt att tänka sig att priset kommer nå €150 redan före år 2030. Den andra viktiga ändringen för EU ETS är en utfasning av den fria tilldelningen mellan åren 2026 och 2033. **Om förslagen genomförs och vi antar ett pris på utsläppsrätter på 150€ och 50 procent fri tilldelning år 2030 kommer masugnsbaserat stål år 2030 kosta ca 460€ per ton (antaget att övriga produktionskostnader är likvärdiga med dagens). Det skulle göra fossilfritt stål till konkurrenskraftigt alternativ till masugnsbaserat stål. Men en förutsättning för denna utveckling är tillgången till fossilfri el till ett rimligt pris. År 2035 kommer alltså den fria tilldelningen vara helt utfasad och ersatt av en gränsjusteringsmekanism (CBAM = Carbon Border Adjustment Mechanism). Ett rimligt antagande är**

att detta **ger ytterligare ökning av priset på utsläppsrätter**. Det bör också påpekas att det troligtvis finns en premiummarknad för fossilfritt stål dvs att betalningsviljan är högre än för masugnsbaserat stål speciellt i ett inledande skede.

Skulle Sverige inte kunna tillfredsställa det framtida behovet av fossilfri el till de nya stålverken i Sverige kommer sannolikt utvecklingen av fossilfritt stål försenas. Det skulle kunna leda till ett antal konsekvenser. Svensk industri skulle missa exportmöjligheter eftersom den internationella efterfrågan på fossilfritt stål kommer öka. Det skulle även påverka svenska företag längre ner i leverantörskedjan, till exempel Scania och Volvo. Utan tillgången till fossilfritt stål skulle omställningen i fordonsindustrin försenas. En tredje konsekvens är att Sveriges masugnsbaserade stålproduktion blir olönsam och avvecklas. Under detta hot kanske Sverige skulle lobba mot EU att senarelägga utfasningen av den fria tilldelningen. Detta skulle kunna rädda den svenska stålindustrin tillfälligt, men leda till att Sverige inte längre ses som ett föredöme i klimatomställningen.

Exemplet ovan är gjort för stålindustrin. Man kan göra samma resonemang för andra industrier för vilka elektrifiering är ett viktigt verktyg för omställning mot klimatneutralitet (tex inom bränsleframställning, petrokemi, cementframställning, även om dessa inte är lika beroende av elektrifiering som stålproduktionen – t.ex. kommer cementframställning även behöva CCS för att nå nettonollutsläpp).

För industrin rent generellt innebär otillräcklig eller osäker tillgång till el uteblivna eller fördröjda investeringar, vilket i sin tur påverkar bland annat sysselsättning, skatteintäkter och klimatpåverkan från verksamheterna. Dessutom riskerar svensk industri att tappa sitt försprång inom vissa nyckelområden och sin globala konkurrenskraft. Eftersom investeringscyklerna är mycket långa i stora delar av industrin behöver industrin veta att elen kommer att finnas på plats redan när den fattar sina investeringsbeslut.

Inte bara den tunga industrin utan hela näringslivet påverkas av tillgången till el och elpriser. Allra mest påverkas företagen i elområde 4, där det finns ett stort produktionsunderskott och där de nuvarande elpriserna är högst.

Länsstyrelserna i de län som helt eller delvis ligger i elområde 4 – Skåne, Blekinge, Kronobergs samt delar av Västra Götalands, Jönköpings, Kalmar och Hallands län – har tagit fram en bedömning av situationen för elförsörjningen i södra Sverige (Länsstyrelserna, 2022).

Länsstyrelserna bedömer att fortsatt höga och oförutsägbara elpriser har en betydande negativ påverkan i hela samhället, både på kort och lång sikt och att de ekonomiska konsekvenserna för samhället redan syns. Nyinvesteringar och nyetableringar inom näringsliv fördröjs eller förhindras av höga kostnader och den stora osäkerheten om energiprisutvecklingen.

På kort sikt bedömer länsstyrelserna att den tydligaste konsekvensen kommer vara att varsel och uppsägningar ökar, framför allt inom elintensiva branscher, och på längre sikt kan fler och fler delar av näringslivet i påverkas negativt. Det väntas i sin tur medföra ökad arbetslöshet, minskade skatteintäkter och ett ökat behov av försörjningsstöd.

