

Industrisatsningarna i norra Sverige

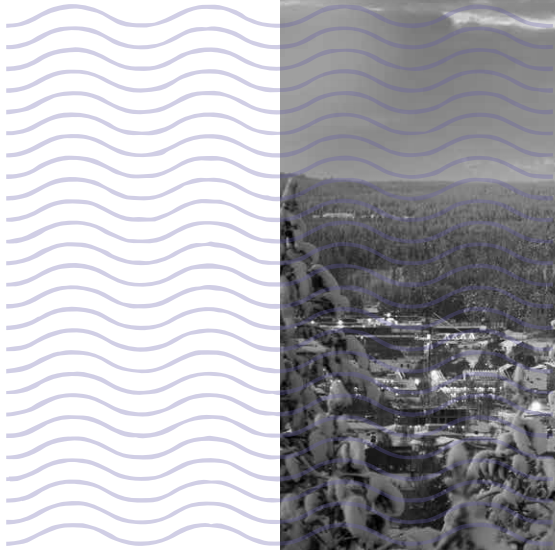
Ett kunskapsunderlag för vägledning av djupare
analys från Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien



Kungl. Ingenjörsvetenskaps
Akademien

Innehåll

Förord	4
Sammanfattning	6
1. Inledning: De stora norrländska industrisatsningarna – förutsättningar, utmaningar och statens roll	8
Inledning	9
Varför fokus på basindustrin i den gröna omställningen?	11
Utmaningarna	11
Det offentliga åtagandet och en grön industripolitik	14
Industripolitikens utformning	15
Slutord	16
Referenser	17
2. Historiska exempel på industripolitik i Sverige	20
Inledning	21
”Den svenska infrastrukturmodellen”: framgångsrika satsningar	22
Stålverk 80: ett misslyckat projekt	23
Kärnkraften – den svenska linjen: misslyckandet som blev en framgång	24
Resultat av olika statliga stödformer: sammanfattande diskussion	25
Referenser	27
3. Grön industripolitik: teori och praktik	28
Inledning	29
Grön industripolitik i teorin	30
Grön industripolitik i praktiken	32
Sammanfattning	34
Referenser	36
4. Energitillgången och prisbildningen	38
Bakgrund, elektrifiering	39
Förutsättningar för ny elproduktion i Sverige	40
Lokalisering av elektrifierad industri och ny elproduktion	42
Elmarknaden	45
Materialtillgång	46
Sammanfattning	47
Referenser	47
5. Teknikhöjden i den gröna omställningen med tillhörande påverkan på entreprenörskap och innovation i norra Sverige	50
Tillämpning av ny teknik	51
Entreprenörskap och Innovation	60
Systemperspektivet	62
Referenser	63



Förord

De stora norrländska industrisatsningarna på fossilfri produktion har rönt intresse såväl nationellt som internationellt. Satsningarna, planerade och genomförda, saknar motsvarighet i modern svensk industrihistoria och omgärdas av risker och genuin osäkerhet – men också stora möjligheter. Statens roll och industripolitikens återkomst har lett till en livlig debatt.

En IVA-delegation ledd av IVAs preses genomförde under hösten 2023 en teknikresa till Västerbotten och Norrbotten för att studera de stora industrisatsningar som görs där, framför allt Northvolt i Skellefteå, Hybrit (LKAB, SSAB och Vattenfall) i Luleå, H2GreenSteel i Boden, LKAB:s produktion av järnsvamp i Kiruna samt större vindkraftparker. Till detta kommer stora investeringar i infrastruktur i form av vägar, järnväg, en utbyggd hamnanläggning i Luleå, ett förstärkt elnät och en ökad elproduktion. Investeringarna finansieras av en mix av privat och offentligt kapital, där såväl riskkapital som statliga stöd och myndighetsfinansiering ingår.

Det är angeläget att försöka genomföra en bred analys av förutsättningarna för, och betydelsen av, dessa satsningar. Förslaget togs upp på IVAs akademisammankomst den 7 december 2023 där det mottogs väl.

Syftet med analysen är att i möjligaste mån bidra med kunskap och kompletterande insikter som grundas i forskning där flera discipliner är representerade. Förhoppningsvis kan de insikter som arbetsgruppen kommit fram till bidra till en fördjupad och nyanserad diskussion. Frågan är av en sådan magnitud att den kräver en genomgripande diskus-

sion och analys; olika sakargument måste vägas mot varandra ur ett helhetsperspektiv. Samtidigt bör beaktas att arbetet endast pågått under cirka ett halvår. Flera spår kan ses som en vägledning till fördjupad analys.

IVA tillsatte under våren 2024 en mindre, avdelningsövergripande arbetsgrupp bestående av akademiledamöter från flera av IVAs avdelningar med uppdrag att primärt beskriva och analysera de stora industriprojekten i norra Sverige.

Under arbetets gång har arbetsgruppen fått värdefulla inspel och bidrag från såväl ledamöter utanför arbetsgruppen samt andra experter. Vi vill speciellt tacka Rikard Eriksson, Cecilia Hermansson, Nippe Hylander, Erland Källén, Per Molin, Patrik Söderholm och Thomas Tangerås.

Arbetsgruppen har bestått av följande IVA-ledamöter:

Pontus Braunerhjelm, Entreprenörskapsforum, BTH och KTH, ordförande

Fredrik N G Andersson, Lunds universitet

Birgitta Bergvall-Kåreborn, Luleå tekniska universitet

Kerstin Enflo, Lunds universitet

Filip Johnsson, Chalmers tekniska högskola

Anne Lidgard, ledamot av IVA

Johan Söderström, Executive Advisor på Hitachi Energy och ordförande i svenska delen av Hitachi Energy

Pär Weihed, Luleå tekniska universitet

Arbetsgruppen står bakom analysen i sin helhet, men alla individer står inte nödvändigtvis bakom alla formuleringar.



Sammanfattning

- Omställningen mot ett fossilfritt samhälle förutsätter en kraftfull och trovärdig klimatpolitik samt en politisk uppslutning kring de klimatpolitiska målen.
- Inom den nationalekonomiska litteraturen finns väl dokumenterat när ett offentligt åtagande – en politisk intervention – är motiverad pga. att marknadslösningar saknas. Dessa bör vara vägledande för en ”grön” industripolitik.
- Regeringen bör i första hand verka för en sund konkurrenspolitik inom EU där subventioner, särskilt direkt till företag, hålls på lägsta möjliga nivå och där tydligt väldefinierade och noggrant utvärderade skäl i transparenta processer är en förutsättning för stöd.
- Såväl teoretiska som empiriska studier visar att en grön omställning sannolikt kräver en bred arsenal ekonomisk-politiska åtgärder: generella som koldioxidpriser (skatter och utsläppshandel) men också mer riktade som stöd till teknisk utveckling, innovation samt pilot- och demonstrationsanläggningar.
- Järnvägsbyggandet på 1800-talet var startskottet för ”den svenska infrastrukturmodellen”, som bygger på en blandning av statligt och privat åtagande. Genom historien har konkurrens och kunskapsutbyte mellan privata och statliga aktörer varit en viktig ingrediens för framgång.
- Historiskt sett har statens roll varit mest framgångsrik då den fokuserat på att säkerställa generella förutsättningar, till exempel genom att bygga ut nätverksbaserade tjänster som koordinerat privata investeringar.
- Staten måste utveckla kompetens för att driva en aktiv industripolitik. Detta innebär att sätta tydliga mål, uppföljning, ansvarutkrävande, möjlighet att styra om projekt som inte fungerar samt lära sig av både misstag och framgång. Idag är mycket av industripolitiken (industriklivet, klimatklivet, de gröna kreditgarantierna) uppsplittrad på olika myndigheter.
- Alla industripolitiska insatser kommer inte bli framgångsrika. Om det fanns en garanti för framgång skulle inte politiken behövas.
- Sverige har mycket gynnsamma förutsättningar för elektrifiering jämfört med andra EU-länder. Vi har redan ett elsystem som är i det närmaste koldioxidfritt (vattenkraft, kärnkraft, kraftvärme och vindkraft), med historiskt sett låga energi- och elpriser samt stora ytor för land- och havsbaserad vindkraft.
- Det är samtidigt bråttom att få fram mer elproduktion, och det är främst vindkraft som kan möta det ökade behovet fram till 2030. Kärnkraft kan komma in någon gång under 2030-talet. Det är därför olyckligt med polariseringen i energidebatten där vindkraft ställs mot kärnkraft då detta riskerar att ta fokus från de verkliga utmaningarna som handlar om acceptansfrågor, tillståndprocesser och flexibilitet i elnätet.
- Utmaningar när det gäller tekniska lösningar ligger främst i uppskalning och systemintegration som kräver lösningar som ännu inte prövats i industriella skala. Dessa är dock inte i sig nya och de stora fördelarna är att samverka kring gemensamma energilösningar, t.ex. vätgas, skapar nya projekt mellan företag och har medfört vertikal integrering, nya affärsmodeller och att förädlingsvärdet i regionen ökar.
- Förflyttning i värdekedjorna och industriell samverkan skapar nya innovationer och produkter som utvecklas från de råvaror och energilösningar som planeras. I norra Sverige har flera betydande ankarföretag etablerats och andra håller på att ställa om sin produktion. Dessa stora, kunskapsintensiva företag är viktiga kompetensbaser och tenderar också att vara plantskolor där anställda går vidare till andra företag eller startar avknopningsföretag.
- I kölvattnet av industrisatsningarna etableras också nya forskningsmiljöer i nära samarbete med industrin. Det innebär att en ny kunskapsbas håller på att bildas samtidigt som näringslivet håller på att förändrats, drivet av kraven på en grön omställning.



1. Inledning: De stora norrländska industrisatsningarna – förutsättningar, utmaningar och statens roll

Pontus Braunerhjelm, professor, institutionen för industriell ekonomi, Blekinge Tekniska Högskola, BTH, arbetsgruppens ordförande

Inledning

Världens ekonomier står inför en mycket omfattande omställning.¹ Att fasa ut fossila bränslen och ersätta dessa med klimatneutrala alternativ ställer stora krav på näringslivets anpassningsförmåga till nya förutsättningar liksom på en tydlig och kraftfull klimatpolitik. När existerande industrier och företag måste ställa om sin produktion och sina processer etableras också nya verksamheter, värdekedjor och affärsmodeller. Vikten av cirkulära system ökar. Utmaningarna liksom omställningskostnaderna är betydande men riskerar att bli än högre om inte åtgärder vidtas idag. Enligt EU-kommissionen (2023) uppskattas kostnaderna för omställningen inom unionen genom Green Deal och RepowerEU uppgå till omkring 600 miljarder euro per år fram till och med 2030.. I Sverige gör regeringens särskilde utredare bedömningen att "investeringar på över 1 100 miljarder kronor som prognostiseras de kommande åren i Norrbottens och Västerbottens län" (Larsson, 2022). Det exakta utfallet är osäkert, men dessa uppskattningar ger en indikation på magnituden i den kommande omställningen.

Komplexiteten förstärks av att både ekonomins utbuds- och efterfrågesida påverkas i den gröna omställningen samt att såväl privata som offentliga aktörer involveras. Förutsättningarna och möjligheterna skiljer sig beroende på var i processen och aktörsfältet man befinner sig, till exempel när det gäller efterfrågan, distribution och utbud av elkraft. Det tröga maskineriet kring tillstånds- och beslutsprocesser som i regel omgärdar offentliga aktörer och politiska beslut utmanas av att det brådskar med omställningen mot ett utsläppsneutralt samhälle. Ett otåligt näringsliv väntar på tydliga spelregler och väger olika investerings- och loka-

liseringsalternativ mot varandra. Samhällets omställningsförmåga ställs på sin spets. För att klara omställningen är det politikens uppgift att dels skapa incitament för en omställning, dels se till att de institutionella förutsättningarna – lagar och regelverk – finns på plats och förhållandevis enkelt kan tillämpas.

En omställning av den dimension som nu föreligger kommer säkerligen att leda till misslyckanden politiskt men också inom näringslivet. Detta är en förväntad och sannolikt nödvändig process i en situation som karaktäriseras av stor osäkerhet och en snabb teknisk utveckling med inslag av experiment och betydande risker. Centralt blir då förmågan att över tid anpassa sig till ändrade förutsättningar, vidta åtgärder, undvika inlåsnings effekter och förankra legitimitet hos medborgarna.

I ett svenskt perspektiv är omställningen tydligast i de pågående omstrukturerings- och investeringsprocesserna i ett antal kommuner i norra Sverige. I flera fall ligger dessa satsningar i framkant globalt vilket kan innebära framtida konkurrensfördelar samtidigt som riskerna är betydande. Regionalt innebär det möjliga fördelar i termer av ökad selsättning, potentiellt ökad innovationstakt, tillväxt och förväntad inflyttning. Men ett antal risker följer också i hägnet av utvecklingen. Olika samhällssystem kommer att sättas under press som till exempel skola, boende, social omsorg och infrastruktur. Likaså innebär en ökad kommunal skuldsättning en riskexponering samtidigt som mål- och intressekonflikter har aktualiserats och accentuerats. Det handlar om en komplex process där svåra avvägningar måste göras mellan olika intressen som livsmiljö, naturvärden, försvarsaspekter och olika näringars behov.

1 Effekterna av den pågående globala uppvärmningen har påtalats i en rad rapporter från IPCC (2023). På grund av klimatets komplexitet är det omöjligt att exakt modellera eller prognosticera framtida effekter. Däremot är det otvetydigt så att riskerna av att inte göra något är betydligt högre än risken att satsningar idag visar sig vara onödiga längre fram i tiden. Politiken kan därför sägas styras av en försiktighetsprincip (Hassler, 2022).

Syftet med arbetsgruppens arbete är att, utifrån en multidisciplinär och bred ansats, belysa förutsättningar men också hinder för den genomgripande omställning som Sverige påbörjat med fokus på basindustri. Frågan är av en sådan magnitud att den kräver en genomgripande diskussion och analys; olika sakargument måste vägas mot varandra i ett helhetsperspektiv. I projektet fokuseras på vilken roll staten bör spela i omställningen, energitillgång, teknikhöjd och innovation samt i viss mån prisbildning på elmarknaden liksom marknaden för det gröna stålet. Vi kommer dock inte att bedöma enskilda företags strategier eller förmåga att klara omställningen. Förhoppningsvis kan de insikter som arbetsgruppen kommit fram till bidra till en fördjupad och nyanserad diskussion.

Några utgångspunkter för arbetet har varit följande:

- Den globala uppvärmningens orsaker och verkan kan kopplas till utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid, och utgör ett hot för jordens livsmiljöer och stora delar av världens befolkning.
- Sverige agerar inte isolerat utan i en omvärld som i olika grad har vidtagit åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser och därmed bromsa och på sikt hejda den globala uppvärmningen. EU:s gröna giv – i vilket klimatpaketet *Fit for 55* liksom övriga klimatregleringar ingår – förutsätts att ligga fast under överskådlig tid.
- För att omställningen ska lyckas krävs tydliga och långsiktiga spelregler, det vill säga politiken måste bidra med trovärdiga institutionella och klimatpolitiska förutsättningar som näringslivet kan förhålla sig till.

Behovet av en grön industripolitik har lyfts fram i en rad tidigare artiklar liksom dess risker. Dessa är oundvikliga, men lösningar för hur misstag ska kunna minimeras har också presenterats (Rodrik, 2014; Blanchard m.fl., 2023; Bijgaart m.fl., 2024; Veugerelers m.fl., 2024). Inläring, koordinering, undvika teknikinlåsning, legitimitet och upprätthållande av konkurrens är några inslag i utformningen av en modern grön industripolitik som dock inte är ett särskilt väldefinierat begrepp (se kapitel 3 för en diskussion om vad detta begrepp innefattar).

Våra slutsatser kan sammanfattas enligt följande:

- Inom den nationalekonomiska litteraturen finns väl dokumenterat när ett offentligt åtagande – en politisk intervention – är motiverat för att undanröja eller minska effekterna av ett marknadsmisslyckande. Flera av dessa utgör grunden för den gröna industripolitiken.

- På ett övergripande plan bör regeringen i första hand verka för en sund konkurrenspolitik inom EU där subventioner, särskilt direkt till företag, hålls på lägsta möjliga nivå och där tydligt väldefinierade och noggrant utvärderade skäl är en förutsättning för stöd. Statliga stöd till driftskostnader av olika slag bör generellt inte tillåtas.
- EU:s nuvarande gröna industripolitik är ett lapptäcke där effekter av olika åtgärder inte beaktats eller synkroniserats vilket hämmar effektivitet och ökar kostnaderna (Veugelers m.fl., 2024). Regeringen bör även här verka för en bättre samordning, effektivitet och transparens.
- EU-subventioner har i ett svenskt perspektiv sannolikt en lägre alternativkostnad än nationella. Jämförelsevis är idag utnyttjandet av EU-stöd i svenska företag, kommuner och regioner relativt lågt (Klimatpolitiska rådet, 2023) liksom nivån på direkta nationella stöd (se kapitel 3).
- Sverige har goda komparativa förutsättningar för basindustri med rika naturtillgångar, historiskt sett låga energipriser, en stor andel fossilfri el samt stora ytor för ökad elproduktion i form av till exempel land- och havsbaserad vindkraft. Givet att alla länder inom EU omfattas av samma förändringstryck talar det för en fortsatt lokalisering av el-intensiv basindustri till norra Sverige.
- Regeringen bör vidta ytterligare åtgärder för att tillståndprocesser kan snabbas på och är transparenta. Olika legitima intressen som bland annat omfattar fördelning av intäkter och erkännande av etablerade sedvänjor och besittningsrätter måste beaktas.
- Såväl teoretiska som empiriska studier pekar på att en grön omställning kräver både koldioxidpriser (skatter och utsläppshandel) och mer sektorsinriktade satsningar för att möjliggöra en omställning. Givet att vissa förutsättningar är uppfyllda är stöd till teknisk utveckling, innovation och pilot- och demonstrationsanläggningar motiverade. I kommande steg kan även anpassning av lagar och regler, infrastruktur och kompetens efter de nya affärsmodellerna och värdekedjorna som växer fram krävas.
- Satsningar som kan generera stor kunskaps-spridning med ökad innovation och positiva produktivitetseffekter bör prioriteras. Dit hör utökade forskningsanslag som söks i konkurrens,

teknikneutralitet och FoU-incident till företag, inriktade på en grön omställning.² I vilken utsträckning dynamiska effekter uppstår beror på vilka led i värdekedjan som omlokaliseras/expanderar, länkar mellan näringsliv och akademi samt kompetensinvandring.

- Förebilder för utformningen av offentlig innovationsupphandling kan vara ARPA-E (Advanced Research Projects Agency–Energy) och DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) som präglas av sekventiella mål och kontinuerlig omprövning.

Resten av rapporten är disponerad på följande sätt. Inledningskapitlet tar fortsättningsvis framför allt upp de övergripande utmaningarna som den pågående transformeringen innebär, marknadsmisslyckanden och när dessa föranleder ett ekonomisk-politiskt ingripande. Därefter görs i kapitel 2 några axplock i den svenska industripolitikens historia, illustrerat med tre stora satsningar som inkluderar såväl lyckade som mindre lyckade satsningar. Kapitel 3 redogör detaljerat för motiven till en grön industripolitik och dess praktiska utformning i Sverige och EU, liksom de stora satsningarna i USA. Det följs i kapitel 4 av en analys rörande förutsättningarna att möta den förväntade efterfrågan på elenergi och hur norra Sverige står sig i förhållande till övriga EU. I det avslutande femte kapitlet betonas vikten av ett systemperspektiv och att den radikala teknikutveckling som nu sker öppnar upp för dynamiska innovationsprocesser och framväxten av entreprenöriella kluster. Nya avancerade, men närliggande, tekniker kan komma att lyfta teknikhöjden i hela regionen.

Varför fokus på basindustrin i den gröna omställningen?

Fokus i rapporten ligger på basindustri även om andra satsningar, till exempel batteritillverkning, också tas upp. Det uppenbara skälet är att Sverige har en stor basindustri som är en viktig del av näringslivet och som är stadd i snabb omvandling. Den svenska industrins historiska utveckling vilar till stora delar på utvinning och förädling av skog och malm. Flera svenska industriella utvecklingsblock har kopplingar till basindustrin. Dessutom planerar andra processtunga

industrier som exempelvis skogs-, massa-, kemi- och raffineriindustrierna för ökad elektrifiering. Teknikskiftet inom basindustrin innebär dessutom att den integreras allt mer med ny industri som t.ex. batteritillverkning, vätgasproduktion, mm.

Ett ytterligare skäl är att industrin globalt svarar för cirka en tredjedel av de totala koldioxidutsläppen, varav 60 procent kan hänföras basindustri (järn, stål, cement m.fl.). Vidare kännetecknas basindustrin av hög kapitalintensitet, långa investeringscykler och därmed en långsam förändring i kapitalstocken. Detta bidrar till att skapa inlåsnings effekter i gammal fossilberoende teknik. Detta kan i sin tur föranleda att långivarnas riskpremie ökar; det blir en snedvridning i kreditgivningen, vilket försvårar för nya tekniker och kan motivera kreditgarantier (Bachas m.fl., 2021).³

Utöver detta finns enligt exempelvis Löfgren och Rootzén (2021) en rad omständigheter som försvårar införandet av ny teknik inom basindustri vilket kan motivera olika politiska interventioner. Exempelvis kan det uppstå koordinationsproblem eftersom en koldioxidfri produktion ofta förutsätter investeringar både upp- och nedströms i värdekedjan. Det handlar delvis om industriella processer (grönt stål) men också om tillgång till grön elproduktion, infrastruktur eller lagringsmöjligheter för infångad koldioxid (så kallad CCS, *carbon capture and storage*). Likaså kan nya kompetenser krävas för omställningen. Traditionellt har ansvaret för flera av dessa investeringar hamnat på offentlig sektor. Cirkulära system kan också vara beroende av tillstånd och marknader som delvis finns inom den offentliga sektorn (SOU 2016:72; Parida & Frishammar, 2023). Här kan osäkerhet om olika aktörers agerande bromsa nya satsningar.

Utmaningarna

En rad utredningar och rapporter har pekat på de svårigheter som en omställning innebär, men också vikten av att accelerera den gröna omställningen (Sundén, 2023, 2024 a, 2024b; Andersson m.fl., 2024; Hassler, 2023; Naturvårdsverket, 2024). Vi delar många av de ståndpunkter som framkommit i tidigare studier, exempelvis vad gäller risken för ett subventionskrig, felaktiga investeringsbeslut och osynkroniserade processer på grund av byråkrati

2 Det är särskilt angeläget mot bakgrund av vad skiftningar inom politiken kan innebära. Se Braunerhjelm och Hepburn (2023) för en diskussion kring detta.

3 Aghion m.fl. (2024) visar teoretiskt och empiriskt hur finansiella kriser och stram penningpolitik slår hårdare mot unga företag inriktade på "gröna" innovationer jämfört med äldre och etablerade företag inriktade på innovation i befintliga energisystem.

generellt och tillståndsprövningar mer specifikt. Samtidigt är det rimligt att svensk industri ges samma möjligheter som andra länders och att den industriella basen inte urholkas.

På global nivå är den kommande gröna omställningen av en omfattning som saknar motsvarighet i modern tid. Den process som ligger närmast till hands i Sveriges fall är utbyggnaden av elproduktion, det vill säga när kärnkraften introducerades, på 1970- och 1980-talen. På ett drygt decennium fördubblades den svenska elproduktionen, vilket får anses vara ett exempel på en lyckad industripolitisk satsning (kapitel 2). Förutsättningarna ter sig emellertid annorlunda idag, inte minst mot bakgrund av att olika intressenters rättmätiga krav ges ett större utrymme i processen, som till exempel naturvärden och försvar.

En snabb omställning förutsätter nytänkande, innovation, experiment och att fastläsning i specifika lösningar eller tekniker undviks. Den alltmer elektrifierade fordonsindustrin är ett exempel på en radikalt ny affärsmodell och vikten av entreprenörskap och förebilder.

De utmaningar som omställningen framför allt möter kan sammanfattas under rubrikerna kapital, kraft och kompetens. Vi kommer nedan kort att sammanfatta vad dessa består av. Till detta ska läggas ett mycket kort tidsspänn där en relativt stor del ska vara på plats 2030.

Kapital

Investeringsbehovet har uppskattats till minst 1 100 miljarder kronor i norra Sverige (Larsson, 2022). Att enbart förlita sig på privat finansiering är orealistiskt givet de osäkerheter som föreligger vad gäller teknik, koordinering och i viss mån marknader. Kommer elproduktionen att motsvara efterfrågan? Hur förväntas infrastrukturen finansieras i den

gröna omställningen? Vilka kostnader följer av långa och osäkra tillståndprocesser?⁴

För närvarande är det en mix av lån, subventioner och riskkapital som står bakom de pågående investeringarna. H2GS, Hybrit, Northvolt och Preem har alla, precis som sina motsvarigheter i EU, kunnat dra fördel av olika typer av investeringsstöd, dock ofta på lägre nivåer. Lånen är i regel uppbackade av omfattande garantier från exempelvis Europeiska investeringsbanken, Svensk Exportkredit eller Riksgälden.⁵ Lånegarantier är sannolikt en nödvändighet för att få med privata långivare, det vill säga att crowding-in effekter ska uppstå (Bachas, m.fl., 2021). Kända (fossila) tekniker och etablerade aktörer tenderar att gynnas av marknaden, med större tillgång till lån och lägre räntor.

Stöd, särskilt direkta subventioner, är förenade med en alternativkostnad.⁶ I ett svenskt perspektiv kan dessa förväntas vara lägre om stödet kommer från EU-medel eftersom de sannolikt annars skulle användas för andra liknande projekt. Statligt ägda företag bidrar också med en avkastning till statskassan. Samtidigt finns ett tidsperspektiv såtillvida att kostnader idag måste jämföras med förväntade vinster längre fram i tiden.

Särskilt direkta kapitalstöd förändrar spelplanen för företag och därmed också konkurrensförutsättningarna. Det är därför viktigt att full transparens råder om volymer och villkor för olika stöd, men också om hur till exempel tillgång till el fördelas mellan olika aktörer. Den mycket omfattande omställningen och de stora kapitalbehoven förutsätter ett samlat engagemang från samhället där kommuner, regioner och staten har en gemensam strategi och en tydlig ansvarsfördelning. Som det är nu riskerar kommuner och regioner en avsevärd skuldsättning under osäkra förhållanden där kompetensen att hantera sådana åtaganden varierar. En eventuellt ökad skattekraft kommer senare. Det är inte en rimlig situation för en omställning som är av nytta för hela landet.

4 Det är dock inte omöjligt med relativt snabba processer som visats av till exempel Northvolt i Skellefteå.

5 Riksgälden ställer ut garantier och ger lån till statlig och privat verksamhet efter beslut av regering och riksdag. Detta görs mot en avgift som speglar den finansiella risken och den administrativa kostnaden för garantin eller lånet. Riksgälden avgör själva om de vill återförsäkra sig eller inte vilket i regel dock inte bedöms vara lönsamt. Inom ramen för "gröna kreditgarantier" (80 miljarder kronor) svarar Riksgälden för riskbedömning av respektive projekt innan beslut fattas. Möjligheterna att dra på de lån garantierna avser provas därefter löpande under projektets gång utifrån de villkor och eventuella nyckeltal som stipuleras i låneavtalet. Den största kreditgaranti som hittills utfärdats uppgår till 30 miljarder kronor (Öresundsbron) vilket kan jämföras med cirka 11 miljarder kronor till H2GS. Den intresserade kan läsa mer på Riksgäldens hemsida, se särskilt Förordning att ställa ut kreditgarantier och Regeringsuppdrag att ställa ut kreditgarantier för gröna investeringar.

6 Idag är det enligt EU:s statsstödsregler tillåtet att subventionera basforskning med 100 procent samt industriforskning och demonstrations-/pilotanläggningar med lägre procentsatser upp till vissa beloppsnivåer.

Kraft

Lokaliseringen till övre Norrland har främst drivits av tillgång på råvaror, förnybar el samt att det redan finns företag och industriellt kunnande på plats. Även om det förefaller finnas goda förutsättningar att tillgodose marknadens behov av grön el på sikt (se kapitel 4), kvarstår utmaningen att matcha den förväntade efterfrågeökningen med en motsvarande ökning på utbudssidan regionalt samt att trygga hela Sveriges elbehov.

För att möjliggöra en snabb och effektiv utbyggnad samt tillgång till både energi och effekt krävs flera och kompletterande satsningar. Energieffektivisering, lokala och distribuerade lösningar (t.ex. batterier), land- och havsbaserad vindkraft liksom kärnkraft måste kombineras med en utbyggnad av transmissionskapaciteten mellan och inom regioner. Teknisk utveckling kommer på sikt sannolikt bidra till lösningar som idag är okända. Kommuner/regioner bör kunna ta del av avkastningen från till exempel vindkraft, vilket bland annat motiveras av att kostnaderna för omställningen delvis hamnar hos dessa aktörer. Blir utbudssidan försenad kommer det att driva upp elpriser och försvåra eller omöjliggöra delar av omställningen. Till år 2045 bedöms behovet av el nationellt fördubblas från cirka 135 TWh 2023 till omkring 270 TWh, men prognoserna är osäkra och ska i någon mån ses som vad som önskas av industrin, förutsatt att allt går i lås med elektrifieringen och att elpriserna ligger på en för industrin konkurrensmässig nivå (se kapitel 4). Det kan jämföras med att enbart Hybrit, fullt utbyggt enligt nuvarande planer, kommer att behöva ett årligt tillskott på cirka 70 TWh.

Om en utbyggnad av elproduktionen misslyckas med att möta en stigande efterfrågan kommer naturligtvis detta att resultera i markanta prisökningar på el (Sundén, 2024b). För närvarande uppskattas en bevarad konkurrenskraft kräva ett elpris någonstans i hägnet 40–60 öre per kW vilket i nuläget endast landbaserad vindkraft klarar. Kärnkraft och havsbaserad vindkraft uppskattas ligga på ungefär det dubbla (cirka 1 krona per kW).⁷ Men framförallt för kärnkraften råder stora osäkerheter om dess framtida kostnader där de tre europeiska kärnkraftsprojekten har dragits med stora förseningar och kostnadsökningar. För att komma ner på nivåer motsvarande landbaserad vindkraft krävs någon form av subvention eller ”riskdelning”, alternativt att ny kostnadsreducerande teknik kan utvecklas.⁸

Sveriges största vindkraftspark (med kinesiska ägare och beläget i Markbygden) levererar cirka 10 TWh per år. Det skulle alltså behövas sju motsvarande anläggningar för att klara enbart Hybrids behov. Ovan nämnda vindkraftsanläggning har dessutom brottats med betydande lönsamhetsproblem under senare år (bolaget är under rekonstruktion) eftersom man garanterat leverans av en kvantitet av el under lång tid framåt till ett fast pris. När det inte blåser måste el köpas in i lägen då priset är som högst. Samtidigt kräver ofta banker långa kontrakt för att gå med på lån, det vill säga intäkterna ska säkras för att minska risken.

En kraftproduktion motsvarande det förväntade behovet kräver på sikt sannolikt både modifierade affärsmodeller och kostnadsreducerande innovationer för att svensk industris konkurrenskraft ska bibehållas.

Kompetens

Ett nödvändigt villkor för att satsningarna i norra Sverige också ska generera dynamiska effekter är att det sker inflyttning av kompetens som kan integreras regionalt (se kapitel 5). Det bör kombineras med utbildningsinsatser av befintlig arbetskraft för att ytterligare matcha behovet. I nuläget tillgodoses arbetskraftsbehovet framför allt genom *fly in-fly out*-personal, det vill säga individer som pendlar in men bor någon annanstans. Samtidigt är det uppskattade behovet av ny arbetskraft för de norrländska industriprojekten cirka 100 000 personer, eller 20 procent i förhållande till arbetskraften idag (Larsson, 2022).

