

Kontaktperson RISE

Peter Stigson

Samhällsbyggnad

+46 10 516 66 73

peter.stigson@ri.se

Datum

2023-04-06

Beteckning

Projektrapport

Sida

1 (31)

Klimatpolitiska Rådet

Box 1206

111 82 STOCKHOLM

Synergier och målkonflikter mellan utsläppsminskningar och anpassning – En granskning av klimatpolitiken för Klimatpolitiska rådet

RISE Research Institutes of Sweden AB
Samhällsbyggnad - Systemomställning och tjänsteinnovation

Utfört av Rebecka Ericsson Engström och Peter Stigson

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress

Drottning Kristinas
Väg 61
114 28 Stockholm

Tfn / Fax / E-post

010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå

K1 - Öppen

Detta dokument får endast återges i sin
helhet, om inte RISE AB i förväg skriftligen
godkänt annat.

Sammanfattning

Denna rapport är framtagen för Klimatpolitiska rådet med uppdraget att ge en övergripande bild av potentiella synergier och målkonflikter mellan utsläppsminskningar och anpassning i regeringens klimatpolitik. Studien har primärt utgått från övergripande strategier samt specifika åtgärder för utsläppsminskningar, vilka inkluderas i regeringens budget (prop. 2022/23:1). Detta har ställts mot anpassningsområden i rapporteringen (2022) från Nationella expertrådet för klimatanpassning och regeringens nationella strategi för klimatanpassning.

Avsikten är inte att ge en fullständig bild av samtliga synergier och målkonflikter utan rapporten lyfter fram ett antal exempel inom detta område. Syftet är att skapa uppmärksamhet och förståelse för systemfrågeställningar som succesivt blir allt viktigare i den politiska utvecklingen och samhällsbyggnaden. En smart åtgärd för utsläppsminskning behöver även vara smart ur ett anpassningsperspektiv och vice versa.

Från ett globalt perspektiv är den mest uppenbara att anpassningsbehovet blir mindre ju snabbare vi minskar utsläppen av växthusgaser. Utan att förringa värdet av nationella insatser för utsläppsminskningar behöver detta däremot tolkas utifrån den relativt begränsade andel som svenska utsläpp står för internationellt. Detta stärker å andra sidan endast att åtgärder behöver vara smarta ”åt bägge håll” för att insatserna ska vara så effektiva som möjligt.

Det är viktigt att betona att närvaron av en målkonflikt inte betyder att utsläppsminskning- eller anpassningsåtgärden ej bör genomföras. Däremot kan det skapa behov av närmre analyser av hur målkonflikterna kan uppstå och hur de kan minskas. På samma sätt innebär potentialen för en synergi inte att den självklart kommer att realiseras, men att det finns möjlighet att öka både anpassning och utsläppsminskning med kunskap och planering.

Det konstateras att budgeten i låg omfattning inkluderar beskrivningar om potentiella synergier som kan nyttjas och målkonflikter som behöver överbryggas mellan utsläppsminskning- och anpassningsåtgärder. Denna situation behöver hanteras i klimathandlingsplanen för att den totala klimatpolitiken ska bli så hållbar som möjligt – genom att väga olika hållbarhetsfrågor mot varandra – och för att minska sårbarheten hos planerade utsläppsminskning-åtgärder inför ett förändrat klimat. Utsläppsminskningstrategier och -satsningar i budgeten och kommande klimathandlingsplan behöver tydligt kopplas till anpassning för att klimatpolitiken som helhet ska uppnå en höge effektivitet.

Uppdraget för klimatpolitiska rådet har genomförts av Rebecka Ericsson Engström, tekn.dr., och Peter Stigson, tekn.dr., som båda är forskare på RISE Research Institutes of Sweden.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	4
1.1	Uppdraget	4
1.2	Metod och underlag	4
1.3	Definitioner	7
2	Analys	8
2.1	Effektivare resurs- och energianvändning	8
2.1.1	Cirkulär ekonomi	8
2.1.2	Effektivare el- och värmeanvändning	9
2.1.3	Hållbara transporter i städer	10
2.2	Fossilfri elektrifiering	11
2.2.1	Ett utökat elbehov – elektrifiering av transportsektorn och industrin	12
2.2.2	Fossilfri elproduktion	13
2.2.3	Energilagring och överföring i ett elektrifierat samhälle	16
2.3	Biomassa från skogs- och jordbruk	17
2.3.1	Ökad efterfrågan av skoglig biomassa	17
2.3.2	Jordbrukets klimatomställning	18
2.4	Upptagning och lagring av koldioxid	20
2.4.1	Koldioxidavskiljning och lagring	20
2.4.2	Våtmarker	21
3	Ytterligare teman och exempel	22
3.1	Digitalisering (digital pollution)	22
3.2	Ett varmare klimat leder till förändrade energi- och resursbehov	22
3.3	Tillståndsprovningar och planeringsprocesser	23
3.4	Exempel på systeminteraktioner	24
3.4.1	Exempel: Öland	24
3.4.2	Exempel: Kristianstad	24
4	Diskussion och slutsatser	25
5	Referenser	27

1 Introduktion

1.1 Uppdraget

Studien har genomförts på uppdrag av klimatpolitiska rådet med syfte att genomlysna klimatpolitiken och vilken inbördes påverkan som uppstår mellan utsläppsminskningssåtgärder (M – från engelskans mitigation) och klimatanpassningsbehov och -prioriteringar (A – från engelskans Adaptation). Detta för att ge insikter om synergier och målkonflikter som kan finnas, samt till viss del hur bägge klimatpolitiska områdena kan hantera dessa. Med ett bredare systemperspektiv¹ kan bägge områden effektiviseras och såväl avsiktliga som oavsiktliga påverkanslänkar mellan områdena hanteras bättre. Följden kan vara en högre gemensam effektivitet och hållbarhet i strategier inom respektive område då hållbarhet inte är en fråga utan summan av många frågor.