Länsstyrelserna (Länsstyrelserna, 2022) påpekar att de aktuella länen står för huvuddelen av svensk livsmedelsproduktion, vilket innebär att kostnaderna för el i södra Sverige snabbt kan sprida sig i form av ökade matpriser i hela landet och på sikt leda till en minskad inhemsk livsmedelsproduktion.

Ökad elproduktion (tillsammans med effektiviseringar) är nödvändigt för att dämpa elpriserna. Det är dock viktigt att påpeka att elpriserna i Sverige påverkas starkt av elpriserna i våra omgivande regioner (vilket har gett kraftiga elprisökningar på grund av Rysslands krig mot Ukraina).

4.3 Hushåll

Påverkan på hushållen av att ingen vindkraft utöver den som redan är tillståndsgiven byggs kopplar direkt till påverkan på elpriset. Detta påverkas dock av en mängd andra faktorer som vilken typ av kontrakt som hushållen har och av andra omvärldsfaktorer - i nuläget naturligtvis av kriget i Ukraina med dess påverkan på gaspriserna.

Hushållen i södra Sverige påverkas kraftigt av höga elpriser, både genom höga elräkningar och genom ökade priser på mat och andra varor.

Som beskrivits i avsnitt 4.1 uppskattas att en försenad utbyggnad av elproduktion (då i form av vindkraft) ökar elpriserna mellan 20 och 30 procent. För ett hushåll med en elanvändning på 20 000 kWh/år, innebär detta en skillnad i elkostnader på tusentals kronor. Merkostnaden för all elanvändning i svenska hushåll, som år 2020 motsvarade ca 40TWh el, motsvarar kostnadsökningen ca 3,5-6,5 miljarder kronor i direkt kostnadspåslag på elmarknaden och därtill kommer mervärdesskatt. Det bör noteras att denna uppskattning är konservativ och beror av att beräkningarna är gjorda med hjälp av en investeringsmodell som har tillgång till andra investeringsmöjligheter så att bristsituation ej uppstår. Om nuvarande situation med pressad elmarknad kvarstår under ett antal år framöver kan denna merkostnad öka stort, dvs om priset på elmarknaden sätts av till exempel mycket dyr elproduktion från naturgas i regioner utanför Sveriges gränser kan sådan priskoppling med kontinenten ge en mycket större kostnadsökning än ovan givna siffror. All ny elproduktion med låg rörlig kostnad kan däremot minska antalet timmar då Sverige är priskopplat med exempelvis Tyskland.

I länsstyrelsernas bedömning av situationen för elförsörjningen i södra Sverige konstateras att höga elpriser i kombination med höga räntor och hög inflation medför en stark press, speciellt på unga familjer och socioekonomiskt utsatta. På längre sikt bedömer länsstyrelserna att socioekonomiskt utsatta gruppers situation förvärras ytterligare och att risken för social oro på grund av förstärkta ojämlikheter ökar.

Länsstyrelserna pekar också på att energifattigdom riskerar att bli en samhällsutmaning även i Sverige, där enskilda personer eller hushåll inte kan ha tillräckligt varmt i bostaden eller att de tvingas välja om de ska kunna hålla varmt eller äta sig mätta. Även om den senaste tidens stundtals mycket höga elpriser naturligtvis är en effekt av Ukrainakriget så är det **mycket viktigt att Sverige säkerställer att ny elproduktion kan komma till så fort som möjligt eftersom det, tillsammans med energieffektiviseringar, är enda möjligheten att fram till runt 2030 dämpa elkostnaden för hushållen.**

4.4 Klimatet

Uteblivna eller fördröjda investeringar i industrin, minskad takt i elektrifieringen av transportsektorn och minskad elexport (eller utebliven ökning av elexporten/ökad import) får direkta effekter på utsläppen i Sverige och i omvärlden.

Att elektrifieringen av industrin är avgörande för att minska klimatpåverkan från industrin är tydligt och framgår till exempel av Energimyndighetens elektrifieringsscenario från 2021 (se faktaruta nedan). Detta utgör ytterligare en anledning till att elektrifieringen inte får försenas, dvs att det är viktigt att det kan byggas ut en stor mängd ny elproduktion redan fram till år 2035 (vilket som nämnts tidigare kan ske främst i form av land- och havsbaserad vindkraft, även om ny kärnkraft skulle kunna ge ett visst bidrag efter 2030).