Behoven är så pass stora att det finns en uppenbar risk för undanträngningseffekter, det vill säga att befintlig arbetskraft rekryteras av de inflyttande företagen. Expansionen kan också göra det svårt att upprätthålla samhällsservice inom vård, skola och omsorg om arbetskraft väljer att gå över till bättre betalda arbeten i den nya privata sektorn. Liknande problem har funnits sedan 2000-talets början och riskerar att förstärkas. Detta skulle kunna hämma den regionala utvecklingen.

Adjei m.fl. (2023) visar att ett inträde av en stor aktör i en region med en begränsad tillgång på arbetskraft och svag inflyttning kan leda till negativa effekter på total sysselsättning. Den ökade efterfrågan på lokal arbetskraft driver upp lönerna vilket innebär lönsamhetsproblem för det redan

7 Samtal med Thomas Tangerås samt IEA World Energy Outlook (2016) och Energiforsk (2024). Prisprognoser är mycket svåra att göra och spannen blir relativt stora. Energiforsks bedömning ligger betydligt lägre än Sundéns (2024).

8 Kostnadsreduceringar som tidigare förefallit realistiska kan, som visats av utvecklingen inom sol- och vindkraft, ske. Se även Grubb m.fl. (2023).

existerande näringslivet och företagsnedläggningar. Det kan dessutom vara så att lokala leverantörer inte kan hantera beställningar på grund av omfattningen på de investeringar som nu görs, vilket innebär att nya och större aktörer kommer in på marknaden med konkurs och uppköp av mindre företag som följd. Den regionala marknaden konsolideras (Tillväxtanalys, 2018). Över tid förefaller dock sysselsättningen stiga i näraliggande branscher jämfört med regioner utan motsvarande investering enligt Adjeje m.fl. Det tyder på någon slags spridnings- eller överspillningseffekter med ökad specialisering som följd, även om den totala sysselsättningen går ner. Beroende på hur detta utvecklas kan det uppstå agglomererings- och klustereffekter som stärker regionen, men det kan också leda till en ökad sårbarhet baserad på en ensidig specialisering.

Slutsatsen är att de regionala förutsättningarna för ett kompetensinflöde måste beaktas, liksom effekter på kort respektive lång sikt. På sikt kan en specialisering också leda till mer spin-offs från etablerade företag; en dynamisk utveckling kan påbörjas.

I den mån arbetskraft kan attraheras finns förutsättningar för en starkare utveckling. Som visats i forskning på svensk data är multiplikatoreffekterna betydande. En nyetablering i teknikintensiva verksamheter där ytterligare en person anställs leder till följd effekter som ökar sysselsättningen med 1–3 anställda (Moretti & Thulin, 2013). Omfattningen beror på bransch och teknikintensitet. I nuläget finns indikationer på att den största rörligheten sker inom regionen samt att en relativt stor andel av arbetskraften kommer från utlandet.

En ökad inflyttning kräver sannolikt ett gemensamt åtagande av såväl samhälle som näringslivet för att skapa trovärdighet. Attraktivitet byggs genom tillgång till bra offentlig service och en god livsmiljö, fungerande infrastruktur och intressanta anställnings- och utvecklingsmöjligheter (se exempelvis Ludvika kapitel 2). Det bör kommuniceras som en samlad strategi där flera aktörer samverkar.

Det offentliga åtagandet och en grön industripolitik

Det traditionella argumentet för ett offentligt ingripande är att det föreligger ett marknadsmisslyckande, till exempel att en viss produktion eller aktivitet genererar en kostnad

som får bäras av andra (koldioxidutsläpp) eller att andra kan dra nytta av en verksamhet utan att själv belastas av kostnaderna (forsknings- och utvecklingssatsningar som sprids till andra företag). I det första fallet uppstår en negativ sidos-effekt (externalitet) medan det senare exemplet innebär positiva spridningseffekter. I ett samhällsperspektiv leder det till en överproduktion i verksamheter med negativa effekter medan produktion med positiva överspillningseffekter blir för låg. Standardreceptet för att rätta till dessa marknadsmisslyckanden är att exempelvis införa en reglering eller en skatt på koldioxidutsläpp, medan FoU kan stimuleras genom skatteavdrag eller subventioner (Braunerhjelm, 2018).

Till dessa marknadsmisslyckanden kan läggas informationsasymmetrier, så kallade naturliga monopol när skalekonomier innebär att det bara finns utrymme för en aktör, inläsningar finansiellt, samordningssvårigheter (i t.ex. en värdekedja eller ett energisystem) eller när en vara/tjänst kan sägas ha ett kollektivt värde (t.ex. försvar, ren miljö). Den övergripande principen är att ett offentligt åtagande – en politisk intervention – är berättigat när riskerna är så pass stora att privata aktörer inte kan bära dessa samtidigt som den potentiella samhällsnyttan är betydande vid ett lyckosamt utfall (Ulltveit-Moe, 2009).

Ytterligare skäl som påtalats under senare tid är strategiska aspekter kopplade till att en viss produktion (t.ex. av metaller av kritisk vikt för omställningen) undermineras på grund av andra länders subventioner, eller åtgärder som vidtas för att undvika koldioxidläckor, det vill säga att produktion med stora koldioxidutsläpp flyttar till länder med mindre strikta restriktioner. Dessa utvidgningar från mer klassiska marknadsmisslyckanden skulle då bestå i att konkurrensen inte fungerar på grund av massiva subventioner i andra länder eller att de negativa effekterna av koldioxidutsläpp kan fortsätta på platser som är mindre nogräknade vad gäller utsläpp.⁹ Här kan effekterna variera på kort sikt (till exempel billigare produkter på grund av andras subventioner) och på lång sikt (höjda priser och/eller ekonomiskt-politiskt beroende).

Genom att åtgärda ett marknadsmisslyckande minskar osäkerheten om de framtida produktionsförutsättningarna vilket påverkar investerings- och innovationsbeslut. Det kan antas vara särskilt relevant inom industrier som präglas av storskaliga investeringar med en lång investeringscykel. Dessa kan bidra till "teknikdominanser" som tenderar att styra teknikutvecklingen samtidigt som konsumenter efter-

9 Det är skälet till EU:s "gröna" tullar, eller Control Border Adjustment Mechanisms CBAM) (Ferguson & Sanctuary, 2019). Notera att dessa inte omfattar halvfabrikat där exempelvis stål ingår.

frågar till exempel mer klimatneutrala och fossilfria produkter (Aghion m.fl., 2023; van der Ploeg & Venables, 2022). I sin tur kan detta utgöra skäl för tidsbegränsade gröna subventioner för att bryta energisystemens rådande inlåsning till fossila bränslen.

Följaktligen är det ovan beskrivna överväganden som legitimerar en politisk intervention på marknaden och som ligger till grund för en väl utformad industripolitik. Samtidigt är insatser för att begränsa marknadsmisslyckanden en svår och riskfylld konst. Det kräver uthållighet så att åtgärder inte avbryts för tidigt, kombinerat med en noggrann övervakning, utvärdering och disciplin för att inte förlänga misslyckade insatser. Som flera ekonomer visat handlar det om svåra, men inte omöjliga, avvägningar (Rodrik, 2014; Chan m.fl., 2017). Politiken riskerar också att "kidnappas" av näringslivet för att vidta åtgärder som särskilt gynnar vissa företag eller branscher, inte minst för att kunskapen och informationen ofta är bättre inom näringslivet. Det gäller alltså att kunna inkludera industrins kompetens kombinerat med att väl avvägda och kostnadsminimerande politiska beslut fattas (Greaker & Popp, 2023).

Industripolitikens utformning

Såväl teoretiska som empiriska studier pekar på att en grön omställning kräver både koldioxidpriser (skatter och utsläppshandel) och mer riktade satsningar, särskilt på teknisk utveckling och innovation (Lehman & Söderholm, 2018; Braunerhjelm & Hepburn, 2023; Greaker & Popp, 2023). Grunden för en sådan inriktning är att gröna teknologier har större positiva spridningseffekter än andra teknikområden, vilket också är fallet enligt exempelvis Martin m.fl. (2022). Utan en sektorsinriktad teknikpolitik riskerar investeringarna att bli för låga i ett samhällsekonomiskt perspektiv, med negativa återverkningar på kunskapsspridning, inläring och omställning.

Övergripande anses stöd som har en horisontell karaktär, det vill säga stöd som är tillgängliga för företag och andra aktörer i konkurrens, vara att föredra framför vertikala stöd som riktar in sig på en viss bransch eller ett visst företag.¹⁰ Till de förstnämnda hör exempelvis stöd till FoU och uppskalning av ny teknik, pilot- och demonstrationsanläggningar, under förutsättning att de inte innebär inlåsning till viss teknik (Acemoglu, 2012, 2016; Diaz m.fl., 2022; Popp, 2019).

Beesley och Persson (2023) visar på vikten av ett dynamiskt perspektiv för förståelsen av hur subventioner förhåller sig till teknisk utveckling. Över tid kan en kostnad idag motsvaras av en än större vinst längre fram i tiden.

Samtidigt kan det vara svårt för nya teknologier att komma in på marknaden på grund av att fossila bränslen baseras på en välkänd teknologi och sedan länge har dominerande marknadsandelar. Detta leder till ett stigberoende som hämmar både innovation och marknadsinträde. Framgångsrik innovation kräver i sin tur att många faktorer är på plats, exempelvis kompetens, finansiering och efterfrågan (Braunerhjelm & Henrekson, 2023). Det kan i sig utgöra ett koordineringsproblem som kan minskas genom ekonomisk politik. Van den Bijgart m.fl. (2024) påtalar vikten av att en grön industripolitik använder sig av en bred arsenal av ekonomisk-politiska verktyg. Det talar för ett helhetsgrepp där politiken omfattar innovation, värdekedjor, resiliens och infrastruktur.

En ansats som förespråkats är att den gröna industripolitiken bör baseras på tre ben bestående av teknikutveckling, möjligheter för nya marknader att etableras, samt institutioner som utformas för att undvika att särintressen styr politiken (van den Bijgart m.fl., 2024; Blanchard m.fl., 2023). Teknikutveckling förutsätter ofta stöd i olika led, från basforskning till demonstrationsanläggningar; stöd som söks i konkurrens mellan olika aktörer. På efterfrågesidan kan till exempel tillfälliga *feed-in*-tariffer och offentlig upphandling användas, som kombinerat med koldioxidskatter underlättar för nya marknader att uppstå och att nätverks- och inläringseffekter initieras. På sikt kan självgående dynamiska cykler skapas. I Sverige har staten haft det övergripande ansvaret för mer omfattande infrastrukturella investeringar som har systempåverkande effekt och som möjliggör privata investeringar (kraftproduktion och -distribution, hamnar, järnväg, med mera, se kapitel 2 och 5). Till detta ansvar hör också kompetensförsörjningsfrågor och att en struktur finns för transparenta och smidiga beslutsprocesser.

Det ligger i sakens natur att en grön industripolitik inte är neutral, vissa val och prioriteringar måste göras. Samtidigt vet varken marknaden eller politiker hur framtidens teknikval kommer att se ut. Därför bör en sekventiell och experimentell ansats tillämpas för att tillåta att olika tekniker utvecklas samtidigt som utvärdering underlättas, liksom möjlighet att avsluta misslyckade projekt i tid (Phale m.fl., 2018). Det är en strategi som framgångsrikt tillämpats inom

¹⁰ Klimat- och Industrikliven är exempel på horisontella industripolitiska åtgärder, men en fullständig effektutvärdering dröjer. Riksrevisionen kommer dock inom kort att utvärdera Industriklivet.

till exempel de amerikanska programmen ARPA-E (Advanced Research Projects Agency–Energy) och DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency).¹¹

Industripolitik inom EU

Historiskt har EU:s industripolitik till stora delar varit inriktad på att fostra nationella *champions*, eller *picking winners*-strategier (Veugelers m.fl., 2024). I takt med att den inre marknaden inom EU utvecklades under 1980- och 1990-talen ersattes den vertikala industripolitiken med mer horisontella insatser. Marknad, konkurrens, forskning och enhetliga statsstödsregler stod i fokus. Renodlade stöd begränsades till jordbruk och vissa eftersatta regioner. Rollen för EU sågs vara att säkra ett institutionellt ramverk som främjade konkurrens på lika villkor mellan medlemsländerna.

Efter finanskrisen 2008–2009, och i än högre grad i samband med pandemin och energikrisen 2022, har EU emellertid återgått till en mer interventionistisk och vertikal industripolitik som framför allt omfattar den gröna industripolitiken. En rad olika åtgärder har vidtagits för att få ner nettoutsläppen av koldioxid till noll 2050. Övergripande handlar det om EU:s gröna giv, *Fit for 55*-regelverket, men också ett antal mer specifika insatser för att bland annat bemöta andra länders initiativ som exempelvis USA:s Inflation Reduction Act (IRA, se kapitel 3).

Det finns en kritik mot EU:s klimatpolitik, framför allt att insatserna är okoordinerade, fragmenterade och med begränsade synergier (Veugelers m.fl., 2024). Exempel på olika åtgärds paket under senare år är Repower Plan (snabbare omställning och strategisk autonomi), Innovation Fund (finansiering), European Alliance (med uppgift att definiera och integrera tekniker som anses nödvändiga för omställningen och som därefter har rätt till statsstöd), Critical Raw Materials Act (minska importberoendet av kritiskt viktiga råvaror), European Chips Act (säkra produktion av halvledare), Net Zero Industry Act (kompensera för subventioner som erbjuds av IRA, definiera kritiska material och främja strategisk autonomi) och State Aid Temporary Crisis and Transition Framework (främja utbyggnad av förnybar energi).¹²

För denna brokiga flora av olika stödåtgärder saknas i flertalet fall finansiering på EU-nivå. I stället förväntas enskilda stater stå för merparten av kostnaderna. Detta skapar i sin tur politiska spänningar eftersom EU-länderna har olika finansiella förutsättningar. Konkurrensen riskerar att sättas ur spel när större och rikare länder kan stödja sina industrier medan länder med mer ansträngda statsfinanser saknar dessa möjligheter samtidigt som andra kan välja andra samarbetspartners, exempelvis Kina.¹³

Slutord

Omställningen mot en fossilfri ekonomi innebär en mångfacetterad transformering av det nuvarande samhället: produktionsprocesser och konsumtionsbeteende som varit rådande sedan industrialismens genombrott och till överväldigande del beroende av fossil energi ska på relativt kort tid vridas om mot klimatneutrala alternativ. För att lyckas med detta måste samhällets olika aktörer – politiker, näringsliv, beslutfattare inom offentlig sektor och konsumenter – dra åt samma håll. Det innebär inte att man ska samlas kring en teknik eller metod, snarare tvärtom eftersom en transformering av den dignitet som nu stundar är förenad med osäkerhet, utmaningar och ofullständig information. Samtidigt skapas betydande affärsmässiga och samhällsekonomiska möjligheter.

Marknadsmisslyckanden och systemsvagheter hindrar framväxten av grön teknologi. På tekniksidan talar det för en politik som bygger på experiment, utvärdering och omprövning. Mer generellt behövs sannolikt en mix av vertikal (sektorsinriktad) och horisontell politik där även konkurrenspolitiken får en central roll och där olika kontrollstationer upprättas. Stora summor läggs på den gröna industripolitiken och det finns uppenbara risker att skattebetalarnas pengar förlösas, liksom att vissa industrier på grund av sina informationsövertag får ett oproportionerligt stort inflytande på politiken. Därför måste politiken utformas så att protektionism, kidnappning av regelverk, långgående driftssubventioner och en nationalistisk industripolitik undviks. Alternativet är en lägre framtida tillväxt och välstånd. Politiken måste exekveras och kommuniceras så att dess positiva effekter framgår, vilket är en förutsättning för en bredare acceptans (Meckling

11 Se utvärdering av National Academies of Science ((NAS, 2017).

12 Ett konkret exempel på oklarheter i de olika EU-åtgärderna är att vissa har ett EU-perspektiv (exempelvis European Alliance) medan andra är mer nationellt inriktade (exempelvis Net Zero Industry Act). Likaså är det oklart varför vissa tekniker bör stödjas men inte andra, se Veugelers m.fl. (2024) för detaljer.

13 Det finns också en trend att elitens industri i rikare länder subventioneras på hushållens bekostnad (McWilliams m.fl., 2024).

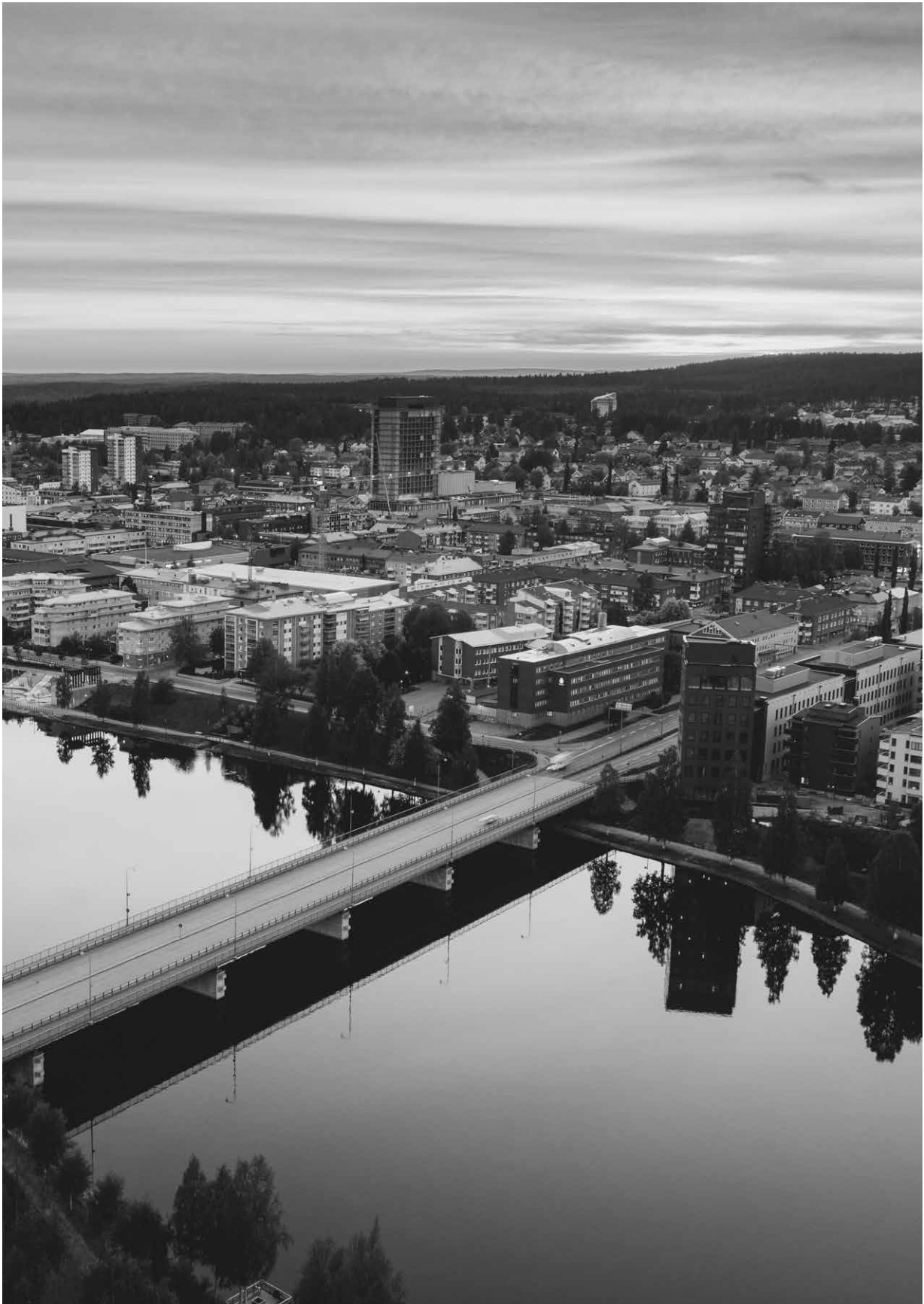
m.fl., 2015; Sims Gallagher & Soyoung Oh, 2023). Klarar inte staten av att föra en ansvarsfull och transparent "grön industripolitik" som involverar ett statligt ägande finns alltid alternativet att privatisera verksamheter.

Även om omställningen mot en grön ekonomi är förenad med omfattande risker och osäkerheter är den fullt möjlig och dessutom nödvändig. Som förhoppningsvis framkommit i denna analys är Sverige väl positionerat för att klara av denna framtida utmaning. Men det bygger på en väl avvägd, långsiktig och transparent politik, där effekterna av dagens politiska beslut sträcker sig många mandatperioder framåt.

Referenser

- Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. & Kerr, W. (2016). "Transition to clean technology", *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104.
- Adjei, E., Eriksson, R. & Lundberg, J. (2023). "The effect of large industrial investment on employment in a remote and sparsely populated area using a synthetic control method", *Regional Science Policy & Practice*, 15(7), 1553–1576.
- Aghion, P., Bénabou, R., Martin, R. & Roulet, A. (2023). "Environmental preferences and technological choices: is market competition clean or dirty?", *American Economic Review Insights*, 5, 1–20.
- Aghion, P., Bergeaud, A., De Ridder, M., Van Reenen, J. & Bergeaud, A. (2024). "Lost in transition: Financial barriers to green growth", *INSEAD WP*, 24/16.
- Bachas, N., Kim, O. & Yannelis, C. (2021). "Loan guarantees and credit supply", *Journal of Financial Economics*, 139 (3), 872–894.
- Besley, T. & Persson, T. (2023). "The Political Economics of Green Transitions", *The Quarterly Journal of Economics*, 138 (3), 1863–1906.
- Bijgaart, I. van den, Lindman, Å., Löfgren, Å. and Söderholm, P. (2024). "Green Industrial Policy: Key Challenges and Policy Design in Decarbonizing the Basic Materials Industries". Forthcoming in *Encyclopedia of Resource, Energy, and Environmental Economics*, Second Edition, Elsevier.
- Blanchard, O., Gollier, C. & Tirole, J. (2023). "The portfolio of economic policies to fight climate change", *Annual Review of Economics*, 15, 689–722.
- Braunerhjelm, P. (2018). "Kan experiment bidra med lösningar på klimathotet? Konsekvenser för miljöpolitiken utformning", i Andersson, M. & Eklund, J. (red.), *Navigera under osäkerhet. Entreprenörskap, innovationer och experimentell policy*, Swedish Economic Forum Report 2018, Entreprenörskapsforum, Stockholm.
- Braunerhjelm, P. & Henrekson, M. (2023), *Unleashing society's innovative capacity, International studies in entrepreneurship*, Springer, Cham.
- Braunerhjelm, P. & Hepburn, C. (2023). "Climate Change, Complexity, and Policy Design", *Oxford Review of Economic Policy*, 39(4), 667–680.
- Chan, G., Goldstein, A. P., Bin-Nun, A., Diaz Anadon, L. & Narayanamurti, V. (2017). "Six principles for energy innovation". *Nature: International weekly journal of science*, 552, 25–27.
- Diaz Anadon, L., Jones, A. & Peñasco, C. (2022). *Ten Principles for Policy Making in the Energy Transition: Lessons from Experience*. Economics of Energy Innovation and Systems Transition Project (EEIST), University of Exeter.
- Energiforsk (2024). <https://energiforsk.se/media/33096/nepp-elprisutveckling-till-foljd-av-omfattande-elektrifiering-2024-01-30.pdf>
- Entreprenörskap i det tjugoförsta århundradet* (SOU 2016:72). Regeringskansliet. Hämtad från <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2016/10/sou-201672/>
- EU-kommissionen (2023). *Questions and Answers on the Sustainable Finance package*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_23_3194
- Ferguson, S. & Sanctuary, M. (2019). "Why is carbon-leakage for energy intensive industry hard to find?". *Environmental Economics and Policy Studies*, 21, s. 1–24.
- Gerlagh, R., Kverndokk, S. & Rosendahl, K. E. (2009). "Optimal timing of climate change policy: interaction between carbon taxes and innovation externalities", *Environmental & Resource Economics*, 43, 363–390.
- Grubb, M., Poncia, A., Dummond, P., Neuhoﬀ, K. & Hourcade, J.-C. (2023). "Policy complementarity and the paradox of carbon pricing", *Oxford Review of Economic Policies*, 39 (4), 711–731.

- Greaker, M. & Popp, D. (2023). Environmental economics, regulation and innovation. I Braunerhjelm, P., Andersson, M., Blind, K. & Eklund, J. *Handbook of Regulation and Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham and Northampton.
- Hassler, J. (2022). *En robust, men kanske inte optimal, global klimatpolitik*, [Policypapper. Fores]. Hämtad från <https://fores.se/publikation/en-robust-men-kanske-inte-optimal-global-klimatpolitik/>
- Hassler, J. (2023). *Sveriges Klimatstrategi. 46 förslag till för klimatomställningen i ljuset av Fit-for-55*, KN2023/03828. Klimat- och Näringslivedepartementet. Stockholm.
- International Energy Agency (2016). EA World Energy Outlook. Hämtad från <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016>
- Larsson, P. (2022). *Rapport från samordnaren för samhällsomställning vid större företagsetableringar och företagsexpansioner i Norrbotten och Västerbotten*. Hämtad från <https://www.regeringen.se/contentassets/8e9b848837ae4cecab7e6a380a9a0b51/rapport-fran-samordnaren-for-samhällsomställning-vid-storreforetagsetableringar-och-foretagsexpansioner-i-norrbotten-och-vasterbotten.pdf>
- Löfgren, Å. & Rootzén, J. (2021). "Brick by brick: Governing industry decarbonization in the face of uncertainty and risk", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 40, 189–202.
- Martin, R. & Verhoeven, D. (2022). *Knowledge Spillovers from Clean and Emerging Technologies in the UK*, CEPR DP 1834, London.
- McWilliams, B., Sgaravatti, G., Tagliapietra, S. & Zachmann, G. (2024). *Europe's Under the Radar Industrial Policy: Intervention in Electricity Pricing*, Bruegel Policy Brief, 01/2024, Bruegel, Brussels.
- Meckling, J., Kelsey, N., Biber, E. & Zysman, J. (2015). "Winning coalitions for climate policy". *Science*, 349, 1170–1171.
- Moretti, E. & Thulin, P. (2013). "Local multipliers and human capital in the United States and Sweden". *Industrial and Corporate Change*, 22, s. 339–362.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017). *An Assessment of ARPA-E*, Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Naturvårdsverket (2024). *Naturvårdsverkets underlag till regeringens klimatredovisning*, Stockholm.
- Pahle, M., Burtraw, D., Flachsland, C., Kelsey, N., Biber, E., Meckling, J., Edenhofer, O. & Zysman, J. (2018). "Sequencing to ratchet up climate policy stringency". *Nature Climate Change*, 8, 861–867.
- Popp, D. (2019). "Environmental Policy and Innovation: A Decade of Research". *International Review of Environmental and Resource Economics*, 13, 265–337.
- Rodrik, D. (2014). "Green industrial policy". *Oxford Review of Economic Policy*, 30, 469–491.
- Sims Gallagher, K. & Soyoung Oh, S. (2023). "Job creation and deep decarbonization", *Oxford Review of Economic policies*, 39(4), 765–772.
- Smulders, S., & Zhou, S. (2023). *Self-fulfilling prophecies in the transition to clean technology*. [Uppsats, Tilburg University och Deutsche Bundesbank Research Centre].
- Sundén, D. (2023). *Från brunt till grönt*, Skandinaviska Policyinstitutet, Malmö.
- Sundén, D. (2024 a), *Lönsam eller kostsam?*, Skandinaviska Policyinstitutet, Malmö.
- Sundén, D. (2024 b), *Till vilket elpris som helst?*, Skandinaviska Policyinstitutet, Malmö.
- Tillväxtanalys (2018). *Statens roll vid grön omställning genom aktiv industripolitik*, PM 218/10.
- Ploeg, F. van der & Venables, A.J. (2022). "Radical climate policies", CEPR DP 17677. CEPR Press, Paris and London.
- Ulltveit-Moe, K. (2009). *Live and let die – industrial policy in a globalised world*. Report 22 to Sweden's Globalisation Council, Stockholm. Hämtad från https://www.researchgate.net/publication/267361882_Live_and_let_die_-_industrial_policy_in_a_globalised_world
- Veugelers, R, Tagliapietra, S. & Trasi, C. (2024), "Green Industrial Policy in Europe: Past, Present, and Prospects", *Journal of Industry, Competition and Trade*, 24, 1–22.





2. Historiska exempel på industripolitik i Sverige

Kerstin Enflo, professor, ekonomisk-historiska
institutionen, Lunds universitet

Johan Söderström, Hitachi Energy

Vi har valt ut tre olika exempel av skiftande karaktär. Det första exemplet handlar om satsningar som faller inom ramen för "den svenska infrastrukturmodellen". Det andra exemplet rör industrisatsningen på Stålverk 80, en satsning gjord för att stimulera exporten av svenskt stål. Det tredje exemplet handlar om den statliga inblandningen i forskning och utveckling samt implementering av atomenergi, den så kallade "svenska linjen".

Inledning

Rollfördelningen mellan privata och statliga aktörer har böljat fram och tillbaka under den moderna ekonomiska historien. Under senare hälften av 1800-talet rådde ett liberalt synsätt med stora inslag av avregleringar av marknader. Genom utbyggnaden av järnvägsnätet kom Sverige att slå in på ett delvis nytt spår där liberalismen kom att kompletteras med ett samhällsekonomiskt synsätt. Satsningen befäste för första gången staten som en aktör med övergripande ansvar för att stimulera den ekonomiska utvecklingen. Samtidigt formulerades en tydlig ansvarsfördelning mellan det statligt finansierade nationella stamnätet och de regionala och lokala järnvägar som bekostades av privata aktörer.

Under 1900-talet blev statens roll mer framträdande. Genom tillkomsten av Kungliga Vattenfallstyrelsen blev Sverige det första landet i världen där staten engagerade sig i att bygga ut stora kraftverk. Under efterkrigstiden ökade intresset för statlig inblandning i näringslivet i hela Europa.

Storbritannien och Frankrike gick längst i sina satsningar, medan Västtyskland, som efter andra världskrigets roll präglades av en större misstro mot statlig inblandning valde en mer liberal väg. Sverige följde den aktivistiska linjen, och under 1960- och 1970-talen ökade statens inblandning i näringslivet baserat på långtgående regionalpolitiska eller försörjningspolitiska motiv. I och med 1970-talets lågkonjunktur kom tyngdpunkten att förskjutas mot mer kortsiktiga insatser som antog växande proportioner, något som av Lundgren och Stål (1981, s. 32) kom att kallas "stödexlosionen".

Efterkrigstidens industripolitik syftade både till att försöka skapa konkurrensfördelar genom statliga stöd och att intervensera i krisdrabbade branscher. Efter hand ansågs dessa dock som misslyckade och motverkande sitt syfte; snarare kom det att fördröja överföringen av resurser till mer livskraftiga sektorer vilket ledde till att industripolitikens inriktning under 1980-talet blev mer liberal med större marknadsinslag (Owen, 2012). Fokus skiftade från vertikala insatser mot enskilda branscher, mot mer generella, ofta kallade horisontella, stöd. Inom EU blev in-effektiviteten hos den koordinerade nationella industripolitiken tydlig, vilket ledde till utvecklingen av den inre marknaden och synen på konkurrens som ett viktigt verktyg blev dominerande.

Under 1990-talet fortsatte marknader att liberaliseras, och inom EU etablerades en slags konsensus om att industripolitiken bör vara koordinerad och holistisk, något som formulerades i Lissabon-strategin 2000. Samtidigt ändrades även synen på statens roll: från att själv stå för stöd, byggande och tekniska lösningar, till att staten istället borde

fungera som en möjliggörare. Detta blev mycket tydligt i synen på insatser som exempelvis finansiering av infrastruktur. Enligt det nya synsättet borde staten fokusera på att minska transaktionskostnaderna för kontrakt mellan intressenter, och offentlig-privat samverkan (*public-private partnership*, PPP) blev en allt vanligare princip. Modellen för medfinansiering av infrastrukturinvesteringar har under 2000-talet kommit att tillämpas på ett antal större projekt i Sverige.

