



Rapport 2024:10

# Klimatomställningen och industrin

Dnr: 2023/49

Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser

Studentplan 3, 831 40 Östersund

Telefon: 010 447 44 00

E-post: [info@tillvaxtanalys.se](mailto:info@tillvaxtanalys.se)

[www.tillvaxtanalys.se](http://www.tillvaxtanalys.se)

För ytterligare information kontakta: Marie Gartell, avdelningschef, Tillväxtanalys.

E-post: [marie.gartell@tillvaxtanalys.se](mailto:marie.gartell@tillvaxtanalys.se)

Omslagsfoto: Johnér\_Bildbyrå

# Förord

Tillväxtanalys uppdrag är att utvärdera och analysera effekterna av statens insatser för en hållbar nationell och regional tillväxt. Vi ska också ge underlag och rekommendationer för utveckling, omprövning och effektivisering av politiken.

Syftet med den här rapporten är att belysa hur klimatomställningen kan komma att påverka industrin. Rapporten är skriven av Runar Brännlund, Umeå universitet, Tommy Lundgren, Sveriges Lantbruksuniversitet, och Mattias Vesterberg, Umeå Universitet på uppdrag av Tillväxtanalys. Alla tre är verksamma vid Centrum för Miljö- och Naturresursekonomi i Umeå (CERE).

Författarna svarar själva för studiens innehåll, analys och slutsatser.

Stort tack till alla som har bidragit med värdefulla inspel. Ett särskilt tack riktas till referensgruppen som består av Harry Flam, Stockholms universitet, Anna Dahlqvist, Konjunkturinstitutet, Jimmy Karlsson, Göteborgs universitet, Peter Frykblom, Tillväxtanalys, och Ulf Tynelius, Tillväxtanalys.

Östersund oktober 2024

Sverker Härd  
Generaldirektör, Tillväxtanalys

# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	4
1. Introduktion .....	9
2. Klimatpolitik i EU och Sverige .....	13
2.1 Statens roll i klimatomställningen .....	14
3. Betydelsen av energiintensiv industri för svensk ekonomi .....	17
3.1 Basindustrin .....	17
3.2 Skogsindustrin (inkl. skogsbruk) .....	18
3.3 Stål- och metallindustrin .....	19
4. Klimatomställningens konsekvenser – en litteraturgenomgång .....	21
4.1 Klimatomställning och företagens produktivitet, teknologisk utveckling och innovation .....	21
4.2 Miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter .....	26
4.3 Produktion, faktorefterfrågan och utsläpp av CO <sub>2</sub> .....	29
4.4 Energianvändning, energieffektivitet och rekyleffekter .....	31
5. Nya empiriska resultat .....	36
5.1 Faktorefterfrågemodellering .....	36
5.2 Data .....	37
5.3 Resultat .....	37
6. En konceptuell analys av grönt stål och elmarknaden .....	41
7. Summering och slutsatser .....	47
Referenser .....	49

# Sammanfattning

I samband med att EU antog en ny klimatlag 2021 höjdes målet att minska växthusgasutsläppen från 40 procent till minst 55 procent senast 2030. Lagen omvandlar tidigare politiska åtaganden om att EU ska uppnå klimatneutralitet senast 2050 till en bindande skyldighet. I juli 2021 lade EU-kommissionen fram sitt förslag om ett uppdaterat ramverk *Fit for 55*, för att nå målet som slås fast i klimatlagen.

Klimatpolitiken får effekter på Sveriges näringslivsstruktur. Strukturomvandling innebär att resurser flyttar från en del av ekonomin till en annan. Hur väl ekonomin kan anpassa sig till sådana förändringar är viktigt för hur tillväxten påverkas. Förmågan att ställa om kan också ge fördelar på den globala marknaden när det gäller att exportera hållbara varor och tjänster som efterfrågas globalt. Förändringarna kan vara både tillfälliga och permanenta. De kan också påverka olika delar av ekonomin olika.

Den här rapporten belyser hur klimatpolitiken kan komma att påverka den svenska industrin, och innehåller en litteraturgenomgång, en empirisk analys på mer aktuella data samt en konceptuell analys med ett räkneexempel.

## Resultaten i korthet

- En stringent klimatpolitik gynnar generellt inte produktiviteten i industrin. (Porterhypotesen).
- Miljöinvesteringar och miljöutgifter påverkas i viss mån positivt av klimatpolitik. Det finns därmed en risk att miljöinvesteringar tränger ut konventionella investeringar.
- Klimatpolitik - i termer av prissättning av koldioxid - fungerar i den mån att den minskar utsläpp, däremot är effekterna på produktion, investeringar och sysselsättning mindre tydliga. Vår nya uppdaterade empiriska studie visar dock att klimatpolitik kan ha en svag men positiv effekt på investeringar och sysselsättning.
- Det finns utrymme för energieffektivisering i industrin. Det existerar en så kallad rekyleffekt vid energieffektiviseringar som hindrar att de realiserar fullt ut i energibesparingar.
- Lönsamheten för investeringar i grönt stål beror på ett antal faktorer så som efterfrågan och pris på grönt stål, investeringskostnader, pris på insatsfaktorer, samt avkastningen på alternativa investeringar. Investeringars lönsamhet för samhället beror till stor del på utvecklingen på elmarknaden och elpriset, särskilt hur integrerade prisområdena inom det nordiska systemet är och hur kopplade Norden är till övriga Europa.

## Policyimplikationer

Rapportens policyimplikationer lyfter fram behovet av en balanserad klimatpolitik som främjar hållbara investeringar utan att undergräva produktivitet och konventionella investeringar. Det krävs en kombination av långsiktiga incitament, välanpassade

regleringar och stödjande åtgärder för att maximera klimatpolitikens positiva effekter på både ekonomin och miljön.

- **Klimatpolitik och produktivitet:** Eftersom klimatpolitik inte generellt gynnar produktiviteten i industrin, bör politiska beslutsfattare vara försiktiga med att utforma klimatåtgärder som förlitar sig på antagandet att de kommer att driva på effektivitet och öka lönsamhet.
- **Miljöinvesteringar vs. konventionella investeringar:** Policy för att stödja miljöinvesteringar bör ta hänsyn till att det kan komma att tränga ut andra lönsamma investeringar, med eventuella produktivitetsförluster som följd.
- **Koldioxidprissättning:** Koldioxidskatt och handel med utsläppsrätter minskar utsläpp, men har samtidigt relativt små effekter på produktion, investeringar och sysselsättning. Att sätta ett tydligt pris på koldioxid är med andra ord ett effektivt sätt att få ner utsläppen utan att lägga allt för stor börda på industrin.
- **Energieffektivisering:** För att hantera rekyleffekten – där ökad energieffektivitet inte fullt ut realiserar i minskad energianvändning - bör energieffektiviseringsåtgärder kombineras med prisincitament och energibesparingskampanjer. Annars finns risk för att policy riktad mot energieffektivisering blir mer eller mindre verkningslös.
- **Elmarknadens betydelse:** Marknaden för elektricitet är inte längre en svensk marknad, utan en del av en europeisk marknad. En politik med statligt stöd till storskalig utbyggd elproduktion i Sverige möjliggör därför inte nödvändigtvis omställningen av industrin, utan kan istället leda till ökad export av el och att konsumenter i andra länder därmed får billigare el.

## Vad visar litteraturgenomgången?

### **Inget tydligt samband mellan klimatpolitik och företagens produktivitet**

Litteraturstudien undersöker bland annat tidigare forskning om den så kallade *Porterhypotesen* och andra relevanta studier om sambandet mellan klimatpolitik och företagens produktivitet, lönsamhet och konkurrenskraft. Sammanfattningsvis visar genomgången att det inte finns ett brett stöd i litteraturen för Porterhypotesen, som hävdar att kostnader för miljöpolitik mer än väl kompenseras genom ökad produktivitet och effektivitet. Däremot visar vissa studier att en rätt utformad klimatpolitik kan öka produktiviteten och konkurrenskraften i vissa företag. Trots detta finns det inget generellt stöd för att en ambitiös klimatpolitik är det självklara alternativet om man fokuserar på dessa faktorer.

### **Klimatpolitiken spelar viss roll för miljöinvesteringar och miljöutgifter**

När det gäller miljöinvesteringar och löpande miljöutgifter för företag dras flera viktiga slutsatser. Forskningen indikerar att klimatpolitik, både på nationell och europeisk nivå, är relevant för företagens löpande miljöutgifter, men att prissättning av kol i produktionen inte har lett till ökade reala investeringar i grönt kapital under de perioder som studerats (fram till och med 2008).

### **Ökad energieffektivitet men minskad produktivitet**

Inom tillverkningsindustrin i stort har miljöinvesteringar och löpande miljöutgifter på företagsnivå visat sig ha positiva effekter på energieffektiviteten, vilket i sin tur är kostnadsbesparande. Samtidigt visar vissa studier att ökade miljöinvesteringar/utgifter och förbättrad miljöprestanda kan leda till negativa effekter på produktiviteten i följande perioder, vilket antyder att det kan vara kostsamt för företag att vara miljövänliga och att dessa kostnader inte alltid kompenseras av ökad lönsamhet.

### **Att omfördela miljöinvesteringar kan förbättra företagens prestanda**

Studier som undersöker dynamisk effektivitet och allokeringen mellan olika typer av gröna investeringar, exempelvis förebyggande åtgärder och "end-of-pipe"-lösningar, visar att företagen kunde ha förbättrat sin ekonomiska och miljömässiga prestanda genom att omfördela sina miljöinvesteringar över tid. Exempelvis visar forskning inom massa- och pappersindustrin att en omallokering mot mer förebyggande åtgärder tidigt (i detta fall innan EU ETS introducerades 2005) skulle ha kunnat leda till högre vinster och större utsläppsminskningar jämfört med vad som observerats i data under perioden (2000 – 2008).

### **Ett pris på CO<sub>2</sub> är effektivt för att minska utsläppen**

Vidare har forskning på svenska data visat att ett pris på koldioxid (CO<sub>2</sub>), såsom en koldioxidskatt eller EU ETS, är effektivt sätt att minska utsläppen, även om effekterna på produktion och investeringar/sysselsättning i industrin generellt sett är modesta. En viktig observation är att utsläppen verkar vara känsligare för förändringar i koldioxidskatten än för prisändringar på fossila bränslen, vilket kan indikera att skatten har en slags signaleffekt.

### **Risk för rekyleffekt kan minskas genom prishöjande åtgärder på energi**

När det gäller energieffektivitet och rekyleffekten visar studier att svensk industri har en potential att öka energieffektiviteten, både för bränslen och el, även om det varierar mellan sektorer. Energiskatten kan ha en positiv effekt på energieffektiviteten, medan effekterna av koldioxidskatten och EU ETS är modesta, enligt studier på svenska data. Det existerar också en rekyleffekt, vilket innebär att energibesparingar delvis eller helt äts upp av ökad energianvändning efter en energieffektivisering, och i vissa fall kan denna rekyleffekt till och med leda till en ökning av den totala energianvändningen. Rekyleffekten har viktiga policyimplikationer, särskilt för program som syftar till att öka energieffektiviteten i industrin. Om en effektivisering "äts upp" helt eller delvis kan det behövas ytterligare policyinterventioner som har en prishöjande effekt på energi för att dämpa rekyleffekten.

### **Vad visar faktorefterfrågemodellen?**

Vi observerar att mycket av det analyserade datamaterialet är 15–20 år gammalt i vår litteraturgenomgång, och att det finns ett behov av uppdaterade studier för att bättre förstå den senaste utvecklingen inom industrin och klimatpolitiken. Vår empiriska faktorefterfrågemodell analyserar ett nyare datamaterial (2004–2021).

Här studeras hur basindustrin påverkas av klimatomställningens förväntade prisökningar på energi och kapital. I flera avseenden bekräftar analysen resultaten i

tidigare studier, men det finns också skillnader. Effekterna av prishöjningar på el, fossila bränslen och realkapital i basindustrin kan sammanfattas enligt följande.

- Ökade priser på el och fossilbränslen har blygsamma men positiva effekter på investeringar och sysselsättning, vilket kan tolkas som en stimulans för "gröna jobb" och "gröna investeringar", men det är något man måste studera mer specifikt.
- Samtidigt minskar prishöjningar på koldioxid och fossila bränslen kraftigt användningen av dessa bränslen, särskilt i stål- och järnindustrin.
- Efterfrågan på el är särskilt känslig för prishöjningar, främst inom gruvsektorn. Även om prishöjningar på kapital påverkar investeringar negativt, är påverkan på sysselsättning mindre och generellt positiv.
- Jämfört med tidigare studier visar de nya resultaten att kapital och arbete nu fungerar som svaga substitut till el och bränslen, vilket innebär att klimatpolitik kan leda till ökade investeringar och sysselsättning, snarare än minskningar som tidigare observerats i litteraturstudien. Detta kan tolkas som att en mer stringent klimatpolitik till viss del stimulerar investeringar.

Begränsningar i modellansatser i litteraturgenomgången samt faktorefterfrågeanalysen Litteraturöversikten och faktorefterfrågeanalysen är baserade på modeller som utvecklas för att studera relativt små och gradvisa förändringar i faktorer som är relevanta för omställningen. De har därmed begränsningar när det gäller att förutse effekterna av större och mer abrupta förändringar, såsom de som kan uppstå vid en omfattande och relativt snabb klimatomställning. Trots dessa begränsningar kan modellerna ge värdefulla insikter. Vi kan använda dem för att identifiera riktningen för förändringar och därmed få en uppfattning om vilka tendenser som kan uppstå när klimatomställningens effekter blir mer påtagliga.

## Vad visar den konceptuella analysen?

Den konceptuella analysen och det räkneexempel vi presenterar utgör ett viktigt komplement till de befintliga modellerna, särskilt genom att de övergripande och långsiktiga konsekvenserna av en omställning som inte är marginell lyfts fram. I stället för att begränsa sig till små, gradvisa förändringar, fokuserar denna analys på de betydande strukturella skiften och de omfattande konsekvenser som klimatpolitiken kan medföra. Särskilt betonas här införandet av nya produktionsteknologier och den potentiellt omvälvande övergången till grön teknologi. Genom att analysera dessa djupgående förändringar får vi en bättre förståelse för hur klimatpolitik inte bara påverkar enskilda sektorer, utan också hur den kan omforma hela ekonomiska strukturer och produktionsmönster på lång sikt.

De planerade investeringarna i omställningen i exempelvis järn- och stålindustrin bygger på en teknologi där fossil energi ersätts av elektrisk kraft från förnybara energikällor som vindkraft och eventuellt kärnkraft. Även den svenska transportsektorn ska övergå från fossila bränslen till fossilfri el, vilket innebär en omfattande elektrifiering av samhället. Lönsamheten för investeringar i fossilfri produktion, som exempelvis grönt stål, beror på flera faktorer: (1) efterfrågan och pris på grönt stål, (2) investeringskostnader, (3) kostnader för insatsfaktorer som malm, råvaror, el och arbetskraft, samt (4) avkastningen



på alternativa investeringar. Därtill påverkar utvecklingen av priset på utsläppsrätter fram till deras utfasning.

### **Vad skulle det kosta samhället ifall tillgången på elektrisk kraft blir otillräcklig?**

En fråga som ställs är vad det skulle kosta samhället ifall tillgången på elektrisk kraft blir otillräcklig för elektrifieringen av industrin, exempelvis till produktionen av grönt stål, batteritillverkning, m.m. I rapporten ges en illustration och ett räkneexempel som kan ge vägledning till hur man kan tänka kring denna fråga. Räkneexemplet syftar inte till att ge ett fullödigt svar på frågan utan mer att tillhandahålla en tankemodell på hur man kan se på vad det skulle kosta i samhällsekonomiska termer ifall den "gröna omställningen" inte sker på grund av elbrist. Utgångspunkten i räkneexemplet är att det är lönsamt att bygga ut elproduktion. Att det trots det uppstår en "elbrist" är att det finns restriktioner av något slag som gör att den inte byggs ut.<sup>1</sup>

### **Transmissionsmöjligheterna för el mellan prisområden viktigt för omställningens lönsamhet**

Sammanfattningsvis visar räkneexemplet att omställningens lönsamhet för samhället till stor del beror på utvecklingen på elmarknaden, särskilt hur integrerade prisområdena inom det nordiska systemet är och hur kopplade Norden är till övriga Europa. I de scenarier som redovisas i räkneexemplet blir det tydligt att kanske den viktigaste faktorn för huruvida en omställning blir lönsam eller inte är transmissionsmöjligheterna för el från prisområde 1 och 2 till övriga delar inom den nordiska elmarknaden och i vilken utsträckning den nordiska marknaden integreras med övriga Europa.

---

<sup>1</sup> I konjunkturinstitutet (2023) redogörs för ett antal hinder och restriktioner som kan ha stor påverkan på utbyggnaden av kraftproduktion.

# 1. Introduktion

I samband med att EU antog en ny klimatlag 2021 höjdes målet att minska växthusgasutsläppen från 40 procent till minst 55 procent senast 2030. Lagen omvandlar tidigare politiska åtaganden om att EU ska uppnå klimatneutralitet senast 2050 till en bindande skyldighet. I juli 2021 lade EU-kommissionen fram sitt förslag om ett uppdaterat ramverk Fit for 55, för att nå målet som slås fast i klimatlagen.

Klimatpolitiken får effekter på Sveriges näringslivsstruktur. Strukturomvandling innebär att resurser flyttar från en del av ekonomin till en annan. Hur väl ekonomin kan anpassa sig till sådana förändringar är viktigt för hur tillväxten påverkas. Förmågan att ställa om kan också ge fördelar på den globala marknaden när det gäller att exportera hållbara varor och tjänster som efterfrågas globalt. Förändringarna kan vara både tillfälliga och permanenta. De kan också påverka olika delar av ekonomin olika. Denna rapport belyser hur klimatpolitiken kan komma att påverka den svenska industrin.

Klimatomställningen innebär ett omvandlingstryck på industrin i allmänhet och tung industri i synnerhet. Ökat reglerings-/omvandlingstryck påverkar kostnaderna för företagen och vi kan förutse att vissa priser på insatsvaror kommer öka mer eller mindre. Detta kan ta sig i uttryck t ex som klimatpolitik som påverkar priset på vissa fossilintensiva energislag, teknikregleringar som påverkar kostnad/effektivitet i användning av kapital, eller energi- och klimatpolitik som påverkar pris och användning av el, direkt eller indirekt. De ökade kostnaderna som följer ger substitutions- och inkomst/outputeffekter med förändringar i produktion, investeringar, sysselsättning och energianvändning som följd.

## *Påverkan på olika branscher och sektorer*

Hur stora effekterna blir på olika branscher och svensk ekonomi är en empirisk fråga. En viktig faktor är kapitalanvändningen i olika branscher, och vilken utsträckning en omställning innebär att nuvarande kapitalstock blir mer eller mindre obsolet och behöver ersättas med nytt realkapital. I det fall omställningen innebär att nuvarande realkapital ersätts av nytt "grönt" kapital i snabbare takt än i fallet utan omställning, och därmed tränger undan investeringar som annars vore (mer) lönsamma, blir effekten rimligen negativ vad gäller ekonomisk tillväxt. Det är helt enkelt en del av kostnaden för att uppfylla klimatmålen. Denna kostnad kommer bero på möjligheterna att avyttra nuvarande kapital, kostnaden för nytt grönt kapital, och (marginal)produktiviteten i det nya respektive det nuvarande kapitalet. Hur stor effekten blir är naturligtvis en empirisk fråga, och den beror dessutom i hög grad på vilka styrmedel som används för att nå de satta målen. Den gröna omställningen innebär i allt väsentligt att teknologier, och därmed kapital, baserade på fossil energi ska ersättas med utsläppsfri teknologi baserad på elektrisk kraft. Förutom de kapitalkostnader som är förknippade med ett sådant skift innebär det att tillgången till och kostnaden för elektrisk kraft blir en avgörande faktor för om omställningen blir lönsam eller ens möjlig. Analysen av hur lönsamheten i en omställning från fossilt till el i industrin är i denna del av rapporten i huvudsak konceptuell, men illustreras även med ett räkneexempel där vi ställer frågan om vad det kostar ifall (delar av) omställningen inte sker.

### *Empiri och konceptuell analys*

Rapportens syfte och bidrag är en empirisk och konceptuell analys på hur en klimatomställning potentiellt påverkar industrin i termer av produktion, sysselsättning, investeringar i realkapital/miljökapital samt produktivitet/miljöprestanda. I en ny empirisk applikation, givet data på produktion, användning av insatsvaror (kapital, arbete, energi, etc.), utsläpp, samt output/input-priser, kan vi med ekonometrisk analys skapa oss en uppfattning om vilka effekter klimatomställningen kan komma att få. Empiriskt kan vi basera analysen på faktorefterfrågemodellering. Det innebär att vi utifrån ett antagande om vinstmaximering eller kostnadsminimering kan estimerar efterfråge- och utbudselasticiteter. Dessa elasticiteter anger ett mått på känsligheten i efterfrågan på insatsvaror (kapital, arbete, el, bränslen, etc.) är för förändringar i priset på den insatsvaran (egenpriselasticitet) och andra insatsvaror (korspriselasticiteter). Säg att vi kan anta att omställningen innebär att priset på fossila bränslen och el ökar signifikant. Kapitalefterfrågans korspriselasticiteter (för bränslen och el) kan användas för att utvärdera huruvida kapital är komplement eller substitut till bränslen och el, och i vilken utsträckning investeringar kommer öka eller minska. Även om effekterna av stora förändringar är svåra att förutsäga så kan vi åtminstone säga något om tendensen i förändringar av t ex investeringar och sysselsättning i branscher som sannolikt drabbas av ökade kostnader i klimatomställningen.