När svensk utsläppsfri elproduktion ökar, och el exporteras till andra länder, så trängs fossilbaserad elproduktion undan i det nordeuropeiska elsystemet. Den exakta nivån på de resulterande utsläppsminskningarna beror på vilken typ av elproduktion som trängs ut under enskilda

timmar, begränsningar i överföringskapaciteten och hur snabbt den förnybara elproduktionen ökar i länder som fortfarande har en hög andel fossil elproduktion.

Forskningsprojektet NEPP, som har studerat hur svensk elexport bidragit till utsläppsminskningar i Nordeuropa, indikerar att utsläppsminskningen är i storleksordningen 600 000 ton koldioxidekvivalenter per TWh (NEPP, 2019).

Den specifika utsläppsminskningen per kWh vid svensk elexport kommer att minska på sikt, då det nordeuropeiska elsystemet får en allt högre andel förnybar elproduktion. Det passar väl ihop med den pågående elektrifieringen som innebär att den el som produceras i Sverige i allt större utsträckning behöver användas för att ersätta fossila bränslen och råvaror inom landet.

Hur mycket utsläppen minskar vid elektrifiering varierar beroende på vilken typ av verksamhet som elektrifieras. Nedan ges två beräkningsexempel som pekar på att klimatnyttan vid elektrifiering är i samma storleksordning som vid elexport:

- LKAB:s omställning till att använda vätgas för produktion av koldioxidfri järnsvamp beräknas på sikt (år 2045) kräva upp till 70 TWh el och minska koldioxidutsläppen med 40–50 miljoner ton hos stålverkskunderna (LKAB, 2022). Det motsvarar en utsläppsminskning på cirka 570–714 gram CO_{2e}/kWh.
- Sveriges personbilar och lätta lastbilar släppte tillsammans ut 10,8 miljoner ton år 2021. Om alla dessa fordon skulle gå över till eldrift krävs drygt 13 TWh el. Det motsvarar en utsläppsminskning på cirka 830 gram CO_{2e}/kWh³.

Om landbaserad vindkraft ges möjlighet att byggas ut i samma takt under andra halvan av 2020-talet, som under perioden fram till 2025, kan elproduktionen öka med 28 TWh. Baserat på antagandet att dessa 28 TWh minskar utsläppen med 600 000 ton/TWh, innebär de utsläppsminskningar på 17 miljoner ton som detta svarar mot kan uppnås snabbare än om omställningen skjuts på framtiden.

Som ett räkneexempel kan noteras att om staten skulle överföra 50 miljoner kronor per ny TWh till kommunerna för att möjliggöra utbyggnaden, så skulle statens kostnader för 28 TWh, och en möjlig utsläppsminskning på 17 miljoner ton, uppgå till 1,4 miljarder. Det skulle vara en mycket kostnadseffektiv klimatåtgärd, som exempelvis kan jämföras med statens kostnad för stöd till koldioxidlagring, där kostnaden uppskattas till minst 1 miljard kronor för 1 miljon ton.

4.5 Övrigt

När det gäller elektrifieringen av transportsektorn så kommer även denna att drabbas om ingen vindkraft utöver den som redan är tillståndsgiven byggs. Under de kommande åren är det dock troligt att elektrifieringen av transportsektorn är mer beroende av lokala effektbegränsningar och utbyggnad av laddinfrastruktur. Men självklart får en försening av vindkraftsutbyggnad en negativ effekt på elpriserna dvs de ökar och det blir dyrare att köra elbil vilket kan försena dess expansion på marknaden.

En stimulering av vindkraftsutbyggnad och inte minst havsbaserad vindkraft kommer ha positiva effekter på svensk industri. Inte minst för forskning och utveckling. Ett bra exempel är flytande vindkraftverk som kan placeras på stora djup (se t.ex. Vattenfall, 2022). Sådana skulle också kunna installeras på större djup och även i ekonomisk zon, vilket på sikt skulle minska behovet av att installera vindkraft inom svensk territorialgräns. Men det är i dagsläget osäkert vad dess kostnader blir. Gynnsamma förutsättningar för havsbaserad vindkraft inom svenskt territorialvatten skulle naturligtvis underlätta för Sverige att delta i utveckling av ny vindkraftsteknik och kanske bli ledande inom delar av