Trots tyngdpunktsförskjutningar i synen på statens roll har ett genomgående tema i den svenska historien dock varit ett ganska långtgående samarbete mellan statliga affärsverk och den privata tillverkningsindustrin. SJ samarbetade med Asea och Ericsson för att utveckla komponenter och system; Vattenfall har samarbetat med Asea i utbyggnad av både vattenkraft och kärnkraft; Asea samarbetade också med SJ för att elektrifiera järnvägen och så vidare. Stora kompetenta beställare har varit av avgörande betydelse för näringslivets möjlighet att utveckla produkter för en större hemmamarknad och sedermera export. För staten har samarbetet bidragit till nationell kompetens inom nyckelindustrier och fortsatt svensk konkurrenskraft internationellt.

Inom de satsningar som gjorts av staten på nätverksbaserad infrastruktur, som exempelvis järnvägar och elnät, har staten kunnat gå före och investera i gemensam infrastruktur för att på så vis få *crowding-in*-investeringar från den privata sektorn. Modellen har ansetts framgångsrik och har till och med kallats för en "svensk modell för infrastrukturens institutionella utformning" (Kaijser, 1994). Genom att ta stora initiala kostnader, har staten på ett trovärdigt sätt kunnat signalera långsiktighet till privata intressenter och koordinera satsningar som annars inte hade kommit till stånd. Den svenska modellens styrka har främst visat sig då stora infrastruktursatsningar kännetecknas av stor osäkerhet, stora initiala investeringar och stora potentiella vinster från positiva nätverkseffekter. Men statliga satsningar har även gjorts i enskilda industrier och med syfte att utveckla en viss exportstrategi eller teknologi. I detta kapitel har vi valt att gå igenom lärdomarna från kända historiska industripolitiska satsningar. Vi har valt ut tre olika exempel av skiftande karaktär. Det första exemplet handlar om satsningar som faller inom ramen för "den svenska infrastrukturmodellen". Det andra exemplet rör industrisatsningen på Stålverk 80, en satsning gjord för att stimulera exporten av svenskt stål. Det tredje exemplet handlar om den statliga inblandningen i forskning och utveckling av atomenergi, den så kallade "svenska linjen". Till skillnad från de mer generella infrastruktursatsningarna riktades Stålverk 80 och den svenska linjen i kärnkraftsutbyggnadsfrågan resurser mot enskilda branscher, med varierande grad av teknikinnehåll och nationell betydelse.

"Den svenska infrastrukturmodellen": framgångsrika satsningar

Järnvägsutbyggnaden blev startskottet för "den svenska infrastrukturmodellen". Genom Nils Ericsons plan kom staten att finansiera de fem stambanor som byggdes för att knyta samman landet. Privata aktörer kunde sedan bygga ut de lokala banorna utanför stamnäten. Från början var det dock tänkt att svensk järnväg skulle byggas med privata medel. Det var inte förrän efter den finansiella krisen vid slutet av 1840-talet, då det privata järnvägsaktiebolaget med brittiska investerare drog sig ur projektet, som den svenska ståndsrådet 1853 röstade för att bygga järnvägar med statlig finansiering. Investeringarna skulle komma att ta 30 procent av de årliga statsinkomsterna i anspråk under den första tiden och finansieras genom flera stora järnvägs-lån från utlandet. Det blev startskottet för flera decennier av svensk kapitalimport, och en statsskuld som växte från noll till 20 procent av BNP på bara några decennier och resulterade i att Sverige blev en internationellt sett mycket skuldyngd nation vid första världskriget utbrott (Fregert & Gustavsson 2014; Schön, 2000, s. 270–271).

Med erfarenheterna från järnvägen kom den svenska modellen att tillämpas även inom utbyggnaden av det nationella elnätet, och med Kungliga Vattenfallsstyrelsen (senare Vattenfall) blev Sverige det första landet i världen där staten engagerade sig i elsystemets utbyggnad. Under 1900-talets första decennier var dock Vattenfall en av flera aktörer. De flesta kraftverk och system byggdes i privat regi, där kommuner och elintensiva industrier ofta var dominerande ägare. Det var inte förrän år 1946, då Riksdagen i praktiken gav Vattenfall ensamrätt i byggandet och driften av det nationella stamlinjenätet av högspänningsledning, som den statliga modellen fullbordades (Kaijser, 1994, s. 180). Från att ha stått för 35 procent av elförsörjningen vid 1940-talets mitt gick Vattenfall till att få överordnat ansvar för landets elförsörjning.

Expansionen kring elkraften byggde på att kraftanläggningar, transmissionsnät och elektrisk utrustning snabbt utvecklades i konkurrenskraftiga volymer. Asea, som grundats med bas i Jonas Wenströms banbrytande teknik med trefas växelström, blev huvudleverantör av såväl transformatorer och elmotorer som lättare standardprodukter i form av apparater, installationsmaterial och elektriska hushållsartiklar. Med staten som beställare kunde volymerna utökas. Under Sveriges elektrifiering spelade därför det nära samarbetet mellan Vattenfall, Asea och Stockholms Enskilda Bank en betydande roll. Ekonomihistorikern Lennart Schön beskriver hur utbyggnaden av det nationella stamnätet stimulerade privata företag och spinoffer som genererades inom den elgenererande och elanvändande industrin. De

institutioner och företag som byggdes upp kring elektrifieringen har beskrivits som ett kraftfullt utvecklingsblock i svensk industrihistoria (Schön, 2000, s. 260).

När det vid 1990-talets början stod klart att frågan om IT-infrastrukturens utbyggnad var av en liknande historisk dignitet som järnvägens eller elnätets utbyggnad, sattes en livlig debatt i gång om statens roll. Samtidigt hade den politiska diskursen kommit att lägga tyngdpunkten på mer marknadsnära lösningar. Två rapporter från tidsperioden visar särskilt tydligt hur det intellektuella arvet efter den svenska modellens finansieringsstruktur gradvis kom att övergå i mer marknadsnära lösningar. I IT-kommissionens rapport från 1999 (SOU 1999:134) restes krav på en statligt finansierad bredbandsinfrastruktur med fiber fram till 100 meter från alla fastigheter i landet. IT-infrastrukturutredningen (SOU 1999:85) kom däremot fram till att staten främst borde arbeta med subventioner eller regleringar för att påverka marknaden.

Det blev den senare rapportens mer marknadsorienterade synsätt som kom att lägga grunderna för bredbands-satsningen. Regeringen kom att följa en stegvis strategi där den under resans gång sökte olika samarbetspartners och medfinansierare. Den stegvisa utbyggnaden innebar att kommuner och marknadsaktörer lämnades utrymme att redovisa sina intressen och jämkas samman med infrastrukturplanerna. I sin halvtidsutvärdering av bredbandsnätet konstaterar Frankenberg och Lundgren (2003, s. 39–40) för ITPS att modellen varit fördelaktig då de statliga pengarna inte "sprits planlöst över landet utan hänsyn till om det finns andra aktörer som är beredda att stå för investeringarna eller om det finns en efterfrågan eller inte". I stället ansåg rapportförfattarna att de statliga pengarna kommit att fungera "som smörjmedel för att locka andra aktörer upp på arenan". Rapporten betonar vidare att statens roll varit strategisk, och författarna konstaterar att det finns "starka skäl att tro att utbyggnaden inte hade kommit till stånd utan statsbidrag".

Jämfört med järnvägssatsningen, som stod för närmare en tredjedel av sin tids årliga statsinkomster, blev bredbandsutbyggnaden en blygsam affär. De investeringar som föreslogs i IT-propositionen under perioden 2001–2005 tog endast 1,4 promille av de årliga statsinkomsterna i anspråk (ITPS, 2003, s. 16).

Stålverk 80: ett misslyckat projekt

Vid sidan om de svenska varvsstöden på 1970-talet har planerna på Stålverk 80 i Luleå ofta framställts som sinnebild av en misslyckad statlig industripolitik. Man ska dock komma ihåg att politiken sjösattes under en period i västvärldens historia då synen på statlig inblandning i näringslivet förmodligen nått sin absoluta topp, samtidigt som ekonomin var på väg in i en betydande lågkonjunktur.

Bakgrunden till Stålverk 80 var ett missnöje med att Sveriges järnmalmfyndigheter inte förädlades inom landet. Vid 1970-talets början gick hela 90 procent av råvaran direkt på export. Därför klubbade Riksdagen år 1974 igenom den statliga industrisatsningen på Stålverk 80 vid Norrbottens Järnverk AB (NJA) i Luleå. Investeringarna uppskattades till 4,6 miljarder kronor i dåtidens pengavärde¹⁴ och skulle genomföras genom att staten tecknade aktier i NJA och tillhandahöll lån. Man beräknade att 2 300 personer skulle beredas sysselsättning på verket (Henning, 1980, s. 12).

Redan vid tiden för satsningarnas planering kom projektet att kritiseras. I en skrift som gavs ut hos Industriförbundet 1975 dömer forskarna Erik Ruist, Ingemar Ståhl och Lars Wohlin ut de företagsekonomiska argument som framförts för satsningen som extremt optimistiska. (Ruist m.fl., 1975, s. 14). De beräkningar som NJA presenterade, med 12–15 procent avkastning på arbetande kapital, avfärdades som orimliga. Vidare menade författarna att en samhällsekonomisk lönsamhetsanalys borde genomföras av projektet, en så kallad *benefit cost*-analys. De skriver att det, med hänsyn till "storleken på Stålverk 80-investeringen, de mer komplicerade spridningseffekterna och inte minst utnyttjandet av samhällsekonomiska och mer begränsat regionalekonomiska argument", hade varit naturligt för industridepartementet att komplettera den företagsekonomiska kalkylen med en samhällsekonomisk analys (Ruist m.fl., 1975, s. 86). Författarna hänvisar till att sådana analyser tidigare använts för att bedöma investeringar i en gruva i Stekenjokk och ett tänkt aluminiumverk i Jokkmokk.

Forskare har i efterhand pekat på avvikelser i det sätt som projektet klubbades på. Det var endast ett handlingsalternativ (utformat av NJA) som överlämnades till regeringen. Statsvetaren Roger Henning (1980, s. 168), som har studerat den politiska processen kring stålverket, menar att det industripolitiska beslutsfattandet blev en blandning av politiskt och företagsekonomiskt beslut där de olika rollerna blandades samman. Till exempel genomfördes inga

14 1,8 procent av 1974 års BNP, framräknat med statistik från SHNA.

traditionella utredningar och remisser där flera alternativ vägdes mot varandra. Det material som överlämnades till industridepartementet hade mer karaktären av ett företagsbeslut, med argument som rörde val av produktionsteknik, bygg- och produktionsstart (Henning, 1980, s. 163). Henning visar även hur projektet tidigt låstes fast vid den statliga finansieringen. När riktlinjerna klubbades igenom ställdes de visserligen mot en reservation från två moderater som ansåg att privata intressen borde beredas möjlighet att delta i finansieringen (Henning, 1980, s. 65), men i beslutsprocessen saknades i övrigt referenser till privata intressen eller samarbeten.

Projektet, som skulle stå klart 1980, stoppades i samband med stålkrisen 1976. Då hade betydande investeringar i projektet redan gjorts.

Kärnkraften – den svenska linjen: misslyckandet som blev en framgång

Under efterkrigstiden sågs kärntekniken som en självklar del av framtidens energibehov. Atomutredningen från 1955 föreslog att Sverige skulle bygga kärnkraftverk med ambitionen att göra Sverige självförsörjande genom användning av naturligt uran och tungvattenreaktorer. Bakgrunden var Sveriges inhemska urantillgångar. Detta blev känt som "den svenska linjen", även kallad "tungvattenlinjen" eftersom den byggde på en idé om tungvattenreaktorns goda utvecklingsmöjligheter, och innebar fördelen att Sverige kunde bli oberoende av import av anrikat atombränsle. Även om man var medveten om att det svenska uranet var dyrare att framställa än utländskt, ansågs kravet på självförsörjning och beredskapsvärdet av en oberoende, kontinuerlig uranproduktion överväga (Brynielsson, 1989, s. 199).

Den svenska linjen får tjäna som ett exempel på ett industripolitiskt projekt där staten initialt, och motiverat av säkerhets- och nationella intressen, aktivt gick in för att investera i forskning, anläggningar och ny teknik. Under efterkrigstiden tilltog de statliga medlen till militär- och atomenergiforskning snabbt. Kärnkraft och kärnvapen var prioriterade områden för det nationella intresset. Statliga laboratorier, atomforskning och branschforskning blev under perioden den enskilt viktigaste kategorin i forskningssystemet. Forskarna Per Lundin och Johan Gribbe har visat att anslagen till atomenergiforskning toppade vid slutet av 1950-talet. Sammantaget uppgick finansieringen av militär forskning och atomenergiforskning till cirka 0,7 procent av statsutgifterna. Det motsvarade nästan 40 procent av den totala statliga forskningsbudgeten (Lundin & Gribbe, 2023, s. 42).

En central aktör i den satsning på kärnkraft som fastställdes av Riksdagen 1956 var AB Atomenergi (som vid bildandet 1947 ägdes till 57 procent av svenska staten, medan resterande 43 procent ägdes av en blandning av kommunala och privata företag). Företaget skulle svara för reaktorfysiken, bryta uranet och tillverka bränslestavarna. AB Atomenergi konstruerade två forskningsreaktorer i atomstaden Studsvik och dessa togs i bruk runt 1960. Företaget ålades även att bygga två tungvattenreaktorer i Ågesta söder om Stockholm och i Marviken öster om Norrköping. Beställare var Vattenfall, som hade ansvar för elförsörjningen i landet. Asea blev huvudleverantör av komponenter.

Under 1960-talet uppstod dock sprickor mellan olika intressen och idéer inom industrin. På Asea och Vattenfall hade skepsisen mot tungvattenreaktorerna som överlägsen teknisk lösning börjat växa. Från USA kom installeringsklara lättvattenreaktorer som kunde producera billigare el baserat på anrikat uran. Redan 1962 hade Asea påbörjat utvecklingen av en svensk lättvattenreaktor som skulle kräva importerat anrikat uran som bränsle. 1966 började det privata bolaget Atomkraftkonsortiet Krångede AB & Co (senare OKG) bygget av en reaktor i Oskarshamn. Sverige ställde sig dock skeptiskt till den tekniska inriktningen, bland annat för att ett villkor för att få importera amerikanskt anrikat uran var att Sverige förband sig att inte tillverka atombomber (Carlsson-Lénard, 2022).

Ågesta stod klart att leverera el 1964. Då hade budgeten överskridits rejält. Marviken började byggas år 1965, men skulle aldrig tas i bruk som atomkraftverk. Harry Brynielsson skriver att "På sitt sätt utgör den en illustration av uttrycket: 'det bästa kan bli det godas fiende'" (1989, s. 212). För att pressa kostnaderna för anläggningen övergick AB Atomenergi till en ny teknik med överhettad ånga som aldrig prövats i praktiken. Tekniken i Marviken blev mer och mer komplicerad samtidigt som den konkurrerande lättvattentekniken började få ett övertag internationellt. Kritiken mot Marviken blev alltmer högljudd. Till sist stod det klart att reaktorn riskerade att bli instabil.

Vid 1960-talets slut ändrade politiken inriktning. År 1968 bjöds Asea in till förhandlingar med staten om att slå samman AB Atomenergis konstruktions- och kärnbränsleverk-samhet med Aseas kärnkraftsverksamhet. Tanken var att samla de svenska resurserna till att bygga upp en svensk kommersiell reaktorindustri. Att Asea gick med på anbudet förklaras av att förslaget knöts till beställningen av reaktorerna för Ringhals kärnkraftverk i Halland, där Vattenfall hade lutat åt att beställa alla reaktorer från amerikanska Westinghouse. Om Asea accepterade bildandet av ett gemensamt kärnkraftsbolag skulle de få leverera en reaktor till Ringhals. 1969 bildades halvstatliga Asea-Atom. Till det nya bolaget överfördes beställningarna av Oskarshamn 1 och Ringhalsreaktorn som byggde på den nya lättvattentekniken.

JOHAN SÖDERSTRÖM – EN RÖST FRÅN INDUSTRIEN



"Med energiomställningen i sikte och den fantastiska marknad som ligger framför oss i Europa och även resten av världen – med stark efterfrågan i decennier framåt och med de stora beställningar på över 10 miljarder euro som erhållits – annonserade vi, i april 2023, att bolaget skulle växa med mer än 2 000 personer i Sverige". Det säger Johan Söderström, Executive Advisor på Hitachi Energy och ordförande i svenska delen av Hitachi Energy samt IVA-ledamot.

Under de senaste två åren har Hitachi Energy Sverige vuxit med drygt 1 500 personer, till 6 000 medarbetare – en ökning på mer än en tredjedel från startläget. Och man ser ut att fortsätta i samma tempo, med drygt 100 nya kollegor varje månad under 2024. "Med majoriteten av de nya kollegorna i Ludvika ställer det särskilda krav på samhället – och framför allt på kommunen som hade en befolkningssmång på drygt 26 000 i slutet av 2023."

Utöver detta meddelade också Hitachi Energy i slutet av 2023 att man planerar att utöka sin produktion i Smedjebacken och Ludvika. Utbyggnaden omfattar en ny 3 300 kvadratmeter stor fabrik i Smedjebacken och en 1 400 kvadratmeter stor utbyggnad i Ludvika som kommer att öka produktionen av avancerade kraftelektronikventiler för användning i högspänd likströmsöverföring (HVDC) och elkvalitetstillämpningar. För att möta efterfrågan och skapa möjligheter att leverera till kunder globalt kommer investeringarna i Ludvika, i såväl människor som anläggningar i mångmiljardklassen, att intensifieras ytterligare. Hitachi Energy i Sverige med VD för svenska verksamheten Tobias Hansson i spetsen, gick den 7 juni 2024 ut med nyheten att företaget kommer investera ytterligare 3,7 miljarder SEK i verksamheterna i Ludvika och Västerås för att bygga kapacitet och möjliggöra energiomställningen. Företaget räknar med att vara ca 8000 medarbetare i Sverige 2027. (Hitachi Energy, 2023).

"Att det rör på sig ser man inte bara på Hitachi Energy", säger Johan. Med sina 64 nya företag har Smedjebacken den högsta ökningen i landet under föregående år, med hela 49 procent. Ludvika var en av de kommuner i länet där arbetslösheten sjönk mest i december 2023 och det var den 32:a månaden i följd som arbetslösheten i Ludvika var lägre än den var under samma tidpunkt året innan. "När man även ser en prognos på 10 000 fler invånare de kommande tio åren så förstår man att det inte rör sig om en tillfällig tillväxt."

Så hur hanterar man en sådan här situation, när det inte finns så många liknande referenser?

Johan Söderström förklarar: "Hitachi Energy, tillsammans med Ludvika Kommun, Samarkand2015 och Unika Ludvika träffades och skapade ett projekt som kallas "guldläget" där arbetsgrupper jobbar med nyckelfrågor som kommer att vara avgörande för den här tillväxtresans framgång. Bland arbetspaketen hittar man "Attraktionskraften i staden", "Kompetensförsörjning" och "Infrastrukturfrågor" men även ämnen som "Skolor" och "Bostäder". De olika aktörerna jobbar självklart löpande med dessa frågor i sina organisationer och använder det här forumet till att lyfta och säkerställa framdrift i viktiga frågor, samtidigt som det säkerställs att kommunikationen fungerar, när utvecklingen sker så snabbt som det gör idag."

Dessutom sker en löpande dialog med Skellefteå, –som också växer enormt som stad i spåren av de industrisatsningar som gjorts och görs inom kommunen – för erfarenhetsutbyte och stimulans att åstadkomma tillväxtresorna för båda kommunerna på bästa sätt.

Med det här samarbetet ökar chansen att det inte enbart handlar om Hitachi Energys framgångssaga utan att den gäller alla inblandade i kommunen, med förhoppningen att invånarna får ännu högre kvalitet på bostäder, förskolor, skolor, sjukvård, hotell, restauranger, föreningsliv och infrastruktur med mera. Målbilden är att skapa ett nytt Ludvika med mer än 50 000 medborgare från hela världen samt att öka attraktionskraften för alla inblandade och möjliggöra att Ludvika förblir ett av världens kraftcentrum.

När Marviken-projektet lades ned 1970 innebar det slutet för "den svenska linjen". Samma år ratificerade Sverige icke-spridningsavtalet och övergav slutligen alla ambitioner på att utveckla inhemska kärnvapen. Endast anläggningskostnaderna för Marviken hade utgjort sammanlagt 500 miljoner kronor i dåtidens penningvärde. För att få ut någon nytta av den övergivna anläggningen byggdes verket därför om till reservkraftverk med oljepanna år 1974. Som världens enda oljeeldade kärnkraftverk levde Marviken sedan vidare. Ågesta lades ned efter oljekrisen 1974 eftersom det inte gick att motivera de höga löpande kostnaderna för en liten försöksanläggning som Ågesta.

Resultat av olika statliga stödformer: sammanfattande diskussion

De statliga satsningarna på järnväg, elnät och bredband ligger inom ramen för den modell som kommit att kallas "den svenska infrastrukturmodellen". Gemensamt för dessa satsningar var de stora initiala kostnader som krävdes, att de kännetecknats av en nära koppling till framväxande nya teknologier samt att lönsamheten i den infrastruktur som byggdes upp var helt avhängig av att den nya infrastrukturen samordnade flera aktörer i nätverkslösningar. Nätverkets storlek var den enskilt viktigaste faktorn för att för framtida lönsamhet.

Vid tidpunkten för investeringarna fanns förhoppningar, men samtidigt stor osäkerhet, kring vilken teknisk lösning som skulle komma att bli mest effektiv, och om det överhuvudtaget var värt att investera i utbyggnad av nya tekniklösningar. Satsningarna kännetecknades även av lång livslängd och geografisk bundenhet vilket bidrog till osäkerheten då projekten sjösattes. Effekterna av satsningarna kvarstår i vissa fall till idag. Särskilt tydligt är det på regional nivå. Berger och Enflo (2017) har till exempel visat att de städer som tidigt kopplades upp på stambanan fick en tillväxt som var ungefär 30 procent större än jämförbara städer, en effekt som kvarstår än idag – mer än 150 år efter stambanans utbyggnad. Jayes, Molinder och Enflo (2024) visar att elnätet skapade nya arbeten och ledde till snabb strukturomvandling och inkomsthöjning vartefter det byggdes ut.

Satsningarna på järnväg, elnät och bredband kopplade tydligt till sin tids framväxande teknologiska paradig, och genom att staten tog en koordinerande roll kunde de initiala investeringarna leda till *crowding-in* och privata initiativ. Schön (2000) har detaljrikt beskrivit de nya utvecklingsblock som skapades genom satsningar inom såväl järnväg och metallindustri som elförsörjningen och den elanvändande och elproducerande industrin. Dessa utvecklingsblock har bidragit till att forma den svenska ekonomiska historien och många av de företag som skapades under Sveriges tidiga industrialisering och i samband med elektrifieringen är ledande bolag än idag.

Det statliga byggandet av nationella stamnät har inneburit att knappa kapitalresurser koncentrerats till de, ur nationell synvinkel, mest angelägna projekten och sträckningarna. Samtidigt har de statliga inslagen skapat förutsättningar för privata initiativ. Eftersom totala statliga monopol undvikits har det ändå uppstått faser av konkurrens. Kaijser (1994, s. 183) konstaterar ändå att den svenska modellen varit "väl anpassad för svenska förhållanden".

Då vi saknar de kontrafaktiska utfallen är det dock svårt att utvärdera de dynamiska effekterna som de statliga satsningarna givit upphov till. Hur hade Sverige utvecklats med ett privatfinansierat järnvägs- eller elnät, och hur hade bredbandsanvändandet sett ut om IT-kommissionens förslag om statligt finansierat fiber inom 100 meter till alla fastigheter hade blivit verklighet? När bredbands-satsningen sjösattes hade statens roll som direkt aktör omformulerats och bredbandsnätet kom snarare att byggas ut genom en modell som sökte finna lämpliga kontraktslösningar där olika aktörer med stort intresse av att infrastrukturen kommer på plats förhandlar fram en gemensam finansiering. Att modellen utvecklades steg för steg möjliggjorde kontinuerlig utvärdering av tekniklösningar och finansieringsformer.

Modellen har fått genomslag, men också kritiserats. På senare tid har den typ av samfinansiering och statligt privat partnerskap som lanserades under benämningen PPP på 1990-talet fått utstå ökad kritik. Samfinansiering med stora ansökningsförfaranden kan riskera att leda till "bidragskapitalism", där vissa aktörer som är bra på att söka pengar, eller tala för sin sak, får oproportionerligt stor andel av de statliga stöden. Förfarandet riskerar också att leda till en gräddfil där vissa särintressen kan gå före, i strid med det nationella intresset.

Exemplet Stålverk 80 visar hur statliga industrisatsningar kan sluta i brustna visioner och leda till förluster för statskassan. Till skillnad från de nationella infrastrukturprojekt som staten engagerades i, med nätverkseffekter och en stor potential för *crowding-in* av privata investeringar, var Stålverk 80 i huvudsak ett statligt projekt som motiverades av sysselsättnings- och regionalpolitiska överväganden. Det handlade om att investera i en etablerad bransch och teknik, och stödet riktades mot ett enskilt företag. Konkurrens och privata intressenter saknades i projektet och Stålverket hade begränsad potential att bidra till teknik och kunskapsutveckling genom spillover-effekter. Det fanns visserligen visioner om att verket skulle kunna stimulera kunskaps-samarbete med då nyöppnade Luleå tekniska högskola och lokaliseringen av SGU till Luleå (Stighäll, 1974, s. 222), men huvudsakligen motiverades projektet främst genom exportintäkter och sysselsättningsåtgärder. Projektet kännetecknades av en sammanblandning mellan politiskt och företagsekonomiskt beslutsfattande där alternativkostnader, systemtänk eller kostnads-nyttokalkyler saknades eller ignorerades. Frånvaron av privata pengar skapade små incitament att agera ansvarsfullt, och projektet präglades av överoptimism och brist på kritik.

Den svenska linjen inom kärnkraftsindustrin kännetecknas av ett liknande statligt fokus på att utveckla en viss bransch. Till skillnad från Stålverk 80 ansågs dock kärnkraften ha betydande nationellt säkerhetsintresse, och forskning och utveckling, snarare än ren sysselsättning, utgjorde en central del av motivet. Forskningen som inriktats mot den svenska tungvattenstrategin hamnade dock i en återvändsgränd. Genom förändrade globala politiska förutsättningar och tekniska framsteg inom lättvattenreakortekniken kom den svenska linjen att utsättas för hård press. Efter en kritisk debatt gavs konkurrerande aktörer möjlighet att ställa om satsningarna för att bättre passa de nya behoven. Samman slutningen mellan Asea och AB Atomenergi 1969 var ett sätt att slå samman resurser och styra om verksamheten i riktning mot en mer konkurrenskraftig industri.

Var då Marvikenprojektet till någon nytta? En sammanställning av hur projektet beskrivits i litteraturen ger blandade resultat. Curt Nicolin (Asea) och Lars Leine (Asea Atom)

understryker att lärdomarna var dyra: "staten borde ha avvecklat den svenska linjen senast i början av 60-talet för att i stället satsa på lättvattentechnik. Man skulle ha lärt sig mycket på den vägen, men till mycket lägre kostnad för samhället" (Leijonhufvud, 1994). Samtidigt betonas att övningen bidrog till att bygga upp en hel generation tekniker som blev viktiga för Aseas kompetensutbyggnad. Det arbete som utfördes av AB Atomenergi, Vattenfall och Asea, både tillsammans och i konkurrens, etablerade svensk kärnteknisk kompetens och genom de forskningsanläggningar som byggts upp kunde utvecklingen av svenska lättvattenreaktorer tas fram. Till exempel testade man bränslen för Oskarshamn i Studsvik samt i tungvattenreaktorn i Ågesta utanför Stockholm. Brynielsson betonar att Marvikens reaktorutrustning fortsatt kom att spela en intressant roll som teststation för säkerhetsfrågor vid kärnkraftsanläggningar. Under åren 1972–1985 genomfördes flera experimentserier, med internationellt deltagande som innebar vissa ekonomiska bidrag (Brynielsson, 1989, s. 226).

Projektet visar på vikten av att statliga aktörer agerar snabbt och är beredda att ställa om när omvärldsläget förändras. Att det fanns flera aktörer på banan och viss konkurrens mellan statliga och privata aktörer var förmodligen av högsta vikt. Vissa kritiker menar att för mycket pengar hann investeras i den svenska linjen och att lärdomarna blev dyrköpta. Frågan om forskningspengarnas alternativa användningsområden är omöjlig att besvara. I efterhand kan dock konstateras att den stora forskningssatsningen på atomenergi och den kompetens som byggdes upp under 1940-, 50- och 60-talen hade stor betydelse för Sverige och den svenska kärnkraften.

Referenser

- Berger, T. & Enflo, K. (2017). "Locomotives of local growth: The short-and long-term impact of railroads in Sweden". *Journal of Urban Economics* 98, 124–138.
- Bredband för tillväxt i hela landet* (SOU 1999:85)
- Brynielsson, H. (1989). "Utvecklingen av svenska tungvattenreaktorer 1950–1970". *Dædalus* (Stockholm) 1989/90(58), 199–228.
- Carlsson-Lénart, M. (2022). "Företaget som gav oss kärnkraft". *Tidskriften Företagshistoria*, Centrum för Näringslivshistoria.
- Framtidssäker IT-infrastruktur för Sverige* (SOU 1999:134)
- Frankenberg, E. & Lundgren, K. (2003). *Bredbandspolitiken – en utvärdering i halvtid, Delrapport till ITPS utvärdering av den svenska IT-politiken*, ITPS rapport A2003:015.
- Fregert, K. och Gustafsson, R. (2014). Fiscal Statistics for Sweden, 1670–2011. I Edvinsson, R., Jacobson, T & Waldenström, D. (red.), *House Prices, Stock Returns, National Accounts, and the Riksbank Balance Sheet, 1620–2012*, Stockholm: Ekerlids Förlag.
- Hitachi Energy (15 november 2023). *Hitachi Energy utökar sin produktion i Sverige*. Hämtad från <https://www.hitachienergy.com/se/sv/news/press-releases/2023/11/hitachi-energy-ut-kar-sin-produktion-i-sverige>
- Henning, R. (1980) *Partierna och Stålverk 80: en studie av industripolitiskt beslutsfattande*, LiberFörlag/Allmänna förlaget.
- Jayes, J., Molinder, J. & Enflo, K. (2024) *Power for progress: The impact of electricity on individual labor market outcomes*, CEPR Discussion Paper No. 18973.
- Kaijser, A. (1994). *I fädrens spår: Den svenska infrastrukturens historiska utveckling och framtida utmaningar*.
- Leijonhufvud, S. (1994). *Parentes: en historia om svensk kärnkraft*. ABB Atom.
- Lundgren N. & I. Ståhl (1981), *Industripolitikens spelregler*, Industriförbundets förlag, Stockholm.
- Lundin, P. & Gribbe, J. (2023) *Att följa pengarna: En analys av forskningsfinansieringen i efterkrigstidens Sverige* (Scores rapportserie 2023:3)
- Owen, G. (2012). *Industrial policy in Europe since the Second World War: what has been learnt?* (No. 1/2012). ECIPE occasional paper.
- Ruist, E., Ståhl, I. & Wohlin, L. (1975). *Stålverk 80: ekonomi och politik*. Stockholm: Sveriges Industriförbund.
- Schön, L. (2000). *En modern svensk ekonomisk historia: tillväxt och omvandling under två sekel*. SNS förlag.
- Stighäll, C. (1974) "Stålverk 80 – regionpolitik eller industripolitik?". *Ekonomisk Debatt*, 4/1974 (årgång 2).
- Wikdahl, C. E. (2007). *Marvikenreaktorn: ett industripolitiskt utvecklingsprojekt i otakt med tiden*. Statens kärnkraftinspektion (SKI).