1.2 Metod och underlag

Studien har utgått från regeringens klimatpolitik som den definieras i budgetpropositionen för år 2023 (Regeringen 2022). Skälet är att nuvarande regering vid tiden för studien inte presenterat sin klimathandlingsplan. Då budgeten är mindre tydlig kring strategier och ambitioner än hur klimathandlingsplaner hittills utformats har studien även tittat på Klimatpolitiska rådets (KPRs) rapport från 2022 (Klimatpolitiska rådet 2022) för att få en mer heltäckande bild av både pågående och tidigare klimatpolitiska beslut. Detta innebär att genomlysningen till viss del baseras på tidigare regerings förda klimatpolitik, men ger ett större analysmaterial och möjliggör en bredare förståelse av systematiken mellan M och A. För klimatanpassning har studien primärt använt sig av Nationella expertrådet för klimatanpassnings rapport från 2022 (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022) och nationella strategin för klimatanpassning (Regeringen 2017). Utöver detta har annan vetenskaplig litteratur och myndighets- och branschspecifika rapporter använts som inläsning.

Analysen har primärt fokuserat på utsläppsminskningsspolitiken då detta är kärnan i KPRs uppdrag samt då såväl expertrådet för anpassnings rapport som den nationella anpassningsstrategin redan i betydande omfattning inkluderar ett systemperspektiv. **Därmed utgår rapporten från M och diskuterar hur dessa dels kan påverka förmågan till anpassning, dels hur de klimatrisker som står i fokus för anpassningspolitiken kan påverka genomförbarheten av M.**

1.2.1 Systemanalys med nexus-ansats

Analysen har genomförts som en kvalitativ 'nexus'-analys. Nexus-begreppet har sitt ursprung i forskning på systeminteraktioner och har traditionellt främst fokuserat på kopplingar mellan vatten-, energi-, och markanvändningssystem (Albrecht, Crootof, och Scott 2018; Bazilian m.fl. 2011). Nexus-ansatsen är dock applicerbar på både fler och andra system och nexus-forskningens angreppssätt används bl.a. för att kartlägga interaktioner mellan FN:s hållbarhetsmål (SDGs) (Liu m.fl. 2018; Engström m.fl. 2019). Eftersom utsläppsminskningar är nära sammankopplade med energi- och markanvändning, och klimatanpassning på många sätt handlar om vattentillgång (för mycket eller för lite) och markanvändning passar nexus-ansatsen väl för att studera interaktionerna mellan M och A i denna studie. Nexus-analys kan vara både kvantitativ och kvalitativ, eller en kombination. Kopplat till SDG-nexusanalys har fem huvudsakliga ansatser som sammanfattas (på engelska) i Figur 1.

¹ System tolkas i studien brett som alltifrån samhällseliga till tekniska och ekologiska system. Systemens utveckling styrs av ett stort antal naturliga, fysiska och sociala faktorer samt politiska målsättningar.

Linguistic Approach	Literature Approach	Argumentative/ Expert Judgment	Quantitative Approach	Modelling Approach
<ul style="list-style-type: none"> • assess interlinkages based on common keywords • ambiguities when goals share meaning but no keyword or vice versa • requires qualitative text interpretation • First easy step to identify obvious interlinkages 	<ul style="list-style-type: none"> • identifying interlinkages that are established in the scientific literature • exploratory approach • requires interpretation when scientific concepts have to be connected with respective targets 	<ul style="list-style-type: none"> • often in combination with literature approach • links targets to each other by identifying relationships among the concepts involved • judgment made by individuals or groups of sector-specific experts 	<ul style="list-style-type: none"> • identifying interlinkages by performing quantitative statistical analysis with the underlying indicators • historical data - often employed in data mining exercises • more robust than the qualitative approaches where individuals do the evaluation 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelling complex systems interactions can help to understand interdependencies among variables • no specific tool for modelling SDGs does exist so far • rather expanding on existing models by adapting them

Figur 1: Metodansatser för nexus-analys av SDGs. Kopierad från European Commission m.fl. (2019)

I denna studie har interaktioner identifierats med en kombination av ansatser (European Commission m.fl. 2019):

- Lingvistisk ansats för att identifiera beröringspunkter mellan utredningsmaterialets texter.
- Expertdriven ansats för att vägleda analysen i väsentlighetsbedömningar och för att både avgränsa varje delanalys och säkerställa tillräcklig bredd i analysen.
- Litteraturbaserad ansats för att, slutligen, utreda och underbygga de hypoteser som formulerats i de tidigare stegen.

Litteratur har inhämtats från Scopus, med sökord kopplade till de specifika M-åtgärder som analyseras och de olika prioriterade A-områdena.

Då denna studie är begränsad i sin omfattning, men samtidigt har som mål att fånga in/beröra så mycket som möjligt den nationella utsläppsminskning- och anpassningspolitiken, stannar nexus-analysen här vid det som skulle kallas 'scoping'-steget i en storskalig nexus-analys. En vidareutveckling och fördjupning av studien skulle kunna innefatta kvantitativ modellering eller kvalitativa aktörsdialoger, men dessa skulle troligen behöva ta ett mer avgränsat fokus.

1.2.2 Specifika metodval

Budgeten har genomlysts med sökorden: utsläppsminskning; klimatanpassning; klimat; koldioxid; och växthusgaser. Utgiftsområden (u.o.) med hög relevans har fått särskild uppmärksamhet. Detta utgör den lingvistiska ansatsen.