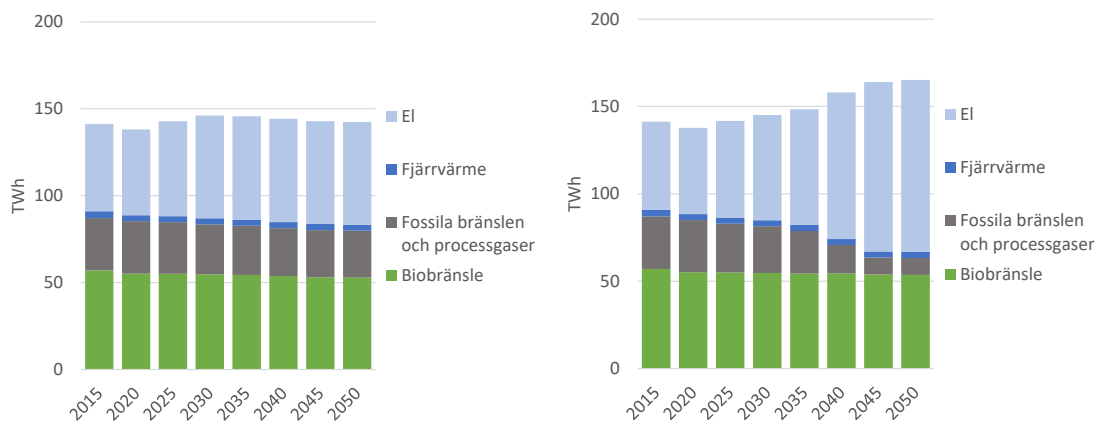
³ Utsläppen från transporter minskar successivt även utan elektrifiering, genom minskad bränsleförbrukning och ökad användning av förnybara drivmedel. Samtidigt krävs naturligtvis en mängd andra åtgärder för att minsta transporternas klimatpåverkan i enlighet med klimatmålen (ändrad fysisk planering för att möjliggöra byte av transportslag etc.).

havsbaserad vindkraftsteknik inklusive flytande vindkraftverk⁴. Från ett teknikutvecklingsperspektiv torde det vara en dålig strategi att inte förbättra förutsättningarna för vindkraft inom svensk territorialgräns. En försening av vindkraftutbyggnaden i Sverige gör Sverige mindre attraktivt för denna typ av utveckling och att andra länder tar ledningen istället. Här finns också en säkerhetspolitisk aspekt där framgångar inom vindkraftsområdet bidrar till att göra Sverige och Europa mindre beroende av import av fossila bränslen och då speciellt från Ryssland och andra länder med svag demokrati eller avsaknad av demokrati.

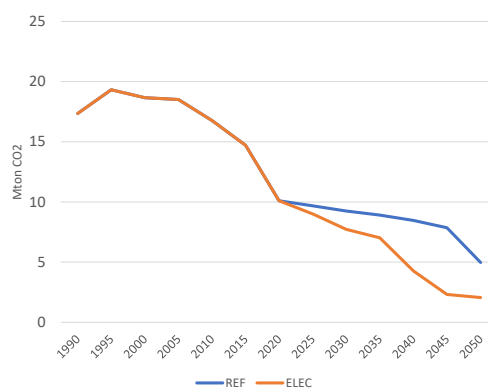
⁴ Se till exempel <https://seatwirl.com/sv/>

Elektrifieringens betydelse för utsläppen av CO₂ från industrisektorn

Elektrifieringens betydelse för utsläppen av CO₂ från industrisektorn visas i figur A (för bränsle- och elanvändningen) respektive figur B (för CO₂-utsläppen) baserat på två av scenarierna i Energimyndighetens långsiktiga scenarier (2021), närmare bestämt referensscenariot och scenariot med en omfattande elektrifiering inom industrin (figuren visar huvuddelen av industrins utsläpp av CO₂).⁵ Den nedåtgående utsläppstrenden fortsätter rimligen även utan en omfattande elektrifiering av industrin och då via bränslebyten, effektiviseringar och möjligen CCS (CCS inom järn- och stålindustrin är orsaken till att den blå kurvan bryter nedåt under sista modellåret): Däremot är det rimligt att tro, vilket också modellberäkningarna i figur B visar, att med hjälp av elektrifiering så lär det gå både snabbare och längre med avseende på utsläppsminskningen av växthusgaser. Dessutom spelar industriernas egen syn på de olika åtgärderna stor roll. Det handlar bland annat om riskbedömningar, affärsmässighet och genomförbarhet på kort och lång sikt, och där ligger just nu elektrifiering tungt i vågskålen. CCS är ett alternativ (eller kompletterande åtgärd) men skulle innebära fortsatt användning av fossila bränslen om än utan, eller med små, utsläpp. Att exempelvis den svenska järn- och stålindustrin skulle återgå till ett sådant spår känns dock tämligen avlägset. Dessutom skulle ett avbräck för elektrifieringssatsningarna sannolikt innebära att tempot i omställningsarbetet fördröjs och därmed också äventyra Sveriges nettonollmål till 2045.