3. Grön industripolitik: teori och praktik

Fredrik N G Andersson, docent,
nationalekonomiska institutionen,
Lunds universitet

Industripolitik har varit en del av den ekonomiska politiken sedan den första industriella revolutionen. Ibland har politiken varit framgångsrik och ibland inte. För att nå klimatmålen om nettonollutsläpp till 2045/2050 krävs en grön industripolitik som skapar förutsättningar och incitament för industrin att ställa om till nollutsläpp. Att balansera kostnader och vinster är avgörande, och forskning samt historiska exempel på industripolitik kan ge vägledning. Diskussionen om grön industripolitik betonar vikten av att främja "grön tillväxt" och etablera framgångsrika "gröna industrier". Offentliga investeringar och regelförändringar kan spela en nyckelroll för att stödja nya teknologier och locka privat kapital. Utmaningar inkluderar implementeringsfragmentering och potentiell snedvriden konkurrens mellan företag och medlemsländerna inom EU. Den svenska gröna industripolitiken omfattar stödprogram som Klimatklivet, Industriklivet och gröna kreditgarantier, som syftar till att främja utsläppsminskningar och industrins omställning. Trots sina fördelar är den splittrade implementeringen av dessa program en utmaning för effektiv utvärdering av klimatpolitiken.

Inledning

Att bedriva industripolitik är inte enkelt. Det finns fullt av potentiella fallgropar. Sett ur ett brett perspektiv har industripolitik varit en del av den ekonomiska politiken sedan den första industriella revolutionen. Ibland har det uppstått positiva samhällseffekter, men det finns också många exempel på misslyckad industripolitik. Samtidigt kommer det troligen att vara svårt att nå klimatmålen om nettonollutsläpp till 2045/2050 utan en grön industripolitik. Det gäller således att bygga de strukturer som krävs för att vinsterna av politiken ska överstiga kostnaderna. Vägledning om hur det kan gå till återfinns både i forskningen och i de historiska exemplen på industripolitik. Eftersom frågor kring industri-

politiken är komplexa kommer vi inte kunna ge några exakta svar på hur eventuell svensk industripolitik för att nå klimatmålen skall vara utformad. I stället kommer vi att problematisera för- och nackdelar med en aktiv grön industripolitik utifrån den akademiska litteraturen. Vi kommer även att ge en bild av den gröna industripolitik som för närvarande är under uppbyggnad i EU och Sverige.

Någon egentlig definition av vad som menas med industripolitik finns inte. Många associerar industripolitik till 1970-talets statsstöd till krisdrabbade industrier så som teko- och varvsindustrin. Industripolitik kan dock ses ur ett mycket bredare perspektiv. Enligt Pack och Saggi (2006) omfattar industripolitik alla politiska interventioner som syftar till att påverka utvecklingen av en viss bransch. Det kan handla om allt från direkta statsstöd och investeringar i ny infrastruktur till förändrade lagar och regler som möjliggör utvecklingen och implementeringen av nya teknologier och/eller produkter (Andersson m.fl., 2024). Det breda anslaget kan göra det svårt att särskilja vad som utgör industripolitik och vad som är regional- eller innovationspolitik (Juhász m.fl., 2023). I den här analysen definierar vi industripolitik efter den breda definitionen, det vill säga som alla insatser som syftar till att påverka utvecklingen inom en viss bransch. Detta ligger i linje med EU:s *gröna giv* och de industrisatsningar som ingår i denna. Här återfinns allt från statsstöd till infrastrukturinvesteringar och regel- och lagförändringar för att möjliggöra en klimatomställning av den europeiska ekonomin.

Industripolitik har återkommit på agendan efter att klimatavtalet slöts i Paris 2015. I och med detta avtal kom fokus att flyttas från *när* och *hur snabbt* utsläppen av växthusgaser skulle minska till *frågor kring vad som krävs* för att nå nettonoll-utsläpp av växthusgaser till 2045/2050. Industripolitiken är dock inte okontroversiell och det finns potentiella problem med alltför stora politiska interventioner i ekonomin som inte kan bortses från. I det här kapitlet kommer vi att inleda med att diskutera för- och

nackdelar med industripolitik som lyfts i den akademiska litteraturen. Därefter beskriver vi EU:s gröna giv och de industripolitiska satsningar som finns i Sverige kopplat till de stora industriprojekten i Norrland. Därefter följer en diskussion av industripolitiska projekt i Sverige och vilka lärdomar vi kan dra av dessa. Kapitlet avslutas med en diskussion kring dagens industripolitik och lärdomarna från historien.

Grön industripolitik i teorin

Motivet till att bedriva industripolitik är att marknadskrafterna på egen hand inte klarar av att uppnå ett eller några centrala samhällsmål. Traditionell politik för att skapa ekonomisk utveckling, så som satsningar på utbildning och reformer som stärker konkurrensen och skapar dynamiska marknader, räcker inte för att nå dessa centrala samhällsmål (Aghion, 2023). Den gröna industripolitiken tar utgångspunkt i klimatmålen och de reformer som är nödvändiga för att möjliggöra en klimatomställning.

Argument för en grön industripolitik

Tankar kring "grön tillväxt" och att genom tidiga insatser skapa nya framgångsrika "gröna industrier" är centralt i både Rodrik (2014) och Aghions (2023) diskussioner om grön industripolitik. Utgångspunkten här är att nya gröna industrier, gröna teknologier och/eller nya gröna produkter möter hinder som existerande industrier, teknologier och/eller produkter inte möter och som begränsar dess utveckling trots att det finns goda långsiktiga tillväxtmöjligheter.

Hinder kan utgöras av kunskapsbrist kring teknologin/produktens fulla egenskaper, eller att det ännu inte utvecklats fullständiga marknader. Osäkerheten kring teknologins potential och/eller hur framtida marknader kan komma att se ut begränsar tillgängligt privat kapital vilket i sin tur motverkar utvecklingen. Utredningen Finansiering av näringslivets gröna omställning (Lindblad m.fl., 2022) fann bland annat att svenska affärsbanker och kapitalförvaltare har begränsad förmåga att utvärdera nya gröna teknologier som kräver nya affärsmodeller och helt eller delvis bygger på nya kunskapsområden samt framväxten av nya värdekedjor. Då kan det finnas utrymme för till exempel offentliga investeringar tidigt i utvecklingsprocessen för att stötta nya teknologier och bidra till att attrahera privat kapital. Politiken får en roll att skapa säkerhet för privata investerare och därigenom öka den privata investeringsviljan genom så kallad *crowding-in*. Stöden skall dock vara

tidsbegränsade och de nya teknologierna skall bli självbärande på sikt.

Det kan även vara så att en ny "grön teknologi" kan ge upphov till en våg av efterföljande innovationer med stora positiva samhällseffekter (en positiv extern effekt), något som privata investerare inte fullt ut tar hänsyn till vid sina investeringsbeslut. Från ett samhällsperspektiv blir de privata investeringarna för små vilket motiverar offentliga satsningar så den fulla samhällsnyttan uppnås.

Motivet till en grön industripolitik kan även ses ur ett delvis annorlunda perspektiv. I Nilsson m.fl. (2021) och Andersson (2024) är det den energi- och utsläppsintensiva basindustrin som står i centrum för diskussionen. I likhet med Rodrik och Aghion fokuserar dessa studier på olika hinder som håller tillbaka basindustrins klimatomställning. En viktig skillnad är att Nilsson och Andersson har en mindre positiv bild av möjligheten att skapa signifikanta positiva externa effekter vid en klimatomställning, åtminstone på global nivå. Det är inte uppenbart att den nya teknologin eller produktionsprocesserna som basindustrin måste utveckla för att nå klimatmålen kommer att ge upphov till en rad nya följdinnovationer som höjer den totala tillväxten i samhället.

För ett enskilt företag, region eller land kan en omställning naturligtvis föra med sig exempelvis positiva tillväxteffekter. För den globala ekonomin är sådana sidovinstertroligen begränsade i flera utsläppsintensiva branscher. Nilsson och Andersson motiverar alltså inte den gröna industripolitiken med att den i huvudsak kommer ge upphov till positiva externa effekter. De motiverar i stället industripolitiken med att basindustrin möter signifikanta hinder som försvårar och håller tillbaka klimatomställningen och därmed samhällets möjlighet att nå de lagstadgade klimatmålen. Hinder utgörs av behov av ny offentlig infrastruktur och/eller förändrade/uppdaterade lagar och regler för att de ska bli ekonomiska att genomföra. Här för de alltså en liknande diskussion som Lindblad m.fl. (2022). En viktig del av den gröna industripolitiken är således att uppdatera existerande infrastruktur och lagar/regler så att det blir praktiskt möjligt att implementera de nya klimatvänliga teknologierna. Det kan handla om tillståndsprocesser och att se över miljölagstiftningen. En grön industripolitik handlar således inte enbart om ekonomiska stöd till nya teknologier, även om det kan vara en viktig del av politiken.

Vidare noterar Nilsson m.fl. (2021) att storleken på basindustrins nödvändiga investeringar för att nå klimatmålen är relativt omfattande och att industrin har långa investeringscykler som sträcker sig över flera årtionden. För att industrin skall vara beredd att ta de stora kostnader som en investering medför måste klimatpolitiken och klimat-

målen vara trovärdiga. Om det finns risk att tidpunkten för då nettonollutsläpp ska uppnås skjuts på framtiden, eller helt avskaffas, minskar industrins vilja att ta på sig stora investeringskostnader. Nilsson noterar att det inte räcker med att sätta upp mål; politiken måste även skapa trovärdighet kring målen. Detta kan ske genom nyckelinvesteringar i nya innovationer, reformerade formella institutioner eller ny infrastruktur (Cass m.fl., 2014; Nilsson m.fl., 2021). Andersson m.fl. (2024) noterar att en viktig del av klimatpolitiken är att inte enbart sätta klimatmål utan även att se till att samhällsekonomin rör sig mot mål i den takt som krävs.

Argument mot en grön industripolitik

En aktiv industripolitik är inte oproblematisk, och det finns många kritiker.¹⁵ Vissa lyfter att staten ofta satsar på fel och oekonomiska projekt. Enligt några beror det på att staten inte har tillräcklig information eller kunskap att välja rätt teknologier att satsa på. Andra hävdar att det beror på att projekten är politiskt motiverade med begränsad samhällsnytta. Här kan det handla om att ett projekt är utformat för att attrahera väljare i en viss region. Ett annat återkommande argument mot en aktiv industripolitik är att finansiella stöd av enskilda företag och industrier skapar en felaktig incitamentsstruktur. I stället för att svara på marknadssignaler skapas incitament att försöka få så stora offentliga bidrag som möjligt. Här finns även risk för korruption.

Kritiken av industripolitik är välunderbyggd av historiska exempel på offentliga felsatsningar som medfört stora samhällskostnader. Samtidigt finns det historiska exempel på när industripolitiken har fungerat. I de fall industripolitik är motiverat är det således viktigt att industripolitiken utformas på ett sådant sätt att riskerna med industripolitiken minimeras. Detta är en fråga som vi återvänder till i den historiska diskussionen, se kapitel 2 "Historiska exempel på industripolitik i Sverige".

Under senare år har det uppstått en ny litteratur som försöker bemöta de negativa sidorna av industripolitiken. Rodrik (2007; 2014) och Aiginger och Rodrik (2020) argumenterar att felaktiga incitamentsstrukturer och risken för korruption kan begränsas genom att industripolitiken ges ett tydligt syfte, enkla mätbara mål som går att utvärdera, tidsbegränsade delprojekt och extern granskning följt av

ansvarutkrävande av delaktiga aktörer. Aghion m.fl. (2015) är skeptiska till riktade stöd till enskilda företag och vill i stället rikta stöd till enskilda branscher så att konkurrensen mellan privata företag kan upprätthållas och möjliggöra för nya aktörer att ta sig in på marknaden. Criscuolo m.fl. (2022) är inne på en liknande linje och lyfter vikten av konkurrens även om staten går in med riktade satsningar mot en industri, och inte ett enskilt företag, för att nå ett specifikt samhällsmål.

Utformningen av industripolitiken är alltså avgörande för huruvida de eventuella vinsterna överstiger de eventuella riskerna.

En sekventiell industripolitik

En industripolitik kan agera både mot utbudssidan och efterfrågesidan av ekonomin. En utbudsorienterad politik fokuserar på att stimulera framtagandet och implementeringen av nya teknologier och produkter samt övergång till nya energikällor. En efterfrågeorienterad politik försöker påverka efterfrågan i ekonomin (Nilsson m.fl., 2021; Andersson m.fl., 2024; Criscuolo m.fl., 2022). Det kan ske genom till exempel olika produktstandarder som ställer klimatkrav, klimathänsyn vid offentlig upphandling, beskattning eller att det införs kvoter eller byggregler som skapar en efterfrågan på till exempel gröna material (Vogl, 2020; Schwartz, 2020). Fördelen med en efterfrågeorienterad industripolitik är att den inte behöver välja vilken teknologi eller vilka företag som stöds. Vilket företag som helst kan svara mot den efterfrågan som skapats vilket bibehåller konkurrensen på marknaden.

Även om en efterfrågeorienterad industripolitik är att föredra kan en utbudsorienterad politik fortsatt vara motiverad i ett tidigt stadium av en omställning. Ett sätt att tänka kring industripolitik är att den sker i sekvenser. Först fokuserar politiken på att stödja innovation och framtagande av nya teknologier för att därefter övergå till att stödja marknadsutveckling och nödvändig anpassning av lagar/regler och infrastruktur (Criscuolo m.fl., 2022; Andersson m.fl., 2024). Industripolitiken blir därmed dynamisk och anpassar sig till den ekonomiska utvecklingen. En sådan dynamisk politik kan dock vara svår att få till stånd, vilket ytterligare försvårar implementeringen av en välavvägd industripolitik där vinsterna överstiger kostnaderna.

15 Se Juhász m.fl. (2023) och Rodrik (2014) för centrala referenser.

Grön industripolitik i praktiken

Grön industripolitik i EU

Grön industripolitik i Sverige består både av nationell och EU-gemensam politik. Sedan klimatavtalet slöts i Paris 2015 har nya industripolitiska insatser mot att påverka industrins och energisystemets utveckling för att minska utsläppen av växthusgaser utvecklats i snabb takt. De första stegen togs dock för flera årtionden sedan. Till exempel införde Sverige en koldioxidskatt 1991 (Hildingsson & Knaggård, 2022). EU satte upp mål för att öka mängden förnyelsebar elproduktion 2001 (Tutak & Brodny, 2022) och 2005 introducerades EU ETS, ett handelssystem med utsläppsrätter för vissa utsläppsintensiva branscher.

Gemensamt för koldioxidskatten och EU ETS är att de hanterar klimatfrågan som ett traditionellt miljöproblem, det vill säga som en negativ extern effekt. Utsläppen blir ur ett samhällsperspektiv för höga eftersom företag och hushåll inte fullt ut tar hänsyn till alla samhällskostnader som uppstår när växthusgaser släpps ut i atmosfären. Genom att prissätta utsläppen, antingen genom en skatt eller ett handelssystem, korrigeras detta. Vidare kan prissättningen av utsläppen föra med sig andra positiva effekter såsom investeringar i nya innovationer som, utöver att de minskar utsläppen, höjer produktiviteten och tillväxten i ekonomin.¹⁶ Dessa insatser har tydlig bidragit till att minska utsläppen av växthusgaser, men utvecklingen har inte varit tillräckligt snabb för att nå klimatmålen (Eskander & Fankhauser, 2020).

Utvecklingen av industripolitiken efter Parisavtalet 2015 ligger i linje med den gröna industripolitik som skissas i Nilsson m.fl., (2021), Rodrik (2014) och Aghion (2023). Här ligger fokus på att skapa förutsättningar för hushåll och företag att ställa om genom att bryta ned hinder, stimulera till innovation samt bidra till att accelerera och styra om investeringar till klimatfrämjande aktiviteter. På EU-nivå går den nya industripolitiken under samlingsnamnet "den gröna givens" som introducerades 2019. Planen har tre övergripande mål (Europeiska kommissionen, 2020):

- Inga nettoutsläpp av växthusgaser 2050.
- Frikoppla tillväxten från resursanvändningen.
- Inga människor eller platser skall lämnas utanför i omställningen.

Den gröna givens är i grunden en samling av olika initiativ, planer, program, regleringar och direktiv. Här finns den gröna industriplanen vars syfte är att främja konkurrenskraften inom de gröna sektorerna och snabba på klimatomställningen. Detta sker genom regelförenklingar, offentliga bidrag till kompetensförsörjning i gröna företag samt genom att underlätta för offentliga stöd för att driva på den gröna omställningen (Europeiska kommissionen, 2024). De offentliga stöden underlättas genom RePowerEU-planen och Temporary Crisis and Transition Framework (TSCF) som båda tillkom efter Rysslands invasionskrig i Ukraina och som skall minska Europas beroende av fossila bränslen genom att fördubbla utbyggnaden av förnybar energi (Europeiska kommissionen, 2023 a; 2024 a).

Fit for 55-planen har som mål att minska de europeiska nettoutsläppen med 55 procent till 2030. I planen ingår EU ETS, en social klimatfond för att stötta hushåll och regioner som riskerar drabbas negativt av klimatomställningen samt juridiskt bindande klimatmål för centrala och utsläppsintensiva sektorer i ekonomin såsom jordbruket och transportsektorn (Europeiska kommissionen, 2024 b). Ett viktigt tillskott till dessa inhemskt inriktade åtgärder är gränsjusteringsmekanismen för koldioxid (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM). Syftet med CBAM är att utsläpp från vissa koldioxidintensiva varor som importeras till EU prissätts på ett liknande sätt som varor producerade inom EU (Europeiska kommissionen, 2024 c). Risken för så kallat koldioxidläckage, det vill säga att utsläppsintensiv produktion flyttar utomlands, skall därigenom minskas, vilket i sin tur möjliggör för EU att implementera en mer ambitiös klimatpolitik. CBAM kommer på sikt att ersätta den fria allokeringen av utsläppsrätter inom EU ETS som utsläppsintensiva branscher har fått för att minska risken för att produktionen flyttar utanför unionen. En av handelssystemets svagheter har varit den fria allokeringen av utsläppsrätter som minskat omställningstrycket i ekonomin. Genom CBAM kan detta tryck öka vilket bör leda till en snabbare klimatomställning.

Mycket av EU:s klimatpolitik har alltså fokus på att möjliggöra en klimatomställning genom regelförändringar samt skapa tydliga ekonomiska incitament för att ställa om. Här ligger fokus på de utsläppsintensiva delarna av ekonomin. Till detta tillkommer klimatpolitik riktad specifikt mot finanssektorn. För att möta den gröna givens mål uppskattar EU-kommissionen att det krävs investeringar på drygt 600 miljarder euro per år fram till 2030 (Europeiska kommissionen, 2023 b). Större delen av kapitalet måste komma från privata investeringar. Här finns två centrala komponenter: gröna givens investeringsplan

16 Se Porter (1991).

(Europeiska kommissionen, 2020), samt EU:s ramverk för hållbar finans (Europeiska kommissionen, 2024 d). I investeringsplanen ingår InvestEU som bland annat ställer ut gröna kreditgarantier som skall minska risken för privata investerare när de investerar i gröna projekt. Tanken är att garantierna skall bidra till att styra om privata investeringar till gröna projekt och därmed minska behovet av offentliga investeringar.

En central aktör inom InvestEU är Europeiska Investeringsbanken (EIB) som ägs av EU:s medlemsstater och vars syfte är att genomföra långsiktiga investeringar i samhällsviktiga projekt. EIB ger lån på marknadsmässiga grunder och finansieras genom upplåning på finansmarknaderna. Kreditgarantierna utgör alltså enbart en grund för att begränsa investeringsrisken så att EIB kan finansiera projekten till en rimlig kostnad. Den enda eventuella kostnaden för skattebetalarna är alltså själva nivån på kreditgarantierna som finansieras genom EU:s budget och genom unionens ekonomiska återhämtningsplan efter pandemin: NextGenerationEU. Ett viktigt syfte med dessa kreditgarantier är att skapa så kallad *crowding-in* av privata investeringar. Genom att minska den privata investeringsrisken hoppas EU att varje satsad skatteeuro skall bidra till att de privata aktörerna investerar mellan 10 och 15 euro (Europeiska kommissionen, 2024 e).

Ramverket för hållbar finans består av EU-taxonomin för hållbara aktiviteter, förordningen om hållbarhetsrelaterade upplysningar (Sustainable Finance Disclosure Regulation, SFDR) och EU:s direktiv om företagens hållbarhetsrapportering (Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD). Taxonomin är ett klassificeringssystem som fastställer kriterier för när en ekonomisk verksamhet ska anses vara miljömässigt hållbar. Tanken är att systemet skall skapa en gemensam definition av hållbarhet, något som inte funnits tidigare, och därigenom underlätta för företag och investerare att hitta och välja hållbara investeringsprojekt. SFDR reglerar hur finansiella aktörer ska informera sina kunder om hållbarhet, och har som syfte att dels minska det informationsövertag som finansiella aktörer har, dels genom bättre information till kunder ge dem de förutsättningar som krävs för att kunna fatta hållbara investeringsbeslut. CSRD riktar sig till företag och reglerar hur de skall rapportera information om hållbarhet i sin årsredovisning – information som naturligtvis är central, både för företaget som skall ställa om och för investerare som skall utvärdera företagets hållbarhetsarbete.

Även om rapporteringsarbetet är juridiskt bindande, åtminstone för stora företag och finansiella aktörer, finns det inget krav på att informationen skall tas i beaktande vid investeringsbeslut. Det är fortsatt möjligt att investera i icke hållbara projekt. Syftet med ramverket är att ta fram den information som är nödvändig för att kunna göra hållbara investeringar. Det är upp till andra politiska insatser som EU ETS, CBAM etc att skapa incitament för att vilja investera hållbart.

Den gröna givningen har alltså många olika delar. En del syftar till att möjliggöra en klimatomställning genom regelförändringar, krav på hållbarhetsrapportering och definition av vad som räknas som en hållbar aktivitet. Här finns insatser för att styra om investeringar till klimatvänliga projekt. Programmet har även, genom EU ETS, tydliga ekonomiska incitament att minska på utsläppen. Eventuella negativa sociala effekter hanteras bland annat genom den sociala fonden, och risken för att företag flyttar utomlands hanteras genom CBAM. På många sätt förhåller sig denna politik till de akademiska diskussionerna om en grön industripolitik.

Samtidigt finns det potentiella svagheter i programmet. Implementeringen är uppsplittrad mellan många olika offentliga aktörer, både på EU nivå och bland medlemsländerna. Det begränsar möjligheten att se och utvärdera helheten. Därigenom blir det även svårare att utkräva ansvar och, vid behov, reformera klimatpolitiken. Senare års tillskott, RePowerEU och TCFS, ruckar på det regelverk som är uppsatt för att skydda den inre marknaden och undvika snedvriden konkurrens. Risken för att ekonomiskt starkare länder kan subventionera sin industri på ett sätt som ekonomiskt svagare ekonomier inte klarar av är uppenbar. Det finns alltså områden där den gröna industripolitiken i EU kan behöva reformeras.

Grön industripolitik i Sverige

Av den svenska gröna industripolitiken finns det tre centrala stödprogram som är av vikt för de norrländska industriprojekten: Klimatklivet, Industriklivet, och de gröna kreditgarantierna. Medel tilldelas genom en ansökningsprocess där alla berättigade aktörer kan söka. Medel tilldelas därefter baserat på programmets totala budget och de enskilda projektens potential. Precis som diskuteras i Aghion (2023) är alltså stödet inte direkt riktat till ett företag utan brett till utsläppsintensiva delar av ekonomin vilket i viss mån bibehåller konkurrensen på marknaden.

Klimatklivet administreras av Naturvårdsverket och länsstyrelserna. Ekonomiskt stöd ges till lokala insatser som kan bidra till kraftigt minskade utsläpp. Företag, kommuner och organisationer kan söka medel. Störst bidrag har Gävle energi fått för energieffektivisering (210 miljoner kronor) och det minsta stödet har gått till Byhamnen i Kristianstad för en laddstolpe (4015 kronor). Det genomsnittliga stödet uppgår till 2,5 miljoner kronor.

Industriklivet ligger under Energimyndigheten och satsar på industrins omställning. Till skillnad från Klimatklivet kan stöd för innovation och pilotprojekt sökas enbart av projekt med en direkt påverkan på utsläppen. Projektstorleken varierar mellan 180 000 kronor och knappt tre miljarder kronor

(Hybrit, se nedan). Det genomsnittliga stödet är något större än för Klimatklivet, 38,3 miljoner kronor.

Klimatklivet introducerades 2015 och Industriklivet 2018. Sedan 2021 finansieras dessa delvis genom EU:s återhämtningsprogram NextGenerationEU. Hur mycket stöd som de två kliven kan ge beror dels på dess totala budget och på EU:s regler för statsstöd. Enligt EU-reglerna kan enbart rena innovationsprojekt få upp till 100 procent offentlig finansiering. Övriga projekt, såsom pilotprojekt, kräver medfinansiering från privata aktörer.

Gröna kreditgarantier ställs ut av Riksgälden och har samma syfte som kreditgarantierna som ges ut inom ramen för InvestEU, att minska risken för privata aktörer att investera i gröna projekt. Så här långt har enbart tre företag fått kreditgarantier: Northvolt, H2 Green Steel och Preem.

Precis som i EU är implementeringen av stödprogrammen uppdelade på flera olika myndigheter, något som kan försvåra den totala utvärderingen och ansvarsutkrävandet av klimatpolitiken.

Ekonomiska stöd till industriprojekten i Norrland

Tre industriprojekt i Norrland (Hybrit, H2 Green Steel och Northvolt) har fått relativt stora ekonomiska stöd från olika delar av den svenska och europeiska industripolitiken. Hybrit har sedan 2018 fått 3,5 miljarder kronor i stöd från Industriklivet. Merparten av detta stöd, 3 miljarder kronor, godkändes i december 2023. Även om stödet i kronor räknat var rekordhøgt, uppgår Industriklivets andel av den totala investeringskostnaden enbart till 10 procent.

Utöver stöd från Industriklivet har Hybrit fått 143 miljoner euro från EU:s innovationsfond. Deras konkurrent H2 Green Steel har också fått pengar från Industriklivet (110 miljoner kronor) och innovationsfonden (250 miljoner euro). Därutöver har de fått finansiering från EIB och den Nordiska Investeringsbanken genom kreditgarantierna som ställs ut genom InvestEU (371 miljoner euro). Riksgälden har gått in med 1,2 miljarder kronor i gröna kreditgarantier. H2 Green Steel har sökt 4,45 miljarder kronor från Klimatklivet. I skrivande stund (mars 2024) är det ännu osäkert om och hur mycket stöd de eventuellt kommer att få.

Klimatklivet har gett Northvolt 159 miljoner kronor och Energimyndigheten har allokerat dem 384 miljoner. Merparten av det offentliga stödet kommer dock från finansiering från EIB (1,379 miljarder euro) samt kreditgarantier från Riksgälden på 1,5 miljarder dollar.

Tabell 1: Ekonomiska stöd till tre industriprojekt i Norrland. Källa: Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Riksgälden.

Företag	Ekonomiskt stöd	Investeringar/kreditgarantier
Hybrit	Industriklivet: 3 500 miljoner kr. EU:s innovationsfond: 143 miljoner euro.	
H2 Green Steel	Industriklivet: 110 kr miljoner kr. EU:s innovationsfond: 250 miljoner euro.	EIB (lån med kreditgarantier): 314 miljoner euro. NIB (lån med kreditgarantier): 57 miljoner euro. Riksgälden (kreditgarantier): 1,2 miljarder euro.
Northvolt	Energimyndigheten: 384+ miljoner kr. Naturvårdsverket: 159 miljoner kr.	EIB (lån med kreditgarantier): 1379,1 miljoner euro. Riksgälden (kreditgarantier): 1,5 miljarder dollar.

Det finns alltså relativt stora skillnader i hur stöden till dessa tre industriprojekt ser ut beroende på vilken typ av stöd de sökt. Hybrit har i högre grad sökt stöd från Industriklivet för innovation och pilotprojekt medan H2 Green Steel och Northvolt lutat sig mot gröna kreditgarantier för att få investeringar från EIB, NIB och privata investerare.

Sammanfattning

Grön industripolitik är ett brett begrepp som omfattar många politiska insatser för att påverka utvecklingen av en specifik industri. Statsstöd, kreditgarantier och skattesubventioner är enbart en liten del av industripolitikens många olika medel. EU:s klimatpolitik har utvecklats snabbt efter Parisavtalet 2015 där allt större fokus läggs på att möjliggöra en omställning genom nyckelinvesteringar i bland annat nya gröna innovationer, regelförändringar, ny infrastruktur samt definition av vad som räknas som hållbart. Tidigare utgick klimatpolitiken från att prissättning av utsläpp skulle räcka för att industrin skulle ställa om, något som visat sig otillräckligt för att nå de högt uppställda klimatmålen.

Sett till de ekonomiska stöden till industriprojekten i Norrland kommer dessa i huvudsak från Klimat- och Industrikliven och de gröna kreditgarantierna. Stödprogrammen är öppna för alla företag att söka och riktar sig inte specifikt till ett företag. Så här långt har mycket av stöden gått till Hybrit, H2 Green Steel och Northvolt. Stöden är lägre eller i nivå med statsstöd i andra EU-länder.

Den gröna industripolitiken i Sverige och EU har potentiella svagheter, inte minst den uppsplittrade implemente-

INFLATION REDUCTION ACT

Ett uppmärksammat exempel på grön industripolitik är Biden-administrationens Inflation Reduction Act (IRA). Programmet har namn efter de inflationsbekämpande åtgärder som det innehåller. Inflationsbekämpningen utgör dock en mindre del av hela paketet som även innehåller investeringar i grön teknologi och fossilfria energikällor. Programmet förväntas bidra till att USA kan minska sina utsläpp med 30 procent mellan 1990 och 2030, det vill säga en lägre minskning jämfört med EU:s Fit for 55.

IRA är främst ett ekonomiskt stödprogram och inte lika omfattande som EU:s gröna giv som även innehåller regelförändringar, taxonomi, krav på hållbarhetsrapportering med mera. Den gröna givna vilar i huvudsak på två pelare:

Den första pelaren är i grunden en omallokering av existerande offentliga resurser till gröna investeringar.

Den andra pelaren är relativt stora skattereduktioner till företag som investerar i grön teknologi och förnyelsebara energikällor. Här skiljer sig IRA från EU:s klimatpolitik där de ekonomiska stöden i högre grad utgörs genom direkta statsstöd eller gröna kreditgarantier. Det finns för och nackdelar med bägge modeller. Skattereduktioner är öppet för alla företag och de behöver inte genomgå en ansökningsprocess som exempelvis är fallet med de svenska Klimat- och Industrikliven. Det blir lättare att upprätthålla konkurrensen mellan företag och risken för fördelssökande minskar. Samtidigt kan denna typ av generella stöd bli mycket dyra om många företag utnyttjar möjligheten att göra avdrag.

IRA följer delvis i fotspåren på Trump-administrationens America First-politik och ställer krav på produktion i USA för att få ta del av skattereduktionerna och subventionerna. Det kan snedvrیدا handeln och få företag att flytta produktion till USA. Samtidigt är det viktigt att komma ihåg att stora delar av EU:s klimatpolitik, exempelvis CBAM, kan få en liknande inverkan. För att undvika handelskrig och snedvridning av den globala handeln kan en harmonisering mellan USA:s och EU:s klimatpolitik vara nödvändig.