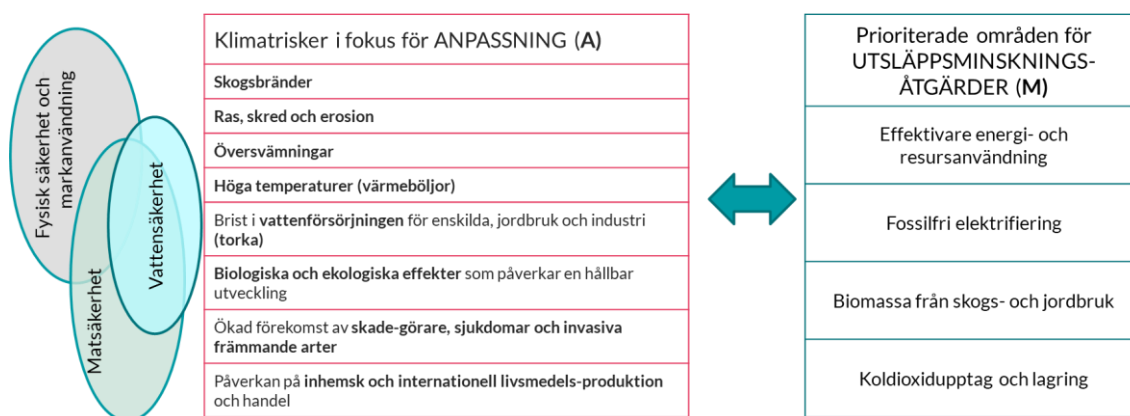
Identifierade strategier och åtgärder för M har kategoriserats enligt de fyra prioriterade områden som lyfts fram i Klimatpolitiska rådets rapport (2022):

- effektivare energi- och resursanvändning;
- fossilfri elektrifiering;
- biomassa från skogs- och jordbruk och;
- upptag och lagring av koldioxid.

Klimatanpassning lyfts också upp i budgeten, men är mindre specifikt behandlat. Dels läggs en stor del av ansvaret på regional och lokal nivå, dels lyfts att arbetet är i ett kunskapsbyggande utvecklingskedje, och regeringen bedömer att "insatserna behöver bli mer konkreta" (u.o.20,

s5). Vi analyserar därför anpassning som anpassningsbehov – utifrån de effekter av ett förändrat klimat som samhället behöver anpassas till, bygga bort eller på annat sätt hantera. Dessa definieras som de sju *prioriterade utmaningarna* som pekas ut i den nationella strategin för klimatanpassning (Regeringen 2017), samt *skogsbränder*² (se Figur 2).

I tillägg till detta beaktas även mål kopplat till grundläggande samhällssäkerheter som anpassningspolitiken behöver möta (och hur väl M bidrar till dessa), vilka utgår ifrån de tre övergripande prioriterade riskområden som föreslagits av Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022): fysisk säkerhet och markanvändning (kopplat till den bebyggda miljön); matsäkerhet och; vattensäkerhet.



Figur 2: Översiktsbild av analysmoment

Den dubbelriktade pilen i Figur 2 kan översättas till två vägledande frågor som analyserats med expertdriven och litteraturbaserad ansatser:

- *Hur påverkas (gynnas eller missgynnas) M av de klimatrisker som står i fokus för anpassningspolitiken?*
- *Hur påverkas (gynnas eller missgynnas) förmågan till anpassning av M?*

Det ligger dock i systemkopplingars natur att de inte otvetydigt har en påverkan i ena riktningen oavsett hur påverkan ser ut i motsatt riktning. Samtidigt som ovanstående frågor är vägledande, blir analysen därför i många fall mer av ett nystan, eller en spiral, än en interaktionsgata med bara en, oföränderlig, påverkan i varje riktning (eller bara ett svar på varje fråga). Därmed återfinns i vissa fall samma interaktioner i beskrivningen av olika strategier och åtgärder.

Systemeffekter diskuteras som synergier och målkonflikter. En *synergi* definieras här som strategier och åtgärder inom mål för M eller A, vilka har en specifik eller generell *positiv* påverkan även för samma område eller det andra området. En *målkonflikt* definieras enligt samma logik som strategier och åtgärder inom mål för M eller A, vilka har en specifik eller generell *negativ* påverkan för samma mål eller det andra målet. Neutrala systemeffekter, dvs. när varken positiva eller negativa interaktioner återfinns, inkluderas inte då detta är svårt att säkerställa i en översiktlig analys, och skulle kunna riskera att ge en falsk bild av oberoende.

² En komplettering som gjorts efter rådgivning från sekretariatet för Nationella expertrådet för Klimatanpassning.

Studien har varit begränsad i sin omfattning och syftet har inte varit att fånga upp alla nyanser eller potentiella interaktioner i klimatpolitiken. Rapporten ger exempel på och belyser interaktioner mellan strategier och åtgärder där M och A kan påverka varandra och behöva uppmärksammas i framtida beslutsfattande och implementering.

1.3 Definitioner

Tabell 1 sammanfattar de centrala begrepp som används i analysen.

Tabell 1: Begrepp som används i analysen

Begrepp	Förklaring	Kommentar
Strategi	Övergripande inriktning som ofta, men inte alltid, kopplas till mer specifika åtgärder. Omfattar ett kluster av mer specifika åtgärder, vilka har stora likheter och/eller genomförs tillsammans, och därmed analyseras gemensamt.	Vissa av dessa inkluderas och exemplifieras då med möjliga åtgärder som ryms inom strategin. Exempel är resurseffektivisering, övergång från fossil till biogen råvara.
Åtgärd	En specifik fysisk åtgärd för att åstadkomma utsläppsminskningar eller anpassning	Är oftast avgränsad men kan täcka flera sektorer, t.ex. CCS.
Utsläppsminskning -åtgärd	Strategier och åtgärder vars mål är att minska utsläppen av växthusgaser	Förkortas M (från engelskans "mitigation")
Klimatanpassning	Innefattar både kunskap kring klimatförändringarnas effekter samt förmåga att anpassa samhället till ett förändrat klimat genom förebyggande åtgärder, planering och hantering av klimateffekter. Kan hanteras ur två perspektiv – se nedan.	Förkortas A (från engelskans "adaptation").
<i>Anpassning till klimatrisker</i>	Övergripande risker som ökar när klimatet förändras. Delas i den nationella klimatanpassningsstrategin upp i 7 prioriterade risker (Regeringen 2017).	I analysen ställs frågan: "Hur påverkas M av klimatrisker?"
<i>Anpassning - säkerhetsbehov</i>	Samhällssäkerhetsområden i behov av anpassning, uppdelade i 3 prioriterade riskområden, definierade av Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022).	I analysen ställs frågan: "Hur påverkas förmågan att säkerställa anpassningsbehoven av M?"
Synergi	Strategier och åtgärder inom mål för M eller A, vilka har en specifik eller generell <i>positiv</i> påverkan även för det andra målet (M↔A, M↔M).	En strategi eller åtgärd inom M eller A kan ha både synergier och målkonflikter samtidigt med det andra målet (M↔A), dvs. få strategier eller åtgärder har endast synergier eller målkonflikter. Det kan även finnas synergier och målkonflikter mellan åtgärder inom samma område (M↔M).
Målkonflikt	Strategier och åtgärder inom mål för M eller A, vilka har en specifik eller generell <i>negativ</i> påverkan även för det andra målet (M↔A, M↔M).	