De empiriska analyserna genomförs med hjälp av mikrodata från SCB (MONA-databasen) som inkluderar industridata på företagsnivå. Vi använder oss till viss del av redan gjorda studier inom området. Det bör tilläggas att den empiriska analysen i litteraturen som sammanfattas, och den analys vi gör specifikt i denna rapport, är partiell i meningen att sekundära effekter, eller allmänjämviktseffekter, inte beaktas. Exempelvis kan en omställning påverka löner och andra priser i ekonomin, vilket i sin tur får återverkningar på de studerade industrierna, men även påverkan på många andra sektorer än de som direkt påverkas.

### *Basindustrin i fokus*

Fokus i analysen ligger på tung basindustri såsom skogs-, kemi-, gruv- och stål/järnindustrin. Industrin står för ca 30 % av koldioxidutsläppen i Sverige och den tunga basindustrin står för en betydande del av dessa. Detta betyder att en klimatomställning, med ökat regleringstryck som följd, via framförallt EU ETS, kommer påverka basindustrin relativt hårt med högre pris på fossilintensiva insatsvaror. Elintensiteten är också relativt hög i basindustrin, speciellt i skogsindustrin, och klimatomställningens effekter - t ex ökad elektrifiering och europeisering, samt indirekt via EU ETS - på elmarknaden kan komma att få betydande inverkan på elanvändningen i sig men också indirekt på t ex investeringar och sysselsättning. Med fokus på elpriset används faktorefterfrågemodellen för att få indikationer/vägledning om dessa effekter. Även det "effektiva" priset på kapital kan komma att öka. Investeringar för att anpassa sig till omställningen ökar företagets kapitalutgifter, vilket potentiellt höjer det "effektiva" kapitalpriset eftersom mer resurser riktas mot att efterleva miljöregleringar istället för mot andra mer företagsekonomiskt produktiva investeringar. I den empiriska analysen fokuserar vi på effekterna av en ökning i dessa priser (fossil, el, kapital) och effekterna på faktorefterfrågan i energiintensiv basindustri.

**Rapporten består av följande tre delar:**

1. **En litteraturstudie** över klimatpolitikens påverkan på industrin med fokus på svenska data och analyser.
2. **En faktorefterfrågeanalys** med uppdaterat data-set på företagsnivå (SCB) med fokus på elintensiva sektorer.
3. **Klimatomställning och nya produktionsteknologier** – en konceptuell analys med ett räkneexempel.

*Begränsningar*

Litteraturstudien och faktorefterfrågeanalysen fokuserar på modeller som är utvecklade för att studera relativt små och gradvisa förändringar i ekonomiska variabler. Dessa modeller bygger på historiska data och har visat sig vara effektiva för att analysera (mindre) prisvariationer och deras påverkan på företagens beteende. Emellertid har de sina begränsningar när det gäller att förutsäga påverkan av större och mer abrupta förändringar, såsom de som kan förväntas vid en omfattande klimatomställning. Dessa modeller är inte helt tillförlitliga för att analysera förändringar som är större än de som observerats i de data som används i analysen. Till exempel kan en dramatisk ökning av priserna på el och fossila bränslen, som kan bli en följd av skärpt klimatpolitik, leda till effekter som inte kan förutsägas med hög noggrannhet av nuvarande modeller. Historiska data (och modellerna) kan inte fullt ut fånga de dynamiska och systematiska förändringar som en snabb klimatomställning kan medföra. Därför bör vi vara försiktiga med att dra långtgående slutsatser från resultaten i dessa modeller, eftersom de potentiella prisökningarna på el och fossila bränslen kan vara mycket större än vad vi sett historiskt.

Trots dessa begränsningar kan modellerna fortfarande ge värdefulla insikter. Vi kan använda dem för att identifiera riktningen för förändringar och därmed få en uppfattning om vilka tendenser som kan uppstå när klimatomställningens effekter blir mer påtagliga. Till exempel kan vi se om det finns en tendens för ökad investering i miljövänlig teknik eller om företagen börjar anpassa sina produktionsprocesser för att bli mer energieffektiva.

Den konceptuella analysen och det räkneexempel vi presenterar kompletterar till viss del dessa modeller genom att fokusera mer på de övergripande och långsiktiga effekterna av omställning som inte är marginell. Denna analys betonar införandet av nya produktionsteknologier och de stora strukturella skiften som kan ske som ett resultat av klimatpolitiken. Detta inkluderar till exempel övergången till grön teknologi.

Även om de modeller som används i rapporten har sina begränsningar när det gäller att förutsäga effekterna av stora förändringar, ger de ändå värdefull information om riktningen och tendenserna för dessa förändringar. Den empiriska analysen kompletteras med en mer konceptuell analys och ett räkneexempel som fokuserar på ett större och mer långsiktigt skifte av teknologi, vilket bidrar till ytterligare förståelse av de utmaningar och möjligheter som klimatomställningen medför.

*Disposition av rapporten*

Rapporten är disponerad som följer. Först ger vi en översiktlig beskrivning av klimatpolitiken i EU och Sverige. Därefter beskriver vi den tunga basindustrin i Sverige

och dess betydelse för svensk ekonomi. Vi går därefter in på vår litteraturstudie angående klimatpolitikens effekter på industrin i allmänhet och tung basindustri i synnerhet. Den empiriska analysen av nya data och resultat från en faktorefterfrågemodell för sektorer i basindustrin redovisas i nästkommande avsnitt. Slutligen erbjuder vi en mer konceptuell analys där vi använder det gröna stålet som exempel i en illustration av en hypotetisk scenarieanalys. Rapporten avslutas med en sammanfattning av de viktigaste insikterna.

## 2. Klimatpolitik i EU och Sverige

För en gedigen genomgång av klimatpolitiken i EU och Sverige se Tillväxtanalys rapport *"Mål o medel i klimatpolitiken"* (2022).<sup>2</sup> Här sammanfattar vi de mest relevanta delarna.

- EU:s klimatpolitik är omfattande och syftar till att bekämpa klimatförändringar genom att minska utsläppen av växthusgaser i enlighet med Parisavtalet.
- EU:s klimatlag (2021): Fastställer att EU ska vara klimatneutralt senast 2050. Inkluderar ett mål att minska nettoutsläppen av växthusgaser med minst 55 % till 2030 jämfört med 1990 års nivåer.
- Fit for 55 (2021): Ett omfattande lagstiftningspaket som syftar till att säkerställa att EU når målet om att minska utsläppen med 55 % till 2030. Inkluderar reformer av EU:s system för handel med utsläppsrätter (ETS), ett nytt handelssystem, ETS2, som omfattar utsläpp från transporter och bostäder, koldioxidgränsjusteringsmekanismen (CBAM), och nya standarder för energieffektivitet och förnybar energi.
- Handel med utsläppsrätter (EU-ETS): Marknadsbaserat system som introducerades 2005 där företag köper och säljer utsläppsrätter. Systemet syftar till att sätta ett pris på koldioxid inom EU för energiintensiv industri och ge ekonomiska incitament för att minska utsläppen. Fit for 55 innebär en nedtrappning av tilldelningen i systemet för att helt upphöra 2039. Dvs., efter 2039 ska de verksamheter som ingår i EU ETS i princip vara fossilfria.
- Förnybarhetsdirektivet: Sätter mål för medlemsländer att öka andelen förnybar energi i sin energimix. Målet är att 32 % av energin ska komma från förnybara källor till 2030.
- Energieffektiviseringsdirektivet: Ställer krav på medlemsländer att förbättra energieffektiviteten. Målet är att förbättra energieffektiviteten med 32,5 % till 2030.
- Sveriges klimatpolitik är ambitiös och syftar till att ställa om till ett hållbart samhälle med låga utsläpp av växthusgaser.
- Klimatlagen (2018): Ett ramverk för den svenska klimatpolitiken och ställer krav på regeringen att föra en politik som leder till att utsläppen minskar. Syftar till att Sverige ska bli klimatneutralt senast 2045.
- Klimatmålen: Minska de svenska utsläppen av växthusgaser med 63 % till 2030 jämfört med 1990 års nivåer för sektorer som inte omfattas av EU ETS. Minska utsläppen med 75 % till 2040. Sverige ska ha noll nettoutsläpp av växthusgaser senast 2045 och därefter uppnå negativa utsläpp via upptag av koldioxid i t ex skog.

---

<sup>2</sup> Andra källor för den intresserade är COM (2023), Direktiv (EU) 2023/959, Prop. 2016/17:146, och Skr 2023/34:59.

- Skatter och ekonomiska styrmedel: Sverige använder skatter och avgifter för att styra mot lägre utsläpp (främst för ESR-sektorn, dvs. de sektorer som inte är inkluderade i EU ETS), inklusive en koldioxidskatt som för närvarande är en av världens högsta (efter Uruguay, Schweiz och Lichtenstein). Program för investeringsstöd för förnybar energi och energieffektivisering har också funnits - och fortsätter att finnas in viss utsträckning - i syfte att minska utsläpp.
- Transportsektorn: Sverige satsar på elektrifiering av transportsektorn, utbyggnad av kollektivtrafik och främjande av cykel- och gångtrafik. Mål att minska utsläppen från inrikes transporter (utom inrikesflyg) med 70 % till 2030 jämfört med 2010 års nivåer.
- Energiomställning: Sverige har en hög andel förnybar energi, med mål att 100 % av elproduktionen ska vara fossilfri till 2040 (se [www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/](http://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/)). En del i denna energiomställning är diverse stöd för forskning och utveckling av nya energitekniker och energieffektivisering, t ex Klimatklivet.
- Skogen och klimatpolitik: Den svenska skogen absorberar betydande mängder koldioxid, med ett nettoupptag på cirka 40 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år de senaste 30 åren. Därför bör skogen ingå i klimatpolitiken, exempelvis genom att införa en koldioxidskatt på utsläpp från biomassa och subventioner för upptag i träprodukter, eller genom att inkludera skogens upptag och utsläpp i EU:s handelssystem för utsläppsrätter (EU ETS). Detta skulle göra särskilda mål för LULUCF-sektorn (Land Use, Land Use Change, and Forestry) överflödiga. Det är dock utmanande att utforma sådan politik, och vidare utredning krävs.
- Både EU och Sverige står inför liknande utmaningar i att nå sina klimatmål. Behovet av att balansera ekonomisk tillväxt med miljömässig hållbarhet, säkerställa rättvisa och socialt acceptabla övergångar för alla samhällsgrupper, och att främja innovation och investeringar i ny teknik och infrastruktur.

Sammanfattningsvis är EU:s och Sveriges klimatpolitik utformad för att kraftigt minska växthusgasutsläppen, främja hållbarhet och säkerställa en trygg framtid för kommande generationer. Detta kommer dock att ha effekter på industrin, speciellt den mer energiintensiva och utsläppsintensiva industrin. Klimatomställningen kommer innebära ett tryck uppåt på fossila bränslen, el och i viss mån också realkapital.

## 2.1 Statens roll i klimatomställningen

Den vetenskapliga litteraturen om statens roll i klimatomställningen är omfattande och täcker en rad olika aspekter, från policyutveckling och reglering till finansiering och innovation. Staten har uppenbart en central roll i att sätta upp och genomdriva regler som begränsar utsläpp av växthusgaser. Forskningen visar att marknadsbaserade instrument som koldioxidskatter och utsläppshandelssystem ofta är effektiva för att minska utsläppen, men deras effektivitet beror på utformningen och implementeringen av dessa system (Stavins, 2020). Även om dessa typer av styrmedel har implementerats av enskilda länder och regioner så är det en enorm politisk och administrativ utmaning att realisera t ex ett globalt system för handel med utsläppsrätter för koldioxid.

Offentliga investeringar i forskning och utveckling, samt i grön infrastruktur, kan också vara väsentliga för att möjliggöra klimatomställningen. Detta kan inkludera stöd till förnybar energi, energieffektivisering och elektrifiering av transportsektorn. Offentligt-privata partnerskap har visat sig vara effektiva för att främja teknisk innovation och implementering av klimatvänlig teknologi, se t ex Geels (2011), men det är case-beroende och inte ett generellt resultat. En mer indirekt strategi är att staten kan främja innovation genom att finansiera grundforskning, stödja demonstration och kommersialisering av ny teknik, samt genom att sätta upp standarder som driver teknisk utveckling (Mowery et al., 2010). Söderholm och Frishammar (2018) diskuterar statens roll i en grön omställning ur det svenska perspektivet. Specifikt resonerar de kring skäl för teknikspecifika stöd till den industriella omställningen. Se även Andersson et al. (2024) och Lindman (2022) för en diskussion om politikens betydelse för näringslivets klimatomställning.

Det finns även andra typer av marknadsmisslyckanden utöver de som direkt kopplas till klimatet, till exempel inom innovation och kapitaltillgång. Dessa misslyckanden kan leda till att investeringar som skulle vara till gagn för samhället som helhet antingen inte genomförs eller försenas. Rodrik (2014) påpekar att dessa typer av misslyckanden kan vara särskilt betydande när det gäller klimatområdet.

Staten har en viktig roll i att forma internationella klimatavtal och samarbete mellan länder. Forskning visar att internationella avtal som Parisavtalet är viktiga för att skapa global enighet och ("mjuka") förpliktelser kring utsläppsminskningar (se t ex Victor, 2011). Dessa avtal har dock problemet att de saknar sanktionsmöjligheter vid avvikelser från avtalet och det är i mångt och mycket ländernas eget ansvar för att planera och följa upp utsläppsminskningar samt bestämma hur dessa ska göras.

Staten måste också hantera frågor om social rättvisa i klimatomställningen, vilket innebär att säkerställa att övergången till en grön ekonomi inte förstärker ojämlikheter utan snarare bidrar till social rättvisa (Newell och Mulvaney, 2013).

Övergången till en koldioxidneutral ekonomi kräver att utsläpp och smutsiga teknologier fasas ut i vissa sektorer och ersätts av klimatvänliga teknologier och gröna ekonomiska alternativ. Eftersom de senare teknologierna och aktiviteterna kommer att ha en lång livstid är det av yttersta vikt att undvika allvarliga misstag som kan få långtgående konsekvenser. En central fråga är om staten bör utforma en allmän politik som ger branschneutrala incitament att investera i klimatvänliga alternativ eller aktivt investera i specifika industrier, det vill säga välja bland klimatvänliga industrier och teknologier som förväntas bli framgångsrika.

Enligt ekonomisk teori är ekonomin ofullkomlig om det finns marknadsmisslyckanden, såsom positiva eller negativa externa effekter, naturlig monopol och andra fall av ofullkomlig konkurrens. Vanligtvis antas att varje marknadsmisslyckande korrigeras av separat riktade politikåtgärder och att ekonomiska aktörer internaliserar samhällliga kostnader och nyttor. Statens roll är i stor utsträckning att korrigera dessa väldefinierade marknadsmisslyckanden och säkerställa att egendomsrätt respekteras. Vi kan kalla detta den neoklassiska staten (se diskussion Hassler och Flam, 2023).

En alternativ syn är att radikal samhällsförändring, som den gröna övergången, kräver en proaktiv stat. Statens roll är i detta fall att underlätta övergången genom att samordna olika politiska åtgärder över sektorer; över privata aktörer med skilda intressen; och över



statliga organ, var och en ansvarig för ett särskilt politikområde som teknikutveckling eller industri och sysselsättning. I två nyligen uppmärksammade böcker av Mazzucato (2018, 2021) hävdar författaren att statliga, riktade stimulanspaket, särskilt efter ekonomiska kriser, har visat sig vara effektiva för att accelerera investeringar i grön teknologi. Särskilt betonar Mazzucato (2018, 2019) relevansen av statens roll i en icke-marginell förändring av industri och näringsliv i termer av riktade investeringsstöd, gröna lån, direkta samordnade projekt, etc. Enligt Mazzucato (2018, 2021) bör så kallade 'missions' utformas för att organisera och underlätta stora sociala förändringar, som t ex den gröna övergången, och de bör idealt sett ha ett antal egenskaper; 1) Vara djärva och fokusera på samhällliga värden; 2) Ha konkreta mål som kan följas upp; 3) Innefatta explicita planer för FoU och teknikutveckling; 4) Vara tvärsektoriella, innefatta både privata och statliga aktörer, och vara tvärvetenskapliga. 5) Tillåta konkurrerande teknologiska lösningar kompletterat med regler för att stoppa finansiering av FoU inom teknologier som inte visar tillräcklig förbättring.

Tydligt är att det neoklassiska statssättet förlitar sig på individernas kreativa natur, medan det proaktiva statssättet förlitar sig tungt på välinformerade och välvilliga politiker och byråkrater. Den nuvarande regeringens politikplattform är en blandning av den neoklassiska och den proaktiva staten, men som en tumregel ges företräde åt icke-neutrala incitament, det vill säga, en proaktiv stat föredras i vissa avseenden (Hassler och Flam, 2023).

### **3. Betydelsen av energiintensiv industri för svensk ekonomi**

Ett sätt att utvärdera en sektors ekonomiska betydelse är att mäta dess bidrag till BNP och sysselsättning. Denna analys kan utökas med att inkludera både direkta och indirekta effekter. Direkta effekter avser de omedelbara bidragen som till exempel en fabriks anställda och dess produktion, medan indirekta effekter innefattar de ytterligare ekonomiska aktiviteter som genereras "uppströms" och "nedströms" i värdekedjan.

Till exempel skapar etableringen av en pappersfabrik inte bara jobb på själva fabriken, utan också hos underleverantörer som levererar råvaror och tjänster (nedströms), samt hos de företag som använder pappret för att producera andra varor (uppströms). Dessa verksamheter bidrar ytterligare till sysselsättningen och skapar värde i ekonomin.

För att kvantifiera dessa indirekta effekter används ofta input-output-analyser. Dessa analyser visar hur olika sektorer är beroende av varandra och möjliggör beräkningar av multiplikatoreffekter, vilket är hur en initial ekonomisk aktivitet genererar ytterligare ekonomisk aktivitet i andra sektorer. Ett exempel är etableringen av en batterifabrik, vilket ökar efterfrågan på varor och tjänster från många andra sektorer, vilket i sin tur skapar ytterligare jobb.

Multiplikatoreffekten kan vara signifikant om de nya jobben fylls av personer i arbetslöshet, vilket inte tränger undan annan produktion. Om resurserna däremot dras från andra sektorer kan multiplikatoreffekten vara liten eller obefintlig, eftersom den nya aktiviteten tränger undan annan produktion.

I en fullt sysselsatt ekonomi leder ökad produktion inom en sektor till minskad produktion någon annanstans, och det ekonomiska värdet av en sådan expansion kan vara noll. Alternativkostnaden, eller värdet av den bästa alternativa användningen av en resurs, är ett viktigt mått här. Detta koncept används för att bestämma den verkliga kostnaden för att använda resurser inom en viss sektor, som t ex stålindustrin.

I vad som presenteras nedan har information hämtats från Statistiska centralbyråns nationalräkenskaper och rapporter av Hallsten et al. (2021) som är en del av Industriarbetsgivarnas rapport 2021.

#### **3.1 Basindustrin**

Basindustrin, som består av de tunga, el- och energiintensiva delarna av svensk industri, spelar en central roll i Sveriges ekonomi. Denna sektor omfattar primärt stål- och metallindustrin, gruvindustrin, massa- och pappersindustrin, och i viss mån även den kemiska industrin.

År 2018 sysselsatte basindustrin, både direkt och indirekt, cirka 177 000 personer, motsvarande 3,5 procent av totala antalet sysselsatta i hela ekonomin och 22 procent av den totala industriella sysselsättningen. Av dessa var 60 500 personer direkt sysselsatta inom basindustrin, medan 116 500 personer var indirekt sysselsatta som underleverantörer till basindustrin, vilket visar på dess omfattande inverkan på arbetsmarknaden.

Basindustrin har även en betydande roll som leverantör till andra branscher. År 2018 arbetade över 45 000 personer med att producera insatsvaror till andra delar av den varuproducerande sektorn. Detta belyser hur intrikat sammankopplade olika industrier är och hur en sektors expansion eller nedgång kan ha omfattande effekter på sysselsättningen över hela ekonomin.

Ekonomiskt genererade basindustrin ett förädlingsvärde på cirka 192 miljarder kronor 2018, vilket utgjorde 4,5 procent av Sveriges totala förädlingsvärde och 23 procent av totala industriella förädlingsvärdet. För varje krona som skapades inom basindustrin genererades ytterligare 1,4 kronor genom underleverantörernas bidrag, vilket resulterade i en förädlingsvärdesmultiplikator på 2,4.