Källa: Congressional Research Service (2022) och Scheinert, C. (2023).

ringen och svårigheten att övervaka, utvärdera och därmed reformera politiken över tid är potentiella hinder för en effektiv grön industripolitik. Det medför även en risk för att stöd ges till projekt under för lång tid och att dessa inte avslutas i tid.

STATSSTÖD TILL STÅLINDUSTRIN I EU

Förändringen av statsstödsregler i EU genom RePowerEU och TCTF har öppnat upp för ekonomiska stöd till fler företag i EU. Inte minst stålproducenter har fått direkta ekonomiska bidrag för att ställa om sin produktion, se Tabell 2 för beviljade stöd 2022-februari 2024.

Störst statsstöd har ArcelorMittal Bremen/Eisenhüttenstadt fått på 1,3 miljarder euro, följt av Salzgitter Flachstahl GmbH 1 miljard euro och ArcelorMittal Frankrike på 850 miljoner euro. Flera av företagen i Tabell 2 har även fått investeringar genom EIB och InvestEU:s gröna kreditgarantier.

Hybrit och H2 Green Steel är alltså inte de enda företag som får statsstöd för att klara sin omställning. Sett till nivån på statsstöden så är de svenska stöden relativt små, som mest 3 miljarder kronor (cirka 300 miljoner euro).

De snabbt växande statsstöden i Europa väcker frågor kring hur Sverige bör agera. Om svenska företag inte kan få ekonomiska stöd riskerar de att förlora i den internationella konkurrensen. Samtidigt finns det en uppenbar risk för en kapplöpning om vem som kan subventionera sin industri mest, en kapplöpning som framför allt riskerar förstärka de eventuellt negativa sidorna av en grön industripolitik. Även om statsstöd kan spela en roll i en tidig fas av en klimatomställning av ekonomin är det viktigt att dessa stöd inte blir en permanent del av den ekonomiska politiken eller att de används för att snedvrیدا den internationella konkurrensen.

Företag	Ekonomiskt stöd
ArcelorMittal Bremen och ArcelorMittal Eisenhüttenstadt (2024)	1 300 miljoner euro
ArcelorMittal France (2023)	850 miljoner euro
ThyssenKrupp Steel Europe (2023)	550+ miljoner euro
SHS Stahl-Holding-Saar GmbH & Co KGaA (SHS) (2023)	2 600 miljoner euro
ArcelorMittal Belgium (2023)	280 miljoner euro
Salzgitter Flachstahl GmbH (2022)	1 000 miljoner euro
US Steel Slovakia (2022)	300 miljoner euro

Källa: Europeiska kommissionen (23 februari 2024; 20 juli 2023 a; 20 juli 2023 b; 19 december 2023; 22 juni 2023; 4 oktober 2022; 10 oktober 2022).

Referenser

Aghion, P. (2023). An innovation-driven industrial policy for Europe. I Tagliapietra, S., och Veugelers, R. (red). *Sparking Europe's New Industrial Revolution. A policy for net zero, growth and resilience*. Brussels, Belgium: Brugel Blueprint Series.

Andersson, F.N.G., Bauer, F., & Nilsson, L.J. (2024). *Politikens roll för näringslivets klimatomställning*. Stockholm: SNS förlag.

Cass, N., Schwanen, T., & Shove, E. (2018). "Infrastructures, intersections and societal transformations". *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 160–167.

Congressional Research Service (2022). *Inflation Reduction Act of 2022 (IRA): Provisions Related to Climate Change*, R47262. Hämtad från <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47262#:~:text=The%2520same%2520analysis%2520estimated%2520that,prices%252C%252among%2520other%2520uncertain%2520factors>

Scheinert, C. (2023). *EU's response to the US Inflation Reduction Act (IRA)*, PE 740.087. Briefing requested by the ECON Committee. Hämtad från [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_IDA\(2023\)740087](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_IDA(2023)740087)

Criscuolo, A., Dechezleprêtre, A., & Lalanne, G. (2023). Industrial strategies for Europe's green transition. I Tagliapietra, S., och Veugelers, R. (red). *Sparking Europe's New Industrial Revolution. A policy for net zero, growth and resilience*. Brussels, Belgium: Brugel Blueprint Series.

Eskander, S. M. S. U., & Fankhauser, S. (2020). "Reduction in greenhouse gas emissions from national climate legislation". *Nature Climate Change*, 10(8), 750–756.

Europeiska kommissionen (u.å.). *Development of EU ETS (2005–2020)*. Hämtad 27 maj 2024 från https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en

Europeiska kommissionen (2020). *The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism explained*. Hämtad 15 februari 2024 från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24

Europeiska kommissionen (4 oktober 2022). *State aid: Commission approves €1 billion German measure to support Salzgitter decarbonise its steel production by using hydrogen*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_5968

Europeiska kommissionen (10 oktober 2022). *State aid: Commission approves €1.1 billion Slovakian aid schemes partially funded under Recovery and Resilience Facility to help industry decarbonise production processes and become less energy-intensive*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6015

Europeiska kommissionen (2023 a). *State aid: Commission adopts Temporary Crisis and Transition Framework to further support transition towards net-zero economy*. Hämtad 25 februari 2024 från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1563

Europeiska kommissionen (2023 b). *Questions and Answers on the Sustainable Finance package*. Hämtad 25 februari 2024 från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_23_3194

Europeiska kommissionen (22 juni 2023). *State aid: Commission approves €280 million Belgian measure to support ArcelorMittal decarbonise its steel production*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3404

Europeiska kommissionen (20 juli 2023 a). *State aid: Commission approves €850 million French measure to support ArcelorMittal decarbonise its steel production*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3925

Europeiska kommissionen (20 juli 2023 b). *State aid: Commission approves German €550 million direct grant and conditional payment mechanism of up to €1.45 billion to support ThyssenKrupp Steel Europe in decarbonising its steel production and accelerating renewable hydrogen uptake*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3928

Europeiska kommissionen (19 december 2023). *Commission approves €2.6 billion German State aid measure to support Stahl-Holding-Saar decarbonise its steel production through hydrogen use*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6647

Europeiska kommissionen (2024 a). *Repower EU*. Hämtad 25 februari 2024 från https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_sv

Europeiska kommissionen (2024 b). *Fit for 55: Delivering the proposals*. Hämtad 20 februari 2024 från

https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

Europeiska kommissionen (2024 c). *Carbon Border Adjustment Mechanism*. Hämtad 20 februari 2024 från https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

Europeiska kommissionen (2024 d). *Sustainable finance*. Hämtad 25 februari 2024 från https://commission.europa.eu/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance_sv

Europeiska kommissionen (2024 e). *InvestEU Programme*. Hämtad 1 mars 2024 från https://investeu.europa.eu/investeu-programme_en

Europeiska kommissionen (23 februari 2024). *Commission approves €1.3 billion German State aid measure funded under Recovery and Resilience Facility to support ArcelorMittal decarbonise its steel production*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_1009

Hildingsson, R. & Knaggård, Å. (2022). The Swedish Carbon Tax: A Resilient Success. I de la Porte, C., Eydal, G.B., Kauko, J., Nohrstedt, D., 't Hart, P. & Tranøy, B.S. (red.) *Successful public policy in the Nordic countries: cases, lessons, challenges*, 239–262. Oxford: Oxford University Press.

Juhász, R., Lane, N.J., & Rodrik, D. (2023). "The new economics of industrial policy". *NBER Working Paper*, 31538.

Lindblad, H., Karltorp, K., & Janhäll, M. (2022). *Finansiering av näringslivets gröna omställning*, N2022/01677. Näringsdepartementet.

Nilsson, L.J., Bauer, F., Åhman, M., Andersson, F.N.G., Abatille, C., de la Rue du Can, W., Ericsson, K., Hansen, T., Johansson, B., Lectenböhmer, S., van Sluisveld, M. & Vogl, V. (2021). "An industrial policy framework for transforming energy and emissions intensive industries towards zero emissions". *Climate Policy* 21(8), 1053–1065.

Pack, H. & Saggi, K. (2006). "Is There a Case for Industrial Policy? A Critical Survey". *World Bank Research Observer* 21(2), 267–97.

Porter, M. (1991), "America's Green Strategy", *Scientific American*, 264(4), 168.

Rodrik, D. (2007). *One economics. Many recipes. Globalization, institutions, and economic growth*. Princeton University Press. USA: Princeton, NJ.

Rodrik, D. (2014). "Green industrial policy". *Oxford Review of Economic Policy* 30(3), 469–491.

Rodrik, D. (2023). Productivism and new industrial policies: learning from the past, preparing for the future. I Tagliapietra, S., & Veugelers, R. (red). *Sparkling Europe's New Industrial Revolution. A policy for net zero, growth and resilience*. Brussels, Belgium: Brugel Blueprint Series.

Schwarz, M., Nakhle, C., & Knoeri, C. (2020). "Innovative designs of building energy codes for building decarbonization and their implementation challenges". *Journal of Cleaner Production*, 248, 119260.

Tutak, M. & Brodny, J. (2022). "Renewable energy consumption in economic sectors in the EU-27. The impact on economics, environment and conventional energy sources. A 20-year perspective". *Journal of Cleaner Production* 345, 131076.

Vogl, V., Åhman, M., & Nilsson, L. J. (2020). "The making of green steel in the EU: A policy evaluation for the early commercialization phase". *Climate Policy*, 1–15.



4. Energitillgången och prisbildningen

Filip Johnsson, professor, energiteknik,
rymd-, geo- och miljövetenskap,
Chalmers tekniska högskola

Elektrifieringen av industri- och transportsektorerna kommer kräva betydande mängder el, där elektrifieringen av svensk basindustri står för den största delen. Prognoser pekar på att efterfrågan på el kan fördubblas redan till år 2035, även om dessa prognoser är förenade med stora osäkerheter. Sverige har generellt sett mycket gynnsamma förutsättningar för elektrifiering jämfört med andra EU-länder. Utmaningarna att få fram mer elproduktion är främst av icke-teknisk art; effektivisering av tillståndsprocesser, erhålla acceptans för lokalisering av ny elproduktion och att flexibilitetsmöjligheter på användarsidan utnyttjas.

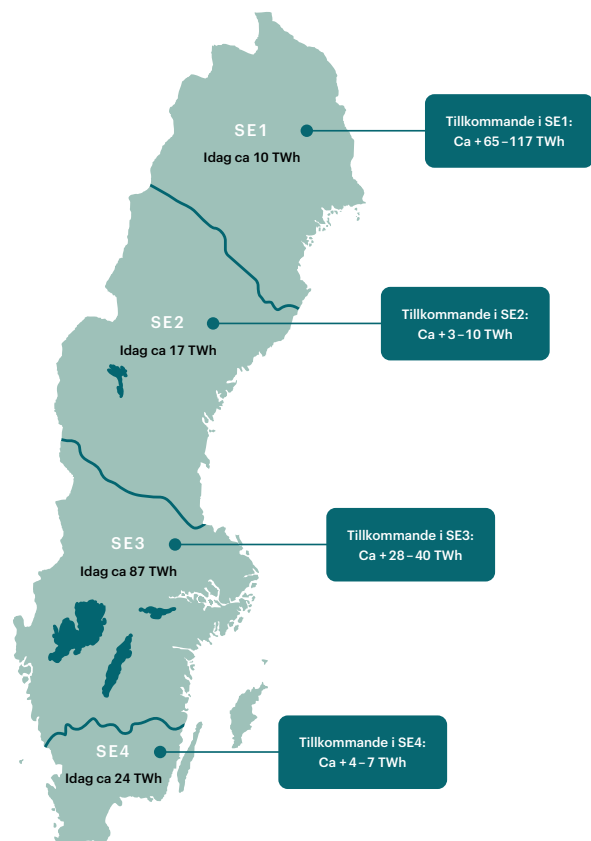
Bakgrund, elektrifiering

Elektrifieringen av industri- och transportsektorerna kommer att kräva betydande mängder el. Från att Sveriges elanvändning varit i det närmaste konstant under 30 år (runt 140 TWh) pekar vissa scenarier på att efterfrågan på el kan komma att fördubblas till år 2035 (Energimyndigheten, 2022). När det gäller de industriella projekt som har aviseras på senare år (främst inom järn- och stålindustrin) så står det klart att den tillkommande elförbrukningen som dessa resulterar i till stor del kommer att lokaliseras till elområde SE1. Men även i elområde SE3 bedöms elförbrukningen att öka betydligt, dels beroende på transportsektorns elektrifiering (som av förklarliga skäl är mer omfattande där befolkningen relativt sett är stor), dels till följd av den förväntade ökningen i efterfrågan från de västsvenska raffinaderierna och petrokemiindustrierna. I figur 1 redovisas uppskattning av den tillkommande elförbrukningen till år 2045 (utöver dagens elförbrukning på ungefär 140 TWh), och hur den kan komma att lokaliseras, som gjordes av Profu (2021). Det bör påpekas att dessa prognoser är osäkra och i någon mån ska ses som vad som önskas av industrin förutsatt att allt går i lås med elektrifieringen och att elpriserna ligger på en för industrin konkurrensmässig nivå.

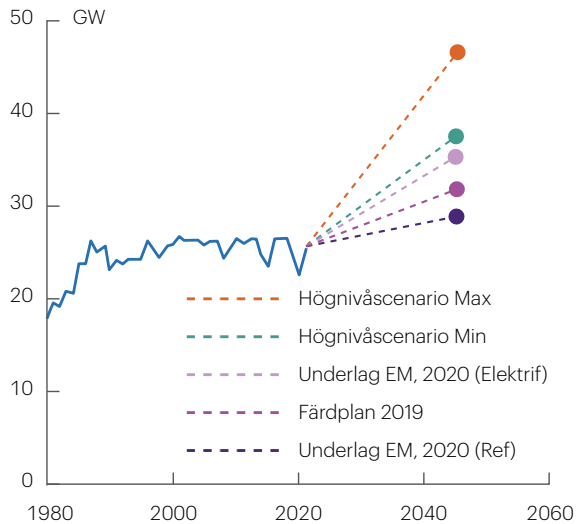
Även tillgänglig effekt är viktigt. De två "Högel-scenarierna" som undersöktes av Profu (2021) landade i en skattad efterfrågan på eleffekt på drygt 37 GW respektive drygt 47 GW (se figur 2). Om hänsyn tas till efterfrågefleksibilitet inom industrin, genom exempelvis elektrolysörer i kombination med vätgaslager, kan detta medföra en reduktion av den maximala efterfrågan på eleffekt. Som jämförelse kan nämnas att den skattade potentialen om

8 GW eleffekt för elektrolysörer år 2045, som gjordes av Fossilfritt Sverige (2021), med ett jämnt effektuttag används drygt 60 TWh el för att producera vätgas. Om elektrolysörer ska kunna bidra med flexibilitet i elsystemet krävs en överkapacitet av elektrolysörer (det vill säga en installerad kapacitet större än 8 GW i detta fall) och ett tillhörande vätgaslager. Hur stor denna överkapacitet eventuellt kan komma att bli avgörs i varje enskilt fall och utifrån de bedömningar av elprisvariabilitet på elmarknaden och lokal elnätsnytta som respektive investerare gör. Vid höga elpriser kan produktionen först täckas av vätgaslagret, vilket då skulle innebära att efterfrågan på el kan reduceras med mer än 8 GW i fallet ovan. Traditionellt har de flesta industrier haft ett starkt fokus på att hålla processerna igång. Flexibiliteten beror på värdet av produkten i förhållande

Figur 1: Tillkommande elförbrukning (till 2045) och befintlig elförbrukning (2020) per elområde enligt bedömningar av Profu (2021).



Figur 2: Den årliga maximala effektefterfrågan (brutto) under en timme i Sverige sedan 1980 och ett antal scenarioframskrivningar för 2045. Källa: Johnsson m.fl., 2022b.



till kostnaden för elen, samt de tekniska möjligheterna att köra processerna flexibelt.

För vissa industrier, som exempelvis stålindustrin, kan det också finnas ytterligare flexibilitet genom lagring av mellanprodukter.¹⁷ Vid höga elpriser kan man tänka sig att produktionen av mellanprodukterna stoppas och att man då istället utnyttjar mellanprodukterna som finns i lagret. Hur stor den här "prisflexibiliteten" är i industrin är dock oklart.

I figur 2 visas skattningar av den maximala effektefterfrågan för två av Energimyndighetens scenarier från 2021 ("Underlag EM" i figuren); för NEPP-projektets elektrifieringsscenario från 2020 (NEPP, 2020) och från Profu (2021) ("Högnivåscenario Max" och "Högnivåscenario Min" i figuren). Även här ligger den viktigaste skillnaden mellan dessa scenarier i vilka antaganden som gjorts avseende elanvändningen inom industrin och transportsektorn.

Även Svenska kraftnät (SvK, 2021) gör en långsiktig bedömning av den maximala efterfrågan på effekt och skattar den till 29 GW i scenariot med lägst grad av elektrifiering respektive 47 GW i scenariot med högst grad av elektrifiering. Siffrvärdena avser år 2045 och inkluderar

flexibilitet på efterfrågesidan. De stora skillnaderna i ovan nämnda bedömningar beror på vad som antas huruvida vissa stora enstaka projekt blir av eller inte. Det är också viktigt att framhålla att det är nettolastkurvens maximala effekt som ger den maximala effekten i systemet. När ett framtida elsystem är pressat (den dimensionerande timmen) flyttas laddning av batterier (till exempel i elfordon) och vätgasproduktion till andra tidpunkter vilket innebär att den dimensionerande lasten dämpas.

Förutsättningar för ny elproduktion i Sverige

Sverige har mycket goda förutsättningar för fossilfri elproduktion. Vårt elsystem är redan i princip koldioxidfritt med en blandning av vattenkraft, kärnkraft, vindkraft och biobränsleeldad kraftvärme. Det finns mindre mängder naturgas i systemet, oljeeldad reservkraft samt den fossila delen (främst plast) i de avfallseldade kraftvärmeverken som släpper ut koldioxid.

Det råder en ganska stor samsyn inom energibranschen och bland forskare att kraftslag inte ska ställas mot varandra. Det är även uppenbart att det är bråttom att få fram mer elproduktion, att det främst är vindkraft som kan möta det ökade behovet fram till 2030 och att kärnkraft kan komma in någon gång under 2030-talet. Vattenfall kommunicerade nyligen att de går vidare med att utreda byggandet av ny kärnkraft, men att det troliga är att sådan kan finnas på plats tidigast en bit in på 2030-talet. Vattenfall och andra har fört fram argumentet att om Sverige inte får fram mer elproduktion till 2030 så riskerar industrin att välja andra länder för sina investeringar och att det då heller inte behövs kärnkraft efter år 2030. Mot denna bakgrund är det olyckligt att debatten ofta handlar om huruvida Sverige ska ha vindkraft eller kärnkraft, när det i själva verket är helt andra frågor som avgör om Sverige kommer att klara elektrifieringen av industri och transporter.

Det positiva är att det finns betydande möjligheter att, genom att utnyttja Sveriges goda förutsättningar, öka den fossilfria elproduktionen under den närmaste tioårsperioden. Det bör även påpekas att Sverige på årsbasis har ett nettoelöverskott på cirka 30 TWh. (Årsproduktionen ligger på cirka 160 TWh¹⁸).

¹⁷ För stål kan järnsvamp lagras, som dessutom kan exporteras, se Toktarova m.fl., (2021, 2022).

¹⁸ Totalt under 2023 var både elproduktionen och elanvändningen ovanligt låg, runt 163 TWh respektive 135 TWh. (Elproduktionen beror bland annat på om det är våt- eller torrår). Se Energimyndigheten (14 februari 2024).

År 2022 konstaterade Johnsson och Wråke (2022) att det finns fem uppenbara möjligheter för ny kraftproduktion fram till år 2030: landbaserad vindkraft (plus 52 TWh), havsbaserad vindkraft (plus 65 TWh), biokraft (plus 12 TWh), solkraft (plus 10 TWh) och kärnkraft (plus 2 TWh).

Sedan dess har mycket hänt som påverkar potentialen för utbyggnaden. Här följer en enkel och uppdaterad sammanställning om vad som kan ske mellan 2023 och 2030:

1. Landbaserad vindkraft, plus 56 TWh. År 2023 producerades 34 TWh vindkraft i Sverige. Energimyndigheten (2021) och Naturvårdsverket planerar för att öka den landbaserade vindkraften till 80 TWh till 2040-talet, men det kan ske mycket snabbare än så. Svensk Vindenergis prognos är att vindkraften år 2026 har ökat till 55 TWh, baserat på beställda turbiner och aviserade projekt. Dessutom fanns det, enligt en uppdatering av underlaget till en rapport (Johnsson m.fl., 2022a) från forskningsprojektet Mistra Electrification, vid årsskiftet 2023/2024 ytterligare totalt 783 beviljade vindkraftverk där det förväntas investeringsbeslut, 777 verk där det lämnats in en tillståndsansökan samt drygt 3 800 verk där det förbereds för en ansökan. Om 90 procent av de tillståndsgivna, 50 procent av de ansökta och 10 procent av verken i tidigt skede skulle realiseras före 2030 skulle det, baserat på att ett verk producerar 24 GWh, innebära ytterligare 35 TWh och den samlade produktionen skulle därmed uppgå till 90 TWh (alltså plus 56 TWh utöver dagens 34 TWh). Här kan det vara värt att notera att Energimyndigheten i sitt underlag till Sveriges nationella energi- och klimatplan 2024 utgår från att den landbaserade vindkraften ökar med 37 TWh mellan 2022 och 2030 och då uppgår till 70 TWh (Energimyndigheten, 2024 a). Samtidigt ökar andelen förnybar energi i basscenariot bara från 66 procent 2022 till 67 procent 2030. Det räcker inte. Europeiska kommissionen (2024) vill att medlemsländerna ska införa åtgärder som gör att de kan uppnå sitt nationella bidrag till det samlade målet om 42,5 procent förnybar energi 2030. Sveriges andel förnybar energi behöver i så fall, enligt Energimyndighetens underlag, vara 76–78 procent, vilket skulle kräva en väsentligt större utbyggnad av vindkraft och annan förnybar elproduktion till 2030.

2. Havsbaserad vindkraft, plus 40 TWh. Trots Sveriges mycket långa kustlinje står vindkraften till havs för mindre än 1 TWh, men den förra regeringen gav Energimyndigheten och Försvarsmakten i uppdrag att peka ut områden i havet som skulle möjliggöra 120 TWh havsbaserad vindkraft, nästan lika mycket som den nuvarande elanvändningen. Havs- och vattenmyndigheten arbetar nu vidare med dessa havsplaner. Det finns i nuläget (maj 2024) ansökningar motsvarande ungefär 174 TWh havsbaserad vindkraft och SvK (2023) anger att det finns mycket ledig kapacitet i elnäten för att ansluta havsbaserad vindkraft, främst i södra Sverige.

Danmarks regering auktionerade i april 2024 ut sex områden där det sammantaget skulle kunna produceras upp till cirka 40 TWh (upp till 10 GW) före år 2030 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2024). Potentialen fram till 2030 vore minst lika stor i Sverige om regeringen skulle prioritera utbyggnaden.

3. Biokraft, plus 11 TWh. Förnybar biokraft stod 2023 för omkring 14 TWh, men det finns en stor potential att öka denna planerbara produktion. Det borde inte vara omöjligt att öka produktionen till cirka 25 TWh till år 2030, även om konkurrensen om bioråvaran förväntas öka och kan begränsa biokraften.

4. Solkraft, plus 10 TWh. Solkraften bidrog under 2023 med 3 TWh. I Energimyndighetens kortsiktsprognos (Energimyndigheten, 2024) anges 9 TWh redan år 2027, en ökning med 6 TWh på fyra år. Med en fortsatt jämn ökningstakt skulle det bli 13,5 TWh år 2030. Det finns skäl att tro att ökningen blir större än så. I juni 2023 väntade, enligt nätverket för solparker (NfS, 2023), 252 markbaserade solparker, med en möjlig årsproduktion på 7,2 TWh, på besked om tillstånd från länsstyrelserna. Med rätt förutsättningar kan solkraften sammantaget öka med 10–20 TWh till 2030. Det finns också ett stort intresse för batterilösningar – främst drivet av fördelaktiga villkor att sälja stödtjänsten frekvensreglering till SvK. Dessa batterier ger också betydande möjligheter till kortsiktig lagring, det vill säga flexibilitet i elnätet.

5. Kärnkraft, plus 2 TWh. Under 2023 producerade kärnkraften 47 TWh (Energimyndigheten, 14 februari 2024). Vattenfall (2021) har nyligen genomfört en effekthöjning i Forsmark 1 med 100 MW, vilket ökar elproduktionen med cirka 0,8 TWh (Vattenfall, 2022). Det är också möjligt att höja effekten för Forsmark 3 (Dagel, 2021). Både Strålsäkerhetsmyndigheten och elbolagen har avfärdat möjligheten att återstarta nedlagda reaktorer (Spolander, 2022), men som nämnts ovan kan det under 2030-talet bli aktuellt med elproduktion från några få stora reaktorer eller ett antal små modulära reaktorer (SMR). De senare skulle kunna vara av tredje eller fjärde generationens reaktortyp, där det nu pågår forskningsprojekt i Sverige och Estland (Uniper, 2021; Vattenfall, 2020).

Sammantaget är det fullt möjligt att öka Sveriges elproduktion med ungefär 120 TWh mellan 2023 och 2030, vilket nästan motsvarar Sveriges nuvarande elanvändning (135 TWh år 2023). Denna nivå kan möta en mycket stor del av det långsiktiga behovet för att möta elektrifieringen och möjliggöra klimatomställningen – men produktionen kan alltså tidigareläggas. Samtidigt finns utmaningar som måste hanteras.

Utbyggnaden förutsätter lokal acceptans och kommunal

tillstyrkan – inte minst för vindkraft. Det kräver bättre samverkan med lokalsamhällena, exempelvis genom ökade bygdemedel, ersättning till närboende samt att också kommunerna ges ekonomiska incitament för att möjliggöra utbyggnaden. Det gäller inte minst i södra Sverige där befolkningstätheten är högst, och där behovet av ny elproduktion just nu är extra stort. Sverige måste finna former för att hantera kompromisser mellan olika intressen i syfte att möjliggöra omställningen. Det kommunala vetot i sin nuvarande form uppmuntrar inte till kompromisser då det innebär att en kommun ensidigt kan säga nej till vindkraft i en hel kommun, utan att säga ja till något alternativ eller behöva ta ställning till konsekvenser av vetot.

Det finns också utmaningar med att bygga ut överföringskapacitet för att möta elektrifieringens behov. Det finns alltså ett gap mellan den utbyggnad som SvK kan "lova" och det som efterfrågas av industrin i deras planer. Här kan man tänka sig att mer distribuerad elproduktion i form av till exempel solparker kan minska trycket på att bygga ut stamnätet. En distribuerad elproduktion skulle också kunna bestå av att vissa industrier själva investerar i exempelvis havsbaserade vindkraftsparker. Det kräver dock att det följer gängse protokoll för sammankoppling med nätet.

Som indikeras ovan leder den ökade vind- och solkraften också till större variationer i elproduktionen. Det finns dock betydande möjligheter att införa smarta flexibla lösningar, inklusive lagring av el, i samband med elektrifieringen av industri- och transportsektorerna som gör att elanvändningen kan anpassas mycket bättre efter elproduktionen. Här pågår mycket forskning¹⁹ och Sverige har en stark industri och starkt kunnande inom elkraftteknik – inte minst med Hitachi som tillverkar högspända likströmskablar (HVDC) och olika omriktare. Nyligen erhöll företaget en order på 145 miljarder för omriktare till havsbaserad vindkraft (Norstedt, 2023).

Förutom ovan nämnda osäkerheter handlar riskerna om huruvida expansionen av ny elproduktion, från ett elmarknadsperspektiv, kan gå i takt med det ökade behovet från elektrifieringen. Här krävs troligtvis samverkan längs värdekedjor, speciellt att långsiktiga kontrakt kan tecknas mellan den elförbrukande industrin och aktörerna på elmarknaden, samt att utbyggnaden kan ske i steg. Det blir viktigt att olika hinder som skapar osäkerhet på marknaden kan undanröjas så långt det går. Detta bör vara politikens roll och torde kräva kompromisser mellan de politiska blocken. En ljuspunkt är att det sker blocköverskridande samarbeten på kommunnivå, till exempel genom samordning av lokala

energiplaner i Skaraborg och, i Västra Götalandsregionen, möjlighet att söka bidrag för att ta fram underlag för ny elproduktion (kommunernas "Elektrifieringsresa") (Skaraborgs kommunalförbund, u.å.; Energikontor Väst, u.å.).

Om elektrifieringsprojekten skulle genomföras utan en motsvarande ökning av elproduktionen kommer elpriserna stiga, men troligare är att investeringarna i Sverige uteblir. Därför är det av största vikt att hinder för ny elproduktion fram till 2030 (oberoende av kraftslag) undanröjs så långt det går.

Från ovanstående inses att de tekniska och ekonomiska möjligheterna att ställa om är stora och att utmaningarna snarare är av icke-teknisk art. Därför är det viktigt att den svenska regeringen bestämmer sig för vad man vill uppnå och vägen framåt när det gäller det svenska elsystemet. Baserat på detta bör fokus ligga på att hantera de barriärer som finns för att öka elproduktionen oberoende av kraftslag, och att det görs en realistisk bedömning av när i tid olika kraftslag kan tas i bruk.

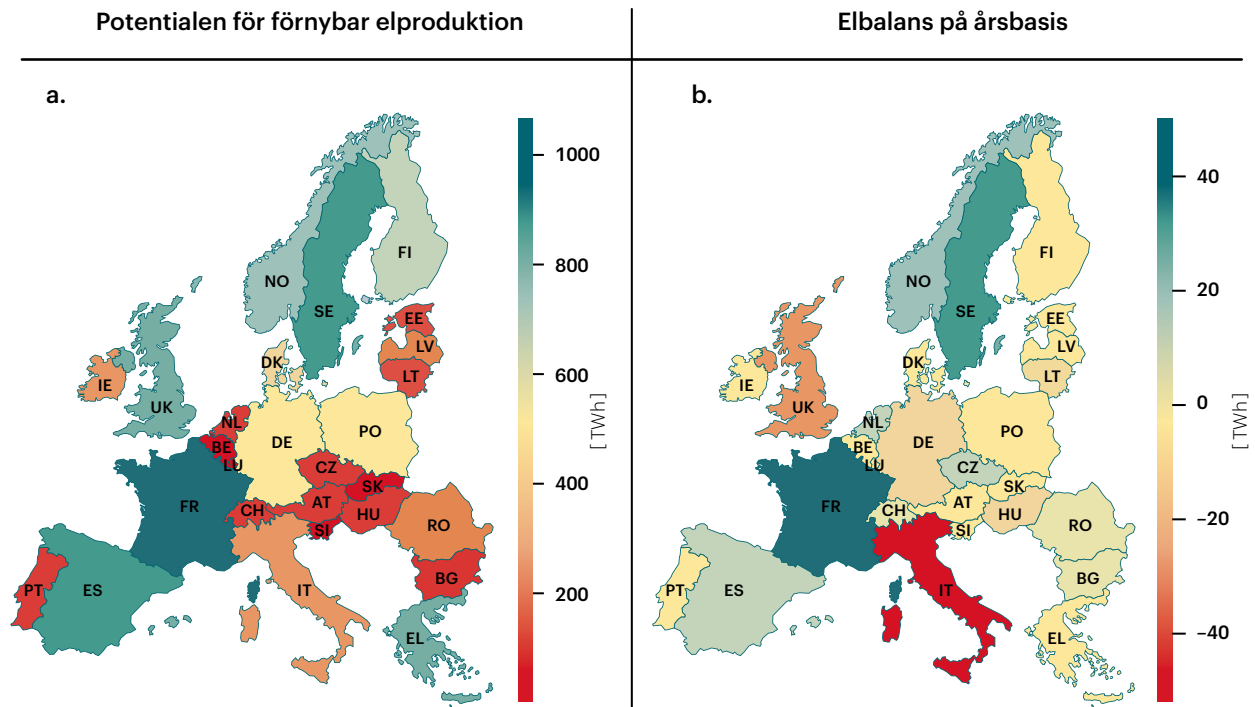
Lokalisering av elektrifierad industri och ny elproduktion

En energisystemmodelleringsstudie om industrins elektrifiering av Toktarova m.fl. (2024) visar att basindustrins geografiska lägen i huvudsak består, men att produktionskapaciteten ökar för industrier i regioner med tillgång till el av låg kostnad. Analysen visar också att, om dagens produktionsnivåer bibehålls i varje region, ger ett vätgasledningsnät ett sätt att ansluta regioner med tillgång till lågkostnads-elektricitet till industriintensiva regioner vilket innebär att vätgasproduktionskostnaderna kan minskas med upp till tre procent jämfört med om all vätgasefterfrågan måste produceras på plats (kostnader för vätgasnät inkluderad i modelleringen). Dessutom visar modelleringen att en framtida europeisk efterfrågan, med industrialanläggningarnas nuvarande läge, i första hand tillgodoses av sol-, vind- och kärnkraft. Om förändringar i årliga produktionsvolymerna och flytt av industri tillåts ökar elproduktionen från vind- och solkraft.