2 Analys

Budgetpropositionen sammanfattar nuläget i klimatomställningen på följande sätt:

Utsläppen i Sverige minskar samtidigt som befolkningen växer. Jämfört med 2019 har utsläppen minskat med ca 8,9 procent. Ungefär en tredjedel av utsläppen kommer från inrikes transporter, en tredjedel från industrin och en tredjedel från andra sektorer. Utsläppen minskar dock inte tillräckligt fort för att nå det långsiktiga nettonollmålet år 2045 men gapet har minskat betydligt jämfört med tidigare bedömningar.

(Regeringen 2022, u.o.18, s22)

Nedan delas analysen upp i enlighet med de fyra prioriterade områden i Klimatpolitiska rådets rapport från år 2022, även om det i första hand är budgetpropositionens politik som genomlyses. I kapitel 3 lyfts ytterligare teman som inte faller inom ramen för denna kategorisering, inklusive en översiktlig analys av hur anpassningsåtgärder kan påverka utsläpp och utsläppsminskningar.

2.1 Effektivare resurs- och energianvändning

Att effektivisera nyttjandet av resurser och energi – att använda mindre resurser för samma samhällsnytta, använda resurser på nytt, använda dem längre och använda förnybara resurser – ses ofta som centrala delar i en hållbarhetsagenda. Detta på grund av de ofta breda positiva effekter som kan uppnås genom effektivisering och mindre resursbehov. Nedan ges tre nedslag i politiken kopplade till energi- och resurseffektivisering.

2.1.1 Cirkulär ekonomi

Politisk inriktning

Budgeten pekar ut cirkulär ekonomi som en strategi att nå klimatpolitiken (bl.a. u.o.20, s.74). Detta genom ändrade affärsmodeller och beteenden samt i relation till en cirkulär fossilfri ekonomi samt en giftfri cirkulär ekonomi.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Syftet med en cirkulär ekonomi är att skapa ett ekonomiskt system som med ett systematiskt tillvägagångssätt upprätthåller ett cirkulärt flöde av resurser, genom att förnya, behålla eller öka deras värde, samtidigt som det bidrar till hållbar utveckling. Syftet inkluderar med andra ord att möta klimatutmaningen samtidigt som andra hållbarhetsmål. Exempel på åtgärder inom en cirkulär ekonomi är längre livslängder för produkter, ökat nyttjande av produkter genom delning, ökad återanvändning, återvinning av fler avfallsfraktioner och återvinning med högre kvalitet på de återvunna materialen.

Potentiella synergier och målkonflikter

Generellt kan betydande vinster i utsläppsminskningar åstadkommas med en mer cirkulär ekonomi genom sänkt resurs- och energibehov. Samtidigt finns ett antal potentiella målkonflikter M↔M, där utsläppen kan minska i en del och riskera öka i en annan. Exempel på sådana konflikter är att ökat delande i vissa fall kan leda till ökade transporter och ökade utsläpp då personer behöver ta sig längre sträckor till t.ex. ett klädesbibliotek än till en mer närliggande klädbutik (Zamani, Sandin, och Peters 2017). Det finns därtill teknologier som exempelvis kemisk återvinning av plast, vilket krävs för cirkulära plastflöden, men som kan kräva höga temperaturer och därmed energibehov. Även annan återvinning kräver ofta resurser i form av tvättning och bearbetning. Klimatvinsten beror då på resursbehov och

energiintensitet i dessa processer samt på den använda energins klimatavtryck. Ur ett anpassningsperspektiv kan avvägningar behöva göras kring **vattenförbrukning** i återvinning jämfört med nyproduktion.

Resurseffektivisering kan även orsaka rekyleffekter (Korhonen, Honkasalo, och Seppälä 2018). Detta sker om de besparingar som åstadkoms leder till ökad konsumtion och användning, som helt eller delvis raderar de positiva effekterna från minskade energi- och resursbehov i tillverkningen.

En tydlig synergi mellan $M \leftrightarrow A$ finns då utvinning av primära resurser och produktion av material uppskattas orsaka ca 50% av de globala växthusgasutsläppen och 80-90% av förlusten av **biologisk mångfald och vattenstress** (IRP 2019). Det finns även potentiella målkonflikter då mer cirkulära materialflöden riskerar att anrika förekomsten av icke önskvärt innehåll när resurserna nyttjas i nya produktcykler. Detta kan förutom hälsoeffekter även komma att **påverka ekosystem** negativt.

Budgeten gör en systemkoppling i det att *”klimatvinster från skogsprodukter uppstår även vid en cirkulär hantering av dessa när de kan återvinnas”* (u.o.23, s.44). Detta kopplar till behovet av att binda kolupptaget som skogen gjort i produkter med lång livslängd så långt det är möjligt, för att kolupptaget i skogen inte ska släppas ut vid nyttjande av skoglig biomassa (se vidare analys av detta under avsnitt 2.3.1). För att såväl uttaget av primär skoglig biomassa som en cirkulär ekonomi ska bidra till M så effektivt som möjligt, behöver därför även förnybara resurser nyttjas resurseffektivt och cirkulärt. Samtidigt kan detta minska underlaget för förnybara bränslen och produktion av t.ex. biogas och därmed utgöra en målkonflikt $M \leftrightarrow M$.