Basindustrins export är också av stor betydelse för Sveriges ekonomi. År 2018 stod basindustrin för cirka 20 procent av Sveriges totala varuexport, och majoriteten av denna export gick till EU-länder. Nettoexportvärdet uppgick till cirka 133 miljarder kronor 2018, och ökade till 152 miljarder kronor 2020.

Regionalt sett har basindustrin en betydande inverkan, särskilt i län som Gävleborg och Norrbotten där direkt sysselsatta utgjorde över 12 procent av sysselsättningen 2018. I dessa regioner bidrog basindustrin också avsevärt till den regionala ekonomiska produktionen.

Sammanfattningsvis utgör basindustrin en viktig del av den svenska ekonomin, inte bara i termer av sysselsättning och förädlingsvärde, utan också som en kärnkomponent i den nationella och regionala ekonomiska infrastrukturen. Sektorns påverkan sträcker sig även långt utöver dess direkta ekonomiska bidrag genom dess omfattande nätverk av underleverantörer och dess betydande exportvärde.

## **3.2 Skogsindustrin (inkl. skogsbruk)**

Skogsindustrin utgör den mest elintensiva delen av svensk industri, vilket gör att den påverkas mer än övriga branscher av förändringar i elförsörjning, elmarknader och elpriser. Skogssektorn omfattar inte bara industriella verksamheter som trävaru-, massa- och pappersindustrin, utan även skogsbruket självt.

Skogssektorn sysselsätter, direkt och indirekt, cirka 115 000 personer, vilket motsvarar ungefär 2 procent av alla sysselsatta i hela ekonomin. Av dessa är ca 40 000 direkt sysselsatta och 75 000 indirekt sysselsatta. De indirekt sysselsatta är främst underleverantörer och tjänsteleverantörer, inklusive berörda inom transportsektorn.

Förädlingsvärdet för skogssektorn, både direkt och indirekt, uppskattas till ungefär 110 miljarder kronor, vilket representerar omkring 2,5 procent av Sveriges BNP. Massa- och pappersindustrin står för den största delen av detta värde. En stor del av skogsindustrins produkter exporteras, med en exportvolym på drygt 145 miljarder kronor år 2020, vilket motsvarade ungefär 10 procent av Sveriges totala varuexport det året. Nettoexporten för skogssektorn genererade ett överskott på 105 miljarder kronor.

Regionala ekonomiska bidrag från skogsindustrin är också noterbara, speciellt i län som Gävleborg, Värmland, Västernorrland och Jönköping, där näringen bidrar med nästan 10 procent av förädlingsvärdet och cirka sju procent av sysselsättningen. På nationell nivå

står skogsindustrin för drygt två procent av alla skatteintäkter från arbetsinkomster, vilket motsvarar nästan 32 000 tjänster inom offentlig sektor.

Det är viktigt att notera att dessa siffror kan betraktas som en övre gräns beroende på hur resurserna skulle ha använts i alternativa scenarion. Dessa data ger en övergripande bild av skogsindustrins ekonomiska betydelse och dess roll i den svenska ekonomin.

### 3.3 Stål- och metallindustrin

Stål- och metallindustrin sysselsätter över 51 000 personer, vilket är drygt en procent av det totala antalet sysselsatta i hela ekonomin och 1,5 procent av näringslivets totala antal sysselsatta. Av dessa 51 000 sysselsatta är drygt 17 500 direkt sysselsatta och omkring 33 500 indirekt sysselsatta. Flest jobb bland underleverantörerna skapas inom branscherna för återvinning och sanering.

Stål- och metallindustrin producerar, direkt och indirekt, slutprodukter till ett förädlingsvärde som uppgår till omkring 56 miljarder kronor, vilket motsvarar 1,3 procent av Sveriges totala förädlingsvärde och 1,7 procent av näringslivets totala förädlingsvärde. För varje krona förädlingsvärde som skapas direkt i stål- och metallindustrin skapas indirekt 1,7 kronor inom andra branscher och företag inom den egna branschen som är knutna till stål- och metallindustrins slutprodukter. Den största underleverantören till stål- och metallindustrin i termer av förädlingsvärde är gruvindustrin (t ex järnmalm).

Stål- och metallindustrin exporterar majoriteten av de slutprodukter som produceras – hela 96 procent av branschens producerade förädlingsvärde. Exportens förädlingsvärde uppgick under 2018 till nästan 54 miljarder kronor. Under 2019 exporterade stål- och metallindustrin varor till ett bruttovärde av 103 miljarder. Detta motsvarade nästan sju procent av Sveriges totala export av varor. Nettoexporten, där importvärdet dras av från det totala värdet av exporten, visade ett överskott på drygt 31 miljarder kronor år 2020.

Nedan redovisas en sammanställning av betydelsen av direkta och indirekta betydelsen för basindustrin i stort samt för skogsnäringen och stål- och metallindustrin specifikt. Samma kvalifikationer gäller för den industrin angående tolkningen av indirekta effekter i samhällsekonomiska termer, men vi upprepar inte dessa nedan.

Tabell 1 sammanfattar betydelsen av basindustrin totalt samt de ingående sektorerna skogsnäringen och stål- och metallindustrin specifikt i termer av förädlingsvärde och sysselsättning.

Tabell 1 Sammanfattning direkt och indirekt betydelse av basindustrin och dess största sektorer.

Basindustrin totalt	Direkt	Indirekt
Förädlingsvärde	80 miljarder	102 miljarder
Sysselsättning	60 500	116 500
Skogsnäringen	Direkt	Indirekt
Förädlingsvärde	44 miljarder	66 miljarder

<b>Basindustrin totalt</b>	<b>Direkt</b>	<b>Indirekt</b>
Sysselsättning	40 000	75 000
<b>Stål- och metall</b>	<b>Direkt</b>	<b>Indirekt</b>
Förädlingsvärde	21 miljarder	35 miljarder
Sysselsättning	17 500	33 500

## 4. Klimatomställningens konsekvenser – en litteraturgenomgång

Klimatpolitiken får effekter på Sveriges näringslivsstruktur i form av en strukturomvandling. Strukturomvandling innebär att resurser flyttar från en del av ekonomin till en annan. Hur väl ekonomin kan anpassa sig till sådana förändringar är viktigt för hur tillväxten i hela ekonomin påverkas. Förmågan att ställa om kan också ge fördelar på den globala marknaden när det gäller att exportera hållbara varor och tjänster som efterfrågas globalt. Förändringarna kan vara både tillfälliga och permanenta. De kan också påverka olika delar av ekonomin olika. Detta projekt syftar till att belysa klimatomställningens effekter på industrin.

I detta avsnitt går vi igenom litteratur rörande miljöpolitikens effekter på företagens ekonomiska och miljömässiga prestanda, dvs, effekter på produktion, faktorefterfrågan, utsläpp och energianvändning. Översikten lägger fokus på svenska studier på mikrobaserat data från industrin. Observera att varje underavsnitt i denna sektion avslutas med en sammanfattning som den angelägne kan hoppa direkt till.

### 4.1 Klimatomställning och företagets produktivitet, teknologisk utveckling och innovation

Klimatförändringar och andra miljöproblem har motiverat regeringar att införa eller planera olika typer av miljöpolitik för att mildra eller anpassa sig till dessa problem. En oro är att strikta miljöpolitiska åtgärder kommer att hämma tillväxt och hindra utveckling, åtminstone för 'standardvaror'. Den konventionella eller neoklassiska synen är att strängare miljöpolitik leder till ökade kostnader, lägre produktivitet och minskad lönsamhet. Att begränsa företagets operationsutrymme med regleringar kommer ofrånkomligen att ha negativ inverkan på produktivitet och lönsamhet. Detta synsätt har dock nyanserats de senaste 30 åren och en stor litteratur ägnar sig åt att analysera hur klimat- och miljöpolitik påverkar företagens ekonomiska och miljömässiga prestanda.

Vi ska först gå igenom litteraturen avseende miljöpolitik och det så kallade Porterargumentet.

Litteraturen om konkurrenskraft, ekonomisk prestanda samt effekterna av miljö- och/eller energi- och klimatpolitik är omfattande. Det finns åtminstone fem omfattande översikter publicerade som summerar litteraturen för miljöpolitik och lönsamhet/produktivitet (Jaffe et al., 1995; Brännlund och Lundgren, 2009; Ambec et al., 2013; Dechezleprêtre and Sato, 2017; Dechezleprêtre et al., 2019). Intresset för detta forskningsfält går tillbaka till början av 1990-talet, när Harvard-professorn M. Porter utmanade den konventionella teorin om påverkan av miljöregleringar på företag. Två inflytelserika arbeten, Porter (1991) och Porter och van der Linde (1995), lanserade argumentet att välutformad eller 'rätt typ' av reglering – främst ekonomiska styrmedel - potentiellt kan öka konkurrenskraften, detta argument är allmänt känt idag (inom forskningen) som Porterargumentet eller Porterhypotesen.

I den empiriska litteraturen om effekter av miljöregleringar på företagens prestanda mäts konkurrenskraft vanligtvis genom handel, var företag/branscher lokaliserar sig, sysselsättning, produktivitet eller innovation (eller en kombination av dessa variabler). Här tittar vi närmare på några av de senaste studierna som fokuserar på olika typer av produktionsmått såsom produktivitet, (in)effektivitet och teknologisk utveckling.

Jaffe et al. (1995), som är ett direkt svar på Porters argument, finner inga systematiska bevis ditintills som stöder den reviderade hypotesen att miljöregleringar främjar innovation/produktivitet och förbättrad konkurrenskraft. Brännlund och Lundgren (2009) drar slutsatsen att den teoretiska litteraturen kan identifiera de mekanismer som är tillräckliga för att en Portereffekt ska inträffa, men att den empiriska litteraturen inte ger generellt stöd för Porters argument; när det gäller produktivitet är påverkan vanligtvis negativ (se t ex Brännlund och Lundgren, 2010, som studerar teknisk utveckling och effekter av den svenska koldioxidskatten). Ambec et al. (2013) når en liknande slutsats, dvs. att den empiriska evidensen för Porters argument när det gäller produktivetsförbättringar är motstridig, men de påpekar att senare studier antyder ett mer frekvent stöd i denna riktning. Dechezleprêtre och Sato (2017) drar slutsatsen att miljöregleringar har kortsiktigt negativa effekter på produktivitet inom vissa sektorer, och positiva effekter inom andra, på lång sikt är resultaten mer tvetydiga; återigen är det övergripande budskapet att resultaten är motstridiga och att det inte finns ett generellt stöd för Porterargumentet.

Dechezleprêtre et al. (2019) noterar att det ökade intresset för förhållandet mellan miljöpolitik och ekonomisk prestanda indikerar en ny våg av forskning; att vara mer 'grön' – vare sig det beror på intern eller extern policy – påverkar inte bara företags kostnader utan påverkar också potentiellt företagets intäkter. Detta kopplar delvis till en omfattande litteratur kring företagets sociala/miljömässiga ansvar (så kallad 'corporate social responsibility', CSR), som vi inte inbegriper i denna genomgång. För den intresserade, se Dam et al. (2019) som sammanfattar teorier (från nationalekonomi) som kan förklara CSR/självreglering.

Innan vi går vidare till att se på mer nyligen genomförda empiriska studier, låt oss först se på en illustration av Porterargumentet från ett synsätt baserat på modern produktionsteori.<sup>3</sup> Figur 1 illustrerar det grundläggande Porterargumentet genom att visa förhållandet mellan företagets 'önskvärda' och 'oönskade' produktion (figuren är lånad från Bostian och Lundgren, 2020). Önskvärd produktion är den vara som säljs på en marknad, den oönskade produktionen är en bi-produkt, ofta tänker vi på utsläpp av olika slag, t ex. CO<sub>2</sub>-utsläpp.

Enligt Porterargumentet kommer en reglering att belysa (in)effektiviteter i ett företag, exempelvis en ineffektiv resursanvändning som innebär 'onödiga' utsläpp. Ett sätt att illustrera detta är att i perioden innan regleringen anta att ett företag inte producerar så mycket som man potentiellt kan, utan snarare vid punkt C, dvs., företaget uppvisar en ineffektivitet i sin produktion (kan t ex bero på icke optimala beslut av ledningen, inadekvat teknologi, etc.). 'Rätt typ' av regleringar av utsläpp från  $z^0$  till  $z^R$  avslöjar ineffektiviteter, vilket skulle möjliggöra för företaget att röra sig (utåt) mot

---

<sup>3</sup> Porter själv formaliserade inte analysen av sitt argument på detta sätt, han använde sig främst av fallstudier och resonering kring vad han kunde observera i termer av ett fåtal företag.





I ett viktigt (tidigt) och tongivande bidrag till den empiriska litteraturen delar Jaffe och Palmer (1997) upp effekterna av miljöregleringar – i relation till vad vi kallar Porterargumentet - i tre olika testbara versioner: (1) den 'svaga' versionen som gör gällande att miljöregleringar kommer att stimulera miljöinnovationer; (2) den 'snäva' versionen som menar att incitamentbaserade regleringar (skatter/avgifter, handelssystem) ger företag större incitament till FoU än föreskrivande regler, såsom t ex teknologi-standarder; och (3), den 'starka' versionen som stipulerar att en väl utformad, incitamentsbaserad reglering kan sporra kostnadsbesparande innovation som mer än kompenserar för regleringskostnaderna (ett så kallat 'win-win'-utfall). Med hjälp av amerikanska data på gröna investeringar och utgifter (PACE – pollution and abatement costs and expenditure) finner de ett visst stöd för den svaga och snäva versionen, men inte för den starka versionen av Porterargumentet.

Berman och Bui (2001) undersöker effekten av luftkvalitetsregleringar på produktiviteten (TFP, total faktorproduktivitet) hos oljeraffinaderier i Los Angeles-området under perioden 1979 till 1992. Trots höga kostnader (investeringar i miljörelaterat kapital, t ex.) förknippade med dessa regleringar steg TFP kraftigt mellan 1987 och 1992, en period med minskad raffinaderiproduktivitet i andra regioner. Författarna drar slutsatsen att de explicita kostnaderna för miljöinvesteringar kan överskatta den ekonomiska kostnaden för miljöregleringen eftersom dessa investeringar i miljökapital mycket väl kan inducera öknings i TFP; denna slutsats utesluter alltså inte stöd för den starka versionen av Porterargumentet.

Shadbegian och Gray (2005) undersöker effekterna av miljöinvesteringar (PACE) på produktiviteten för 68 massa- och pappersbruk, 55 oljeraffinaderier och 27 stålverk för perioden 1979–1990. De estimerar en produktionsfunktion (Cobb-Douglas) för att mäta hur olika typer av kapital, arbetskraft och råmaterial bidrar till produktionen. Data på miljöutgifter/investeringar möjliggör att de kan särskilja mellan produktiva (konventionella) investeringar och miljörelaterade investeringar. De finner att miljöinvesteringar och utgifter bidrar lite eller inget till produktionen (låg marginalproduktivitet) eller produktiviteten, en slutsats som alltså inte är i linje med Berman och Bui (2001).

Lanoie et al. (2011) testar signifikansen av alla tre olika varianter av Porterargumentet. Deras analys baseras på en stor databas som inkluderar observationer från cirka 4 200 anläggningar i 7 OECD-länder. Generellt, och i linje med Jaffe och Palmer (1997), finner de stöd för den svaga och snäva versionen men inget stöd för den starka 'win-win'-versionen.

Albrizio et al. (2017) undersöker effekterna av miljöpolitik på produktivitet på industri- och företagsnivå för en panel av OECD-länder. För att testa den starka versionen av Porter-hypotesen/argumentet använder de en produktivitetsmodell för att beakta effekterna av miljöpolitik. De finner att en skärpning av miljöpolitiken är förknippad med en kortvarig ökning av produktivitetstillväxten på industriell nivå i de mest teknologiskt avancerade länderna. För det genomsnittliga företaget finner de inga bevis för Porter-hypotesen. De mest produktiva företagen upplever en tillfällig ökning av produktivitetstillväxten, medan mindre produktiva företag upplever en nedgång i produktivitet.

Ett antal svenska studier finns som är kopplade till Porters argument och produktivitet/effektivitet. De undersöker svensk tillverkningsindustri på företagsnivå mellan åren 1990 och 2016 i olika tidsintervall.

Brännlund och Lundgren (2010) undersöker effekten av en CO<sub>2</sub>-skatt på lönsamhet och teknologisk utveckling för svensk industri mellan 1990 och 2004. CO<sub>2</sub>-skatten infördes 1991 och 2005 tog EU ETS över som huvudsakligt styrmedel för klimatrelaterade utsläpp. Genom att använda en faktorefterfrågemodell och specificera en vinstfunktion som har en teknologikomponent direkt beroende av företagsspecifik, effektiv (inbetald) skatt på CO<sub>2</sub>, kan de estimerar effekten av skatten på teknologisk utveckling. Resultaten visar att det finns stöd för en 'omvänd' Porter-effekt i de flesta sektorer, särskilt inom energiintensiva industrier; det vill säga, teknologisk utveckling påverkas negativt av CO<sub>2</sub>-skatten. Det betyder dock inte att utsläppen inte påverkas i rätt riktning (dvs. minskar), mer om detta nedan.

Lundgren et al. (2015) analyserar produktivitetseffekterna av den svenska CO<sub>2</sub>-skatten och det europeiska systemet för handel med utsläppsrätter (EU ETS) för den svenska massa- och pappersindustrin åren 1998–2008. De använder en så kallad Luenberger-typ av TFP-indikator som möjliggör att separera effekter på teknologisk utveckling (förflyttning av 'den teknologiska fronten') och (in)effektivitet ('catch-up', förflyttning mot 'fronten'). Resultaten pekar på att CO<sub>2</sub>-skatten och EU ETS hade en blygsam påverkan på teknologisk utveckling inom massa- och pappersindustrin, och när de var statistiskt signifikanta var dessa effekter negativa. De resonerar i sina slutsatser att vid utformning av policy för att minska CO<sub>2</sub>-utsläpp är det avgörande att policyn genererar ett 'kolpris' som är tillräckligt högt för att sätta press på teknologisk utveckling, något som sannolikt inte var fallet under den studerade perioden.

Lundgren och Marklund (2015) undersöker hur företags miljöprestanda (EP – förändring i kolintensitet i produktionen) påverkar företags ekonomiska prestanda, mätt som vinsteffektivitet/lönsamhet (PE) i en stokastisk frontmodell (stochastic frontier analysis, SFA). Genom att analysera företag inom svensk tillverkningsindustri från 1990 till 2004 visar deras resultat att miljöprestanda som orsakas av miljöpolitik (CO<sub>2</sub>-skatten) inte har effekt på lönsamhet (PE, profit efficiency), medan frivillig eller marknadsdriven miljöprestanda ('självreglering') verkar ha en signifikant positiv effekt på företagets PE i de flesta sektorer. Resultaten stöder generellt idén att förbättrad miljöprestanda också är bra för lönsamheten, så länge miljöprestanda inte orsakas av extern policy, i detta fall en CO<sub>2</sub>-skatt. Resultaten visar dock heller ingen signifikant *negativ* effekt av CO<sub>2</sub>-skatten på effektiviteten. Med samma datamängd och modelleringsram visar Färe et al. (2016) (kap. 5) ett liknande resultat. Effekterna av en CO<sub>2</sub>-skatt på effektivitet och lönsamhet är olika beroende på vilken bransch som analyseras; men visst stöd finner man för en positiv dynamisk effekt av CO<sub>2</sub>-skatten på de sektorer som uppvisar störst ineffektivitet i produktionen, medan för de mest effektiva företagen finner man det omvända, dvs. en negativ effekt.

Till sist vill vi säga något om klimat- och miljöpolitik och dess effekter på innovation och gröna patent hos företag. Coria och Jaraite-Kazukauske (2024) undersöker effekten av offentliga innovationsbidrag och EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS) på grön innovation i form av gröna patent inom svenska industriföretag. Genom att analysera gröna patent från 1985-2018, visar deras resultat att *betydande* innovationsbidrag ökar

antalet gröna patent inom tillverkningssektorn, medan mindre bidrag har liten effekt. Företag inom ETS producerar färre gröna patent än företag utanför ETS, vilket indikerar att fokus ligger på efterlevnad snarare än bredare innovation. Inga betydande kombinerade effekter av bidrag och utsläppshandel observerades, vilket understryker vikten av riktade bidrag för att främja grön teknik.

### Sammanfattning

- Den översiktliga genomgången av tidigare översikter och ett antal specifika studier visar att:
- Det saknas ett generellt stöd i litteraturen för den starka versionen av Porterargumentet, dvs att kostnaderna för miljöpolitik mer än kompenseras för genom ökad produktivitet/effektivitet/lönsamhet.
- Litteraturen kring Porterargumentet visar att en rätt sorts klimatpolitik *i vissa fall* skulle kunna öka produktiviteten och konkurrenskraften, men det finns inget allmänt stöd för att en relativt ambitiös klimatpolitik är det självklara alternativet, åtminstone om vi anammar produktivitets- och konkurrenskraftperspektivet.
- Riktade bidrag till innovation har potentialen att öka gröna patent och grön innovation inom industrin, speciellt om de bidragen är av betydande storlek.