Göransson & Johnsson (2023) visar med liknande modellering att Sverige kan gå från att vara nettoexportör till nettoimportör av el. Detta då förutsättningarna för vindkraft, som visserligen är goda i Sverige, är något sämre än i omgivande länder. Givet den integrerade elmarknaden är detta nöd-

19 Se till exempel kompetenscentret "Swedish Electricity Storage and Balancing Centre": <https://www.sesbc.se/>.

Figur 3: Potentialen för förnybar elproduktion (figur 3a) samt dagens elbalans (år 2023) på årsbasis för de olika EU-länderna (Figur 3b). Figurerna sammanställda av Alla Toktarova, Chalmers tekniska högskola.



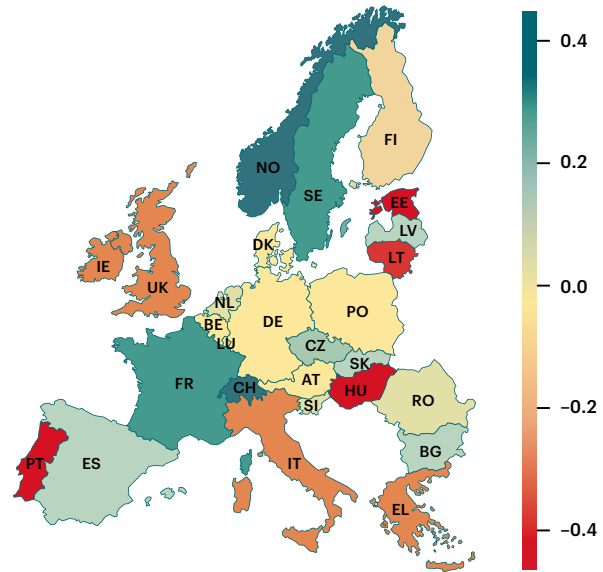
vändigtvis inte ett problem i sig, men det är oklart hur en sådan situation skulle påverka elpriserna i Sverige. Vattenkraften gör att Sverige skulle kunna fortsätta att importera när elpriserna är låga och, vid höga elpriser, hålla dem nere. Om detta realiserats eller inte beror på hur elsystemet utvecklas, såväl i Sverige som i vår omvärld. Oavsett kommer en importsituation att vara mindre gynnsam för svensk industri än om Sverige förblir en nettoexportör av el. Dessutom kan det vara negativt ur en säkerhetspolitisk synvinkel. Den kostnadsoptimerande modelleringen visar att elproduktionen endast om havsbaserad vindkraft tvingas in i det svenska systemet kan möta en antagen ökad efterfrågan från industrins och transportsektorns elektrifiering utan nettoimport av el. Göransson & Johnssons modellering genomfördes för tre fall: ett kostnadsoptimalt, ett fall där det sattes som villkor att elsystemet ska innehålla minst 9 GW kärnkraft och ett med villkoret att systemet ska ha minst 22 GW havsbaserad vindkraft.

Det bör understrykas att modellstudierna som presenterats av Göransson & Johnsson (2023) samt Toktarova m.fl. (2024) **inte** är marknadsanalyser utan ett sätt att förstå vad som är kostnadsoptimalt givet olika antaganden, samt att förstå vilka parametrar som påverkar elsystemet och förutsättningar för elproduktion på olika ställen, såväl inom Sve-

rige som i våra omgivande länder. De kostnader för framtida elproduktions- och flexibilitetstekniker (till exempel batterier och elektrolysörer med vätgaslager) som används i modellerna är de uppskattningar som idag finns att tillgå och som presenteras av exempelvis IEA. Att denna typ av modellering studerar olika scenarier är alltså för att förstå vad som påverkar resultatet. Det är alltså inte fråga om att förutsäga det framtida elsystemet eller bedöma vilket elsystem som är bäst.

Figur 3 visar potentialen för förnybar elproduktion (figur 3a) samt dagens elbalans på årsbasis för de olika EU-länderna (figur 3b) baserat på Energy Charts (2024). Potentialen för förnybar el (land- och havsbaserad vindkraftsproduktion samt solel) använder vindhastighet och solinstrålning från Europeiska centret för medellånga väderprognoser (C3S, 2017) med metodik från Mattsson m.fl. (2022) där konfliktytor är borträknade. Väderdata för vind- och solelproduktion varierar därför både geografiskt och över tid. En begränsad acceptans för landbaserad vindkraft är antagen för Sverige. Endast 4 procent av den landyta som är möjlig för vindkraftsproduktion (vägar, sjöar, naturreservat och tätbefolkade områden borträknade) får användas. Havsbaserad vindkraft kan byggas på maximalt 40 meters djup och minst 5 km från land. När naturreservat och skyddade

Figur 4: Förhållandet mellan nuvarande nettoexport av el (Figur 3b) och efterfrågan för elektrifierad basmaterialproduktion. De industrier som tagits med är stål, cement, ammoniak och plast. Se Toktarova (2023) för detaljer. Nuvarande produktionen av stål, cement, ammoniak och plast antas för samtliga länder, förutom för den svenska stålindustrin där det antas att den nuvarande produktionen av järnmalmspellet (ungefär 21 Mt) används för att producera järnbriketter. Figuren sammanställd av Alla Toktarova, Chalmers tekniska högskola. Det bör noteras att det förekommer variationer mellan år (till exempel på grund av om det är torrår eller våtår samt att det kontinuerligt i varierande grad investeras i ny elproduktion).



områden är borträknade får 33 procent av ytan (minst 5 km från land och där djupet är max 40 meter) användas. Områden med potential för vindkraft är, för både land- och havsbaserad vindkraft, indelad i fem klasser per region för att representera skillnader i vindresurs. Det är denna potential som maximalt kan utnyttjas i ovan nämnda modellering av Göransson & Johnsson (2023) och Toktarova m.fl. (2024).

Sverige sticker ut genom att vi har en stor potential för förnybar elproduktion, där framförallt landbaserad vindkraft kan byggas ut snabbt, samtidigt som vi redan i dag har nettoexport av el på årsbasis (elproduktionen ligger strax under 170 TWh och förbrukningen strax under 140 TWh). Dessutom är den svenska elproduktionen, som nämns ovan, redan i det närmaste fossilfri.

Figur 4 visar förhållandet mellan nuvarande nettoexport av el (figur 3b) och efterfrågan för elektrifierad basmaterialproduktion för stål, cement, ammoniak och plast (se Toktarova, 2023, för detaljer). Den totala efterfrågan inkluderar direkt elektrifiering (plasmadriven roterugn, ljusbågsugn²⁰ och eldriven ångkrackning) och indirekt elektrifiering för produktion av vätgas med elektrolys. Nuvarande produktion av stål, cement, ammoniak och plast antas för samtliga länder förutom för den svenska stålindustrin där det antas att

den nuvarande produktionen av järnmalmspellet (ungefär 21 miljoner ton) används för att producera järnbriketter.²¹

Sammantaget innebär detta att Sverige, jämfört med samtliga övriga EU-länder, har unika förutsättningar att möta industrins elektrifiering, både när det gäller det befintliga elsystemet och potentialen för ny elproduktion. På längre sikt kan dessutom kärnkraft komma in.

Samtidigt är det viktigt att notera att det sker betydande investeringar i ny elproduktion i vår omvärld. När det gäller typ av kraftslag som det investeras i inom EU sker den största delen av investeringarna i förnybart (52 procent) och nät (26 procent) medan 22 procent investeras i konventionell produktion (Bassi, 2024). Bassis sammanställning visar också att marknaden går från rena transaktionsaffärer till mer partnerskap med ramavtal. Värt att notera är också att hållbarhetskriteriernas relevans och tyngd i upphandlingar ökar. På grund av rådande konjunktur är dock en del investeringsplaner något nedjusterade jämfört med för ett par år sedan. Sammantaget är det dock viktigt att säkerställa att inte vår omgivning springer om Sverige utan att det försprång som framgår av figurerna 3 och 4 kan utnyttjas i omställningen av svensk industri.

²⁰ Så kallad *Electric Arc Furnace*.

²¹ I Sverige används 6,6 miljoner ton järnmalm för att producera 4 miljoner ton stål (2022). Under 2022 levererade Sverige 25,8 miljoner ton järnmalmsprodukter (LKAB, 2022) varav 83 procent i form av järnmalmspellet för export, det vill säga runt 21 miljoner ton. Här antar vi att, istället för att exportera järnmalm och använda 6,6 miljoner ton järnmalm för att producera stål inom Sverige, kommer Sverige att omvandla 21 miljoner ton järnmalmspellet till järnbriketter (*Hot Briketted Iron*, HBI) och exportera dessa samt stål.

EU:s nya *Fit for 55* skärper klimatpolitiken kraftigt, med mål om nettonollutsläpp år 2050. Detta kommer rimligtvis att vara positivt för konkurrenskraften för koldioxidfri el där – som visas i figurerna 3 och 4 – Sverige ligger mycket bra till i ett EU-perspektiv. Många andra EU-länder ska alltså, förutom att öka sin elproduktion för att klara elektrifieringen, även byta ut stora delar av sitt nuvarande elproduktions-system mot ett utan koldioxidutsläpp.

Elmarknaden

Det nordiska elmarknadssamarbetet anses vara ett föredöme i EU. Ett exempel är att detta samarbete till stor del har möjliggjort den danska vindkraftsutbyggnaden. Utan samarbetet hade knappast den kraftiga utbyggnaden av dansk vindkraft varit ekonomiskt försvarbar. Detta då den danska vindkraftsutbyggnaden skett utan de flexibilitetsåtgärder som bör kunna implementeras i framtiden och som inkluderats i ovan nämnda modelleringsarbeten. I stället har den danska vindkraften kunnat integreras genom handel med omgivande länder inklusive Sverige där vattenkraften spelat en betydande roll. Förutsättningen för samverkan har varit en formaliserad kommunikation mellan de nordiska TSO:erna²² och ländernas energimyndigheter (Persson & Tangerås, 2020). Ett sådant samarbete är naturligtvis en förutsättning för att kunna investera i transmissionsledning mellan länderna så att detta sker från ett helhetsperspektiv.

När det gäller elmarknaden möjliggör en *energy-only*-baserad marknad rent principiellt att vi på ett effektivt sätt kan inkludera stora mängder icke-planerbar elproduktion. De variationer som uppkommer i elproduktion, och därmed i elpris, driver investeringar i flexibilitetsåtgärder. Här finns möjligheter med olika typer av flexibilitetsåtgärder som kan samverka såsom smart laddning av elfordon, stationär batterilagring, smart styrning av värmepumpar och inte minst styrning av elektrolysörer ihop med vätagaslager i industrin. Tillsammans med vattenkraften, befintlig kärnkraft samt import/export mellan regioner och till omgivande länder har Sverige mycket goda förutsättningar att skapa ett kostnadseffektivt elsystem. Det kommer dock att krävas investering i spetskraft för att täcka upp för mycket sällsynta perioder när det riskerar att bli brist på el (alltså perioder som kanske inträffar vart tionde år). Sådant reservkraft utgör en liten del av den totala systemkostnaden, men måste troligtvis handlas upp separat eftersom elmarknaden knappast

kommer att driva fram investeringar i sådan kraft, exempelvis gasturbiner med extra bränslelager.

En viktig insikt från ovan nämnda modellering av Göransson & Johnsson (2023) är att det blir små principiella skillnader mellan de ovan nämnda elsystemen. Detta då det framtida elsystemet kommer att innehålla stora mängder icke-planerbar elproduktion även om det satsas på kärnkraft. Det är alltså inte så att det med kärnkraft blir stabila elpriser. Vi har redan nu mycket vindkraft (och en del solkraft) i både Sverige och våra omgivande länder, och dess andel förväntas öka. Inte minst Tyskland och Danmark har lyckats väl med stora parker av havsbaserad vindkraft där även Sverige har en mycket stor potential med vår långa kustlinje. Det positiva är att det framtida elsystemet kommer att ha låga rörliga kostnader då en stor andel av elproduktionen inte kommer att ha någon bränslekostnad. Inte heller kärnkraften har någon hög bränslekostnad. Däremot har de projekt som byggts i Europa under senare år haft höga investeringskostnader och dragits med stora förseningar. Det bör heller inte glömmas bort att nuvarande vattenkraft kommer att finnas kvar under överskådlig tid och att det är troligt att i alla fall några av dagens kärnkraftsreaktorer kommer livstidsförlängas och finnas kvar åtminstone till 2040.

Göransson & Johnsson (2023) visade hur efterfrågan på el kan mötas varje timme i ett möjligt framtida svenskt elsystem där industri- och transportsektorerna är elektrifierade. I ett tillförlitligt elsystem måste efterfrågan på el även mötas inom timmen så att en frekvens på 50 Hz i elsystemet kan upprätthållas. Om efterfrågan på el överstiger produktion och import sjunker frekvensen. Då krävs åtgärder för att dämpa förändringen av frekvensen och sedan för att återställa den. En obalans i elsystemet kan uppstå plötsligt, på grund av att ett fel uppstår i en produktionsanläggning eller att väderberoende kraftproduktion inte levererar i enlighet med prognos. Elsystemet behöver ha reserver tillgängliga för att kunna hantera båda typer av förlopp. Vindkraftverk och solceller är kopplade till elnätet via kraftelektronik, såsom omriktare som omformar likström till växelström, och kan inte bidra med rotationsenergi på samma sätt som vattenkraft, kraftvärme, kärnkraft och gasturbiner. Ett elsystem med stor andel vind- och solkraft har därmed lägre rotationsenergi och sämre förmåga att bromsa en ändring av frekvensen. Som redogörs för av Göransson & Johnsson visar dock forskning att batterier med frekvenssättande omriktare kan ersätta synkron generatorkapacitet i stor utsträckning, men det är ännu oklart om den kan ersättas helt. I Sverige har vi vattenkraft som bidrar till fysisk

22 TSO = transmissionsnätetsföretag (från engelskans *Transmission System Operator*).

rotationsenergi i elsystemet och som kan kompletteras med batterier med frekvenssättande omriktare. I elsystem utan vattenkraft kan batterier kompletteras med synkronkompensatorer, som alternativ eller komplement till termisk elproduktion (till exempel i form av kärnkraft och gasturbiner).

Långsammare obalanser som uppstår, till exempel på grund av prognosfel, kan hanteras med batterier. I ett arbete av Ullmark m.fl. (2023) visas att stationära batterier och/eller batterier i elbilar kan möta behovet av frekvensreglering och korttidsbalansering till en låg kostnad (mindre än en procent av den totala kostnaden att möta efterfrågan på el) i elsystem med hög andel väderberoende elproduktion. Det behövs dock mer forskning för att förstå både möjligheter och utmaningar med hur olika delar av elsystemet, såväl på tillförsel- som på förbrukarsidan, kan bidra till att säkerställa både frekvens- och spännings hållning i ett framtida elsystem.

Materialtillgång

Materialtillgången kommer att utgöra en utmaning för omställningen, inte minst när det gäller tillgången på sällsynta jordartsmetaller vars efterfrågan förväntas öka dramatiskt under de kommande decennierna. Dessa utgörs av en grupp på totalt 17 metalliska grundämnen som bland annat ingår i mobiler och datorer och behövs för tillverkning av de permanentmagneter som finns i generatorer i vindkraftverk och elbilarnas motorer (mer om detta under avsnittet "Nya råvaror för grön omställning" på sid 53). Det är viktigt att notera att ordet "sällsynt" egentligen inte i första hand syftar på att metallerna är sällsynta – de är relativt vanligt förekommande i jordskorpan – utan att de oftast förekommer i så låga koncentrationer att de blir olönsamma att utvinna. Men även andra råvaror är kritiska för omställningen, exempelvis koppar och platina. Europeiska kommissionen (2023) listar 34 material som kritiska för regionen med avseende på tillgång och ekonomisk betydelse. Samtidigt är osäkerheten betydande kring vilka kritiska råvaror som kommer att efterfrågas i framtiden på grund av den snabba teknikutvecklingen (Månberger, 2023; IVA, 2024a).

För att omställningen ska lyckas kommer det att krävas att samhället blir bättre på att återanvända och återvinna material, inklusive sällsynta jordartsmetaller. Eftersom mycket av energiomställningen ligger framför oss – inte minst elektrifieringen – finns det ännu en begränsad mängd mate-

rial för återvinning. Detta innebär att det finns viss tid att utveckla system och processer för ökade cirkulära flöden i samhället vilket kan åstadkommas med förlängd produktlivslängd, återanvändning, återtillverkning och materialåtervinning. I IVA-rapporten "Cirkulära flöden för att möta ökade behov av metaller och mineral" (IVA, 2024b) pekas bland annat på att det behöver tas fram långsiktiga spelregler som främjar cirkularitet, inklusive anpassning av avfalls-lagstiftning som möjliggör stordriftsfördelar inom EU; att ökad livslängd på produkter bör premieras samt att det görs standardiseringsarbete som främjar cirkulära flöden. I forskningen (Geissdoerfer m.fl., 2017) brukar man conceptualisera den cirkulära ekonomin som att förändra de nuvarande linjära resursflödena genom att återvinna (*close the loop*), använda mindre (*narrowing the loop*) och använda materialen längre (*slow down the loop*) alltså i princip samma som "avfallstrappan" (Energiföretagen, 2023). Att använda materialen längre innebär att öka livslängden på produkter genom exempelvis reparation, uppgraderingsbarhet och återanvändning. Här är det viktigt att, till exempel med hjälp av materialflödesanalyser, studera den framtida potentialen för cirkularitet i materialsystemen givet olika scenarier (se exempelvis Savvidou & Johnsson, 2023).

En utmaning för flera av de kritiska materialerna, inklusive de sällsynta jordartsmetallerna, är att EU, och därmed Sverige, är starkt importberoende av dessa, och dessutom från enstaka länder – inte minst Kina. Detta utgör en geopolitisk utmaning och kommer att sätta press på att utveckla inhemska fyndigheter som till exempel LKAB:s nya fyndighet (IVA, 2024a). Det finns dessutom möjlighet att återprocessera gammalt gruvavfall. LKAB har mineraltillgångar för sällsynta jordartsmetaller på mer än en miljon ton oxider vilket är den största kända fyndigheten av sitt slag i Europa.²³ Men det kommer ta tid att utveckla gruvdrift av dessa metaller, och ett beslut om gruvdrift kräver att det blir tydligt vad utvinningskostnaden kommer att bli och hur denna kommer förhålla sig i relation till värdet av metallerna som kan utvinnas.

Precis som vid lokalisering av ny elproduktion kommer nyetablering av metall- och mineralutvinning skapa mål- och intressekonflikter. IVA-rapporten "Ökade behov av metaller och mineral – strategier, mål- och intressekonflikter" (IVA, 2024c) menar att Sverige därför behöver en ny mineralstrategi för att hantera den ökade utvinningen av metaller och mineral som omställningen till ett fossilfritt samhälle innebär, samtidigt som de uppkomna mål- och intressekonflikterna måste hanteras.

²³ LKAB har undersökt den så kallade Per Geijer-fyndigheten vilket visar på tillgångar av mer än en miljon ton sällsynta jordartsmetaller i form av *Rare Earth Oxides* (REO) som används för utvinning av sällsynta jordartsmetaller (LKAB, 2023).

Sammanfattning

Elektrifieringen av industri- och transportsektorerna kommer att kräva betydande mängder el, där elektrifieringen av industrin står för den största delen. En stor del av den ökade efterfrågan på el beror på elektrifieringen av basmaterialindustrin. Högnivåscenarier pekar på att efterfrågan på el kan komma att fördubblas redan till år 2035. Prognoserna är dock förenade med stora osäkerheter.

EU:s nya *Fit for 55* skärper klimatpolitiken kraftigt, med mål om nettonollutsläpp år 2050. Förutsatt att klimatpolitiken inte urholkas kommer detta rimligtvis att vara positivt för Sveriges konkurrenskraft då Sverige har mycket gynnsamma förutsättningar för elektrifiering jämfört med andra EU-länder. Vi har redan ett elsystem som är i det närmaste koldioxidfritt (vattenkraft, kärnkraft, kraftvärme och vindkraft), med historiskt sett låga energi- och elpriser samt stora ytor för till exempel land- och havsbaserad vindkraft.

Det är samtidigt bråttom att få fram mer elproduktion, och det är främst vindkraft som kan möta det ökade behovet fram till 2030. Kärnkraft kan komma in först någon gång under 2030-talet. Det är därför olyckligt med polariseringen i energidebatten där vindkraft ställs mot kärnkraft då detta riskerar att ta fokus från de verkliga utmaningarna som snarare handlar om acceptansfrågor, tillståndprocesser och flexibilitet i elnätet. Lyckas inte Sverige få fram mer elproduktion till 2030 riskerar industrin att välja andra länder för sina investeringar med följden att det då heller inte behövs kärnkraft efter år 2030. Det är fullt möjligt att öka Sveriges elproduktion med ungefär 120 TWh fram till 2030, förutsatt att de "mjuka" barriärerna i form av tillståndprocesser och acceptans kan övervinnas och att flexibilitetsmöjligheter på användarsidan utnyttjas. Givet att detta lyckas har Sverige goda förutsättningar att hålla elpriserna på en konkurrenskraftig nivå, även om de kommer vara mer volatila.

Det nordiska elmarknadssamarbetet anses vara ett föredöme i EU. När det gäller elmarknaden så möjliggör en *energy-only*-baserad marknad rent principiellt att vi på ett effektivt sätt kan inkludera stora mängder icke-planerbar elproduktion. De variationer som uppkommer i elproduktion, och därmed i elpris, driver investeringar i flexibilitetsåtgärder. Flexibilitet i elsystemet kommer att krävas oberoende av hur mycket ny kärnkraft som kan tänkas komma in i det svenska elsystemet, eftersom det pågår en kraftig utbyggnad av vind- och solkraft i både Sverige och i våra grannländer. Forskning pågår om hur robustheten i det framtida elsystemet kan säkerställas, det vill säga att frekvens och spänning kan vidmakthållas. Här bidrar vatten- och kärnkraften positivt, men även gasturbiner kan bidra.

En viktig fråga är hur tillgången på de kritiska material, inklusive sällsynta jordartsmetaller, som behövs för energi-

omställningen kan säkerställas. Sverige och EU bör arbeta med att ta fram långsiktiga spelregler som främjar cirkularitet, inklusive anpassning av avfallsagstiftning, som möjliggör stordriftsfördelar inom EU; att ökad livslängd på produkter premieras samt att det görs standardiseringsarbete som främjar cirkulära flöden.

Sammantaget bör fokus för den svenska energipolitiken ligga på att hantera de hinder som finns för att, oberoende av kraftslag, öka elproduktionen. Det behöver göras en realistisk bedömning av när i tid olika kraftslag kan tas i bruk. Dessutom måste resurseffektivitet främjas.

Referenser

Bassi, E. (2024). *European Transmission System Operators – Outlook & profiles*, Sammanställning (power point) Hitachi Energy, 2024-03-04.

Dagel, M. (28 december 2021). Ljusare tider för kärnkraften efter elprisrallyt. *Dagens Industri*. Hämtad från <https://www.di.se/nyheter/ljusare-tider-for-karnkraften-efter-el-prisrallyt/>

Energiföretagen (27 april 2023). *Avfallstrappan fem steg för att minska vårt avfall*. Hämtad från <https://www.energiforetagen.se/energifakta/fjarvarme/fjarvarmeproduktion/energi-fran-avfall/avfallstrappan/>

Energikontor Väst (u.å.). *Stöd till kommunernas elektrifieringsresa*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.energi-kontorvast.se/sv/elektrifiering/elektrifieringsresan/>

Energimyndigheten (2023). *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering*, Rapportering 2022, ER 2023:02, ISSN 1403-1892, ISBN (pdf) 978-91-7993-105-6.

Energimyndigheten (2024 a). *Remissvar och uppdrag (energimyndigheten.se) Underlag till Sveriges integrerade nationella energi- och klimatplan*.

Energimyndigheten (2024 b). *Kortsiktsprognos, vinter 2024, Energianvändning och energitillförsel år 2022–2027*. Hämtad från <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=220007>

Energimyndigheten (14 februari 2024). *Minskad elanvändning och elproduktion under 2023*. Hämtad från <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2024/minskad-elanvandning-och-elproduktion-under-2023/>

Energimyndigheten (2021). *Nationell strategi för en hållbar vindkraft*, Rapport ER 2021:2, ISBN (pdf) 978-91-89184-88-6. Hämtad från <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/nationell-strategi-for-en-hallbar-vindkraftsutbyggnad/>

Energy-Charts (u.å.). *Cross border electricity trading in 2023*. Hämtad den 27 maj 2024 från https://www.energy-charts.info/charts/import_export_map/chart.htm?l=en&c=DE&interval=year&year=2023&exp=tcs

Europeiska kommissionen (2023). *Förslag till Europaparlamentets och rådets förordning om inrättande av en ram för säkerställande av trygg och hållbar försörjning av kritiska råvaror och om ändring av förordningarna (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 och (EU) 2019/1020, COM(2023) 160 final*, Bryssel den 16.3.2023 (Bilaga II listar kritiska råvaror).

Europeiska kommissionen (2024). *Guidance on designating renewables acceleration areas, Guidance on designating renewables acceleration areas – European Commission* (europa.eu), Brussels, 13.5.2024, SWD(2024) 333 final.

Fossilfritt Sverige (2021). *Vätgasstrategi för fossilfri konkurrenskraft*. Hämtad från <https://fossilfritt sverige.se/strategier/vatgas/>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. & Hultink, E. J. (2017). "The circular economy – a new sustainability paradigm?". *J. Clean. Prod.*, 143, s. 757–768.

Göransson, L. & Johnsson, F. (2023). *Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden?* Mistra Electrification. Hämtad från <https://research.chalmers.se/publication/?id=536840>

IVA (2024a). *Utmaningar för att möta ökade behov av metaller och mineral*. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA). Hämtad från <https://www.iva.se/publicerat/rapport-utmaningar-for-att-mota-okade-behov-av-metaller-och-mineral/>

IVA (2024b). *Cirkulära flöden för att möta ökade behov av metaller och mineral*. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA). Hämtad från <https://www.iva.se/publicerat/rapportcirkulara-floden-for-att-mota-okade-behov-av-metaller-och-mineral/>

IVA (2024c). *Ökade behov av metaller och mineral – strategier, mål- och intressekonflikter*. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien. Hämtad från <https://www.iva.se/publicerat/rapport-okade-behov-av-metaller-och-mineral-strategier-mal-och-intressekonflikter/>

Johnsson, F., Henryson, J. & Westander, H. (2022a). *Studie av förutsättningar och hinder för vindkraftsutbyggnad*, Mistra Electrification. Hämtad från <https://research.chalmers.se/publication/534519>

Johnsson, F., Unger, T., Löfblad, M., Hagberg, M. (2022b) *Till Klimatråtsutredningen M 2019:05, Delrapport B2. Elektrifieringens betydelse för omställningen*, Delleverans för uppdrag med diarienummer: Komm2021/00110/M.

Johnsson, F., Wråke, M. (2022). *Utökad elproduktion till 2030*, Mistra Electrification. Se även <https://www.dn.se/debatt/hantera-bada-kriserna-genom-mer-elproduktion/>

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (21 april 2024). *Danmarkshistoriens største havvindsudbud skudt i gang*. Hämtad från <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2024/apr/havvindsudbud>

LKAB (2022). *Year-end Report. Profits strong but continued uncertainty going forward*, s. 1. Hämtad från https://lkab.com/wp-content/uploads/2023/02/LKAB_2022-Q4_Year-end-report.pdf

LKAB (12 januari 2023). *Europas största fyndighet för sällsynta jordartsmetaller finns i Kiruna*. Hämtad från <https://lkab.com/press/europas-storsta-fyndighet-for-sallsynta-jordartsmetaller-finns-i-kiruna/>

Mattsson, N., Verendel, V., Hedenus, F. & Reichenberg, L. (2021). An autopilot for energy models – automatic generation of renewable supply curves, hourly capacity factors and hourly synthetic electricity demand for arbitrary world regions. *Energy Strateg. Rev.* 33, 100606.

Månberger, A. (2023). "Critical Raw Material Supply Matters and the Potential of the Circular Economy to Contribute to Security". *Intereconomics*, 58(2), s. 74–78.

NEPP (2020). *Insikter och vägval i energiomställningen*, slutrapport dec 2020. Hämtad från https://www.nepp.se/pdf/Insikter_och_vagval_SF.pdf

Norstedt, L. (30 mars 2023). "Största ordern någonsin" till Hitachi Energy för nätstationer i havet. *Ny Teknik*. Hämtad från <https://www.nyteknik.se/energi/storsta-ordern-nagonsin-till-hitachi-energy-for-natstationer-i-havet/2018876>

Nätverket för solparker [NfS] (2023). *Kartläggning av solparker – första halvåret 2023*. Hämtad från https://www.solparker.com/_files/ugd/94f4eb_b77e9ffa2ae842988bd-ded605e18160b.pdf

Persson, L. & Tangerås, T. (2020). "Transmission Network Investment Across National Borders: The Liberalized Nordic Electricity Market". I Mohammad Reza Hesamzadeh, Juan Rosellón and Ingo Vogelsang (Red.), *Transmission Network Investment in Liberalized Power Markets* (s. 557–594). Cham: Springer. Hämtad från https://doi.org/10.1007/978-3-030-47929-9_19

Profu (2021). *Efterfrågan på fossilfri el – Analys av högnivåscenario, på uppdrag av Energiföretagen Sverige*, utfört av Profu. Hämtad från <https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/fardplaner/scenario-2045-april-2021/scenarioanalys-efterfragan-fossilfri-el-2045-slutrapport.pdf>

Savidou, G. & Johnsson, F. (2023). "Material Requirements, Circularity Potential and Embodied Emissions", *Sustainable Production and Consumption* 40, s. 471–487. Hämtad från <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.012>

Skaraborgs kommunalförbund (u.å.). *Energiförsörjning i Skaraborg*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://skaraborg.se/Nyheter-Startsida/energiforsorjning-i-skaraborg/>

Spolander, J. (5 mars 2022). Återstart av nedlagda reaktorer ingen lösning på energikrisen. *Dagens Nyheter*. Hämtad från <https://www.dn.se/vetenskap/aterstart-av-nedlagda-reaktorer-ingen-losning-pa-energi-krisen/>

Svenska kraftnät [SvK] (2021). *Långsiktig marknadsanalys 2021 – Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050*. Hämtad från <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

Svenska kraftnät [SvK] (2023). *Ny anslutningsprocess för havsbaserad, vindkraft – delrapport*, Version 1.0, Org. Nr 202 100-4284. Hämtad från <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2023/delrapport-1-havsvind-kapacitet-och-punkter2.pdf>

Toktarova, A. (2023). *Electrification of the Basic Materials Industry – Implications for the Electricity System*, [Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola (Sweden)].