Ytterligare bör tilläggas att nuvarande teknikutveckling och -tillämpning inom energiomställningen i hög grad kräver primära resurser då underlaget av sekundära resurser inte är tillräckligt för att möta dagens behov, vilket särskilt gäller kritiska metaller och mineraler (Månberger och Johansson 2019). Därmed är det viktigt att dessa tekniktillämpningar designas för hög återvinnings- och återanvändningsbarhet för att möjliggöra synergier mellan cirkulär ekonomi och ett klimatneutralt samhälle ($M \leftrightarrow M$).

2.1.2 Effektivare el- och värmeanvändning

Politisk inriktning

I budgeten (u.o.21, s.34) görs satsningar på energieffektivisering i småhus, med fokus på att fasa ut uppvärmning med direktverkande el, samt på information för hållbart byggande med fokus på energieffektiviserande renoveringar.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Energieffektiviseringsåtgärder ska främst ses som möjliggörare för andra sektorer och utsläppsminskning åtgärder (Klimatpolitiska rådet 2022). Även om direktverkande el är en ineffektiv användning av högvärdig energi för uppvärmning sker det idag med i stort sett fossilfri el, så effekten av denna energieffektiviseringsåtgärd på just fossila utsläpp är låg. Däremot kan effektivare el- och värmeanvändning ha stor indirekt betydelse för klimatomställningen då den möjliggör utsläppsminskande åtgärder inom andra områden. Inte minst elektrifieringen, som tas upp i avsnitt 2.2, kräver mindre investeringar och material på produktionssidan om elanvändningen i befintliga och nya användarsektorer effektiviseras.

Potentiella synergier och målkonflikter

Överlag bör en minskad användning av el och värme genom energieffektiviseringsåtgärder ha mycket små negativa effekter på de system som är viktiga för klimatanpassning eftersom

mindre slutanvändning av el kräver mindre jungfrulig resursanvändning (såsom mark och vatten) kopplat till energileveranskedjan. Samtidigt kan resursförbrukning och miljöpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv, kopplad till de material som behövs för att genomföra energieffektiviseringen (isolering, smart styrning, mm.), öka (Tadeu m.fl. 2022), vilket gör denna M↔M synergi tvetydig.

Ett skifte från direktverkande el till värmepumpar i småhus ger hushåll en mer flexibel värmekälla, som också kan användas i motsatt riktning för att ge komfortkyla. På hushålls- eller byggnadsnivå kan detta bidra till ökad anpassningsförmåga inför **värmeböljor**, och därmed potential för synergier M↔A. Ett minskat eluttag för uppvärmning bidrar även (som nämnts ovan) till att ge plats för elektrifieringen av andra sektorer medan en ökad elförbrukning för kyla under sommarmånaderna i någon mån bör kunna kompenseras om vi får en ökad tillgång på solcellsproducerad el under sommarmånaderna.

Ett elektrifierat och hårt effektiviserat system skulle dock kunna bli ett sårbart system och skapa målkonflikter M↔A. Effektivisering genom smart styrning kräver ett visst mått av ökad elförbrukning (se avsnitt 3.1. Digitalisering) men kan också bli sårbart om det saknas redundans i elsystemet. **Skogsbränder, stormar, ras och skred** eller **översvämningar** kan slå ut elnätet och/eller dess kommunikation helt eller delvis, vilket skulle kunna göra (effektiva) tigt uppkopplade elanvändare strandsatta. Vid längre strömavbrott är exempelvis en vedeldad kamin en mer pålitlig värmekälla än en smart värmepump som enbart kan styras av en mobilapplikation.

Det behöver dock överlag inte finnas en motsättning mellan energieffektiva lösningar och ett robust elsystem, men beslutsfattare bör se över *hur* effektiviseringen genomförs. Ett fokus kan vara att gå mot mindre energibehov i passivhus med naturbaserade lösningar (vilket bör öka resiliensen, men eventuellt även ökar materialanvändningen vid byggnation) och ett annat att nyttja skalfördelar genom centralisering och sammankoppling (vilket kan minska resiliensen men vara mer resurseffektivt).

Inom energieffektivisering behöver man, liksom inom cirkuläritet, även vara vaksam på rekyleffekter, då det finns risk för att effektivare produkter eller tjänster leder till ökad användning – och därmed minskar energieffektiviseringseffekten på systemnivå. Storleken på rekyleffekt är dock omstridd och bör inte avskräcka från investeringar i energieffektivitet (Gillingham m.fl. 2013; Brockway m.fl. 2021).

2.1.3 Hållbara transporter i städer

Politisk inriktning

I den nationella planen för transportsystemet 2022-2033 finns en satsning på Stadsmiljöavtal. Dessa syftar till att främja hållbara stadsmiljöer genom att öka andelen persontransporter med kollektivtrafik, cykel eller gång samt till hållbara godstransporter. Under 2021 beviljades stöd för 116 åtgärder för vilka ”minskningen av koldioxidutsläpp från trafiken [beräknats] uppgå till omkring 5 400 ton per år” (u.o.18, s.15). I budgeten görs bedömningen att mer samordnad planering är nödvändig för att minska utsläppen och nå etappmålet om ökad andel gång-, cykel- och kollektivtrafik.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Genom att flytta transporter i stadsmiljön från personbilar till kollektivtrafik och cykling minskar bränsleanvändningen per person-km, då kollektivtrafik i de flesta fall har en lägre bränsleanvändning per passagerare och då cyklar inte släpper ut några växthusgaser när de används. En överflyttning till kollektivtrafik och cykel från personbilar kan också minska

köbildning och de tillhörande ”overksamma” växthusgasutsläpp som uppkommer där (utan att de bidrar till mobilitet).

Ruttoptimering för godstransporter i städer syftar till att ge kortare körsträcka för samma leveransuppdrag, och minskar därmed utsläppen per leverans.