## 4.2 Miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter

SCB samlar med jämna mellanrum in information om svenska företagens miljörelaterade investeringar och utgifter.<sup>4</sup> Ett antal studier analyserar huruvida klimatpolitiken påverkar dessa utgifter och investeringar, deras effekt på företagets utsläpp och ekonomiska prestanda (produktivitet), allokering över tid (dynamisk effektivitet), samt optimal mix mellan processrelaterade investeringar och 'end-of-pipe'-typ av investeringar. I viss mån relaterar dessa studier till Porterargumentet som vi behandlat ovan. Vi ska här gå igenom de viktigaste slutsatserna från dessa studier.

Jaraite et al. (2014) analyserar bestämningsfaktorer för miljöutgifter och investeringar i svensk industri under perioden 1999 - 2008. Specifikt undersöker de särskilt hur miljöutgifter och investeringar för svenska industriföretag reagerade på klimatpolitik, såsom Europeiska unionens system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) och den svenska CO<sub>2</sub>-skatten, båda styrmedel riktade mot att mildra utsläpp av CO<sub>2</sub>. Sammantaget är en viktig slutsats av denna analys att klimatpolitik, både på nationell och på europeisk nivå, är relevanta skäl för företagets (löpande) miljöutgifter. Dock stöder resultaten inte att EU ETS och den svenska CO<sub>2</sub>-skatten har sporrat investeringar i 'grönt' kapital (processrelaterade) under den perioden som studeras.

Det finns två intressanta studier som analyserar liknande frågeställningar, dock ej med fokus på klimatrelaterade styrmedel som Jaraite et al. (2014). Löfgren et al. (2008) fokuserar på att mäta investeringshinder (orsakade av osäkerhet) för miljöinvesteringar kopplat till klimat baserat på en optionsvärdesmodell (för massa/papper- och energisektorer), och Hammar och Löfgren (2010) som analyserar bestämningsfaktorer för investeringar i 'end-of-pipe' (tilläggsinvesteringar, t ex., ett filter på en skorsten) och ren

<sup>4</sup> Se appendix för en tablå som förklarar dessa insamlade data (på engelska).

teknik (fyra energiintensiva sektorer inom tillverkning). Löfgren et al. (2008) finner (i linje med tidigare studier) betydande hinder (optionsvärde) för miljöinvesteringar, det vill säga osäkerhet skjuter upp dessa beslut. Hammar och Löfgren (2010) drar slutsatsen att det finns olika drivkrafter för miljöinvesteringar beroende på om de är investeringar i 'end-of-pipe'-åtgärder eller investeringar i grön processteknologi. Det finns en tydlig roll för grönt forsknings- och utvecklingsarbete (R&D) när det gäller grön teknik, medan energipriser verkar vara viktiga för "end-of-pipe"-investeringar.

Bostian et al. (2016) studerar i en produktionsekonomisk nätverksmodell hur miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter i skogsindustrin (2002-2008) påverkar dess produktivitet, energianvändning och utsläpp. Mer specifikt så tar studien fram nått på företagets produktivitet, energieffektivitet och miljöprestanda, som explicit tar hänsyn till intertemporala miljöinvesteringsbeslut. Miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter bestäms både av extern och intern miljöpolicy, dvs., både regleringar och 'självreglering'. Man kan även tänka sig att miljöinvesteringar hamnar i en 'gråzon', dvs., de klassificeras som 'gröna' men går inte att särskilja från konventionella 'produktiva' investeringar. Eftersom miljöinvesteringar är ett resultat av extern och potentiellt också intern policy kan man säga att studien relaterar både till Porterlitteraturen (effekter av regleringar) och CSR-litteraturen (effekter av frivilliga åtaganden). De finner (viss) evidens för positiva relationer mellan energieffektivitet, miljöprestanda och företagets produktivitet, ett resultat som är i linje med att god hushållning med energi och miljö också är bra för lönsamheten (ett resultat som - åtminstone i miljödimensionen - även Lundgren och Marklund, 2015, finner stöd för i sin studie av 14 sektorer).

I en liknande studie – och samma studerade tidsperiod - som Bostian et al. (2016), analyserar Lundgren och Wenchao (2017) också tre dimensioner av ett företags prestanda - utsläppseffektivitet, energieffektivitet och produktivitet – och hur de påverkas av miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter, men med ett delvis annat angreppssätt. Likt Bostian et al. (2016) beräknas prestandamått med hjälp av en deterministisk linjärprogrammeringsmodell (så kallad 'data envelopment analysis', DEA). Dessa mått används sedan i en dynamisk regressionsanalys (panel vector autoregression, pVAR) för att reda ut inbördes förhållanden mellan prestandamåtten och hur miljöinvesteringar/utgifter påverkar dessa mått. Istället för att fokusera på en sektor använder Lundgren och Wenchao (2017) data från hela tillverkningsindustrin, så i den meningen är resultaten mer allmängiltiga jämfört med Bostian et al. (2016).

Huvudresultaten visar att energieffektivitet och miljöprestanda är integrerade (samvarierar), och energieffektivitet och produktivitet förstärker varandra positivt, vilket tyder på kostnadsbesparande egenskaper med en mer effektiv användning av energi. Därmed skulle ökad energieffektivitet, vilket förespråkas i både fit for 55 och i det nationella klimatpolitiska ramverket, kunna ge flera fördelar, dvs., både på klimat och på produktivitet. Resultaten visar också att förbättrad miljöprestanda och ökade miljöinvesteringar begränsar produktiviteten i nästa period, en generell slutsats som står i motsats till Porterargumentet och strategisk företagsansvar (CSR), som båda förespråkar att miljövänligt företagsledande kan öka produktivitet och konkurrenskraft.

Weche (2019) studerar den så kallade "crowding-out"-hypotesen för miljöinvesteringar; dvs., kommer investeringar i miljövänlig teknik att tränga ut konventionella investeringar. Empiriska studier om sambandet mellan gröna investeringar och andra

investeringar på företagsnivå fokuserar antingen på innovationsspecifika typer av investeringar eller tar inte hänsyn till samtidig beslutsfattande kring olika typer av investeringar. Analysen som presenteras i Weche (2019) erbjuder ett brett fokus på olika typer av miljöskyddsinvesteringar och beaktar explicit simultanitetsfrågor, med en empirisk tillämpning på paneldata för tyska tillverkningsföretag. Enligt Weche (2019) är Tyskland är ett idealiskt fall för att testa "crowding-out"-hypotesen på grund av relativt hårda miljöregleringar och långt gången miljörelaterad policy. Ett liknande resonemang skulle kunna föras i fallet med Sverige. Resultaten stöder en "crowding-out"-effekt av miljöinvesteringar på andra investeringar. Störst effekt ser man av investeringar i förnybar energi som – p g a att konventionella investeringar trängs ut - har störst potential att försämra produktiviteten.

Sammantaget givet resultaten i Jaraite et al. (2014), Bostian et al. (2016), Lundgren och Wenchao (2017) och Weche (2019) kan man dra följande slutsatser angående miljöinvesteringar och löpande miljöutgifter och effekter på företag:

- Klimatpolitik, både på nationell och på europeisk nivå, är relevanta för företagens (löpande) miljöutgifter. EU ETS och den svenska CO<sub>2</sub>-skatten har inte sporrat investeringar i 'grönt' kapital (processrelaterade) under den perioden som studeras.
- Vad gäller den energiintensiva skogsindustrin pekar resultaten på en positiv relation mellan både energieffektivitet och miljöprestanda och produktivitet, där dessa mått explicit tar hänsyn till miljöinvesteringar och miljöutgifter. Dock är den analysen (Bostian et al., 2016) baserad på enkla korrelationer och man bör inte dra för långtgående slutsatser.
- Sett över hela tillverkningsindustrin har miljöinvesteringar och miljöutgifter på företagsnivå positiva effekter på energieffektivitet, som i sin tur har positiva effekter på produktivitet (kostnadsbesparande). Dock är effekterna av ökad miljöprestanda och miljöinvesteringar negativa för produktivitet i nästa period, vilket antyder att det är kostsamt att vara 'grön' och att dessa kostnader inte kan tas igen fullt ut via ökad lönsamhet. Dessa resultat baseras på en analys som specifikt tar hänsyn till de dynamiska och kausala sambanden mellan de tre prestationsmått och miljöinvesteringar och miljöutgifter.
- Miljöinvesteringar kan tränga ut konventionella eller produktiva investeringar visar en analys gjord på tyska företag. Med tanke på att svensk och tysk industri har liknande struktur är det inte ett orimligt antagande att det kan finnas liknande effekter i svenska företag som Weche (2019) finner för tyska företag.

Två andra analyser som fokuserar mer på dynamisk effektivitet samt den intertemporala allokeringen mellan olika typer av gröna investeringar (förebyggande och 'end-of-pipe') är Bostian et al. (2018) och Bostian et al. (2022), båda med fokus på massa- och pappersindustrin och perioden 2002-2008.

- Bostian et al. (2018) visar att en jämförelse mellan optimala gröna investeringar och observerade gröna investeringar indikerar att företag kunde ha förbättrat sin prestanda, både ekonomiskt och miljömässigt, genom att omfördela miljöinvesteringar till tidigare perioder (före EU ETS) och produktionsinriktade

investeringar till senare perioder (efter EU ETS).

- Bostian et al. (2022) finner att branschen skulle ha kunnat uppnå högre vinster i produktion och större utsläppsminskningar genom en om-allokering mot mer förebyggande åtgärder (processrelaterade investeringar) jämfört med 'end-of-pipe'-åtgärder.
- Resultaten i båda dessa studier kan användas för att förbättra företagens miljöledningsbeslut och för att bättre rikta olika typer av policyincitament till specifika former av utsläppsbekämpning.

### 4.3 Produktion, faktorefterfrågan och utsläpp av CO<sub>2</sub>

En klimatomställning kräver att vi får ner utsläppen av CO<sub>2</sub> väsentligt på kort och medellång sikt, samt i princip till noll på lång sikt. Därför är det av allra högsta vikt att vi har styrmedel som fungerar på ett sätt så att detta uppnås på ett någorlunda kostnadseffektivt sätt. Den svenska CO<sub>2</sub>-skatten och EU ETS har varit de huvudsakliga medlen för att uppnå utsläppsminskningar i industrin sedan början av 1990-talet. Har de fungerat som det var tänkt? Har de minskat utsläppen? Vi ska här titta närmare på några studier som gjorts på svenska data och se vad de kommit fram till.

Brännlund och Lundgren (2007) använder en faktorefterfrågemodell för svensk industri 1990-2001 och ställer sig frågan: vad händer med produktion, faktorefterfrågan och utsläpp när EU ETS introducerar ett pris på CO<sub>2</sub> vid introduktionen av första fasen 2005? De använder efterfråge- och utbudselasticiteter och simulerar sex olika scenarier för pris på EU ETS, vad som händer med koldioxidskatten samt hur elpriset påverkas av ett europeiskt pris på CO<sub>2</sub>. Simulering av modellen tyder på att effekterna på den svenska basindustrin av ett system för handel med utsläppsrätter beror på (i) avskaffandet eller bibehållandet av CO<sub>2</sub>-skatten efter 2005, (ii) priset på utsläppsrätter, och (iii) det framtida elpriset. Analysen visar att förändringar i elpriset kan vara viktigare än priset på utsläppsrätter för vissa sektorer (priskänsligheten större för el än för fossila bränslen). Resultaten som presenteras i denna artikel är i stort sett i linje med allmänjämviktstudier (så kallade CGE-studier, computable general equilibrium) som vid tiden utfördes på den svenska ekonomin med liknande scenarier (se t ex. Hill och Kriström, 2005). Ur ett politiskt perspektiv har införandet av ETS de förväntade effekterna på industrin, dvs utsläppen minskar, men i vilken grad är avhängigt vilka antagande som görs (som vanligt).

Brännlund och Lundgren (2010) använder också en i stora drag identisk faktorefterfrågemodell som i Brännlund och Lundgren (2007) för perioden 1990 till 2004. Återigen så visar dessa resultat att klimatpolicy som driver upp priset på fossila bränslen kommer minska efterfrågan på bränslen och därmed minska utsläppen medan effekterna på produktion, sysselsättning och investeringar är modesta.

Brännlund och Lundgren (2007, 2010) visar att:

- Policy riktad mot att öka priset på fossil energi kommer minska efterfrågan på dessa bränslen och därmed också utsläppen. Dock är efterfrågan på fossilbränsle och därmed på utsläpp inelastiska, så effekterna blir inte dramatiska.

- Fossila bränslen och övriga inputs är komplement, dvs. en prisökning i fossila bränslen som minskar efterfrågan på dessa bränslen kommer minska även sysselsättning, investeringar och produktion; dock är effekterna på investeringar/produktion modesta enligt estimaten.

Brännlund et al. (2014) studerar specifikt den svenska CO<sub>2</sub>-skatten och dess effekt på (utsläppsintensitet (EP, environmental performance) i produktionen i 14 sektorer i tillverkningsindustrin för åren 1990-2004, dvs., från koldioxidskattens introduktion till dess att EU ETS tog över som huvudsakligt styrinstrument för att kontrollera utsläpp. Som ett av de första länderna att införa en CO<sub>2</sub>-skatt 1991 fungerar Sverige som en lämplig 'testbänk' för att analysera klimatpolitikens effektivitet. Resultaten visar att EP förbättrades inom alla sektorer under perioden och att produktion och utsläppsintensitet divergerar, dvs., utvecklas i motsatta riktningar; stigande produktion och fallande utsläppsintensitet. Företagens koldioxidintensitet påverkas negativt (vilket är något positivt) både med avseende på förändringar i CO<sub>2</sub>-skatten och på priset på fossila bränslen, men är känsligare för förändringar i skatten. Elasticiteten för förändringar i utsläppsintensiteten (EP) med avseende på skatten är ca -0.3 sett över hela tillverkningsindustrin men varierar mellan sektorer. Huvudbudskapet i resultaten är att en skatt på koldioxidutsläpp är ett effektivt sätt att minska koldioxidintensiteten i ekonomin, och det kan till och med dominera effekterna av ökade priser på fossila bränslen. En möjlig förklaring till det senare är att skatten ger en 'signal' om framtida kostnader för fossila bränslen och gör företagen mer medvetna om sin användning av fossila bränslen.

Brännlund et al. (2015) analyserar konvergensen av CO<sub>2</sub>-utsläppsintensitet i 14 industrisektorer i Sverige 1990-2008. De använder samma CO<sub>2</sub>-prestandaindex (EP) som Brännlund et al. (2014), som explicit tar hänsyn till att industriföretag producerar både 'önskade' och 'oönskade' produkter. Detta index används sedan som beroende variabel i en regressionsanalys som fokuserar på att estimerar konvergens i utsläpp (metodiken lånad från empiriska tillväxtmodeller). Resultaten tyder på förekomsten av så kallad  $\beta$ -konvergens i CO<sub>2</sub>-intensitet i industriella sektorerna i Sverige, dvs., utsläppsintensiteten tenderar att harmoniseras över tid. Konvergensthastigheten varierar dock i den meningen att ju högre kapitalintensiteten är i en sektor, desto lägre är konvergensthastigheten mot en lägre utsläppsintensitet. Detta antyder sannolikt vikten av - och delvis kostnaderna för - nödvändiga kapitalinvesteringar för att uppnå en övergång mot en lägre CO<sub>2</sub>-utsläppsbana; ju mer kapitalintensiv en sektor är, desto 'dyrare' blir det att ställa om kapitalet mot till ett mindre utsläppsintensivt, grönt kapital, och därför går det relativt långsamt.

Martinsson och Strömberg (2020) och Martinsson et al. (2022) har sammanställt en databas av koldioxidutsläppen (från SCBs mikrodatabas) i den svenska tillverkningsindustrin mellan 1990 och 2015 och beräknar marginalkostnaden för utsläpp för samtliga företag och år. De visar att en ökning av priset på CO<sub>2</sub>-utsläpp med 1 procent medför att utsläppen per omsatt krona (försäljning) i företagen minskar med 3,4 procent, ett estimat som indikerar att utsläppen är elastiska (elasticitet -3.4). Detta resultat är i linje med Brännlund och Lundgren (2007, 2010) och Brännlund et al. (2014) även om Martinssons (med flera) estimat tyder på en större känslighet i utsläppen med avseende på förändringar i pris på fossila bränslen.

Slutligen vill vi peka på några specifika resultat vad gäller gröna investeringar och utgifter och effekter på industriell sysselsättning som tagits fram nyligen med en uppdaterad databas (2003-2020). Denna typ av studier har gjorts huvudsakligen i USA och det finns få exempel på analyser på europeiska data. Inga finns hitintills på svenska data. Amjadi et al. (2023) studerar hur miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter (PACE) påverkar efterfrågan på arbetskraft i det industriella företaget. De tar hänsyn till att det inte bara är klimat- och miljöpolicy som påverkar dessa utgifter utan också intern policy eller självreglering, vad som kallas för CSR (corporate social responsibility). Resultaten visar att det är små (negativa) effekter av miljöinvesteringar och miljörelaterade utgifter på sysselsättning i tung industri (SKGS) vilket skulle peka på relativt modesta 'trade-offs' mellan jobb och miljö i svensk basindustri. Detta resultat är också i linje med amerikanska studier (t ex. se välciterade Morgenstern et al., 2002). De små effekterna kan delvis förklaras med att miljöinvesteringarnas andel av totala investeringar fortfarande är små, runt 5% i de mest energiintensiva sektorerna.

### Sammanfattning

- Det bör noteras att det är svårt att jämföra magnituden på de olika elasticiteterna som tas fram i dessa studier då det är olika storheter som används som beroende variabel; råa utsläpp, utsläpp per såld krona, och förändringar i ett utsläppsintensitetsindex. I övrigt är det också olika modelleringsansatser och tidsperioder som använts och det kan delvis förklara skillnader i estimaten. Men följande, generella slutsatser kan vi dra:
- Studier på svenska företagsdata visar att ett pris på CO<sub>2</sub> – såsom en CO-skatt eller EU ETS - fungerar i den mån att det minskar utsläppen.
- Utsläppen är känsligare för förändringar i en skatt på CO<sub>2</sub> jämfört med förändringar i priset på fossila bränslen, vilket skulle kunna indikera att det finns en 'signaleffekt'<sup>5</sup> hos skatten.
- Ett högre pris på fossila bränslen som ett resultat av klimatpolitik har effekter på industrins produktion och faktorefterfrågan. Dock är dessa effekter modesta, åtminstone med avseende på investeringar och produktion.
- Vi bör ha i åtanke att – förutom Martinson med flera (2020, 2022) – det analyserade datamaterialet i många fall är 15-20 år gammalt och det finns ett behov av uppdatering för att få med den senaste utvecklingen vad gäller industrin i stort och på det klimatpolitiska området. Mer om detta nedan.

## 4.4 Energianvändning, energieffektivitet och rekyleffekter

De senaste decennierna har klimatförändringar och energifrågor varit högt prioriterade på den politiska agendan i många länder och europeiska kommissionen fastlägger målsättningar för 2030 med fokus på förbättring av energieffektivitet (EEI) för att minska växthusgasutsläpp (GHG) och förbättra energisäkerheten. Även om EEI ofta påstås vara det mest kostnadseffektiva verktyget för att uppnå dessa mål (se t.ex. Gillingham et al., 2009), är dess effekt på slutlig energianvändning, och därmed även på GHG-utsläpp, föremål för debatt. Det grundläggande argumentet är att EEI minskar det 'effektiva'

<sup>5</sup> Ghalwash (2007).



enhetspriset för en energitjänst, vilket potentiellt ger upphov till både substitutions- och inkomsteffekter. Dessa effekter kan minska eller till och med helt radera potentiella energi- och utsläppsbesparingar som skulle vara ett resultat av rent ingenjörsmässiga beräkningar (dvs., utan ekonomiska beteende-effekter i form av t ex. substitutionseffekter). Detta kallas i litteraturen för rekyleffekten (på engelska rebound- eller take-back-effect).

Ett antal studier har undersökt industrins energianvändning, energieffektivitet samt rekyleffekter för fossila bränslen och elanvändning (Lundgren et al., 2016a; Lundgren et al., 2016b; Amjadi et al. 2018; Dahlqvist et al., 2021; Amjadi och Lundgren, 2022; Amjadi et al., 2022). Klimatpolitikens effekter på energieffektivitet och rekyleffekt berörs mer eller mindre i alla dessa studier. Vi börjar med att gå igenom resultaten i studierna som inte explicit tar hänsyn till rekyleffekten.

Lundgren et al. (2016a, 2016b) fokuserar på energieffektivitet mätt som företagets potentiella minskning i energianvändning utan att behöva ändra produktionsnivå eller andra inputs. Dvs., hur mycket skulle företaget kunna minska sin energianvändning givet nuvarande produktion och annan inputanvändning givet att man skulle kunna 'härma' de företag som är mest effektiva i sektorn? Det betyder att ineffektiviteten mäts i förhållande till en sektorspecifik front som utgörs av de mest energieffektiva företagen. Den metodologi som används är Data Envelopment Analysis (DEA) som är en deterministisk linjärprogrammeringsansats, och stokastisk frontanalys (SFA) som är en ekonometrisk/statistisk metod.