Toktarova, A., Göransson, L. & Johnsson, F. (2021). "Design of clean steel production with hydrogen: Impact of electricity system composition", *Energies* 14 (24), art. no. 8349.

Toktarova, A., Walter, V., Göransson, L. & Johnsson, F. (2022). "Interaction between electrified steel production and the north European electricity system" *Applied Energy*, 310, art. no. 118584.

Toktarova, A., Göransson, L. & Johnsson, F. (2024). "Electrification of the energy-intensive basic materials industry – Implications for the European electricity system". Artikel inskickad för vetenskaplig publicering.

Ullmark, J., Göransson, L. & Johnsson, F. (2023). "Frequency reserves and inertia in the transition to future electricity systems". *Energy Syst*. Hämtad från <https://doi.org/10.1007/s12667-023-00568-1>

Uniper (21 december 2021). *Kärntekniskt kompetenscenter får statligt stöd*. Hämtad från <https://www.mynewsdesk.com/se/uniper/news/kaerntekniskt-kompetenscenter-faar-statligt-stoed-439874>

Vattenfall (30 november 2020). *Vattenfall fördjupar samarbetet om små modulära reaktorer i Estland*. Hämtad från <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2020/vattenfall-fordjupar-samarbetet-om-sma-modulara-reaktorer-i-estland>

Vattenfall (11 juni 2021). *Forsmark 1 ansöker om ökad effekt*. Hämtad från <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2021/forsmark-1-ansoker-om-okad-effekt>

Vattenfall (20 oktober 2022). *Grönt ljus för Forsmark 1 att höja effekten*. Hämtad från <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2022/gront-ljus-for-forsmark-1-att-hoja-effekten>



5. Teknikhöjden i den gröna omställningen med tillhörande påverkan på entreprenörskap och innovation i norra Sverige

Pär Weihed, professor, institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå tekniska universitet

I den gröna omställningens centrum står initiativen för fossilfritt stål. Hybrit och H2 Green Steel tar täten, drivna av teknik för direktreduktion med vätgas. Norra Sveriges överflöd av billig fossilfri el från vatten och vindkraft lockar storskaliga industrier. Vertikal integration, som LKAB:s REEmap-projekt, och industriparkers tillväxt i Skellefteå, Boden och Luleå förstärker detta. Innovationssystemet blomstrar med satsningar som CH2ESS och ACE. EU:s "Fond för en rättvis omställning" stödjer denna omvandling. Norra Sverige går från råvaruexport till förädling, med ökad självförsörjning och diversifiering. Utmaningar som energiförsörjning och kompetens kräver offentliga insatser. Trots affärsmässiga risker skapar uppskalad teknik i vätgasproduktion och stålframställning en frodig entreprenörsanda och samverkan mellan sektorer.

Tillämpning av ny teknik

Teknikskiften

Teknikutvecklingen är sällan linjär. Tekniska genombrott, förändrade affärsmodeller eller politiska beslut leder ibland till det som brukar benämnas disruptiva eller radikala teknikskiften. I ett historiskt perspektiv kan detta kopplas till industrialismens intåg i slutet av 1700-talet inom textilindustrin i Storbritannien där ångmaskinen togs i drift och James Hargreaves uppfinning Spinning Jenny på ett radikalt sätt förändrade textilindustrin. Detta kallas ofta också för den första industriella revolutionen, eller Industri 1.0, och förändrade framför allt det västerländska samhället i grunden.

Den andra industriella revolutionen, Industri 2.0, brukar man kalla tiden från 1870-talet fram till första världskriget. Denna tid präglas av elektrifieringen, telefoni, förbränningsmotorns intåg och en snabb utveckling av stålproduktionen. Det är också vid denna tid man kan säga att den första disruptiva tekniska utvecklingen skedde i norra Sverige i och med utbyggnaden av vattenkraften²⁴ och gruvindustrin i malmfälten, samt tillkomsten av både stambanan (1883–1894) och malmbanan vilken var helt elektrifierad 1922. Det är nu Sverige utvecklas till en stor råvaruexportör. I en regional kontext kan man mycket väl betrakta det tidiga 1900-talets industrialisering som kanske den första riktigt disruptiva teknikutvecklingen i norr.

Den tredje industriella revolutionen tog sin början i USA efter andra världskriget då tillgången på olja ökade dramatiskt och analog teknik i allt större omfattning började ersättas av digital teknik och datorer. Den övergår under början av 2000-talet i den fjärde industriella revolutionen när digitaliseringen får ett rejält genomslag i och med att det uppkopplade samhället (Internet of Things) innebär stora förändringar och effektiviseringar inom processindustri och automation.

Det är i ljuset av detta vi nu kan betrakta de teknikskiften som sker då samhället skall fasa ut all användning av fossila bränslen och minimera utsläppen av växthusgaser för att också minimera de antropogena effekterna på klimatet. Detta måste ske samtidigt med en fortsatt urbanisering och befolkningstillväxt där prognoserna säger att jordens befolkning går från idag 8,1 miljarder till 9,7 miljarder år 2050 för att sedan plana ut runt 10,4 miljarder i slutet av 2000-talet (Förenta nationerna, 2022).

24 Porjus kraftstation togs i bruk 1915.

Den Europeiska kommissionen har definierat nästa industriella revolution, Industri 5.0, på följande sätt: "Den europeiska industrin är en viktig drivkraft i de ekonomiska och samhälleliga förändringar som vi för närvarande genomgår. För att förbli välståndets motor måste industrin leda de digitala och gröna omställningarna. Detta tillvägagångssätt ger en vision av industrin som syftar bortom effektivitet och produktivitet som enda mål, och förstärker industrins roll och bidrag till samhället. Den placerar arbetarens välbefinnande i centrum för produktionsprocessen och använder ny teknik för att ge välstånd bortom jobb och tillväxt samtidigt som planetens produktionsgränser respekteras" (Europeiska kommissionen, u.å. b).

Nedan beskrivs kortfattat de teknikkraften som samlat gått under beteckningen "den gröna omställningen i norr". Det är inte vår ambition att beskriva all teknik i detalj utan snarare att ge en bild av hur implementeringen av dessa olika tekniker och industriella processer i ett systemperspektiv leder till det som EU-kommissionen beskriver som Industri 5.0 och som inneburit att ett stort fokus riktats mot norra Sverige, både nationellt och internationellt, inte minst från EU-kommissionens sida (Regeringskansliet, 2023).

Batteritillverkning

Northvolts initiala etablering i Sverige 2018, med ett forskningscentrum i Västerås (Northvolt Labs) och en produktionsenhet för Li-jonbatterier (Northvolt Ett) i Skellefteå, har inneburit en kraftig expansion av svensk forskning och utveckling inom batteriteknikområdet. I Västerås är det idag, enligt Northvolts webbplats, över 1 000 personer anställda och huvuddelen bedriver forskning inom hela batterivärdekedjan från grundläggande materialteknik och ren battericellsforskning till validering och kundtester. Denna verksamhet skulle sannolikt inte ha etablerats i Sverige om inte produktionen av Li-jonbatterier etablerades i Skellefteå. Northvolt Ett, som beskrivs som en *gigafactory*, anställer idag över 2 000 personer för produktion av Li-jonbatterier. Samtidigt är en stor anläggning för återvinning av Li-jonbatterier under uppförande vid Northvolt Ett, med ambitionen att 50 procent av nyproduktion av battericeller skall komma från återvunnet material.

Sammantaget innebär detta stora satsningar inom flera olika teknikområden och ökad forskning inom avancerade anod- och katodmaterial, nästa generationers batterikemikalier, dataanalys, styrsystemsutveckling, simuleringsteknologi, process- och produktionsteknologi samt återvinningsteknologi. Fortsatt forskning är en förutsättning för att Sverige ska fortsätta utvecklas som batterination. Det gäller såväl nya batterimaterial som nästa

generations batterikemier; effektivisering inom batteriproduktion; energieffektivisering inom produktion och återvinning; kemikalieanvändning inom produktion och återvinning; återvinning av framtida batterimaterial; IT-säkerhet; digital infrastruktur i produktionsanläggningar samt uppkopplade produkter (Chalmers tekniska högskola, 2022).

Det svenska forsknings- och innovationssystemet inom energilagring med fokus på batterier har, i och med etableringen av Northvolt Ett i Skellefteå, fått en kraftig utbyggnad. Förutom den forskning som Northvolt själva bedriver i Västerås pågår många större utvecklingsprogram och projekt som sannolikt inte kommer till stånd utan denna etablering. Ekosystemet och dess olika komponenter beskrivs väl av Fossilfritt Sverige (2020), se även figur 5.

LITIJONBATTERIER

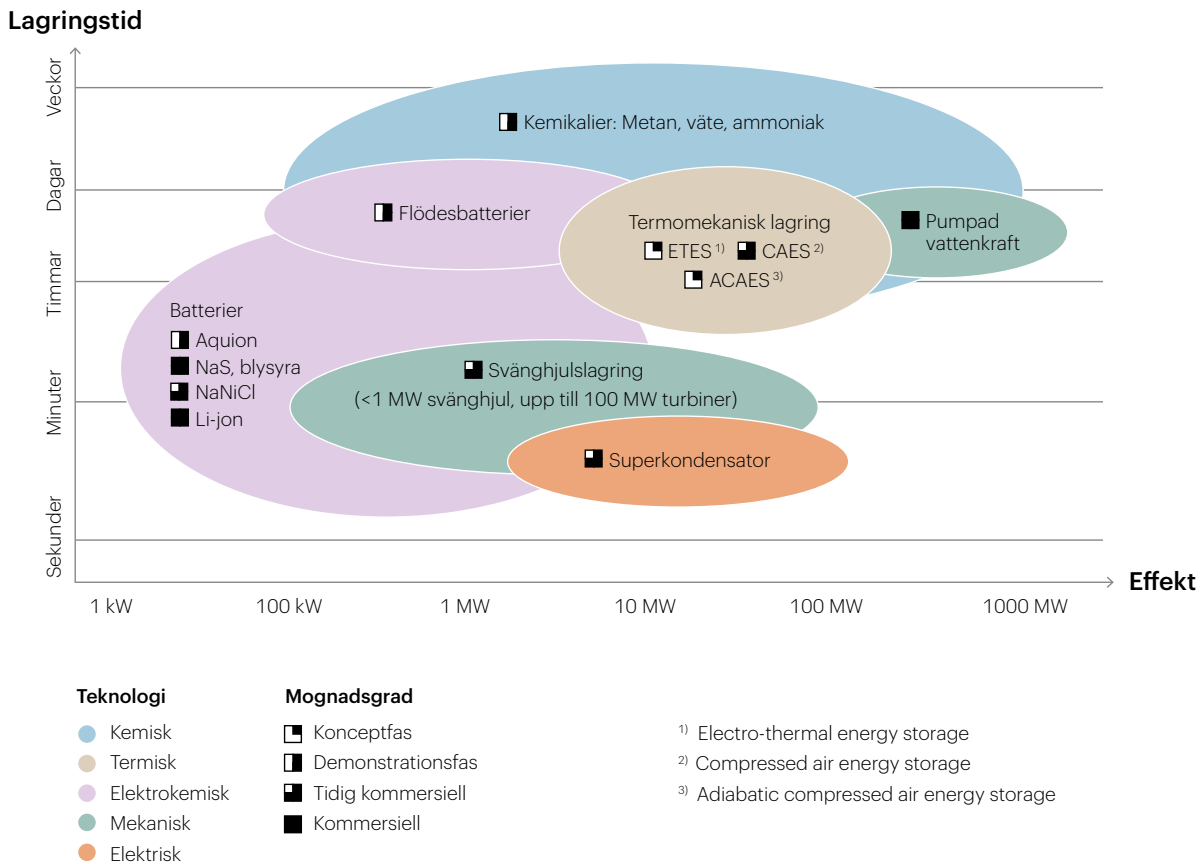
Litiumjonbatterier produceras vid Northvolts fabrik i Skellefteå. Den årliga produktionen motsvarar enligt Northvolt 60 GWh och motsvarar behovet för 1 miljon elbilar per år. Både katod- och anodmaterial samt elektrolytens sammansättning, det vill säga cellkemin, är områden där både Northvolt själva och flera nationella forskargrupper idag har stort fokus. Katoden består idag av mangan, nickel och kobolt och anoden av grafit. Mycket intensiv forskning läggs i dag på att hitta ersättningsmaterial eftersom framför allt kobolt är en metall som är definierad som en kritisk råvara både på grund av sin relativa sällsynthet och på sättet den produceras i ett fåtal länder, framför allt Demokratiska republiken Kongo.

Det ekosystem som byggts upp runt Northvolt och de effekter Northvolts etablering haft på svensk batteriforskning är intressant. Idag är till exempel forskningsgruppen på Uppsala universitet, ÅABC (Ångström Advanced Battery Centre), internationellt ledande och Nordens största batteriforskargrupp. Forskning bedrivs också på elektrokemisk energilagringsteknik, inklusive natrium-jon-, litium-luft- och litium-svavelbatterier. Uppsala leder också Batteries Sweden (BASE), ett kompetenscentrum för batteriforskning finansierat av Vinnova med fyra akademiska partners och 17 företag. I den senaste budgetpropositionen satsade regeringen dessutom ytterligare medel på elektrifiering och batteriforskning vid Uppsala universitet, Chalmers tekniska högskola och Lunds universitet.

FLÖDESBATTERIER

Stationära flödesbatterier är framför allt intressanta för sin förmåga att lagra fossilfri energi från exempelvis sol och vind. Omfattande forskning bedrivs vad gäller elektrolyten i flödesbatterier. Med snabb utbyggnad av vindkraft, och delvis solenergi, kommer dessa att öka i betydelse. Redox-

Figur 5: Teknologier för att visualisera olika användningsområden baserat på effekt och energi.
Källa: Fossilfritt Sverige (2020) modifierad från Siemens (2017).



flödesbatterier innehåller ofta vanadin och därför ökar intresset för att bryta vanadin i Sverige, där potentialen är god.

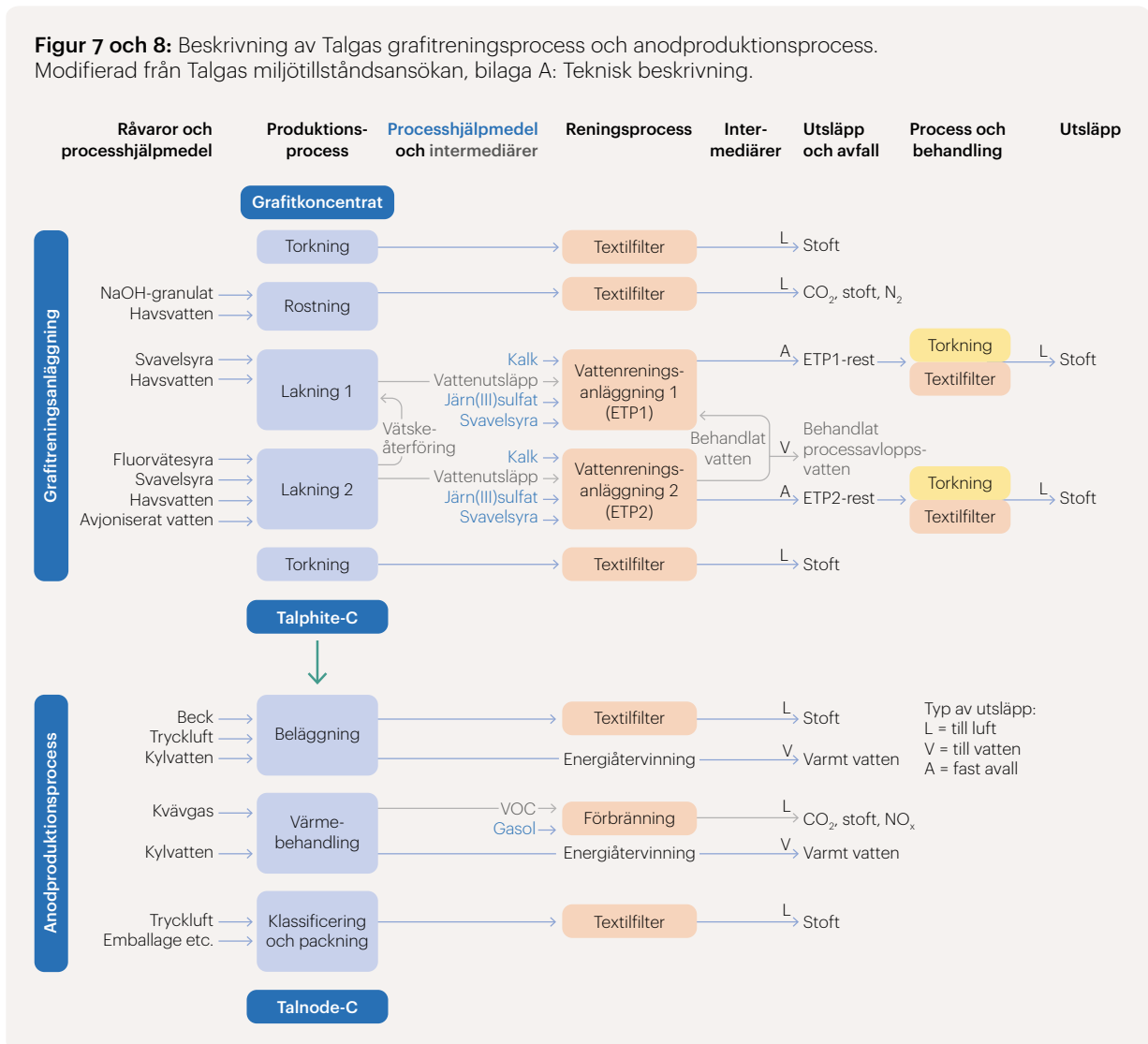
ENERGILAGRING ÖVRIGT

Vattenkraften står för 40 procent av Sveriges elproduktion och är också den viktigaste reglerresursen i elsystemet. Tidigare har vattenkraften främst behövt balansera för variationer i elanvändningen. I takt med att andelen icke reglerbar kraft, främst vindkraft, ökar ställs också högre krav på vattenkraften att kunna balansera än större variationer till följd av väder och vind. Den rollen kommer att bli allt viktigare framöver. Svenskt centrum för hållbar vattenkraft är ett nationellt kompetenscentrum med sju akademiska partners och 23 företag som leds av Luleå tekniska universitet. Inom detta kompetenscentrum bedrivs också forskning kring pumpkraft där till exempel användningen av nerlagda underjordsgruvor kan vara ett intressant alternativ då de ofta erbjuder stora magasin och stor fallhöjd (gruvor i Sverige idag är ofta över 1 000 meter djupa).

Nya råvaror för grön omställning

Den gröna omställningen kräver nya insatsråvaror i form av metaller och mineral som i den fossilbaserade ekonomin inte utnyttjats i någon större omfattning. Den Europeiska kommissionen, liksom flera större länder, publicerar sedan 2011 en officiell lista vart tredje år med så kallade kritiska råmaterial (Critical Raw Materials). Den senaste listan publicerades 2023 (Europeiska kommissionen, u.å. a) och innehåller 34 metaller och mineral som anses vara viktiga för europeisk konkurrenskraft. Under 2023 påbörjade EU-kommissionen arbetet med en Critical Raw Materials Act (CRMA) (Europeiska kommissionen, 16 mars 2023). Den har nu ratificerats av Europaparlamentet och innehåller långt gångna förslag för att bland annat öka den inhemska produktionen av strategiska råvaror för den gröna omställningen. Norra Sverige utgör ett av de områden i Europa med bäst geologisk potential för att öka självförsörjningsgraden, och det är i ljuset av detta – en dramatiskt ökad efterfrågan och därmed förväntad prisökning – vi nu ser

Figur 7 och 8: Beskrivning av Talgas grafitreningsprocess och anodproduktionsprocess. Modifierad från Talgas miljötillståndsansökan, bilaga A: Teknisk beskrivning.



så kallad REO²⁶ som är en oxid sammansatt av flera sällsynta jordartsmetaller. I november 2022 meddelade dock LKAB att man går in som huvudägare i det norska företaget REEtec AS som utvecklat en innovativ och hållbar teknik för separation av sällsynta jordartsmetaller som kan konkurrera med den dominerande kinesiska produktionen. Separationen av enskilda jordartsmetaller, som exempelvis neodym och praseodym (huvudkomponenter i permanentmagneter som till exempel används i vindkraftverk), kommer att ske i REEtecs anläggningar i Norge.

ANODMATERIAL

Anodmaterialet för litiumjonbatterier består av grafit. Denna grafit kan vara naturlig eller syntetisk och produceras på olika sätt för att uppnå de materialegenskaper som är viktiga för användning i batterier. I en nyligen producerad rapport (Hansson & Åström, 2023) konstateras att merparten av den syntetiska grafitten produceras i Kina, USA, Indien och Brasilien, men att även naturlig grafit till största delen produceras i Kina samt i Brasilien, Moçambique och Madagaskar. Enligt rapporten erbjuder Talgas fyndighet utanför Vittangi

26 Från engelskans *Rare-Earth Oxide*.

en mycket hög grafithalt och har en mikrostruktur som är gynnsam för batterier och bränsleceller. Talga planerar att bryta upp till 120 000 ton grafit per år i Nunasvaara utanför Vittangi och sedan anrika grafiten i ett nytt anrikningsverk i Luleå. Gruvan har en antagen livslängd på minst 24 år och flera andra prospekteringsobjekt finns i gruvans närhet. I Luleå kommer man att producera 19 500 ton anodmaterial/år motsvarande 16 GWh eller behovet för 250 000 elbilar/år (Talga, u.å. b). Enligt Talga etableras anodfabriken i Luleå på grund av att Luleå är centrum för det framväxande gröna industriklustret i Sverige. Att staden erbjuder "tillgång till grön energi, direkta transportvägar till batteri- och fordons-tillverkare, ett ledande teknologiskt universitet och kunnig arbetskraft" är viktiga argument (Talga, u.å. a).

Det kinesiska företaget Shanghai Putailai, PTL, satsar mer än 13 miljarder kronor på att etablera en ny fabrik för anodmaterial i Timrå. Planerna omfattar inte bara material till Northvolts anoder utan även hårt kol till natriumjonbatterier (Kristensson, 2023). Till skillnad från Talga planerar företaget att producera syntetisk grafit till anoder för battericeller i elbilar. Den planerade årsproduktionen är till att börja med 50 000 ton anodmaterial, vilket räcker till 50 GWh battericeller – strax under den planerade slutkapaciteten i Northvolts fabrik i Skellefteå. Detta blir enligt företagets presentationer Europas största grafitfabrik (Tångring, 2024). Förutom syntetisk grafit kommer bolaget enligt information att producera hårdkol för natriumjonbatterier och kiselanodmaterial från råmaterial från EU (PTL, u.å.). Planerad produktionsstart 2026.

Andra exempel på etableringar i kölvattnet på Northvolts etablering i Skellefteå är sydkoreanska Dongjin som ska leverera Carbon Nanotube Slurry (CNT), det aktiva material som behövs i Northvolts batterier, och kinesiska Kedali som tillverkar precisionskomponenter och framförallt höljen till litiumjonbatterier. Båda företagen har etablerat sig i anslutning till Northvolt Skellefteå.

SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER OCH FOSFOR

Produktion och anrikning av sällsynta jordartsmetaller (REE) är helt dominerat av Kina, och Europa saknar inhemsk produktion. Priset på REE har ökat i och med det ökande användandet inom flera teknologier – främst som material för tillverkning av permanentmagneter (framförallt neodym) men även i en mängd andra högteknologiska applikationer, till exempel smarta telefoner, digitalkameror, datorhårddiskar, lysdioder (LED), plattskärms-tv, datorskärmar och elektroniska skärmar. De sällsynta jordartsmetallerna klassas nu som kritiska och strategiska för den gröna omställningen.

Sedan många år har det varit känt att de apatit-järnmalmer som LKAB bryter i Kiruna och Malmberget innehåller

SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER (REE)

Sällsynta jordartsmetaller är en grupp grundämnen, så kallade övergångsmetaller, där lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), prometium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), tulium (Tm), ytterbium (Yb) och lutetium (Lm) ingår.

I vissa sammanhang räknas även grundämnena skandium (Sc) och yttrium (Y) som sällsynta jordartsmetaller.

just mineralet apatit, ett fosfat som i sin tur ofta innehåller höga halter av sällsynta jordartsmetaller. LKAB har i tidigare kampanjer utrett om det skulle vara ekonomiskt möjligt att utvinna både fosfor och sällsynta jordartsmetaller ur den apatit som i dagsläget går som avfall på deponi. I och med den förändrade prisbildningen har LKAB ånyo intresserat sig för att tillvarata sällsynta jordartsmetaller, både från sina deponier och som produkter från framtida gruvproduktion. Genom omfattande studier har LKAB definierat en resurs både i sitt gruvavfall i Kiruna och i den så kallade Per Geijerfyndigheten som är en obruten järnmalmsresurs. I januari 2023 tillkännagav LKAB upptäckten av den största kända fyndigheten av sällsynta jordartsmetaller i Europa. Fyndigheten, Per Geijer, belägen i Kiruna, är en järnmalmsfyndighet med höga halter av både fosfor och sällsynta jordartsmetaller. Halten av sällsynta jordartsmetaller är tio gånger högre än i Kirunamalmen och innehåller cirka 1,3 miljoner ton sällsynta jordartsoxider (REO) som kan förädlas till sällsynta jordartsmetaller. I det så kallade ReeMAP-projektet avser LKAB att utvinna både en REO, fosfor och gips i processen som beskrivs översiktligt i figur 6.

ÖVRIGT

Den ovan nämnda listan över kritiska råmaterial för Europa innehåller flera metaller som är nödvändiga för produktion av batterier, som till exempel litium och kobolt. De geologiska förutsättningarna för att producera båda dessa metaller från svenska fyndigheter är goda. För närvarande finns flera prospekteringsprojekt i både Mellansverige och norra Sverige som fokuserar på dessa metaller.

Sverige har också goda geologiska förutsättningar för att utvinna uran. Det pågår för närvarande en politisk debatt om hur vår framtida energiförsörjning ska se ut (se kapitel 4), och skulle utbyggnad av svensk kärnkraft bli aktuell kommer sannolikt även diskussionen om inhemsk produktion av uran att öka.

Samhällets elektrifiering kräver också stora mängder av andra metaller, inte minst koppar. Sverige, och främst Boliden, är en ledande producent av koppar i Europa och bedriver omfattande gruvverksamhet i norra Sverige, främst i Skelleftefältet och i Aitikgruvan utanför Gällivare. Boliden har också redovisat sitt intresse av att utveckla nya fyndigheter i norra Sverige, till exempel Laver som är en stor oexploaterad kopparfyndighet utanför Älvsbyn. Boliden återvinner också flera metaller från elektronikskrot vid sin anläggning Rönnskärsverken utanför Skellefteå.

Fossilfritt stål

I den offentliga debatten kring den gröna omställningen har det absolut största fokuset varit på de två initiativ som nu äger rum för att producera det som allmänt går under beteckningen "fossilfritt stål". Det är därför relevant att här, i lite närmare detalj, beskriva de processer och den teknik som avses implementeras av både Hybrit och H2 Green Steel (H2GS).

Direktreduktion (DRI²⁷) med hjälp av naturgas (det vill säga fossil energi) förekommer i en rad länder, framför allt där tillgången på naturgas är god som till exempel USA och Mellanöstern. I både Hybrits och H2GSs processer avses reduktionen göras med vätgas producerad i elektrolysörer (där vatten spjälkas till vätgas och syrgas) och där sedan stålframställningen sker i ljusbågsugnar (som idag redan används för skrotbaserad stålproduktion). Dessa processer är energikrävande och denna aspekt behandlas i andra delar av denna rapport. Allmänt kan sägas att kunskapen om att producera stål genom direktreduktion med vätgas inte är ny utan har varit känd länge.

HYBRIT

Hybritprojektet, som drivs av Hybrit Development AB,²⁸ är ett projekt och ett företag som är samägt av LKAB, SSAB och Vattenfall. De olika tekniska stegen i Hybrits process kan lite förenklat beskrivas som järnsvampstillverkning, stål-tillverkning från järnsvampen och produktion och lagring av vätgas som energibärare i processerna. Enligt Hybrit (12 oktober 2022) visar forskning vid Hybrits testanläggning i Luleå att den järnsvamp som produceras med direkt-

DIREKTREDUKTIONSPROCESS

En process där järnmalm reduceras till järn i fast form vid låg temperatur (800–930°C) med hjälp av en gas, vanligen bestående av koloxid eller kolväten. I vissa existerande eller planerade processer används även vätgas, helt eller delvis, som reduktionsmedel. Vätgasen kan tillverkas genom reformering av naturgas eller på elektrisk väg, genom hydrolys av vatten.

Det producerande järnet kallas DRI (Direct Reduced Iron) eller järnsvamp. Produkten kan även vidareförädlas till så kallad HBI (Hot Briquetted Iron). DRI och HBI används som råvara för järn- och stålproduktion, i masugnar eller vid smältning i stålugnar.

Källa: Jernkontoret (2019).

reduktion med vätgas får bättre egenskaper (är högmetalliserad, har överlägsna mekaniska egenskaper och står väl emot kvalitetsförsämringar över tid) och är därmed lättare att hantera, transportera och lagra. Denna process har Hybrit Development AB för avsikt att patentera.

Inom Hybritprojektet genomförs smältningsförsök i pilotskala i samarbete med forskningsinstitutet Swerim i deras anläggning i Luleå. I anläggningen genomförs försök att smälta järnsvamp i form av DRI, särskilt den förädlade formen HBI,²⁹ i en ljusbågsugn där järnsvamp är i brikettform (se även fakturatan ovan). SSAB inledde i november 2023 bygget av en ny ljusbågsugn i Oxelösund (SSAB, 2023) med ambitionen att 2030 kunna leverera fossilfritt stål från alla sina anläggningar. Ambitionen är att man med Hybrit-teknologin skall saluföra fossilfritt stål under varumärket "SSAB Fossil-free™".

Inom ramen för Hybrit-projektet har också pilotanläggningar för vätgaslager byggts i Luleå (Hybrit, 23 september 2022). Detta är ett inkapslat bergrumslager, ett så kallat LRC,³⁰ och är enligt Hybrit det första i sitt slag för lagring av vätgas. Även här har en rad olika tester och forskningsprojekt genomförts för att säkra mekanisk stabilitet, täthet och tryckkapacitet. Nu fortsätter tester där exempelvis väteförspridning (där vätgasen gör stålincapsling sprött) är ett

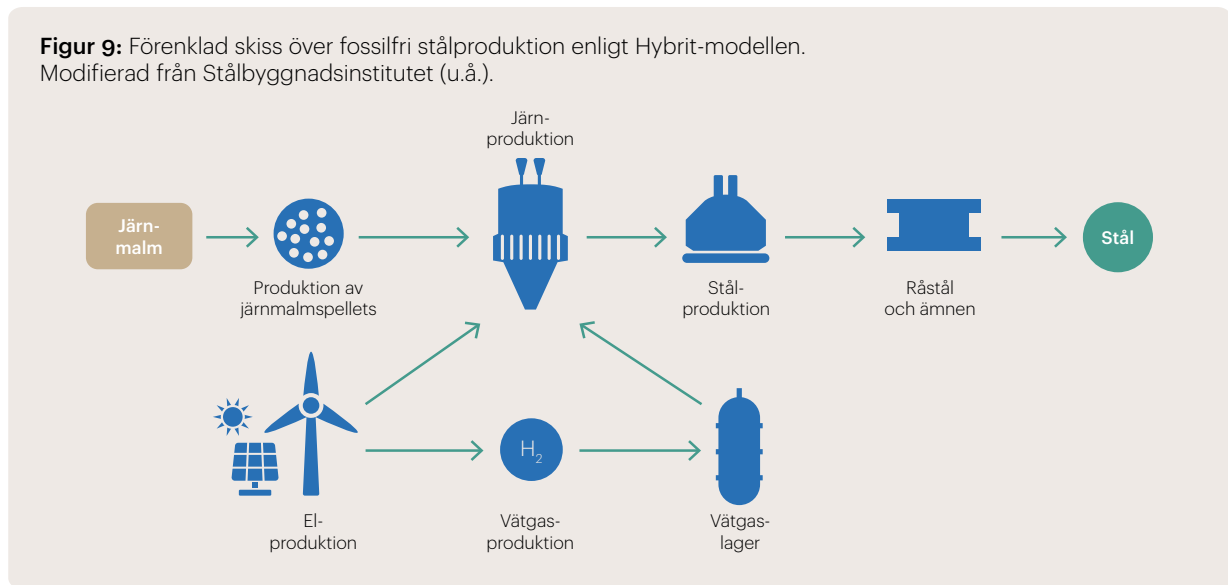
27 Från engelskans *Direct Reduced Iron*.