Potentiella synergier och målkonflikter

I ett varmare klimat kommer **värmeböljor** att bli vanligare, hetare och längre. Detta kommer bli extra påtagligt i städer med stor andel hårdgjorda ytor och lite grönska, där värmeö-effekten gör att temperaturen blir högre än i omgivande landskap (Iungman m.fl. 2023). Även om svenska städer i dagsläget inte ligger lika mycket i riskzonen för farliga värmeböljor som sydeuropeiska städer kan värmeböljor i framtiden komma att påverka cyklisterna och gående i svenska städer negativt och göra det oattraktivt och i extremfallen ohälsosamt att cykla eller gå, i synnerhet för sårbara grupper i samhället. På liknande sätt kan häftigare väder, **stormar** och **översvämningar** i vissa fall påverka den fysiska möjligheten att förflytta sig med cykel eller till fots.

Från motsatt perspektiv kan genomtänkt planering och utformning av cykel- och gångbanor motverka denna sårbarhet. En tydlig M↔A synergi finns i samplanering av cykel- och gångleder med planering av urban grönska. Genom evapotranspiration kyls träd och växtlighet sin omgivning och kan lindra värmeö-effekten (Iungman m.fl. 2023). Dessutom kan träd skugga cykelbanor, vilket gör dem svalare än cykelbanor i direkt solljus. Från klimatanpassningshåll är grön infrastruktur även strategiskt viktig för att hantera vattenflöden i städer, då de kan absorbera och fördröja dagvattenflöden på ett sätt som hårdlagda ytor inte kan, och därmed minska **översvämning** och spridning av föroreningar till närliggande vattendrag (R. Engström m.fl. 2018; Naturvårdsverket 2021).

Sammantaget finns det en sårbarhet för klimatförändringarnas effekter i satsningar på ökad cykling (och kollektivtrafik) i städer, men vid genomtänkt planering av cykelbanor och grönytor kan denna sårbarhet förebyggas och ge positiva synergier M↔A mellan denna utsläppsminskningsåtgärd och klimatanpassning i städer.

Inom en utbyggd kollektivtrafik i svenska städer behöver bussar och tunnelbanor dimensioneras för ett ökat kylbehov utifrån **varmare somrar**. Några tydliga målkonflikter mellan klimatanpassning och ruttoptimerade godstransporter (M↔A) har inte identifierats i denna översiktliga analys, men däremot den generella synergien att mindre bränsleanvändning och lastbilsslitage bör leda till mindre belastning på naturresurser och ekosystem.

Synergier och målkonflikter kopplade till omställningen av transportsektorn i stort (genom elektrifiering eller en ökad biodrivmedelsanvändning) diskuteras i avsnitt 2.2.1 respektive 2.3.1.

2.2 Fossilfri elektrifiering

En elektrifiering av samhället, baserat på 100% fossilfri el, kan minska eller undvika växthusgasutsläpp i flera steg. Dels bidrar en ökad fossilfri elproduktion till att ersätta och undvika fossilbaserad elproduktion, och tillhörande utsläpp. Dels möjliggör en utökad tillgång på fossilfri el att exempelvis industriprocesser och transporter som idag använder fossila bränslen kan elektrifieras, och därmed minska sina fossila utsläpp.

Även om elproduktionen i sin operativa fas är fossilfri är det dock viktigt att dess klimatavtryck utvärderas ur ett livscykelperspektiv, för att till fullo fånga upp potentiella synergier och målkonflikter (M↔M och M↔A). Detta görs delvis nedan, men en fullödig

livscykelanalys ligger utanför detta projekts ramar. Ytterligare arbete behövs för att på ett rättvisande sätt kunna jämföra de totala effekterna av alla åtgärder.

Nedan analyseras de olika delarna i denna elektrifiering. Från själva elproduktionen, till omställning av industri och transporter. Först behandlas kort elektrifieringen på användarsidan, med fokus på transportsektorn respektive industrin. Därefter analyseras synergier och målkonflikter mellan en ökning av fossilfri elproduktion och klimatanpassning (dock genomfördes denna analys innan Energimyndigheten publicerade sina nya långtidsprognoser kopplat till Sveriges elektrifiering, i mitten på mars 2023).

2.2.1 Ett utökat elbehov – elektrifiering av transportsektorn och industrin

Politisk inriktning

Regeringen vill utöka satsningen på laddinfrastruktur samt stärka anslaget till infrastruktur för elektrifierade transporter (u.o.20, s.45). Regeringens anslag till ”Industriklivet” förstärks (u.o.20, s.105). Här ingår dels insatser för utveckling av negativa utsläpp (som tas upp i avsnitt 2.4), dels insatser för att dra ner processrelaterade utsläpp samt strategiska industrisatningar. Tillsammans är detta några av budgetens mer konkreta åtgärder för att accelerera klimatomställningen.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Utbyggd laddinfrastruktur minskar i sig inte transportutsläppen, men kan indirekt bidra till minskade utsläpp då de möjliggör en utökad användning av elfordon, under förutsättningen att en ökning av antalet elfordon går hand i hand med en minskning av antalet fossildrivna fordon. Det är svårt att bedöma hur mycket satsningen på laddinfrastruktur kommer att minska transportsektorns totala utsläpp, men en utbyggd laddinfrastruktur i hela landet är en förutsättning för en elektrifierad fordonsflotta.

Inom industrin kommer processrelaterade utsläpp i huvudsak från produktionssteg som kräver höga temperaturer, vilka traditionellt åstadkoms genom att elda fossila bränslen – med tillhörande växthusgasutsläpp, eller kemiska processer som frigör koldioxid (Arens, Åhman, och Vogl 2021). Att ersätta dessa med processer som kan använda fossilfri el direkt t.ex. i storskaliga värmepumpar eller indirekt via t.ex. välgas användning (som producerats av fossilfri el) kräver stora investeringar, men kan leda till kraftigt minskade utsläpp (t.ex. för produktion av fossilfritt stål, Vattenfall AB 2021). En annan utsläppsminskande åtgärd i industrin som kan finansieras genom industriklivet är att elektrifiera maskiner och fordon som används i industrin. Här nämns, som exempel på en strategisk satsning, investeringar för att skapa på en fossilfri underjordsgruva genom en elektrisk fordonsflotta.