Lundgren et al. (2016a) estimerar sektorspecifika energiefterfrågefunktioner och energieffektivitet för 14 sektorer (2001-2008) inom svensk tillverkning med SFA som tar hänsyn till företagsspecifik heterogenitet. Resultaten visar att det finns potential att förbättra energieffektiviteten för bränsle- och elförbrukning inom alla sektorer. EU ETS hade en blygsam eller ingen effekt på svenska företags effektiva energianvändning under den första handelsfasen (2005-2007) och början av den andra fasen, vilket tyder på att priset på utsläppsrätter var för lågt för att generera nödvändiga incitament för investeringar i energieffektivitet.

Lundgren et al. (2016b) analyserar samma tidperiod och samma 14 sektorer som Lundgren et al. (2016b) men med en annan metodik. Energieffektivitet analyseras med deterministisk DEA och i ett andra steg används regressionsanalys för att studera effekterna av klimat- och energipolitik. Metoden tillåter även att teknologin specificeras så att utsläpp (oönskad output) explicit tas hänsyn till i måttet på energieffektivitet. Igen så visar resultaten att det finns potential att förbättra energieffektiviteten inom alla sektorer samt att det existerar relativt stora ineffektiviteter inom *icke* energiintensiv industri. Vidare visar resultaten från regressionsanalysen i ett andra steg att EU ETS och CO<sub>2</sub>-skatten inte hade några signifikanta effekter på energieffektiviteten under perioden. Dock hade energiskatten en positiv relation med energieffektiviteten.

Amjadi och Lundgren (2022) tar analysen ett steg längre och analyserar med hjälp av SFA huruvida ineffektivitet i energianvändningen är övergående eller persistent (kort- eller långsiktig) för i princip samma tidsperiod (1998-2008) och 14 sektorer. Företagets energiineffektivitet kan vara kopplad till långsiktiga strukturella rigiditeter i produktionsprocessen och/eller systematiska brister i företagsledning (persistent

ineffektivitet), eller förknippad med tillfälliga problem som felallokering av resurser (övergående ineffektivitet). Att eliminera eller mildra olika typer av ineffektivitet kan kräva olika politiska åtgärder. Studier som mäter industriell energiineffektivitet har främst fokuserat på övergripande ineffektiviteter och har ägnat liten uppmärksamhet åt skillnader mellan typerna. Målet med denna studie var att bedöma om energiineffektivitet är övergående och/eller persistent inom svensk tillverkningsindustri. Studien finner att både övergående och persistent energiineffektivitet existerar i de flesta sektorerna inom den svenska tillverkningsindustrin. Totalt sett var persistent energiineffektivitet större än övergående, men varierade avsevärt mellan olika tillverkningssektorer. Resultaten antyder att energiineffektivitet i allmänhet var relaterad till strukturella faktorer kopplade till teknik och/eller ledningspraxis inom den svenska tillverkningsindustrin.

Som antytts ovan så kan energieffektivitetsförbättringar medföra beteendeförändringar hos företagen på grund av inkomst/output- och substitutionseffekter när energin i praktiken blir 'billigare'. Detta fenomen kallas för rekyleffekten. Denna effekt är viktig att ta hänsyn till då den påverkar verkningsgraden hos olika policyåtgärder med syfte att förbättra energieffektiviteten. T ex., om en policyåtgärd förbättrar energieffektiviteten med 10% och rekyleffekten är 100%, då blir den slutgiltiga energianvändningen oförändrad, dvs., rekyleffekten 'äter upp' hela den potentiella eller ingenjörsmässiga besparingen. Bland ekonomer är detta självklart och storleken på rekyleffekten är en empirisk fråga. Här ska vi nu titta på några studier som gjorts nyligen på svensk industri. Den grundläggande metodiken är densamma, dvs DEA eller SFA används för att estimerar energieffektivitet. Skillnaden är att effekten av energieffektiviseringar tillåts att inte realiseras fullt ut i energibesparingar; dvs., i standardmodellen är  $dE/deff = -1$ , ett mellan förändring i energiförbrukning ( $E$ ) och förändring i energieffektivitet ( $eff$ ) som innebär att all energibesparing realiseras och vi har ingen rekyleffekt. I en modifierad modell som tar hänsyn till rekyleffekter har vi att  $dE/deff \neq -1$ , vilket betyder att vi (i teorin) kan estimerar huruvida rekyleffekten är mellan 0 och 100% (partiell), mer än 100% (backfire), eller < än noll, dvs. negativ (super-besparing).

Amjadi et al. (2018) estimerar en SFA-modell som kan detektera partiell rekyleffekt för bränsle och el för svensk basindustri under perioden 2000-2008; massa/papper, kemi, stål/järn, gruvor. Resultaten visar att partiella rekyleffekter finns i alla fyra sektorer men varierar storleksmässigt. Dock pekar evidensen på att ingen sektor upplever 100% rekyl vilket antyder att effekten inte fullt ut slår ut energibesparingen som potentiellt följer av energieffektiviseringen. Bland bestämningsfaktorerna finner de att CO<sub>2</sub>-intensitet och bränsle- och el-andel (av total energianvändning) är användbara indikatorer för att identifiera företag med högre eller lägre partiell rekyleffekt inom varje sektor.

Amjadi et al. (2022) analyserar den intertemporala aspekten i detalj med en modell som kan estimerar kort- och långsiktiga rekyleffekter för 14 sektorer i svensk tillverkningsindustri mellan åren 1998 och 2008. I det första steget använder de DEA för att mäta energieffektivitet (scores). I det andra steget skattas en dynamisk energiefterfrågefunktion som inkluderar energieffektivitetsestimaten från första steget och tillåter rekyleffekter. På kort sikt finns partiella rekyleffekter (0-100%) inom alla tillverkningssektorer, vilket innebär att rekyleffekten minskar de förväntade energi- och utsläppsbesparingarna från energieffektiviseringsåtgärder. Den långsiktiga rekyleffekten

var generellt sett mindre än den kortsiktiga effekten, vilket innebär att inom varje sektor är energi- och utsläppsbesparingarna på grund av energieffektiviseringsåtgärder större på lång sikt jämfört med på kort sikt. Med hjälp av dessa resultat utfördes vidare analys för att ge riktlinjer till beslutsfattare genom att peka på indikatorer som identifierar sektorer där energieffektiviseringsåtgärder har störst potential att främja hållbar ekonomisk tillväxt med lägst miljöpåverkan (t ex. sektorer med stora utsläpp men små rekyleffekter).

Till sist vill vi nämna Dahlqvist et al. (2021) som också studerar rekyleffekten i basindustrin (likt Amjadi et al., 2018) men med ett annat angreppssätt och en annan tidsperiod, 2001-2012. En faktorefterfrågemodell skattas liksom Brännlund och Lundgren (2007, 2010) och en asymmetrisk rekyleffekt beräknas 'indirekt' via egenpriselasticiteten för energi. Analysen fokuserar på fyra sektorer i Sverige under perioden 2001-2012: massa/papper, järn/stål, kemi och gruvor. Modellen tillåter asymmetrisk prisrespons, dvs., företag kan reagera olika på stigande jämfört med fallande energipriser. Resultatet visar på betydande rekyleffekter inom de studerade branscherna. För el och icke-fossila bränslen kan effektivitetsförbättringar till och med leda till 'backfire' (>100% rekyl). När det gäller fossila bränslen antydde resultaten en mindre, men fortfarande betydande, rekyleffekt.

### Sammanfattning

- Vad gäller energieffektivitet och rekyleffekten kan vi sammanfattningsvis konkludera följande:
- Ineffektiviteter i energianvändningen finns i alla sektorer i tillverkningsindustrin mellan 2001 och 2008, både för fossila bränslen och el. Det betyder att det finns potential att öka energieffektiviteten och potentiellt minska utsläpp.
- Klimatpolitik i form av CO<sub>2</sub>-skatt och EU ETS verkar ha haft en liten eller ingen effekt under den studerade perioden, medan energiskatten har haft en statistiskt signifikant positiv effekt.
- I den politiska och samhällsdebatten används ofta energiintensitet som mått på länders och sektors/företags energieffektivitet, men då det inte tar hänsyn till strukturella skillnader och underliggande förutsättningar fungerar det dåligt som mått på effektivitet i energianvändning, enligt författarna.
- Långsiktig eller persistent ineffektivitet i energianvändningen dominerar kortsiktiga eller övergående ineffektiviteter. Detta kan tyda på strukturella problem som kräver kostsamma investeringar eller nödvändiga policyinterventioner för att ineffektiviteter ska kunna mildras.
- Svensk industri och dess sektorer har en potential att öka energieffektiviteten både för bränslen och för el i alla sektorer, dock kan noteras att denna potential varierar.
- CO<sub>2</sub>-skatten och EU ETS verkar ha modesta effekter på energieffektivitet, men energiskatten kan ha en positiv påverkan.
- Det existerar en rekyleffekt i samband med energieffektivitetsförbättringar i svensk industri, oftast är den partiell, dvs., vi ser en positiv energibesparing vid en energieffektivitetsförbättring. Men i vissa fall ser vi även så kallad 'backfire', ett fall då mer än hela besparingspotentialen i en effektivitetsförbättring 'äts upp' av rekyl i energianvändning.

- Resultaten i alla ovanstående studier har viktiga policy-implikationer, inte minst i förhållande till program som syftar till att öka energieffektivisering i industrin. I Sverige ger en sådan policy industriella företag möjlighet att söka ekonomiskt stöd vid genomförande av investeringar i energieffektivitetsåtgärder/kartläggning där motivationen att delta består i sänkt energiskatt. Men för att mildra rekyleffekter bör sådana åtgärder istället kombineras med en *höjning* av energiskatterna om ambitionen är att minska den totala energianvändningen.

## 5. Nya empiriska resultat

I detta avsnitt visar vi på några nya empiriska resultat framtagna specifikt för denna rapport.

### 5.1 Faktorefterfrågemodellering

Med hjälp av en faktorefterfrågemodell kan vi undersöka bestämningsfaktorer för industrins efterfrågan efter produktionsfaktorer. Mer specifikt riktas intresset mot olika prisers roll som bestämningsfaktorer. Dels är vi intresserade av egenpriseffekter, dvs., hur påverkas efterfrågan på en insatsvara om priset på insatsvaran ändras, allt annat oförändrat, och dels är vi intresserade av så kallade korspriseffekter, dvs. hur påverkas efterfrågan på en insatsvara om priset på någon annan insatsvara förändras. Om man exempelvis beslutar sig för att öka priset på koldioxid via klimatpolitik är det av uppenbart intresse att veta i vilken utsträckning efterfrågan fossila bränslen (och därigenom utsläpp) förändras, vilket den så kallade egenpriseffekten anger, samt hur efterfrågan på andra insatsvaror förändras, vilket ges av korspriseffekter.

För att belysa dessa frågor kan en mängd olika angreppssätt användas. Analysen här baseras på ett efterfrågesystem som är härlett från antagandet att företagen har som mål att uppnå minsta möjliga kostnad givet ett produktionsmål. Givet detta antagande, samt att företagen möter givna priser på den vara man producerar och de varor man använder som insatsfaktorer i produktionen, kan företagets efterfrågan på de olika produktionsfaktorerna beskrivas som funktioner av insatsvarupriser och en given produktionsnivå.

Den metodik som diskuteras ovan är inte unik på något sätt. Det finns numera ett stort antal studier som använt detta angreppssätt, se exempelvis Berndt (1991). I detta sammanhang kan det dock vara intressant att nämna några svenska studier, t ex Dargay (1983), Brännlund och Lundgren (2010).

Faktorefterfrågemodellen vi presenterar här har stora likheter med en del av de studier som redovisats ovan, t ex. Brännlund och Lundgren (2007, 2010). Vi utgår denna studie från antagandet att företagen har som mål att uppnå största möjliga vinst vid en given produktionsnivå ( $Y$ ) samt hur mycket av olika produktionsfaktorer som skall användas, så kallad kostnadsminimering. För att studera substitution mellan olika typer insatsfaktorer har vi delat in dem i kapital ( $K$ ), arbete ( $L$ ), el ( $E$ ) och bränslen ( $F$ ). För en mer ingående beskrivning av de tekniska detaljerna för den empiriska modellen hänvisar vi till Appendix.

I denna rapport fokuserar vi på elasticitetsmått. Elasticiteter är känslighetsmått och beräknas med hjälp av parameterestimater från den ekonometriska modellen vi estimerar. En elasticitet säger hur mycket efterfrågan/utbud för en input/output förändras när priser förändras. Till exempel, elasticiteten för bränsle med avseende på bränslepris är bränsleefterfrågans egenpriselastisitet. Den säger oss något om hur känslig bränsleefterfrågan är för förändringar i bränslepriset. Förändringarna är i procent och elasticiteten ska tolkas som hur mycket en input/output förändras i procent givet en viss procentuell förändring i ett pris. Till exempel, om egenpriselastisiteten för arbete är  $-0,5$ , betyder det att om lönerna stiger med 10% tenderar efterfrågan på arbete minska med

5%. Eftersom löner är exogent satta utanför företagen så kan vi säga att löneförändringar orsakar förändringar i arbetsefterfrågan, en variabel som är endogen för företagen.

Återigen vill vi poängtera att faktorefterfrågemodellens begränsningar. Modellen speglar producenternas priskänslighet (marginella förändringar) baserat på befintlig produktionsteknologi (statistik för 2004-2021) medan den industriella omställningen är i vissa delar mycket omfattande varvid den avspeglar en förändring som är långt ifrån marginell. Dvs., omställningen innebär en övergång från en produktionsteknologi till en helt ny, till exempel järn- och stålindustrins omställning till ny grön teknik. Faktorefterfrågemodellen är inte en bra analysmetod när en industri i princip går över från en teknologi till en annan. I det fallet måste vi använda oss av andra analysverktyg. Vi gör ett försök till detta i nästa avsnitt (6).

## 5.2 Data

Vi använder ett paneldata på företagsnivå för den svenska tillverkningsindustrin, som sträcker sig över åren 2004–2021. Dessa data är hämtade från Statistiska Centralbyrån (SCB) och innehåller detaljerad information om kostnader och kvantiteter relaterade till insatsvaror såsom arbetskraft, energi och kapital, samt information om produktion/försäljning. Tillverkningsindustrin omfattar flera sektorer, men här fokuserar vi på de fyra sektorer i basindustrin: Papper/massa, Kemi, Gruvor samt Järn/stål. För mer information om data och hur det är uppbyggt, se Appendix.

## 5.3 Resultat

Nedan i tabell 2 presenteras elasticiteter estimerade baserat på en translog-kostnadsfunktion för elintensiva industrier i basindustrin (papper & massa, kemi, gruvor och stål & järn). Kolumnrubriker i matriserna visar priser på inputs och raderna vilka inputs som påverkas av dessa priser. Så t ex om vi ser på Papper/massa och elasticiteten för kapital med avseende på elpris så ser vi att den är 0.169 och statistiskt signifikant. Det betyder att det finns en substitutabilitet mellan el och kapital, dvs, om priset på el går upp så ökar investeringarna något, men ökningen är modest.

Tabell 2 Priselasticiteter för faktorefterfrågan svensk basindustri. Medelvärden 2004 – 2021.

		Papper/massa		
Input/pris	$p_K$	$p_L$	$p_E$	$p_F$
K	-0.703***	-0.470	0.169***	0.070***
L	-0.010	-0.286***	0.182***	0.118***
E	0.319***	1.184***	-1.202***	-0.302***
F	0.232***	1.336***	-0.525***	-1.043***
		Kemi		
Input/pris	$p_K$	$p_L$	$p_E$	$p_F$
K	-0.989***	0.893***	0.081***	0.02
L	0.240***	-0,366***	0.071***	0.053***

		Papper/massa		
<i>E</i>	0.347***	1.148***	-1,398***	-0,097***
<i>F</i>	0.091 (NS)	0.876***	-0,099***	-0,868***
		Gruvor		
Input/pris	$p_K$	$p_L$	$p_E$	$p_F$
<i>K</i>	-0.537***	0.408***	0.126***	0.110
<i>L</i>	0.296***	-0.467***	0.048***	0.122***
<i>E</i>	0.874***	0.464***	-2.095***	0.757***
<i>F</i>	0.028	0.431***	0.277***	-0.737***
		Stål/järn		
Input/pris	$p_K$	$p_L$	$p_E$	$p_F$
<i>K</i>	-0.927***	0.507***	0.042***	0.173***
<i>L</i>	0.113***	-0.312***	0.122***	0.076***
<i>E</i>	0.088***	1.149***	-1.075***	-0.163***
<i>F</i>	0.611***	1.210***	-0.273***	-1.548***
Not. *** pval < 0.01				

Utifrån de skattade elasticiteterna drar vi slutsatserna att påverkan på faktorefterfrågan i basindustrin kan sammanfattas som följer:

- Ökade priser på el och fossilbränslen har blygsamma effekter på investeringar och sysselsättning (*K* och *L*). Denna effekt är något positiv eftersom arbete och kapital samt el och bränsle agerar som "svaga" substitut. Detta innebär att när kostnaderna för el och fossilbränslen stiger, kan företag anpassa sig utan att det kraftigt påverkar deras investerings- och anställningsnivåer. Detta är i linje med tidigare studier på svenska förhållanden.
- Prishöjningar på koldioxid och fossila bränslen har en mer markant effekt på användningen av bränslen. Speciellt inom stål- och järnindustrin ser vi att en ökning av koldioxid- eller bränslepriser har en signifikant minskning på användningen av fossila bränslen. Detta tyder på att dessa sektorer är mer priskänsliga och benägna att minska sin användning av fossila bränslen när kostnaderna ökar.
- Efterfrågan på el är relativt känslig för prisökningar på el, med elasticiteter över 1. Detta innebär att en procentuell ökning av elpriset leder till en större procentuell minskning av elförbrukningen. Den största effekten observeras inom gruvsektorn, där efterfrågan på el minskar mest vid prishöjningar. Detta indikerar att gruvindustrin är särskilt känslig för förändringar i elpriser och kan behöva anpassa sina verksamheter betydligt vid prisökningar. Vi ser också att el och bränslen är

substitut i gruvsektorn, vilket tyder på att det finns en viss utbytbart mellan el o bränslen i produktionen.

- Prishöjningar på kapital, som ett resultat av omställningen mot en mer klimatvänlig ekonomi, skulle ha en negativ inverkan på investeringar i alla sektorer. När kostnaden för kapital ökar, minskar företagets incitament att investera i ny utrustning och infrastruktur. Däremot påverkas andra faktorer, såsom sysselsättning, i mindre utsträckning och visar generellt sett svagt positiva effekter eftersom kapital och andra produktionsfaktorer är substitut. Detta innebär att även om investeringarna minskar, kan företagen anpassa sig genom att använda sina befintliga resurser mer effektivt eller genom att övergå till mindre kapitalintensiva produktionsmetoder.

Klimatomställningen innebär en övergång från en etablerad produktionsteknologi till en helt ny, som exempelvis järn- och stålindustrins eventuella skifte till CDA-tekniken (Carbon Direct Avoidance). Att använda faktorefterfrågemodellen som analysmetod för att förutsäga effekter när en industri i grunden byter teknologi är förknippat med problem. Ett framtida projekt av intresse skulle dock vara att utföra en liknande analys på järn- och stålindustrin efter (eventuell) genomförd omställning till grönt stål, där vätgas och el ingår som separata insatsfaktorer i produktionsfunktionen. Det kan även vara relevant att inkludera "stenindustrin," som omfattar cementindustrin. Cement är en sektor där CCS (infångning och lagring av koldioxid) är aktuellt, vilket innebär en omställning mot klimatneutralitet snarare än fossilfrihet. Enligt Sveriges klimatpolitiska ramverk (Prop. 2016/17:146) är CCS endast tillåtet i sektorer där det saknas rimliga alternativ.



## Sammanfattning

Sammanfattningsvis visar resultaten från faktorefterfrågeanalysen att:

- Prisökningar på el och fossilbränslen har begränsade men positiva effekter på investeringar och sysselsättning, vilket skulle kunna tolkas som "gröna jobb och gröna investeringar", medan prishöjningar på koldioxid och fossilbränslen kraftigt minskar användningen av dessa bränslen, särskilt inom stål- och järnindustrin.
- Efterfrågan på el är särskilt känslig för prisökningar, framför allt inom gruvsektorn.
- Prishöjningar på kapital påverkar investeringar negativt, men andra faktorer som sysselsättning påverkas mindre och generellt positivt.
- Jämfört med äldre studier på svenska data så som Brännlund och Lundgren (2007, 2010) är resultaten i stora drag desamma, dvs., vi ser relativt stor känslighet för efterfrågan på el och bränsle för förändringar i dess priser, medan effekterna på sysselsättning och kapitalbildning är mer modest.
- Dock ser vi att kapital och arbete har gått från att tidigare varit svaga komplement till el och bränslen (Brännlund och Lundgren, 2007 och 2010) till att nu vara svaga substitut i våra nya skattningar. Det betyder att vi nu ser en tendens till ökade investeringar och ökad sysselsättning vid en klimatpolitik som påverkar priset på el och bränslen, medan förut såg vi en svag tendens till minskade investeringar och sysselsättning. I fallet kapital skulle detta kunna tolkas som att en mer stringent klimatpolitik sporrar investeringar och dessa investeringar skulle kunna vara - åtminstone delvis - riktade mot att minska miljöpåverkan (t ex. CO<sub>2</sub>-utsläpp).