28 Namnet Hybrit är en akronym bildat av engelskans *Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology*.

29 Från engelskans *Hot Briquetted Iron*.

30 Från engelskans *Lined Rock Cavern*.

Figur 9: Förenklad skiss över fossilfri stålproduktion enligt Hybrit-modellen. Modifierad från Stålbyggnadsinstitutet (u.å.).



fokusområde som måste förstås bättre. Pilotanläggningen har en storlek på endast 100 kubikmeter och enligt Hybrit kan det i full skala vara aktuellt att lagra 100 000 till 120 000 kubikmeter trycksatt vätgas.

Sedan Hybridsatsningen inleddes 2017 har de involverade företagen, via Hybrit Developent AB, satsat stora summor på forskning inom en rad områden med relevans för utvecklingen av Hybrit-tekniken. Denna forskning har genomförts i samarbete med forskningsinstitut och universitet, bland annat Kungl. Tekniska högskolan, Luleå tekniska universitet, Lunds universitet, Sandvik, RISE, Stockholm Environment Institute (SEI) och Swerim.

SSAB LULEÅ

I mars 2024 meddelade SSAB att man tagit beslutet att investera 52 miljarder kronor i ett nytt fossilfritt stålverk i Luleå. Detta investeringsbeslut knyter ihop den fossilfria värdekedjan från produktion av järnsvamp till fossilfri stålproduktion via ljusbågsugn. Det nya stålverket skall stå klart 2028 vilket också innebär att både koksverk och masugn stängs ned i Luleå.

H2 GREEN STEEL

H2 Green Steel (H2GS) grundades 2020 med ambitionen att starta fossilfri ståltillverkning i Boden. Konceptuellt liknar H2 Green Steels teknik den som beskrivs ovan för Hybrit, men det finns några skillnader. Bland annat kommer man att bygga en elektrolysör i gigaskala som en integrerad del av anläggningen. Enligt H2 Green Steel skall man producera 5 miljoner ton högkvalitativt stål år 2030 (H2 Green

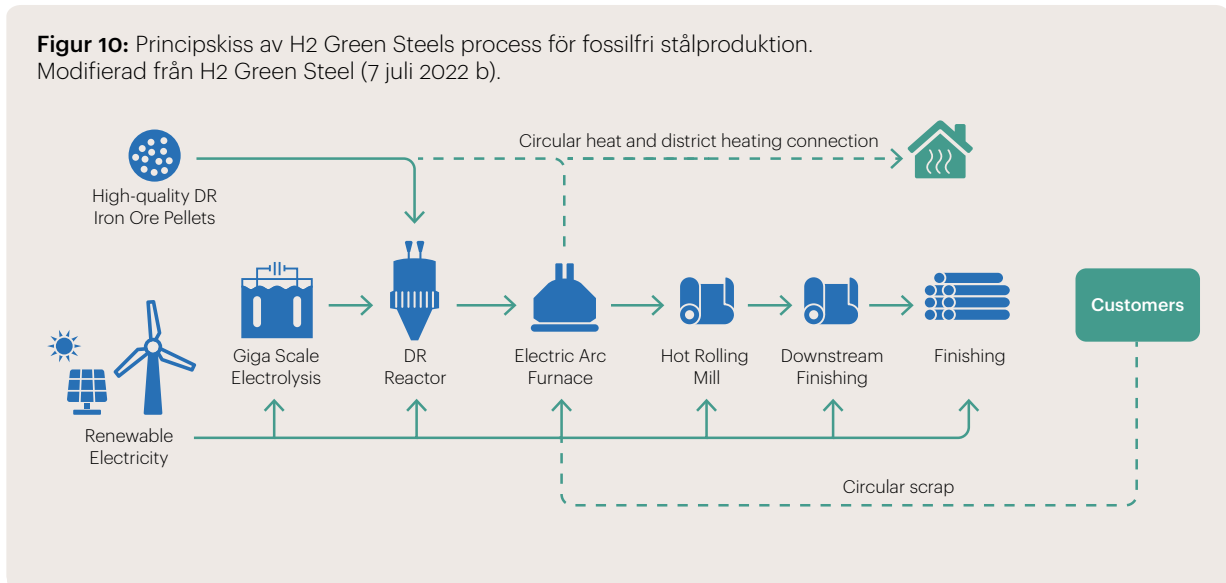
Steel (7 juli 2022 a). Även nedströms i processen finns tekniska lösningar som en integrerad process kallad "kontinuerlig gjutning och valsning", vilket enligt H2GS gör att man kan hålla stålet varmt hela vägen från ljusbågsugnen till färdig produkt och därmed minska energiförbrukningen med 70 procent. Produkten blir en så kallad "hot roll coil".

Vätgasbaserad produktion av konstgödsel med mera

Den vätgasbaserade produktionen av fossilfritt stål innebär att flera andra industrietableringar som utnyttjar vätgas som energibärare etablerar sig i regionen. Nedan beskrivs kortfattat några av de planerade etableringarna.

Det spanska företaget Grupo Fertiberia meddelade 2019 att man hade för avsikt att etablera en konstgödselabrik i Luleå baserad på vätgas som energibärare. Detta är ett intressant exempel på industriell symbios där Fertiberia, med el från vindkraft och vattenkraft, skall driva sitt vätgaskraftverk i Boden, där H2GS bygger sitt stålverk för fossilfri stålproduktion. Vätgasen ska sedan transporteras i en pipeline från Boden till fabriken i Luleå. Intressant i sammanhanget är att tillverkning av konstgödsel är en mycket energikrävande process, och den nya fabriken kommer behöva 4–5 TWh om året från det svenska kraftnätet. 2024 meddelade Fertiberia att man tillsammans med Lantmännen och Nordion Energi bildar samriskföretaget Power2Earth (Power2Earth (u.å.) där vätgasproduktionen istället läggs i Jokkmokk och via pipeline transporteras till Luleå där mineralgödsel och

Figur 10: Principskiss av H2 Green Steels process för fossilfri stålproduktion. Modifierad från H2 Green Steel (7 juli 2022 b).



ammoniakproduktion sker. Produktionsstart planeras till 2028.

Enligt en pressrelease 2022 skall energibolaget Uniper i ett samarbetsprojekt, med namnet BotnialänkenH2, tillsammans med Luleå Hamn och ABB utveckla ett regionalt vätgascentrum i Luleå. Tanken är att producera vätgas och metanol som kan bidra till fossilfria industrier och logistikkedjor i Norrbotten. Projektet möjliggör produktion av 12 000 ton fossilfri vätgas per år (Uniper, u.å.). Tanken är också att restvärme från vätgasproduktionen kopplas in på Luleås fjärrvärmesät.

Biobaserad teknisk utveckling

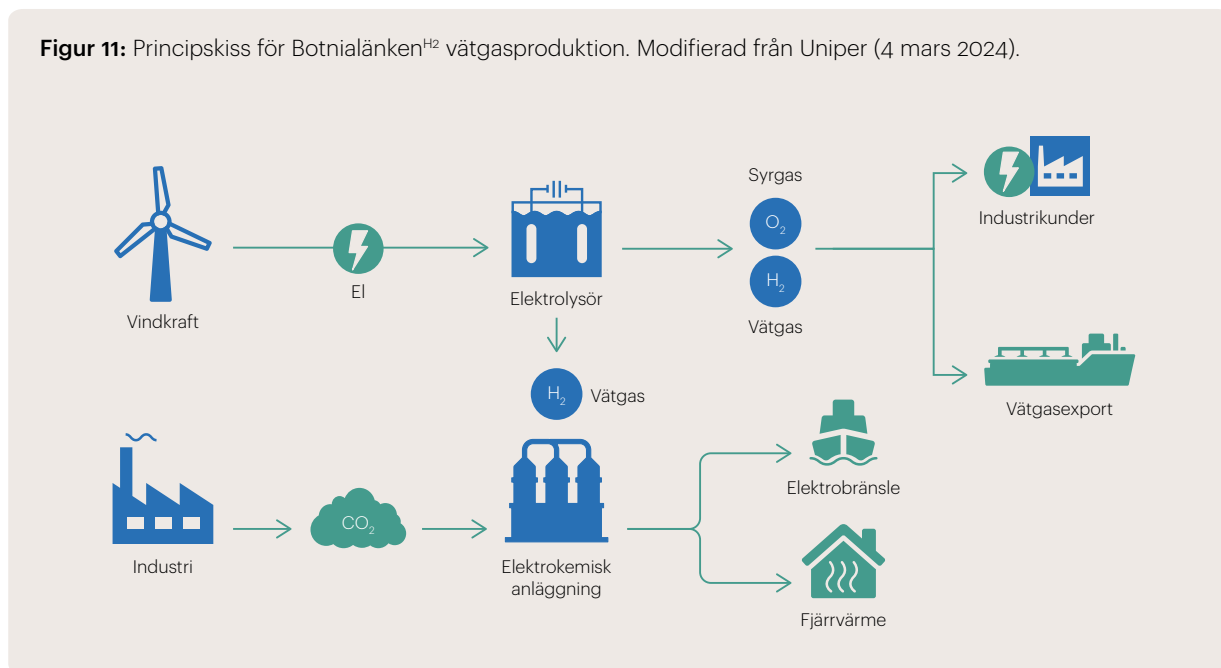
Skogsindustrin befinner sig mitt i omfattande strukturomvandling, ett systemskifte globalt och nationellt. Marknaden för tidningspapper och andra tryckpapper har mer än halverats på drygt ett decennium och cirka en tredjedel av Sveriges och Finlands totala massa- och pappersproduktion, till stor del baserad på mekanisk el-intensiv massa, har lagts ner. I gengäld har om- och kapacitetsutbyggnader skett, till olika förpackningspapper och kartong samt kemisk avsalumassa, vid flera anläggningar i norra Sverige, totalt över 4 Mton (cirka en tredjedel av Sveriges produktion).

De helt övervägande kemiska massafabrikerna har påbörjat utveckling av bioraffinaderikoncept där restprodukter från skogen, lignin och andra delströmmar förädlas till framför allt olika biobaserade material, flygbränsle och andra drivmedel. Talloljeförädlingen vid SunPine i Piteå har byggts ut i omgångar sedan starten för cirka 10 år sedan men det nu största påbörjade projektet är Bioraffinaderi Östrand syftande till cirka 300 000 ton bioraffinaderiprodukter vid sidan om avsalumassan på cirka 1 Mton.

Troligen kommer detta att öka ytterligare eftersom vedknappheten (sjunkande nettotillväxt och utebliven rysk vedimport) stimulerar till att förädla en större andel av biomassan. För att till exempel kunna "blöda ut" en del av ligninet i en sodapanna krävs ökad energieffektivisering. Skogsindustriernas ambitioner att söka helt nya vägar har lett till det nystartade svensk-finska projektet Emission Free Pulping med målet att med nya processer (där bland annat syrgas ingår) höja totalutbytet på ved från 50 till 70 procent och minska utsläppen även av biogen koldioxid (Emission Free Pulping, u.å.). Total uppskattad budget på 5 år är på 15 miljoner euro. Vidare har i stort sett alla skogsindustriföretag studerat potentialer och olika tekniska lösningar för BioCCS/CCU.³¹ Merparten av studierna är icke-publika, men Södra har offentliggjort att studier pågår och StoraEnso har i samarbete med AFRY gjort en studie för Energimyndigheten. På

31 CCS = Koldioxidavskiljning och lagring (från engelskans *Carbon Capture and Storage*). CCU = Koldioxidavskiljning och användning (från engelskans *Carbon Capture Utilization*).

Figur 11: Principskiss för Botnialänken^{H₂} vätgasproduktion. Modifierad från Uniper (4 mars 2024).



flera håll finns projekt eller planer på elektrobränslen baserade på BioCCS, i norra Sverige framför allt SCA Östrand samt miljardprojektet Liquid Wind med koldioxid från Örnsköldsviks kraftvärmeverk som också kommer ha stor betydelse för elmarknaden.

Ur ett systemintegrationsperspektiv är det också viktigt att påpeka att syrgasen från elektrolysörer (in princip en restprodukt från vätgasproduktion) kan användas för kokning, blekning och syrgasstöd i soda-, mesa- och barkpannor förenklar koldioxidinfångning. Störst teoretisk potential finns i sodapannorna. Även vätgasen kan vara intressant för eventuell hydrogenenergi av lignin, andra biopolymerer eller infångad koldioxid från pannorna, för CCU till olika biomaterial eller för drivmedel.

Entreprenörskap och Innovation

Den gemensamma nämnaren för alla de större industri-satsningar som beskrivs här är att de bygger på fossilfri elproduktion. Att etableringarna görs i norra Sverige hänger i stort sett i samtliga fall hop med att regionen kan producera billig (i relativa termer) fossilfri el från vatten och vindkraft. För flera av projekten är också lokalt producerad vätgas energibärande. Med den utgångspunkten är samriskprojekt av typen Hybrit, Power2Earth och BotnialänkenH₂ som beskrivs ovan intressanta exempel på hur den gröna omställningen driver på nya affärsmodeller och affärsintegration. I flera fall finns också exempel på vertikal integration och ett exempel är LKAB:s

ökade ägande i samarbetsparten SSAB. Både LKAB, via sitt ReeMAP-projekt och samarbetet med det norska företaget REEtec, och Talgas etablering av både gruva och produktionsanläggning av grafit till anodmaterial är exempel på hur det sker vertikal integration och förflyttning i värdekedjorna.

I anslutning till industrietableringarna växer industri-parkerna i Skellefteå, Boden och Luleå, och även i detta tidiga skede ses många mindre företagsetableringar positionera sig på denna tillväxtmarknad, runt de större industrisatsningarna och andra större företag som ABB, Epiroc med flera.

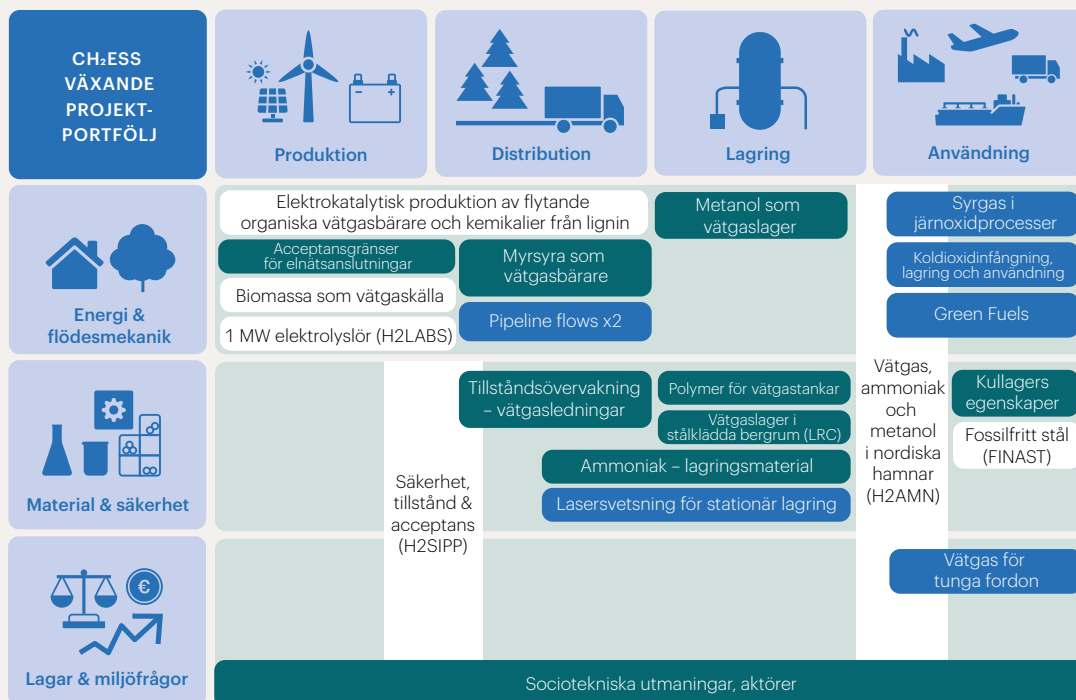
Den gröna omställningen, som delvis etableras med ny och uppskalad teknologi, skapar också nya intressanta möjligheter i innovationssystemet. I gränsyrtorna mellan industri, akademi, forskningsinstitut och offentliga aktörer finns flera satsningar som är värda att nämnas. Två exempel är centrumbildningarna CH2ESS och ACE som Luleå tekniska universitet etablerat tillsammans med industri och offentlig sektor.

CH2ESS, Centre for Hydrogen Energy Systems Sweden (Luleå tekniska universitet, 24 april 2024), är en centrumbildning inom vätgas. I figur 12 beskrivs projektportföljen i en matris med värdekedjan produktion-distribution-lagring-användning på ena axeln och forsknings- och innovationsområden på den andra. ACE, Arctic Centre for Energy (Luleå tekniska universitet 9 februari 2024), är en centrumbildning i Skellefteå där Luleå tekniska universitet samverkar med Northvolt, Skellefteå Kraft och Skellefteå kommun kring samhällets energiomställning.

Inom EU görs också en stor satsning på omställning av traditionell europeisk industri inom ramen för "Fonden för en rättvis omställning". Fondens syfte är att underlätta industrins gröna omställning i Europa. I Sverige administreras fonden via Tillväxtverket, och de industrier och regioner som omfattas av medlen från EU:s nya klimatfond är stålindustrin i Norrbotten, mineralindustrin på Gotland och metallindustrin i Västerbotten. Fonden för en rättvis omställning startade 2021 och pågår fram till 2030. Totalt omfattar fonden investeringar på omkring 156 miljoner euro som ska matchas med nationell medfinansiering (Tillväxtverket, u.å.). Flera forskningsprojekt genomförs nu inom ramen för denna satsning i samverkan mellan akademi och industri:

- Projektet **FINAST** bidrar till den gröna omställningen och en koldioxidneutral stålindustri genom att utbilda framtidens specialister. Detta görs i samverkan mellan Luleå tekniska universitet, Swerim och den norrbottniska stålindustrin.
- Projektet **H2-Labs** ska bygga upp en testanläggning för test av elektrolyssystem.
- Projektet **Grönt stål för en fossilfri framtid** ska bidra till att skapa förbättrade förutsättningar för omställningen till en klimatneutral stålproduktion i Norrbottensregionen.
- Förstudien **integrerade värdekedjor för sekundära och tertiära materialflöden inom stålindustrin** ska förbättra förutsättningarna för underleverantörer för att de ska kunna agera och bli länkar i nya värdekedjor som kommer att skapas ur sekundära och tertiära restmaterial från nya ståltillverkningsprocesser i Norrbotten.
- I Västerbotten genomförs projektet **Vätgas och cirkularitet i Västerbottens metallindustri** med syftet att öka konverteringen till fossilfri energi- och råvaruanvändning och öka cirkulariteten genom att öka användning av sekundära material.

Figur 12: Översiktsbild av vätgasrelaterade forskningsprojekt vid Luleå tekniska universitet med projekt längs hela värdekedjan för vätgas och med involverade forskare inom cirka 25 olika ämnesområden. Källa: Luleå tekniska universitet (u.å.).



- Projektet **resource efficient and resilient production of critical metals for transition** ska utveckla teknik för hållbar och klimatneutral kopparkopparproduktion.

En dynamisk och innovationsdriven utveckling bygger på två pelare; dels en kunskapsbas som ska kunna mäta sig med motsvarande miljöer på andra platser och i andra länder, dels mekanismer för att omvandla denna kunskap till innovationer och samhällsnytta. I den senare processen spelar entreprenören en avgörande roll, oavsett om denne befinner sig i ett redan existerande företag (intraprenörer) eller har startat ett nytt företag. Entreprenören identifieras av att hen bidrar med något nytt, exempelvis en ny produkt, process eller marknad, eller kombinerar redan befintliga kunskaper på ett nytt sätt. Ofta kompletterar entreprenöriella existerande företag, så kallade ankarföretag, och nyetablerade företag varandra. De senare bidrar med processinnovationer och ofta gradvisa förbättringar medan de senare svarar för en större andel av radikala och disruptiva innovationer.

För Norra Sveriges vidkommande har flera av dessa komponenter fallit på plats under senare år. Betydande ankarföretag som Northvolt och H2 Green Steel har etablerat nya verksamheter, andra, som LKAB och SSAB, håller på att ställa om sin produktion. Dessa stora, kunskapsintensiva företag är viktiga som beställare, kunder, arbetsgivare och kompetensbaser. De tenderar också att vara plantskolor från vilka anställda går vidare till andra företag eller startar avknoppningsföretag.

Nya forskningsmiljöer, ofta i nära samarbete med industrin, har också vuxit fram. Det innebär att en ny kunskapsbas håller på att bildas samtidigt som näringslivet håller på att förändrats, till stor del drivet av en global omstruktureringsprocess mot en grönare ekonomi. Flera aktörer som är centrala för en innovationsdriven framtida utveckling finns nu etablerade i Norra Sverige.

För att utvecklingen verkligen ska skjuta fart mot ett näringsliv präglad av entreprenörskapsdriven innovation, risktagande och nytänkande är ytterligare några faktorer centrala. För det första handlar det om normer och acceptans gällande entreprenörskap och risktagande som omfattar såväl näringsliv som universitet och högskolor. Företagen bör vara tillåtande till att anställda vill testa eget företagande, och universitet och högskolor bör ha väl utbyggda kontaktnät med näringslivet. För det andra är norrlandssatsningarna beroende av hur andra aktörer, inte minst staten, agerar samt hur elproduktionen ska kunna matcha efterfrågan. Likaså måste det finnas tillgång till kompetens, det vill säga i Norrlands fall att en inflyttning sker så att inte undanträngningseffekter upp-

står. Ytterligare villkor för entreprenörskapet är tillgång till riskkapital men även en fungerande och kvalitativ samhällsservice – skolor, vård och omsorg. Kommuner och regioner måste också fungera gentemot näringslivet i till exempel tillstånds- och lokaliseringsärenden.

I Norrland håller en avancerad kunskapsbas på att etableras förknippad med de stora industriinvesteringarna som för närvarande pågår. Den kombinationen öppnar upp för en stark framtida dynamisk utveckling, särskilt om agglomererings- och systemeffekter kan stärka regionens kunskapsflöden och attraktivitet ytterligare.

Systemperspektivet

Sammanfattningsvis ger en analys av de investeringar som nu görs i norra Sverige en bild där det som traditionellt beskrivs som svensk basindustri leder vägen in i den gröna omställningen genom en rad radikala teknikskiften inom energisektorn, där vattenkraften, vindkraften och bioenergi producerar stora delar av den energi som omställningen till ett fossilfritt samhälle behöver. Samtidigt gör både gruvindustrin och stålindustrin, traditionella basindustrier, stora och nödvändiga teknikskiften som både drastiskt minskar sektorns koldioxidutsläpp och möjliggör för båda sektorerna att vara konkurrenskraftiga bortom 2040 – EU:s målår för 90 procent nettominskning av utsläppen jämfört med 1990 och ett delmål mot klimatneutralitet senast 2050. Samtidigt ökar Sverige självförsörjningsgraden av flera innovationskritiska råmaterial, och produktionen av inhemsk konstgödsel skapar förutsättningar för en bibehållen och ökad inhemsk livsmedelsproduktion. Detta är sammantaget viktiga värden i en tid av geopolitisk instabilitet som visat på sårbara försörjningskedjor inom en rad olika områden.

Vertikal integration och industriell förflyttning i värdekedjorna innebär också att norra Sverige, från att i huvudsak ha varit en stor nettoexportregion av både råvaror och energi, går mot ökat regionalt förädlingsvärde och ökad inhemsk användning av producerad el och biobaserad energi. Detta i sin tur ökar näringslivets diversifiering och skapar bättre förutsättningar för tillväxt. Utmaningarna är framför allt relaterade till energi- och kompetensförsörjning samt att de industriella investeringarna kräver stora offentliga insatser vad gäller bostäder, kommunikation, vård, skola och kulturella näringar.

Uppskalningen av ny teknik, inom vätgasproduktion, stålframställning och energilagring, innebär affärsmässiga risker men skapar samtidigt intressanta entreprenörskluster och innovationsmiljöer där industri, akademi, institut och offentlig sektor samverkar.

Referenser

Chalmers tekniska högskola (2022). *Framtida utveckling inom batteriteknik och bränslecellsteknik*, FMV:22 FMV1402-17. Chalmers Industriteknik.

Emission Free Pulping (u.å.) *More Products From Wood. Less Emissions From Pulping*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.emissionfreepulping.com/>

Europeiska kommissionen (u.å. a). *Critical Raw Materials*. Hämtad 27 maj 2024 från https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en

Europeiska kommissionen (u.å. b). *Industry 5.0*. Hämtad 27 maj 2024 från https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en?prefLang=sv

Europeiska kommissionen (2023). *Industrial research and innovation, Why the EU supports industrial research and innovation, Strategy and policy*. Hämtad 27 maj 2024 från https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation_en

Europeiska kommissionen (16 mars 2023). *Critical Raw Materials: ensuring secure and sustainable supply chains for EU's green and digital future*. Hämtad från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1661

Fossilfritt Sverige (2020). *Strategi för fossilfri konkurrenskraft – En hållbar batterivärdekedja*. Hämtad från <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/12/Strategi-for-en-hallbar-batterivardekedja.pdf>

Förenta Nationerna (2022). *Population Division*, Department of Economic and Social Affairs. Hämtad 27 maj 2024 från <https://population.un.org/wpp/>

H2 Green Steel (7 juli 2022 a): *Green Steel production*. Hämtad från <https://www.h2greensteel.com/articles/green-steel-production>

H2 Green Steel (7 juli 2022 b): *On course for large-scale production from 2025*. Hämtad från <https://www.h2greensteel.com/articles/on-course-for-large-scale-production-from-2025>

Hansson, H. & Åström, T (2023). *Etablering av grafitforskningscentrum i Norrbotten: Förstudie av förutsättningar*. [Rapport, Luleå Näringsliv].

Hybrit (23 september 2022). *Milstolpe nådd – pilotanläggningen för vätgaslagring i drift*. Hämtad från <https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-milstolpe-nadd-pilotanlaggningen-for-vatgaslagring-i-drift/>

Hybrit (12 oktober 2022). *HYBRIT: Ny forskning visar att vätgasreducerat järn har överlägsna egenskaper*. Hämtad från <https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-ny-forskning-visar-att-vatgasreducerat-jarn-har-overlagsna-egenskaper/>

Jernkontoret (27 februari 2019). *Ordlista: D*. Hämtad från <https://www.jernkontoret.se/sv/om-oss/biblioteket/ordlista/ordlista-d/>

LKAB (u.å.). *Våra processer*. Hämtad från <https://lkab.com/vad-vi-gor/var-omstallning/kritiska-mineral/vara-processer/>

Luleå tekniska universitet (u.å.). *Projekt inom Centre for Hydrogen Energy Systems Sweden*. Hämtad den 27 maj 2024 från <https://www.ltu.se/forskning/centrumbildningar-och-samarbeten/centre-for-hydrogen-energy-systems-sweden/forskningsprojekt>

Luleå tekniska universitet (24 april 2024). *Centre for Hydrogen Energy Systems Sweden*. Hämtad från <https://www.ltu.se/forskning/centrumbildningar-och-samarbeten/centre-for-hydrogen-energy-systems-sweden>

Luleå tekniska universitet (9 februari 2024). *Arctic Centre of Energy (ACE)*. Hämtad från <https://www.ltu.se/forskning/centrumbildningar-och-samarbeten/arctic-center-of-energy>

Kristensson, J. (4 maj 2023). *Ny fabrik ger tusentals nya jobb – ska tillverka material till Northvolt*. Ny Teknik. Hämtad från <https://www.nyteknik.se/industri/ny-fabrik-ger-tusentals-nya-jobb-ska-tillverka-material-till-northvolt/2052541>

Power2Earth (u.å.) *Minskad klimatpåverkan och stärkt livsmedelsförsörjning – Fertiberia, Lantmännen och Nordion Energi satsar för att utveckla Sveriges första fossilfria mineralgödsel-fabrik*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.power2earth.se/sv/nyheter/power2earth-minskad-klimat-paverkan-och-starkt-livsmedelsforsorjning-fertiberia>

PTL (u.å.). *Om oss*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.ptl Sverige.se/omoss>

Regeringskansliet (11 januari 2023). *En strategi för norra Sverige och för omställningen*. Hämtad från <https://www.regeringen.se/debattartiklar/2023/01/en-strategi-for-norra-sverige-och-for-omstallningen/>

Siemens (2017). *Green Ammonia. 1st NH3 European event*. Hämtad från <https://www.ammoniaenergy.org/wp-content/uploads/2019/12/NH3-Energy-2017-lan-Wilkinson.pdf>

SSAB (28 november 2023). *Statsministern på plats vid byggstarten när SSABs nordiska produktionssystem ställs om*. Hämtad från <https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2023/11/statsministern-p-plats-vid-byggstarten-nr-ssabs-nordiska-produktionssystem-stlls-om>

Stålbyggnadsinstitutet (u.å.). *Fossilfri stålproduktion*. Hämtad från <https://www.sbi.se/fossilfri-stalproduktion/>

Sveriges television (24 juli 2023). *Mineraljakten ökar*. Hämtad från <https://www.svt.se/nyheter/snabbkollen/mineraljakten-okar>

Talga (u.å. a). *Europas första kommersiella fabrik för batterianoder i Luleå*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.talgagroup.com/sv/var-verksamhet/lulea/>

Talga (u.å. b). *Tillstånd färdigt för Talgas batterianodfabrik*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.talgagroup.com/sv/tillstand-fardigt-for-talga-abs-batterianodfabrik/>

Tillväxtverket (u.å.). *Fonden för en rättvis omställning*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://tillvaxtverket.se/tillvaxtverket/omtillvaxtverket/eufonder/fondenforenrattvisomstallning.1909.html>

Tångring, J. (4 maj 2024). *Timrå får Europas största grafitfabrik*. Elektroniktidningen. Hämtad från <https://etn.se/index.php/nyheter/70023-timra-far-europas-storsta-grafitfabrik.html>

Uniper (u.å.). *Botnialänken H2*. Hämtad 27 maj 2024 från <https://www.uniper.energy/sv/sverige/om-uniper-i-sverige/vatgas-i-sverige/botnialankenh2>

Uniper (4 mars 2024). *Så får vi den gröna omställningen att hända*. Hämtad från <https://www.uniper.energy/sverige/nyheter/sa-far-vi-den-groena-omstaellningen-att-handa-i-lulea/>



Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien 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), 2024
Box 5073, SE-102 42 Stockholm
Tfn: 08-791 29 00

IVA-R 520
ISSN: 1100-5645
ISBN: 978-91-89181-53-3

Projektledning: Hampus Lindh, IVA
Illustrationer: Moa Sundkvist & Jennifer Bergkvist
Layout: Pelle Isaksson, IVA

Denna sammanfattning finns att ladda ned via www.iva.se



Kungl. Ingenjörsvetenskaps
Akademien