Det finns ytterligare sektorer där ökad elanvändning kan förväntas, dock inte som en ersättning av användning av fossila bränslen. För att förverkliga utsläppsminskningar genom energieffektiviseringar, cirkulära materialflöden och ett utbyggt flexibelt och smart elsystem som kan hantera fluktuationerna av stora mängder intermittent förnyelsebar elproduktion behövs digitala system, vilka i sig kräver el. Likaså kan klimatanpassningsåtgärder visa sig kräva mer elektricitet, där t.ex. ökande behov av kyla under sommarmånaderna i lokaler, bostäder och industri förväntas (Renström, Johnsson, och Ludvig 2021). Potentiella effekter på elanvändning från både digitaliseringen och klimatanpassning diskuteras i kap 3.

Potentiella synergier och målkonflikter

Laddinfrastruktur: För kuststäder eller låglänta områden finns ett behov av att beakta översvämningsrisker i placering av publika laddpunkter, så att dessa inte riskerar att slås ut vid **översvämnningar** och därmed bidra till att elnätet överbelastas i närliggande områden – där

laddpunkter fortfarande fungerar (Raman, Raman, och Peng 2022). Överlag kan elektrifierat transportsystem vara mer sårbart för **stormar**, översvämningar och andra extrema väder ($M \leftrightarrow A$) som kan slå ut elnätet, då bränslet (elen) inte lagras på plats på samma sätt som bensin på bilmackar. På sikt skulle dock elbilar kunna bidra till elsäkerhet om ”vehicle-to-grid”, eller ”vehicle-to-everything” blir vanligare och kan öka stabiliteten i elnätet samt möjliggör eltillgång även ”off-grid” (Thompson och Perez 2020). De största riskerna för en elektrifierad transportsektor bedöms dock inte komma från klimatförändringarna utan från cybersäkerhetshot (Islam m.fl. 2022).

Industrins elektrifiering: En elektrifiering av industrisektorn kan i likhet med en eldriven transportsektor bli sårbar ($M \leftrightarrow A$) om elnätet slås ut av **stormar**, **ras** eller **översvämningar** (eller cyberattacker), men denna risk är mindre inom industrin då elektrifieringssatsningar här ofta inkluderar lagring av el, alternativt lagring av värme eller vätgas.

En större potentiell målkonflikt ($M \leftrightarrow A$) mellan klimatanpassning och ”Industriklivet” skulle kunna uppstå i samband med att reglerna runt tillståndprocesser utvecklas. Detta diskuteras närmare i kapitel 3.

2.2.2 Fossilfri elproduktion

Politisk inriktning

En tydlig strategi i regeringens budget är en omformulering av det långsiktiga målet för energisystemet från ”100% förnyelsebar energi” till ”100% fossilfri energi”. Detta förtydligar energiproduktionens bidrag till att minska de fossila utsläppen av växthusgaser, och öppnar samtidigt upp för nyinvesteringar i kärnkraft. Enligt budgetens huvuddokument (s.28) ska ”*kärnkraften [...] ha en avgörande roll både i att återupprätta en leveranssäker och trygg elförsörjning samt i att åstadkomma en effektiv klimatställning*”. Det tolkas här som att befintlig fossilfri elproduktion behålls och stöds, men även att en utbyggnad av elproduktionen behövs för att möta ökande elbehov.

Bland de uttalade satsningarna inom Budgetpropositionen (u.o.21) finns möjliggörande av ny kärnkraft, (bl.a. genom att föreslå en garantiram för kärnkraft samt satsningar på ny forskning inom kärnkraft), delvis uppmuntran av vindkraft (genom satsningar på att förkorta tillståndprocesser för vindkraften), skattelättnader för kraftvärmeproduktion (genom avskaffandet av avfallsförbränningsskatten) samt stärkt stöd för solcellsel (genom en utökad solcellspremie samt arbete med att förenkla bygglovskraven för integrerade solceller).

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Vattenkraft:

Det finns inga budgetförslag på att bygga ut vattenkraften i Sverige, men den utgör en stor del av svensk elproduktion (ca 45% (Energimyndigheten 2022)) och är ett avgörande kraftslag för effektbalansen då intermittenta kraftslag (vind- och solkraft) ökar.

Kärnkraft:

Med sex kärnreaktorer i drift producerar svenskt kärnkraft ca 30% av all el i Sverige (Energimyndigheten 2022). Regeringen vill se en snabb utbyggnad av kärnkraften. Som baskraft är kärnkraften kontrollerbar, men kan inte användas för att i korta tidsintervall parera fluktuationer i elanvändning eller i elproduktion från intermittenta källor.

Vindkraft:

Vindkraft är det kraftslag som ökat mest de senaste åren och producerar idag ca 17% av all el i Sverige (Energimyndigheten 2022). Vindkraften är intermittent och det är därmed inte möjligt att styra när vindkraften producerar el. Överlag blåser det något mer (och mer el kan produceras) under vinterhalvåret.

Solkraft:

Solkraften står för ca 1% av svensk elproduktion. En majoritet av den installerade effekten kommer från små anläggningar (<20 kW). Solel är intermittent och tydligt säsongsvarierad. Under sommarmånaderna juni-augusti 2022 producerades över 800 GWh solel, medan solelen totalt bidrog med enbart 65 GWh under vintermånaderna november 2021-januari 2022 (SCB 2023).

Kraftvärme:

Övrig elproduktion kommer främst från kraftvärmeverk, som även producerar värme till fjärrvärmenät och industri runt om i landet.

Potentiella synergier och målkonflikter

Vattenkraft:

I Sverige står *större* vattenkraftverk för ca 98% av vattenkraftsproduktionen (Gode m.fl. 2021). Dessa kraftverks stora reservoarer reglerar vattenflödet i större vattendrag och samlar stora vattenmassor, vilket har effekter på både utsläpp och anpassning.