## 6. En konceptuell analys av grönt stål och elmarknaden<sup>6</sup>

I genomgången ovan av hur faktorefterfrågan påverkas av prisförändringar på insatsfaktorer antas implicit att förändringarna är relativt små och att den teknologi som används idag i huvudsak är den som fortsättningsvis används. Den gröna omställningen innebär dock för svensk del just en omställning i det att produktionsteknologier baserade på fossila bränslen inte längre är möjliga eller tillåts. Fit for 55 innebär exempelvis att tilldelningen av utsläppsrätter inom EU ETS minskar över tid för att helt upphöra efter 2039. Med andra ord, efter 2039 måste de industrier som ingår i EU ETS i princip vara fossilfria. Den "marginalanalys" som presenterats ovan är därför inte tillräcklig för att förstå konsekvenserna av en fullständig omställning som fossilfrihet innebär. Exempelvis innebär omställningen att det kapital som är bundet till den fossilbaserade teknologin blir obsolet och att företagen antingen måste lägga ned produktionen eller investera i ny fossilfri produktionskapacitet, vilket inte är en marginell förändring.

De planerade investeringarna som omställningen bygger på en teknologi där fossil energi ersätts av elektrisk kraft baserad på förnybar fossilfri energi (vindkraft) och möjligen kärnkraft. Omställningen av den svenska transportsektorn bygger även den på att fossila bränslen helt ersätts av fossilfri elektrisk energi. Omställningen innebär således en mer eller mindre fullständig elektrifiering av samhället. Huruvida investeringar i fossilfri produktion, som exempelvis grönt stål, blir privatekonomiskt lönsamma beror på en rad faktorer; (1) efterfrågan på grönt stål (pris), (2) investeringskostnad (kapitalkostnad), (3) kostnad för rörliga insatsfaktorer (malm och andra råvaror, el, arbetskraft), (4) avkastningen på alternativa investeringar. Till detta kommer förstås utvecklingen av priset på utsläppsrätter fram till dess de är utfasade. Om man antar att kostnaden för arbetskraft och avkastningen på alternativa investeringar är oberoende av om den gröna omställningen sker eller inte blir lönsamheten i den gröna investeringen mer eller mindre helt beroende på tillgång och pris på el och priset på det gröna stålet.<sup>7</sup>

Hur tillgången och priset på el kommer att utvecklas beror förstås på en rad faktorer; kostnaden för att producera grön el, kapacitet för transmission och distribution av el till de platser där elen behövs, i vilken omfattning svensk elproduktion och transmission är integrerad med övriga Norden och Europa. Givet att utsläppen från industrin ska fasas ut till 2039 blir frågan om värdet av nuvarande kapitalstock och värdet av att investera i ny fossilfri teknologi således till stor del en fråga om det kommer att finnas tillgång till el, och till vilket pris, samt vilken betalningsvilja det kommer att finnas för fossilfritt stål. Det kan illustreras på följande sätt. Antag ett vinstmaximerande konventionellt stålverk som använder järnmalm, kokskol och arbetskraft som insatsfaktorer. Antag vidare att det finns en alternativ fossilfri teknologi som i princip innebär att man ersätter kokskolet med vätgas som i sin tur produceras med grön el (exempelvis vindkraft). Värdet av, eller betalningsviljan, för ett (marginellt) skift till den nya gröna teknologin kan då i princip uttryckas som (se Johansson & Kriström, 2022):<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Delar av detta avsnitt bygger på Brännlund och Kriström (2024).

<sup>7</sup> Egentligen priset på vätgas, men eftersom vätgasproduktion kräver mycket el blir priset på el avgörande.

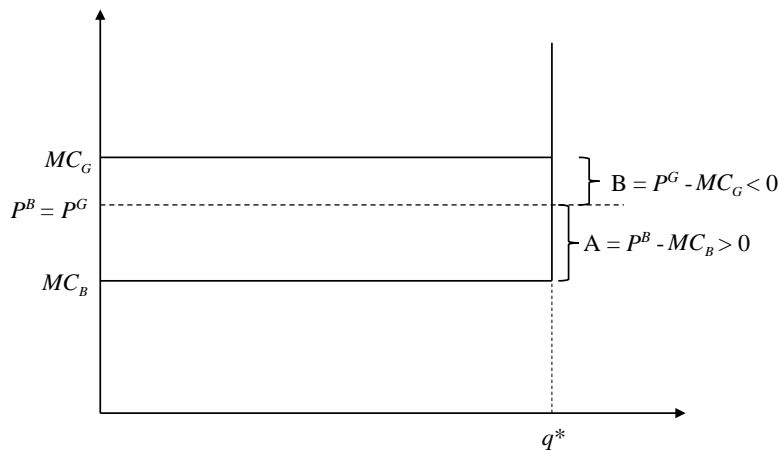
<sup>8</sup> Här har det för enkelhets skull antagits att de båda teknologierna är lika arbetsintensiva.

$$V = (P^G - P^B) - p_e \cdot dx_e + (p_c + p_p \cdot a) \cdot dx_c,$$

Där  $P^G$  och  $P^B$  är priset på fossilfritt respektive konventionellt stål,  $p_e$  är priset på el,  $p_c$  är priset på,  $p_p$  är priset på utsläppsrätter och  $a$  är utsläpp av koldioxid per enhet koks.<sup>9</sup>

Om priset på grönt stål har är detsamma som priset på det konventionella ( $P^G - P^B = 0$ ) är ett skift till det fossilfria lönsamt ifall besparingen till följd av minskad kostnad för koks och utsläppsrätter är större än den tillkommande kostnaden för el. Johansson & Kriström (2022) visar att under rimliga antaganden kring priser på el, koks och utsläppsrätter krävs det en betydande prispremie för den fossilfria produkten ( $P^G > P^B$ ) för att skiftet ska vara lönsamt (eller ge ett positivt täckningsbidrag till kapitalkostnaden). På lång sikt (efter 2039) kommer den nuvarande fossilbaserade kapitalstocken att vara obsolet, eller värdelös, oavsett vad industrin gör. Huruvida det ska ske en ståltillverkning efter det blir därmed en fråga om tillverkning med den nya teknologin blir lönsam. En illustration för ett enskilt företag/bransch ges i figur 2 nedan.

Figur 2 Kostnader och intäkter av olika produktionsmetoder.



Marginalkostnaden för att producera konventionellt stål antas vara konstant upp till kapacitetstaket  $q^*$ . Det betyder att ett pris på konventionellt stål som överstiger  $MC_B$  innebär att produktion är lönsamt, eller bidrar till att täcka den fasta kapitalkostnaden. Givet priset  $P^B$  på det konventionella stålet är täckningsbidraget lika med A per enhet stål och man kommer således att nyttja hela produktionskapaciteten. I figur 2 illustreras även fallet när det finns en alternativ fossilfri teknologi men som innebär en marginalkostnad,  $MC_G$ , som är högre än  $MC_B$  och vars produkt inte värderas högre än den konventionella produkten på marknaden. Man kan tänka sig att beskrivningen i figur 2 illustrerar dagens situation. Över tid, allt eftersom antalet utsläppsrätter minskar inom EU ETS, är det sannolikt att priset på utsläppsrätter stiger, dvs. marginalkostnaden för konventionellt stål ( $MC_B$ ) ökar, förskjuts uppåt i figur 2, vilket minskar lönsamheten med att producera konventionellt stål. Efter 2039 när det inte längre ges ut några

<sup>9</sup> Ifall en del av den gröna, fossilfria, stålproduktionen ersätter stålproduktion i ett land som inte ingår i EU ETS eller har ett explicit pris på koldioxid som är lägre än priset på utsläppsrätter i EU ETS tillkommer en intäkt. Men i och med införandet av CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) kommer stål som importeras från länder där koldioxid inte prissätts att få erlägga en "tull" som motsvarar priset på utsläppsrätter i EU ETS.

utsläppsrätter kan konventionellt stål i princip inte produceras med följderna att det konventionella kapitalet blir obsolet och värdelöst. Ett sätt att värdera denna kostnad är att beräkna nuvärdet av vinsten som i figur 2 då motsvarar nuvärdet av det årliga producentöverskottet, dvs  $A$  multiplicerat med  $q^*$ .

Illustrationen i figur 2 visar också att avsaknaden av en prispremie för grönt stål gör tillverkningen olönsam eftersom täckningsbidraget,  $B$ , är negativt. Avgörande för om det är lönsamt att investera i den nya teknologin är således, som redan sagts, betalningsviljan för grönt stål och kostnaden för att producera. Som vi redan diskuterat kommer produktionskostnaden att bero på vilken teknologi som man bestämmer sig för. Svenska producenter av järn och stål, LKAB, SSAB och H2GS, har valt en teknologi som innebär produktion av järnsvamp med hjälp av vätgas, som nästa steg omvandlas till stål i ljusbågsugnar.<sup>10</sup> Vätgasen, i sin tur, är tänkt att framställas med förnybar el från framför allt vindkraft. Som en följd av detta uppskattas elbehovet i SE1 (norra Sverige) öka med 5 TWh till 2026, 70 TWh till 2040 och ca 90 TWh till 2050 (Sundén, 2024).<sup>11</sup> Sett i relation till dagens elförbrukning i hela Sverige innebär det en ökning med ca 3, 47 och 60%. En efterfrågeökning i den storleksordningen, bara i norra Sverige, får sannolikt effekter på elmarknaden i form av högre elpris vilket i slutändan innebär att det krävs en signifikant prispremie på grönt stål (Johansson & Kriström, 2023, Sundén, 2023 och 2024) för att produktion ska vara lönsamt.

Sammantaget innebär den pågående omställningen och i princip krav på nollutsläpp från 2039 att nuvarande kapitalstock inom exempelvis stålindustrin blir obsolet och att värdet, eller kostnaden, av detta i princip kan approximeras med nuvärdet av de rörelsevinsten som kapitalet genererar, illustrerat av den skuggade ytan i figur 2 ( $A$  multiplicerat med  $q^*$ ).

En fråga som kan ställas är därmed vad det skulle kosta samhället ifall tillgången på elektrisk kraft blir otillräcklig för elektrifieringen av industrin, exempelvis till produktionen av grönt stål, batteritillverkning, m.m. Brännlund och Kriström (2024) ger en illustration av hur man kan tänka kring denna fråga, kopplat till ett räkneexempel. Räkneexemplet i Brännlund och Kriström (2024) illustrerar vad det skulle kosta samhället om den gröna omställningen som är på gång i norra Sverige (SE1 och SE2) *inte* blir av på grund av elbrist.<sup>12</sup> Huvudsyftet är inte att ge ett fullödigt svar på frågan utan mer att tillhandahålla en tankemodell på hur man kan se på vad det skulle kosta i samhällsekonomiska termer ifall den "gröna omställningen" inte sker på grund av elbrist.

Utgångspunkten i illustrationen är att det är lönsamt att bygga ut elproduktion. Att det trots det uppstår en "elbrist" är, enligt grundantagandet i Brännlund och Kriström (2024), att det finns restriktioner av något slag som gör att den inte byggs ut. Givet de antaganden som görs beräknas kostnaden av en elbrist som förlusten av konsument- och producentöverskott på grund av att den el som skulle krävas inte tillgängliggörs, givet

---

<sup>10</sup> Se Sundén (2023) för en beskrivning av olika teknologier.

<sup>11</sup> Utöver dessa stålprojekt prognosticeras även andra stora efterfrågeökningar på el i Sverige generellt. Exempelvis prognosticerar Energimyndigheten (2023) en ökning med 70-100% fram till 2040 och 90-150% fram till 2050.

<sup>12</sup> Antaganden som görs gällande marginalkostnader, produktionskapacitet, m.m. finns även redovisade i Kriström mfl. (2022).

att den fossilfria produkt som produceras efter omställningen har ett värde som är högre än den produkt som nu produceras.<sup>13</sup>

Illustrationen, eller räkneexemplet, utgår från att elbehovet antas öka med 80 TWh årligen, från dagens (2019) 26 TWh till 106 TWh i SE1 plus SE2. Efterfrågan efter el i SE1 plus SE2 beskrivs av en efterfrågekurva som kalibreras så att marknadspris och elanvändning sammanfaller med faktiskt (genomsnitts)pris och faktisk elanvändning för år 2019.<sup>14</sup> I beräkningarna antas en konstantelastisk efterfrågekurva med priselasticiteten -0.5. Vidare baseras räkneexemplet på produktion, konsumtion och elpris för år 2019 och att utbyggnaden av vindkraft kan ske till en marginalkostnad av SEK 0,11 per KWh.<sup>15</sup> Ekonomiska effekter av två olika scenarier som innebär "elbrist" jämförs med ett referensscenario där det sker en omställning som innebär att elproduktionen i SE1 och SE2 ökar till en nivå som täcker det framtida elbehovet. De scenarier som analyseras är (se Brännlund och Kriström, 2024):

**REF: (refscenario):** *Behovet av el i SE1+SE2 pga omställningen antas öka med 80 TWh, från 26 till 106 TWh. Görs tillgängligt med utbyggd vindkraft till en marginalkostnad på SEK 0.11 per KWh. Ingen el exporteras från SE1+SE2, vilket innebär att produktionen av vindkraft ökar med 42 TWh i SE1+SE2 (från 64 TWh till 106 TWh).*

**SC 1:** *Ingen utbyggnad av el, ingen omställning, efterfrågan oförändrad från 2019.*

**SC 2:** *Utbyggd elkraftsproduktion med 42 TWh, marginalkostnad SEK 0.11 per KWh. Elpris "utifrån" lika med SEK 0.40 per KWh.*

**SC 3:** *Utbyggd elkraftsproduktion med 42 TWh, marginalkostnad SEK 0.11 per KWh. Elpris "utifrån" ökar från SEK 0.40 till 0.80 per KWh.*

Resultaten av beräkningarna presenteras i tabell 3.<sup>16</sup>

---

<sup>13</sup> Grundläggande antaganden gällande marginalkostnader m.m. finns även redovisade i Kriström m.fl. (2022). Där ges även en grafisk beskrivning av elmarknaden under olika antaganden.

<sup>14</sup> Med elanvändning avses total elanvändning i SE1 och SE2.

<sup>15</sup> Se Brännlund och Kriström (2024) för en detaljerad redogörelse av det antaganden som görs, och hur rimliga de kan tänkas vara.

<sup>16</sup> En grafisk illustration i termer av efterfrågan och utbud på el finns i appendix B i Brännlund och Kriström (2024).

Tabell 3 Konsument och producentöverskott i de olika scenarierna, miljarder kronor.

	REF	SC 1	SC 2	SC 3
<b>Elpris</b>	0.11	0.40	0.40	0.80
<b>Produktion, SE1+SE2</b>	106	64	106	106
<b>Konsumtion SE1+SE2</b>	106	26	56	39
<b>Export TWh</b>	0	38	50	67
<b>CS</b>	98	36	77	75
<b>PS</b>	1	19	31	74
<b>CS+PS</b>	99	55	108	149
<b>SC - REF</b>		<b>-44</b>	<b>10</b>	<b>49</b>

CS och PS är i miljarder kronor (avrundat). Källa: Brännlund och Kriström (2024).

Som framgår av tabell 3 innebär SC1 en betydande kostnad, jämfört med fallet om omställningen blir av. Om elproduktionen kan byggas ut med 80 TWh till en kostnad av 11 öre/KWh och all el stannar i SE1 och SE2 är kostnaden för att *inte* omställningen görs 44 miljarder kr årligen. Men som framgår fördelas kostnaden olika. Förlorare är elkonsumenterna i form förlorat konsumentöverskott (förlorad vinst från den fossilfria produkten) medan elproducenterna är vinnare. De senare förlorar med andra ord på omställningen i form av minskat producentöverskott. Anledningen till det senare är att elpriset faller till 11 öre/KWh som en följd av produktionsutbyggnaden i kombination med uteblivna exportmöjligheter. Som lyfts fram tydligt i Brännlund och Kriström (2024) bygger referensscenariot (omställning) på ett antal mycket starka antaganden. Dels att det finns en mycket hög betalningsvilja (eller betalningsförmåga) för el i omställningsscenario (grönt stål betingar ett högt pris jämfört men konventionellt), dels att el som produceras i norr stannar i norr (inga överföringsförbindelser). Släpper man på det senare och antar att det finns överföringsmöjligheter mellan olika områden kommer priset i SE1 och SE2 att påverkas, förmodligen uppåt, vilket påverkar konsumentöverskottet negativt och producentöverskottet positivt. Detta illustreras i scenario 2 och 3.

I SC2 sker en utbyggnad av elproduktion som i referensscenariot, men det finns överföringsmöjligheter av el mellan områden. Priset på el bestäms utifrån och antas vara på samma nivå som i SC1 (40 öre/KWh). En konsekvens är att en del av produktionsökningen av el i SE1 och SE2 kommer att exporteras och att elanvändningen i SE1 och SE2 blir mindre än behovet på 106 TWh. Sammantaget innebär scenariot att omställningen är olönsam i SC2. Visserligen leder omställningen till ett ökat konsumentöverskott, men förlusten i producentöverskott för elproducenterna blir än större.

I SC3 antas det att priset på el stiger till 80 öre/KWh på grund av ökad överföringskapacitet, vilket leder till ökad export från SE1+SE2 och minskad inhemsk konsumtion (jämfört med REF och SC2). Det innebär ett bortfall i termer av konsumentöverskott men en vinst i termer av ökat producentöverskott. Sammantaget en vinst.

### Sammanfattning

- Sammanfattningsvis illustrerar räkneexemplet att avgörande för om omställningen är lönsam för samhället eller inte till stor del är avhängigt
- Hur utvecklingen på elmarknaden blir och då inte minst hur sammanflätade olika prisområden inom det nordiska systemet är, men även hur sammankopplade Norden är med övriga Europa.
- Det bör påpekas att i räkneexemplet tas inte i beaktande eventuella positiva spridningseffekter beroende på att det antagits mer eller mindre fullt resursutnyttjande.<sup>17</sup>
- Basscenariot (SC1) kan sägas illustrera det värde som inte skapas ifall omställningen inte sker, dvs. om det inte sker någon produktion av grönt stål m.m. Det värdet kan jämföras med de förädlingsvärden som genereras i Sverige i energiintensiv industri som redovisas i avsnitt 3.
- Sist och slutligen skall det betonas att räkneexemplet ska ses som en illustration och just ett exempel som bygger på ett antal förenklade antaganden, samt att det är en partiell analys som bortser från eventuella indirekta effekter.

---

<sup>17</sup> I appendix C i Brännlund och Kriström (2024) finns en mer utförlig diskussion kring hur man ska se på spridningseffekter i en samhällsekonomisk kalkyl. Se även Johansson och Kriström (2016).

## 7. Summering och slutsatser

Den här rapporten består av en litteraturstudie, en faktorefterfrågeanalys, och en konceptuell analys i termer av klimatomställningen och nya produktionsteknologier. Syftet har varit att belysa vilka konsekvenser klimatomställningen potentiellt kan ha på industrin och i synnerhet tunga energiintensiva sektorer.

**Litteraturstudien** och **faktorefterfrågeanalysen** bygger på modeller utvecklade för att studera relativt små och gradvisa förändringar i relevanta variabler. Dessa modeller har varit användbara för att analysera mindre prisvariationer och deras påverkan på företagets beteende, men har begränsningar när det gäller att förutse påverkan av större och mer abrupta förändringar, som de som kan inträffa vid en omfattande klimatomställning. Historiska data och modeller baserade på dessa kan inte helt fånga de dynamiska förändringar som en snabb klimatomställning kan medföra. Därför bör vi vara försiktiga med att dra långtgående slutsatser från dessa modeller, eftersom potentiella prisökningar på el och fossila bränslen kan vara större än vad som tidigare observerats. Trots dessa begränsningar kan modellerna fortfarande ge värdefulla insikter genom att indikera riktningen för förändringar och trender, såsom ökad investering i miljövänlig teknik eller effektivisering av produktionsprocesser.

Den konceptuella analysen och räkneexemplet kompletterar de befintliga modellerna genom att fokusera på de övergripande och långsiktiga effekterna av en omställning som inte är marginell. Istället för att enbart undersöka små, gradvisa förändringar, betonar analysen de strukturella skiften och betydande konsekvenser som klimatpolitiken kan medföra, särskilt införandet av nya produktionsteknologier och övergången till grön teknologi. Denna djupgående analys ger en bättre förståelse för hur klimatpolitik inte bara påverkar enskilda sektorer utan kan omforma hela ekonomiska strukturer på lång sikt.