Figur A: Slutlig energianvändning för industrin i Energimyndighetens referensscenario 2021 (till vänster) respektive Elektrifieringsscenario 2021 (till höger). Raffinaderiernas energianvändning ingår inte så när som på elanvändningen. (Skälet till att det återstår en viss andel fossilbränsleanvändning år 2050 är ett antagande om att viss fossilbränsleanvändning (gasol, andra oljeprodukter och naturgas) antas vara extra svår och kostsam att ersätta.



Figur B: Utsläppen av CO₂ från den svenska tillverkningsindustrin (Källa: TIMES-NORDIC-beräkningar i samband med Energimyndighetens rapport "Långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem 2020"); beräkningarna exkluderar diffusa utsläpp och omfattar ca 70 procent av de resterande verkliga utsläppen, det vill säga energirelaterade utsläpp och processutsläpp).

⁵ Utsläpp av CO₂ redovisas inte i Energimyndigheten (2020) men går att utläsa ur de modellberäkningar med TIMES-NORDIC-modellen som Profu gjorde i samband med Energimyndighetens arbete.

5 Referenser

Burrows, 2021. Så funkar handeln med växthusgaser. Dagens arbete, 16 november, 2021.

Energimyndigheten (2021). Scenarier över Sveriges energisystem 2020. ER 2021:6.

Göransson, L., Johnsson, F., Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden? (preliminär titel) Rapport, Mistra Electrification, 2023 (rapport under färdigställande, förväntas klar i april 2023).

Hybrit, 2022, <https://www.hybritdevelopment.se/>

Johnsson, F., Unger, T., Löfblad, E. & Hagberg, M. (2022). Delrapport B2. Elektrifieringens betydelse för omställningen - Till Klimatråtsutredningen. Delleverans för uppdrag med diarienummer: Komm2021/00110/M. <https://research.chalmers.se/publication/?created=true&id=17ed368a-1c97-4f17-8c07-0e1d35925c30>

Johnsson, F., Wråke, M., Utökad elproduktion till 2030, Mistra Electrification Report 2 (underlagsrapport till artikel på DN debatt "Hantera båda kriserna genom mer elproduktion") 2022.

LKAB, 2022, <https://lkab.com/press/snabbare-takt-och-hogre-mal-i-lkabs-omstallning-mot-en-hallbar-framtid/>

Länsstyrelserna, Länsstyrelsernas bedömning av situationen inom elförsörjning i södra Sverige, Dnr 6819-2022.

NEPP Northern European Energy Perspectives Project, Energisystemet i en ny tid (2019).

NEPP (2020). Insikter och vägval i energiomställningen, slutrapport december 2020. https://www.nepp.se/pdf/Insikter_och_vagval.pdf

Profu & Energiforsk (2021). Efterfrågan på fossilfri el. Analys av högnivåscenario. Genomförd av Energiforsk & Profu på uppdrag av Energiföretagen Sverige. Gode, J., Löfblad, E., Unger, T., Renström, J., Holm, J. (Profu), Montin, S. (Energiforsk). Slutrapport 2021-04-23. <https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/fardplaner/scenario-2045-april-2021/scenarioanalys-efterfragan-fossilfri-el-2045-slutrapport.pdf>

Profu & Energiforsk (2022). *Kommande rapport för Energiföretagen Sverige*. Visualisering av Sveriges framtida elanvändning och effektbehov. Holm, J., Odenberg, M., Löfblad, E. (Profu), Montin, S. (Energiforsk).

Vattenfall, 2022, <https://www.vattenfall.se/fokus/hallbarhet/flytande-vindkraft/>

Vogl, V., Åhman, M., Nilsson, L. J., 2018. Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. *Journal of Cleaner Production* 203 (2018) 736 - 745

Johnsson, F., Henryson, J., Westander, H. Studie av förutsättningar och hinder för vindkraftsutbyggnad, Rapport, Mistra Electrification, 2022-12-27. <https://research.chalmers.se/publication/534519>