### **Litteraturstudien visar att:**

- Forskningen ger inte ett brett stöd för den starka versionen av den så kallade Porterhypotesen, som påstår att miljöpolitiska kostnader alltid kompenseras genom ökad produktivitet. Dock visar vissa studier att en väl utformad klimatpolitik kan förbättra produktiviteten och konkurrenskraften för vissa företag.
- Klimatpolitik, på både nationell och europeisk nivå, har påverkat företagens löpande miljöutgifter, men prissättning av kol har inte nödvändigtvis lett till ökade investeringar i grönt kapital under de studerade perioderna.
- Miljöinvesteringar och löpande utgifter har visat sig ha positiva effekter på energieffektiviteten i tillverkningsindustrin, men de kan också leda till negativa effekter på produktiviteten i efterföljande perioder.
- Forskning visar att ett pris på koldioxid, som en koldioxidskatt eller EU ETS, är ett effektivt sätt att minska utsläppen, även om effekterna på produktion och investeringar i industrin är modesta.



**Resultat från faktorefterfrågeanalysen:**

- Höjda priser på el och fossila bränslen har en blygsam men positiv effekt på investeringar och sysselsättning.
- Prishöjningar på koldioxid och fossila bränslen minskar markant användningen av dessa bränslen, särskilt inom stål- och järnindustrin.
- Efterfrågan på el är känslig för prishöjningar, främst inom gruvsektorn.
- Prishöjningar på kapital minskar investeringar, men påverkan på sysselsättning är mindre och i vissa fall positiv.

**Den konceptuella analysen** betonar att omställningens lönsamhet till stor del beror på:

- utvecklingen på elmarknaden
- hur integrerade prisområdena inom det nordiska systemet är och hur kopplade Norden är till övriga Europa.

I allmänhet kan sägas att investeringar i fossilfri produktion, som grönt stål, påverkas av faktorer som efterfrågan, pris, investeringskostnader och kostnader för insatsfaktorer, framför allt el.

## Referenser

- Albrizio S., Kozluk T., Zipperer V. (2017). Environmental policies and productivity growth: evidence across industries and firms. *Journal of Environmental Economics and Management* 81.
- Andersson NG F., Bauer F., och Nilsson LJ. (2024). Politikens roll för näringslivets klimatomställning. Forskningsrapport SNS.
- Ambec S., Cohen M.A., Elgie S., Lanoie P. (2013). The Porter hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy* 7.
- Amjadi G., Lundgren T., Persson L. (2018). The rebound effect in Swedish heavy industry. *Energy Economics* 71.
- Amjadi G., Lundgren T. (2022). Is industrial energy inefficiency transient or persistent? Evidence from Swedish manufacturing. *Applied Energy* 309.
- Amjadi G., Lundgren T., Zhou W. (2022). A dynamic analysis of industrial energy efficiency and the rebound effect. *Energy Efficiency Journal*.
- Amjadi G., Lindström H., Vesterberg M., Bostian M., Lundgren, T. (2023). The effect of environmental protection investments and expenditures on industrial labor demand in Sweden. Work in progress, CERE.
- Berndt E. R. (1991). *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Addison-Wesley.
- Berman E., Bui L.T.M. (2001). Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries. *Review of Economics and Statistics* 83.
- Bostian M., Färe R., Grosskopf S., Lundgren T. (2016). Environmental investment and firm performance: a network approach. *Energy Economics* 57.
- Bostian M., Färe R., Grosskopf S., Lundgren T., Weber W. (2018). Time substitution for environmental performance. *Empirical Economics* 54.
- Bostian M., Lundgren T. (2020). Production and the environment. Eds. S. Ray, R. Chambers, S. Kumbhakar. In *Handbook of Production Economics*. Springer.
- Bostian M., Färe R., Grosskopf S., Lundgren T. (2022). Prevention or cure? Optimal Abatement Mix. *Environmental Economics and Policy Studies* 108.
- Brännlund R., Kriström B. (1996). Welfare measurement in single and multimarket models: Theory and application. *American Journal of Agricultural Economics*.
- Brännlund R., Lundgren T. (2007). Swedish industry and Kyoto – an assessment of the effects of the European CO2 emission permit trading system. *Energy Policy* 35(9).
- Brännlund R., Lundgren T. (2009). Environmental policy without costs? A review of the Porter hypothesis. *International Review of Environmental and Resource Economics* 3.

- Brännlund R., Lundgren T. (2010). Environmental policy and profitability: evidence from Swedish industry. *Environmental Economics and Policy Studies* 12.
- Brännlund R., Lundgren T., Marklund P-O. (2014). Carbon intensity in production and the effects of climate policy – evidence from Swedish industry. *Energy Policy* 67.
- Brännlund R., Lundgren T., Söderholm P. (2015). Convergence of carbon dioxide performance across Swedish industrial sectors: An environmental index approach. *Energy Economics* 51.
- Brännlund R., B. Kriström, T. Lundgren (2022). Mål o medel i klimatpolitiken. Tillväxtanalys Rapport.
- Brännlund R., Kriström B. (2024). Vad kostar det om den gröna omställningen inte sker på grund av elbrist? Energiforsk, rapport XX.
- Chambers, R.G. (1988) *Applied Production Analysis. A Dual Approach*. Cambridge University Press.
- COM (2023) 161 final. Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act).
- Coria J., Jaraite-Kazukauske J. (2024). The role of environmental policy and public innovation -subsidies in promoting green patenting in Sweden. Tillväxtanalys Working Paper.
- Dahlqvist A., Lundgren T., Marklund P-O. (2021). Assessing the Rebound Effect in Energy Intensive Industries: A Factor Demand Model Approach with Asymmetric Price Response. *The Energy Journal* 42(3).
- Dam L., Lundgren T., Scholtens B. (2019). Environmental responsibility – theoretical perspective. Ch. in: McWilliams A., Rupp D.E., Siegel D.S., Stahl G.K., Waldman D.A. (eds.). *Oxford handbook of corporate social responsibility*. Oxford University Press, Oxford.
- Dargay J. (1983). *The Demand for Energy in Swedish Manufacturing*. In *Energy in Swedish Manufacturing*. IUI Stockholm
- Dechezleprêtre A., Sato M. (2017). The impacts of environmental regulations on competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy* 11.
- Dechezleprêtre A., Kozluk T., Kruse T., Nachtigall D, de Serres A. (2019). Do environmental and economic performance go together? A review of micro-level empirical evidence from the past decade or so. *International Review of Environmental and Resource Economics* 13.
- Direktiv (EU) 2023/959, Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2023/959 av den 10 maj 2023 om ändring av direktiv 2003/87/EG om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom unionen och beslut (EU) 2015/1814 om upprättande och användning av en reserv för marknadsstabilitet för unionens utsläppshandelssystem.

- Energimyndigheten (2023). Scenarier över Sveriges energisystem 2023 – Med fokus på elektrifieringen. Energimyndigheten.
- Färe R., Grosskopf S., Lundgren T., Marklund P-O., Zhou W. (2016). The impact of climate policy on economic and environmental performance – Evidence from Sweden. Routledge, London, UK.
- Geels F.W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1(1).
- Ghalwash, T. (2007). Energy taxes as a signaling device: An empirical analysis of consumer preferences, *Energy Policy*, 35, 29-38,
- Gillingham K., Newell R.G., Palmer K. (2009). Energy Efficiency Economics and Policy. *Annual Review of Resource Economics* 1.
- Green W. H. (1993). *Econometric Analysis*. MacMillan.
- Hallsten K., Liljefors P. (2021). Basindustrins betydelse för svenskt välstånd. *Industriarbetsgivarna rapport 2021-12-22*.
- Hallsten K., Desax T., Liljefors P. (2021). Stål – och metallindustrins betydelse för svenskt välstånd. *Industriarbetsgivarna rapport 2021-10-29*.
- Hallsten K., Desax T. (2021). Skogsnäringens betydelse för välfärden. *Industriarbetsgivarna rapport 2021-04-01*.
- Hammar H., Löfgren Å. (2010). Explaining adoption of end-of-pipe solutions and clean technologies – determinants of firms' investments for reducing emissions to air in four sectors in Sweden. *Energy Policy* 38.
- Hassler J., Flam H. (2023). *Nordic Economic Policy Review 2023: EU versus National Climate Policies in the Nordics*. Eds. Hassler och Flam. Nordic Publications.
- Hill M., Kriström B. (2005). *Klimatmål, utsläppshandel och svensk ekonomi*. SNS förlag, Stockholm.
- Jaffe A.B., Peterson S.R., Portney P.R., Stavins R.N. (1995). Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: what does the evidence tell us? *Journal of Economic Literature* 33.
- Jaffe A.B., Palmer K. (1997). Environmental regulation and innovation: a panel data study. *Review of Economics and Statistics* 79.
- Jaraite J., Kazukauskas A., Lundgren T. (2014). The effects of climate policy on environmental expenditure and investments: evidence from Sweden. *Journal of Environmental Economics and Policy* 3.
- Jehle G.A., Reny, P. J. (2011). *Advanced Microeconomic Theory*, 3rd edn. Harlow: Financial Times Prentice Hall.

Johansson P-O., de Rus G. (2018). Evaluating Large Projects when there are Substitutes: Looking for Possible Shortcuts. CERE WP 2018-7.

Johansson P-O., Kriström B. (2016). Cost–Benefit Analysis for Project Appraisal. Cambridge University Press.

Johansson, P-O., Kriström B. (2022). Paying a Premium for “Green Steel”: Paying for an Illusion? *Journal of Benefit-Cost Analysis* 3(3).

Konjunkturinstitutet (2023). Miljö, ekonomi och politik. Fördelningseffekter av miljö- och klimatpolitik.

Lanoie P., Laurent-Lucchetti J., Johnstone N., Ambec S. (2011). Environmental policy, innovation and performance: new insights on the Porter hypothesis. *Journal of Economics and Management Strategy* 20.

Lindman, Å. (2022). Ett samhällsekonomiskt perspektiv på hinder för näringslivets klimatomställning. Underlagsrapport till Tillväxtanalys PM 2022:10.

Lundgren, T., Sjöström, M. (2001). A Flexible Specification of Adjustment Costs in Dynamic Factor Demand Models. *Economics Letters*, 72.

Lundgren T., Marklund P-O., Samakovlis E., Zhou W. (2015). Carbon prices and incentives for technological development. *Journal of Environmental Management* 150.

Lundgren T., Marklund P-O. (2015). Climate policy, environmental performance, and profits. *Journal of Productivity Analysis* 44(3).

Lundgren T., Marklund P-O., Zhang S. (2016a). Industrial energy demand and energy efficiency - evidence from Sweden. *Resource and Energy Economics* 43.

Lundgren T., Zhang S., Zhou W. (2016b). Energy efficiency in Swedish industry - a firm-level data envelopment analysis. *Energy Economics* 55.

Lundgren T., Zhou W. (2017). Firm performance and the role of environmental management. *Journal of Environmental Management* 203.

Löfgren Å., Millock K., Nauges C. (2008). The effect of uncertainty on pollution abatement investments: measuring hurdle rates for Swedish industry. *Resource and Energy Economics* 30.

Martinsson G., Strömberg P. (2020). Hur påverkas företags utsläpp av ett pris på koldioxid? SNS rapport nr 68.

Martinsson G., Sajtos L., Strömberg P., Thomann C. (2022). The Effect of Carbon Pricing on Firm Emissions: Evidence from the Swedish CO2 Tax. European Corporate Governance Institute – Finance Working Paper No. 84. Fullängdsartikel under produktion i *Review of Financial Studies*.

Mazzucato, M. (2018). *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Penguin Books.

Mazzucato, M. (2021). *A Moonshot Guide to Changing Capitalism*. HarperCollins Publishers.

- Morgenstern R.D., Pizer W.A., Shih J-S. (2002). Jobs versus the environment: an industry-level perspective. *Journal of environmental economics and management* 43.
- Mowery D.C., Nelson R.R., Martin B.R. (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed. *Research Policy* 39.
- Newell P., Mulvaney D. (2013). The political economy of the 'just transition'. *The Geographical Journal* 179.
- Porter M. (1991). America's green strategy. *Scientific American* 264.
- Porter M., van der Linde C. (1995). Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives* 9.
- Prop. 2016/17:146, Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige.
- Rodrik, D. (2014). Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy* 30.
- Shadbegian R.J., Gray W.B. (2005). Pollution abatement expenditures and plant-level productivity: a production function approach. *Ecological Economics* 54.
- Skr 2023/34:59, Regeringens klimathandlingsplan – hela vägen till nettonoll.
- Sundén, D. (2023). Från brunt till grönt - Bedömning av satsningarna på fossilfritt stål i Norrland utifrån ett teknik- och marknadsperspektiv. [Skandinaviska Policyinstitutet](#).
- Sundén, D. (2024). Till vilket elpris som helst? Bedömning av effekterna av på den nordiska elmarknaden av satsningarna på fossilfritt stål i Norrland. [Skandinaviska Policyinstitutet](#).
- Söderholm P., Frishammar J. (2018). Statens roll vid grön omställning genom aktiv industripolitik. Tillväxtanalys, PM 2018:10. Rapport inom ramprojektet Vilken roll bör staten ha i omställningen till en klimatneutral processindustri?
- Stavins R.N. (2020). The future of US carbon-pricing policy. *Environmental and Energy Policy and the Economy* 1(1).
- Stern N., Stiglitz J. (2023). Climate change and growth. *Industrial and Corporate Change* 32.
- Tillväxtanalys (2022). Elektrifiering och europeisering: En samhällsekonomisk konsekvensanalys med fokus på elintensiv verksamhet. Rapport 2022:02.
- Varian H.R. (1992). *Microeconomic Analysis*, Norton.
- Victor D.G. (2011). *Global warming gridlock: Creating more effective strategies for protecting the planet*. Cambridge University Press.
- Weche J.P. (2019). Does green corporate investment crowd out other business investment? *Industrial and Corporate Change* 28. Bilaga

## Appendix

Tabell A1. Förklaringar till SCB's data på miljöinvesteringar och löpande miljörelaterade utgifter. Källa: Jaraite et al. (2014).

<i>1. Pollution treatment investment</i>	<i>2. Pollution prevention investment</i>	<i>3. Current expenditures</i>
<p>These investments do not affect the actual production processes. The purpose of these investments is to deal with already emitted pollution (so-called "end-of-pipe" solutions), to avoid releasing it, and to measure the level of pollution.</p>	<p>Investments that affect the production process and act as to prevent pollution. They are characterised by: 1) lowering emissions from production processes; 2) facilitates the use of less environmentally damaging input factors; 3) new and more efficient and less emitting equipment and machinery.</p> <p>When these investments cannot be fully separated out from the production process, then the firm has to make an assessment of the extra cost incurred by using the more environmentally friendly technique.</p>	<p>These are costs that are not considered as investments. Environmental expenditures can be related to existing equipment but can also be costs related to operation of a sewage plant, fees for municipal waste management and services, payment for transport and landfill of waste, government agency fees for monitoring, costs for internal environmental management, and certification of products or processes. These costs are divided into internal costs and hired services. Financial costs such as depreciation and environmental taxes and fees are not included.</p>
<i>Examples within different environmental investment areas</i>		<i>Examples of expenditures</i>
<p>Air: filters, scrubbers, coolers, condensers for process gases, equipment for thermal and catalytic combustion of process gases, measurement and monitoring equipment.</p> <p>Water: pollution cleaning treatment plant, dams and storage facilities for industrial sewage water,</p>	<p>Air: closing processes, re-circulation of process gases, enhancing combustion performance, optimising processes, equipment that allows the replacement of fossil fuels, changing cold media, encapsulation of processes, optimising the use of chemicals.</p>	<p>Operations and maintenance: cost of personnel, material and energy that is used for existing environmental facilities and management.</p> <p>Environmental administration: costs for acquiring information, investigations, education of own personnel, costs of</p>

<p>oil separators, treatment and storing of sludge, costs associated with municipal sewage treatment services.</p> <p>Waste: equipment for storing and transportation such as vehicles and containers, sorting equipment, compressors, and investment in own landfill facilities.</p> <p>Other: materials to lower sound pollution, sound isolation, protection of ground water resources from landfill leakage, surface treatments, measures to protect biotopes and natural areas such as meadows, wetland, and creeks.</p>	<p>Water: closing of water and cooling systems, re-circulation of process water, measures to more efficient water use, maximising water circulation, use of less chemicals.</p> <p>Waste: increased recycling, decrease the use of raw materials and take care of residues, use of less polluting inputs to lessen waste toxicity.</p> <p>Other: less sound polluting machines, measures to ease transition to less environmentally damaging input factors in production.</p>	<p>having an environmental subdivision and co-ordination that is not directly connected to operations and maintenance or research.</p> <p>Research and development: total costs of research, development, testing, etc, to decrease the firm's environmental footprint, this includes also hired services.</p> <p>Other: all current expenditure for environmental protection, for example, external hiring of services to clean up land</p>
---	---	--

### Beskrivning av data och hur vi definierat variabler

Variablerna definieras som följer: Årlig produktion för ett företag,  $Y$ , för ett företag definieras som dess nettoförsäljning i Msek. Kvantiteten arbetskraft,  $L$ , för varje företag och år definieras som antalet hel- och deltidsanställda. Priset på arbete ("lön") erhålls genom att dividera företagets årliga lönekostnader med  $L$ . Statistiska centralbyrån tillhandahåller energikvantiteter för flera olika energikällor och omvandlar dem till energiekvivalenter (MWh). Vi utgår från energikvantiteter mätta i MWh och separerar energiinmatningar i elektricitet,  $E$ , och andra bränslen,  $F$ . Vi får ut priser för dessa energislag genom att dividera de totala energikostnaderna för elektricitet respektive andra bränslen med deras totala energikvantiteter som används i produktionen. Observera att produktion, energipriser och löner är deflaterade med sektorsspecifika producentprisindex med 2020 som basår.

För insatsfaktorn kapital konstruerar vi en företagsspecifik kapitalstock genom att använda den så kallade "perpetual inventory method" där bruttoinvesteringar bygger en stock givet en viss förslitning (deprecieringstakt antas här vara 8,7%, se t ex. Brännlund och Lundgren, 2010). Priset på kapital beräknas enligt: (investeringsprisindex/produktionsprisindex)(ränta + deprecieringstakt), detta är vad som i litteraturen brukar benämnas "user cost of capital" eller "rental cost of capital". Det



betyder att kapitalpriset varierar på sektorsnivå men ej på företagsnivå eftersom det är bara ppi-indexet som är sektorsspecifikt.

I tabell A2 nedan visas deskriptiv statistik för de fyra sektorerna. Kostnadsandelarna betecknas med  $s_i$  och vi kan se att andelen för el är störst i Papper/massa och för fossila bränslen har Gruvor den största kostnadsandelen. Variationen är dock stor inom alla sektorer. Störst kostnadsandel har arbete i alla sektorer, följt av kapital, vilket är förväntat.

Tabell A2. Deskriptiv statistik, medelvärden för perioden 2004 – 2021.

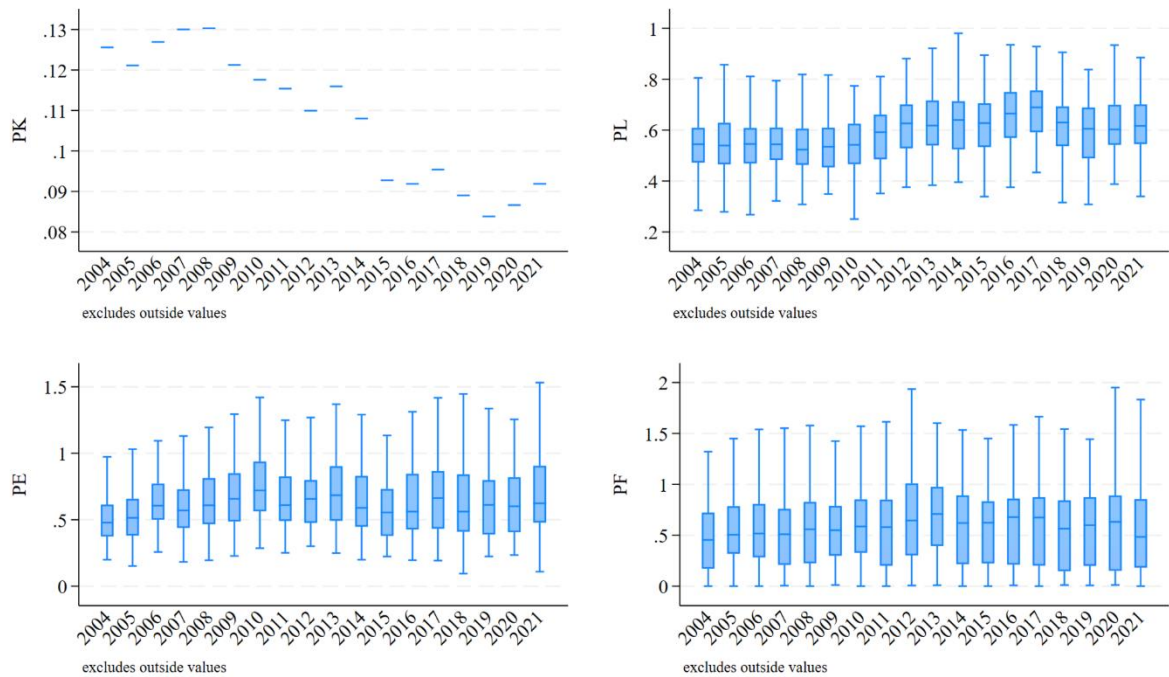
	Stål/järn			Papper/ massa		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
$K$ (Msek)	1378	297	142727	3774	378	422567
$L$ (Antal)	104	12	678	172	12	990
$E$ (xMwh)	13976	98	245411	65821	166	1022651
$F$ (xMwh)	8030	30	214968	166176	52	3308301
$p_K$ (index)	0.120	0.086	0.181	0.111	0.083	0.130
$p_L$ (Msek)	0.523	0.383	0.890	0.540	0.390	0.840
$p_E$ (Tsek/Mwh)	0.638	0.403	1.31	0.587	0.308	1.167
$p_F$ (Tsek/Mwh)	0.686	0.325	1.412	0.536	0.025	1.274
$s_K$	0.164	0.03	0.406	0.174	0.047	0.457
$s_L$	0.720	0.415	0.924	0.669	0.294	0.911
$s_E$	0.073	0.008	0.177	0.092	0.0103	0.347
$s_F$	0.041	0.001	0.182	0.063	0.002	0.189

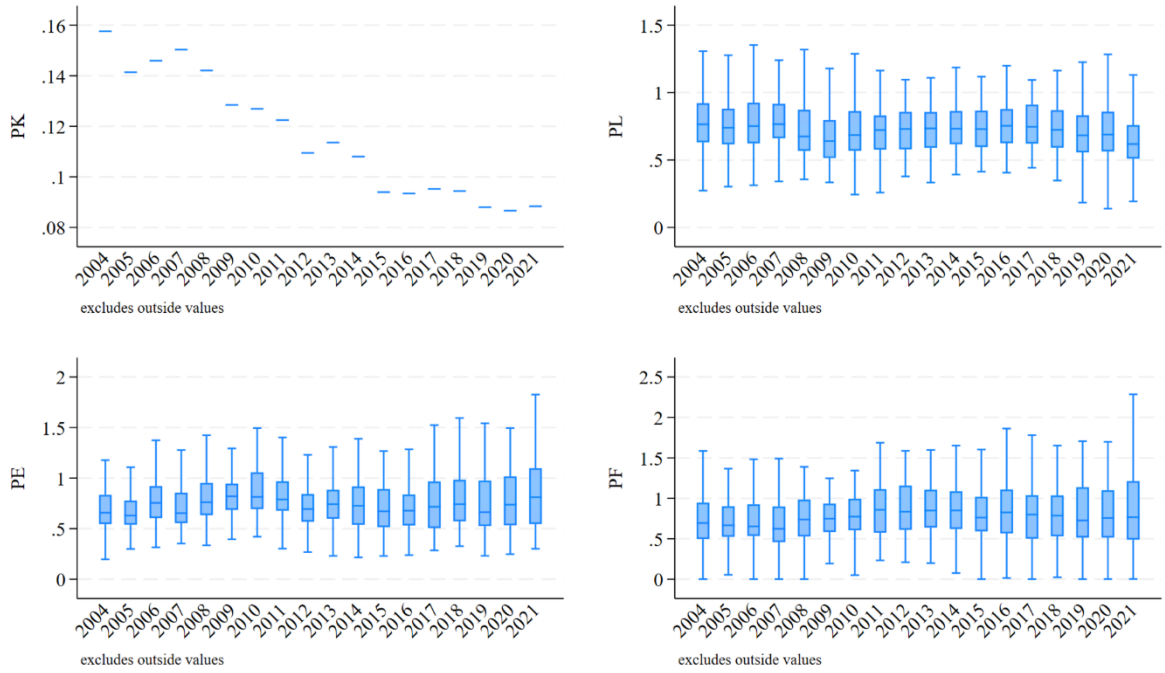
	Gruvor			Kemi		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
$K$ (Msek)	3943	1045	63613	1380	389	161754
$L$ (Antal)	40	10	1998	76	10	389
$E$ (xMwh)	6606	22	1175922	5736	110	115413
$F$ (xMwh)	7307	59	548213	7126	34	141404
$p_K$ (index)	0.131	0.084	0.223	0.120	0.086	0.157
$p_L$ (Msek)	0.607	0.431	1.523	0.637	0.447	1.447
$p_E$ (Tsek/Mwh)	0.768	0.413	1.745	0.66	0.392	1.312
$p_F$ (Tsek/Mwh)	0.92	0.33	1.572	0.665	0.263	1.389
$s_K$	0.360	0.097	0.726	0.184	0.037	0.479
$s_L$	0.461	0.194	0.761	0.735	0.353	0.924
$s_E$	0.039	0.0009	0.170	0.037	0.005	0.146
$s_F$	0.138	0.002	0.348	0.043	0.001	0.172

I figurerna A1-A4 nedan ser vi prisutvecklingen för kapital, arbete, el och fossila bränslen för den studerade perioden. Alla fyra sektorer i basindustrin uppvisar en fallande trend i pris på kapital. När det gäller de andra priserna ser vi inga tydliga trender men stor variation. Förutom i Kemi där pris på arbete och bränslen tycks ha fallit under perioden. När det gäller arbete kan det bero på att fler blivit deltidsanställda under perioden, det skulle i så fall se ut som om priset på arbete faller (givet så som vi definierat priset på arbete).

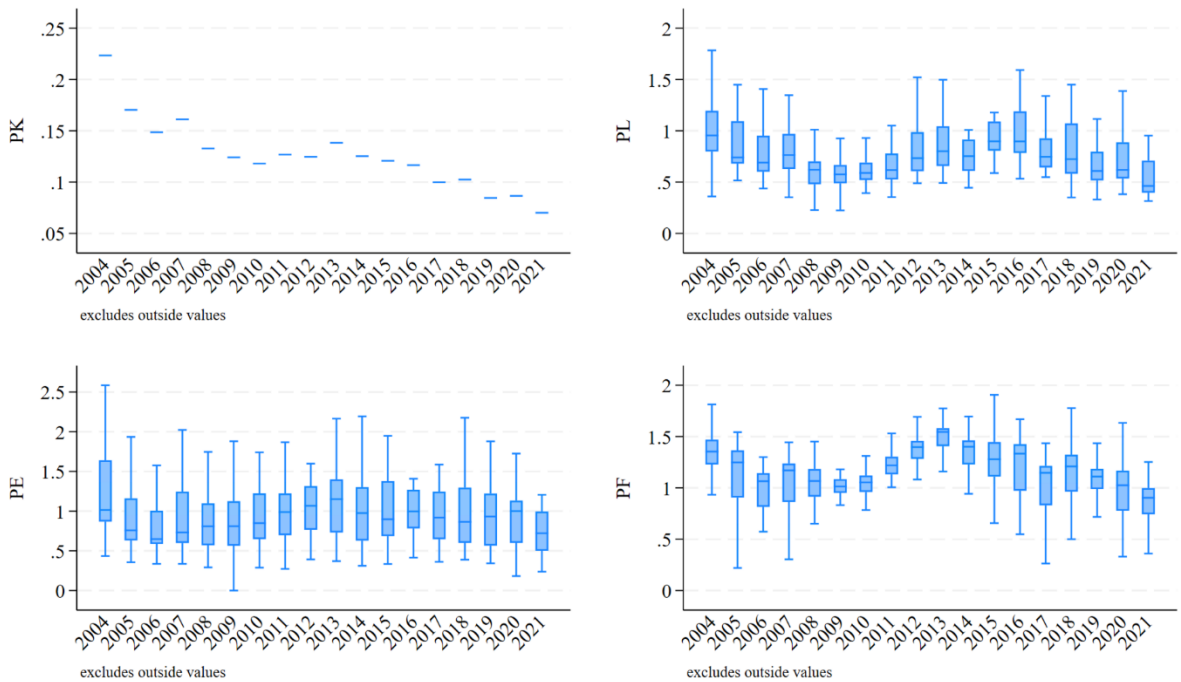
Figur A1 Papper/massa. Prisutveckling kapital, arbete, el och bränslen.



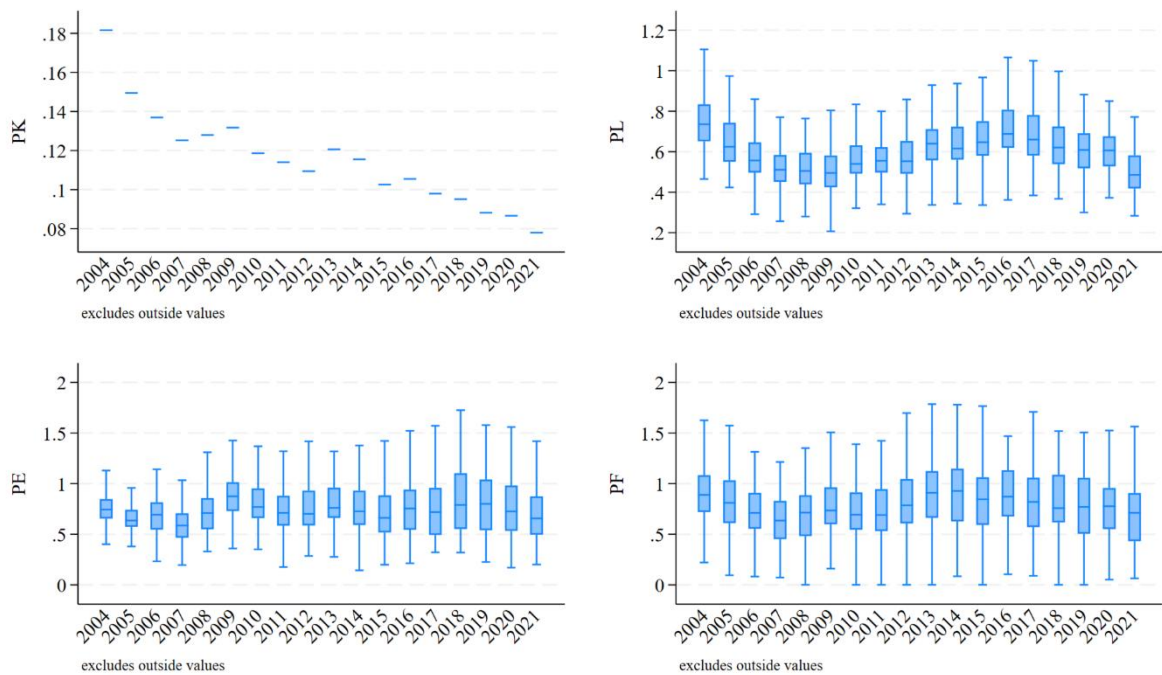
Figur A2 Kemi. Prisutveckling kapital, arbete, el och bränslen.



Figur A3 Gruvor. Prisutveckling kapital, arbete, el och bränslen.



Figur A4 Stål/järn. Prisutveckling kapital, arbete, el och bränslen.



### Translog-kostnadsfunktion och teoretiska antaganden bakom de estimerade elasticiteterna

Givet att företagen har som mål minimera kostnader så kan systemet av efterfrågefunktioner i sin mest generella form skrivas som

$$K = K(p_K, p_L, p_E, p_F, Y) \quad (\text{A1})$$

$$L = L(p_K, p_L, p_E, p_F, Y) \quad (\text{A2})$$

$$E = E(p_K, p_L, p_E, p_F, Y) \quad (\text{A3})$$

$$F = F(p_K, p_L, p_E, p_F, Y) \quad (\text{A4})$$

där  $p_K$ ,  $p_L$ ,  $p_E$ ,  $p_F$  är priset på insatsvarorna. Tecknen *a priori* på funktionsargumenten, dvs om derivatorna är positiva, negativa, eller obestämda, ges av vissa teoretiska villkor som ska vara uppfyllda för att kostnadsfunktionen ska vara "väluppfostad", mer om detta nedan. Generellt kan man säga att efterfrågan på insatsfaktorer antas stiga när produktionen ökar och sjunka vid prisstegringar på insatsfaktorerna. När det gäller efterfrågan på insatsfaktorer antas förhållandet med egenpriset vara negativt, medan korspriser effekter är *a priori* obestämda, vilket betyder att vi måste bestämma tecknen på dessa effekter empiriskt.

Notera att ekvationerna (A1) till (A4) gäller under antagandet att kapitalstocken kan förändras även på kort sikt. Om inte kapitalstocken anpassar sig på kort sikt kommer det

kortsiktiga utbudet och den kortsiktiga efterfrågan efter de olika produktionsfaktorerna, inklusive kapital, ej att sammanfalla med långsiktigt utbud och efterfrågan. Utbud och efterfrågan kommer i det fallet att bero på nivån på investeringarna, och inte endast på priset på kapital ( $p_K$ ) som beskrivet ovan. I analysen nedan antas att kapital är fullständigt flexibelt och kan anpassas utan kostnader (detta antagande stöds empiriskt av resultat i t ex Lundgren och Sjöström, 2001). Det betyder att de effekter på efterfrågan som uppskattas, till följd av prisförändringar, skall tolkas som effekterna i ett längre tidsperspektiv, dvs kortsiktiga och långsiktiga effekter är lika i denna modell.

### Empirisk specifikation av kostnadsfunktion samt efterfrågefunktioner

För att kunna empiriskt estimeras efterfrågesystemet måste vi specificera en parameteriserad version av den teoretiska modell vi presenterat i avsnittet innan. Här kommer vi använda en translog-baserad teknologi (se igen t ex Lundgren och Sjöström, 2001). Grundantagandet är att alla företag är vinstmaximerande/kostnadsminimerande och pristagare på sina respektive marknader. För enkelhet i notation definierar vi följande vektorer för inputs och priser,

$$\mathbf{z} = [K, L, E, F], \quad (\text{A5})$$

samt

$$\mathbf{w} = [p_K, p_L, p_E, p_F]. \quad (\text{A6})$$

så totala kostnader blir per definition  $C = \mathbf{wz}'$  och vi kan definiera minimala (optimala) kostnader som  $C = \mathbf{wz}^*$  där \* indikerar optimala val av inputkvantiteter (som kommer bero på priser  $\mathbf{w}$  och produktionsnivå  $Y$ ).

I den empiriska analysen måste vi välja funktionsform på kostnadsfunktionen. Vi har efter test av olika alternativ valt den normaliserade kvadratiske vinstfunktionen; en flexibel form av vinstfunktion som använts flitigt i nationalekonomiska studier av efterfråge- och utbudssystem.

### En translog-kostnadsfunktion

En translog-kostnadsfunktion skrivs generellt i "rå" logaritmisk form som:

$$\begin{aligned} \ln C(\mathbf{w}, Y) = & \beta_0 + \beta_1 \ln Y + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j \\ & + \sum_{i=1}^n \delta_i \ln p_i \ln Y + \frac{1}{2} \beta_2 (\ln Y)^2 \end{aligned} \quad (\text{A7})$$

där  $i, j = 1, \dots, n$  (= antal inputs i produktionen)

En translog kostnadsfunktion (transcendental logaritmisk kostnadsfunktion) är en flexibel form som används för att approximera produktions- och kostnadsstrukturer inom företag och industrier.

-  $\ln C(\mathbf{w}, Y)$  är den totala kostnaden för att producera outputmängden  $Y$  givet prisvektorn  $\mathbf{w}$ .

-  $\beta_0, \beta_1$  och  $\beta_2$  är parametrar associerade med outputnivån.

- $\alpha_i$  mäter hur inputpriserna påverkar kostnaden och
- $\delta_i$  mäter hur interaktionseffekter mellan inputpriser och output påverkar kostnaden.
- $\gamma_{ij}$  är en matris av parametrar som mäter interaktionseffekter mellan olika inputpriser.

Notera att tidsaspekten (teknologisk utveckling) inkluderas på olika sätt, antingen som en separat tidstrend (linjär eller icke-linjär), en tidstrend som interagerar med andra variabler i högerled, eller som årsspecifika tidsdummys.

Denna formel kan anpassas till specifika industriella förhållanden genom att kalibrera parametrarna baserat på empirisk data. Translogfunktionen är användbar för att analysera hur förändringar i priser och outputmängder påverkar kostnader, samt för att uppskatta efterfråge- och substitutionselasticiteter mellan olika inputs.

Den är associerad med en flexibel teknologi som inte antar några *a priori* restriktioner på elasticiteterna. Den kallas därför för en flexibel funktionsform.

En translog (från eng. transcendental logarithmic) kostnadsfunktion är en flexibel funktion som används för att modellera produktionskostnader, och den kan anpassas för att representera en mängd olika teknologiska förhållanden i produktionen. Några av de teoretiska antagandena bakom denna funktion inkluderar:

Flexibilitet: Translog kostnadsfunktionen är en flexibel form som inte kräver strikta antaganden om retur till skala eller substitutionseffekter mellan inputfaktorer. Den kan anpassas för att spegla nästan vilken teknologisk relation som helst mellan insatsvaror och produktionsoutput.

Inga *a priori* begränsningar på substitution: Till skillnad från enklare funktioner som Cobb-Douglas, som har en konstanta substitutionselasticiteter, tillåter translogformen för olika substitutionselasticiteter mellan inputfaktorer, vilka kan förändras med inputnivåerna. Detta gör den särskilt användbar för ekonometrisk analys där dessa relationer inte är konstanta.

Andra ordningens approximation: Translogfunktionen är en andra ordningens Taylorserieexpansion av en generell logaritmisk kostnadsfunktion, vilket innebär att den approximerar alla två gånger deriverbara kostnadsfunktioner lokalt med hjälp av första- och andra ordningens termer.

Neutralitet i skala: I dess grundläggande form är translog kostnadsfunktionen homogen av grad ett i priser, vilket innebär att den antar neutralitet i skala. Detta betyder att en proportionell förändring i alla priser leder till en proportionell förändring i kostnader, hållandes output konstant.

Symmetri: Korsprisderivatan är symmetrisk, vilket innebär att den partiella derivatan av kostnaden med avseende på priset på en input i förhållande till en annan input är densamma oavsett ordningen av inputfaktorerna. Detta är en konsekvens av att kostnadsfunktionen är en utveckling av en potensserie, vilket är en matematisk egenskap som vanligen antas för att säkerställa konsistens och entydighet i parametrar.

Optimalitet: Efterfrågefunktionerna som härleds från en translog kostnadsfunktionen antar att företaget beter sig kostnadseffektivt, det vill säga att det minimerar sina kostnader för en given outputnivå och givna priser på inputs.

Dessa teoretiska antaganden ger translogfunktionen dess användbarhet och flexibilitet, men de ställer också krav på omfattande data för att skatta alla parametrar korrekt. Translogfunktionen används ofta inom resursallokering och produktionsstudier där teknologiska relationer mellan inputs och outputs är komplexa och inte lätt kan modelleras med mer restriktiva funktionella former.

### **Estimerbar modell via Shephard's lemma**

För att förstå sambanden mellan en translog kostnadsfunktion, Shephard's lemma, estimerbara kostnadsandelar och efterfrågeelasticiteter, behöver vi undersöka hur varje koncept interagerar och bidrar till en analys av produktions- och kostnadsbeteenden inom ekonomisk teori och tillämpning.

Shephard's lemma (se t ex Varian, 1992) används för att härleda inputefterfrågan från en kostnadsfunktion. Enligt Shephard's lemma är den partiella derivatan av kostnadsfunktionen med avseende på ett inputpris lika med mängden av den inputen som efterfrågas, givet produktionens nivå och andra inputpriser. För en translog kostnadsfunktion ger detta explicita uttryck för hur inputmängderna varierar med prisförändringar.

Kostnadsandelar kan genereras som andelen av de totala kostnaderna som varje input utgör. I kontexten av en translog-kostnadsfunktion kan dessa andelar beräknas genom att använda de (optimala) inputmängderna som härleds från Shephard's lemma. Kostnadsandelarna kan användas för att förstå hur viktiga olika inputs är i produktionen och hur känsliga de är för prisändringar.

Efterfrågeelasticiteter mäter hur känslig efterfrågan på en input är för förändringar i dess pris. I termer av en translog kostnadsfunktion och Shephard's lemma, kan efterfrågeelasticiteten för en input beräknas genom att använda derivatan av inputefterfrågan med avseende på dess pris. Denna elasticitet är kritisk för att förstå hur företag kommer att reagera på prisförändringar.

Sammanlänkning av koncepten: Translog-kostnadsfunktionen ger en strukturell bas för att modellera kostnader. Genom Shephard's lemma kan vi härleda faktorefterfrågan, vilket i sin tur låter oss beräkna kostnadsandelar och efterfrågeelasticiteter. Dessa kostnadsandelar och elasticiteter är avgörande för att analysera företagens reaktioner på prisförändringar och förändringar i produktionens nivå. Efterfrågeelasticiteterna hjälper till att förutse ekonomiska beslut om inputanvändning under varierande marknadsförhållanden.



Tillväxtanalys  
Studentplan 3, 831 40 Östersund  
Telefon: 010-447 44 00  
E-post: [info@tillvaxtanalys.se](mailto:info@tillvaxtanalys.se)  
Webb: [www.tillvaxtanalys.se](http://www.tillvaxtanalys.se)