En stor blank vattenyta leder till stor avdunstning. Utifrån ett anpassningsperspektiv kan detta vara problematiskt, då vatten konsumeras i bemärkelsen att det försvinner från avrinningsområdet i större utsträckning (Scherer och Pfister 2016), vilket skulle kunna förstärka en utveckling mot **vattenbrist** ($M \leftrightarrow A$).³ Om det i klimatförändringarnas spår uppstår vattenbrist kan vattenkraften å ena sidan, med sin reglering, skapa brist på vatten för samhällsbehov och naturmiljöer nedströms. Å andra sidan kan vattenkraften själv drabbas vid torka och brist i vattenförsörjning om tillrinningen till reservoaren minskar så pass mycket elproduktionen inte kan upprätthållas på önskad nivå. Leder klimatförändringarna till ökad nederbörd och en ökad tillrinning kan det å andra sidan innebära möjligheter till ökad elproduktion. Detta beror dock på hur stor lagringskapacitet som finns tillgänglig samt andra faktorer såsom elpris och produktion från andra kraftslag (Löfblad m.fl. 2021).

Från ett anpassningsperspektiv ($M \leftrightarrow A$) kan uppsamling av vatten i reservoarer bidra som en skyddande åtgärd mot både torka och **översvämning**. Om det finns utrymme i vattenkraftsreservoaren vid kraftiga regn eller höga flöden i samband snösmältning kan den förhindra eller fördröja översvämningar nerströms. Om det å andra sidan inte regnar och uppstår torka kan en stor reservoar fungera som ett vattenbuffert som ökar **vattensäkerheten** (med rationaliserad vattendistribuering) (Berga 2016). Att nyttja vattenkraftens reservoarer på detta sätt kräver dock att verken dimensioneras och styrs utifrån fler mål, och inte optimeras för kraftproduktion eller effektbalansering – något som kan bli svårt att motivera då denna blir allt viktigare i takt med att intermittent vindkraft och solkraft ökar i elsystemet.

³ Vattenånga är också en kraftigare växthusgas än koldioxid i det korta tidsperspektivet - och bidrar kraftigt till jordens uppvärmning. Däremot är den kortlivad och en del av vattencykeln, vilken drivs av bl.a. temperaturförändringar, vilket gör att den ska ses som ett (visserligen självförstärkande) symptom på klimatförändringarna än som en drivkraft.

En av vattenkraftens stora miljöproblem är att kraftverksdammarna skapar en barriär som hindrar den naturliga förflyttningen i vattendragen för lekande fisk och andra inhemska arter. Från ett M↔A perspektiv kan dock vattenkraftdammarna även omvänt utgöra barriärer mot att **invasiva** (marina) arter sprida sig, men det finns också risk att (andra) invasiva arter frodas i en artificiell vattenreservoar (Sandin m.fl. 2020).

Kärnkraft:

Enligt en utredning av Energiforsk från 2021 är kärnkraften ett kraftslag som är väl rustat för att hantera ett föränderligt klimat (Gode m.fl. 2021). Detta är till stor del tack vare säkerhetsarbetet inom kärnkraftsbranschen som tar hänsyn till behovet av att minimera kärnkraftsolyckor, vilket stärkts ytterligare sedan kärnkraftsolyckan i Fukushima år 2011.

Ett varmare klimat kan leda till **varmare vattentemperaturer** i de vattendrag som används som kylvattenkälla. Exempel på att höga flodvattentemperaturer lett till att kärnkraftverk behövt minska sin produktion finns att hitta i bl.a. Frankrike (Kollewe 2022). I och med att svenska kärnkraftverk kyls med havsvatten är risken för liknande situationer i Sverige liten i dagsläget, men en längre period med extremt höga temperaturer kan leda till lägre verkningsgrad i elproduktionen då vattnets kylningseffekt minskar (M↔A). Det kan i värsta fall även leda till att kärnreaktorer inte kan användas av säkerhetsskäl, något som inträffade år 2018 då Ringhals 2 fick stänga under en begränsad period (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s. 393). Även om sannolikheten för detta är låg, är risken stor att ett sånt skeende sammanfaller med en period av låg tillrinning till vattenmagasinen (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s. 393), och därmed även begränsad vattenkraftstillgång vilket kan göra hela elsystemet ansträngt.

Ett varmare hav kan också leda till **förändrad marinekologi**, vilket skulle kunna medföra att kylvattenintagen delvis sätts igen av marina organismer. Även här är det möjligheten att kyla kraftverket som påverkas (M↔A). Denna påverkan bedöms dock också vara begränsad (Gode m.fl. 2021).

Vindkraft:

Dagens snabba utbyggnad av vindkraft vägleds delvis av kartläggningar av vindförhållanden för att vindkraftverk ska placeras i gynnsamma produktionsförhållanden. Ett förändrat klimat kan dock **förändra vindmönster**, men hur stora och vilka förändringar som är att vänta är osäkert (Schimanke m.fl. 2022). Att sprida ut vindkraften över stora geografiska områden kan mildra effekten av att vissa (begränsade) områden får förändrade vindförhållanden (M↔A).

Fler och kraftigare **stormar** skulle kunna leda till att stora delar av vindkraften plötsligt stängs ned och därmed ger ett plötsligt avbräck i elproduktion. Samtidigt finns exempel på att stormar har lett till kraftigt ökad elproduktion. Det är därför inte enbart negativt med stormar för vindkraften (M↔A).

När det kommer till ökad risk för **ras och skred** pekas en potentiell målkonflikt (M↔A) ut mellan planering av stabilitetsförbättrande åtgärder (framförallt för befintlig väg/järnväg) och andra intressen som exempelvis vindkraft eller kraftledningar (Rogbeck m.fl. 2022). Å andra sidan kan det finnas en synergi (M↔A) med havsbaserad vindkraft, då den kan hjälpa till att minska risken för havsbottenerosion.

Vindkraftverk behöver stora ytor och kan störa både människor och djur, inte minst fåglar (Isæus m.fl. 2022), men kan samtidigt samspela med vissa **ekosystem** (M↔A). Havsbaserad vindkraft kan under vissa förutsättningar gynna **biologisk mångfald** om fundamenten kan fungera som artificiella rev (ibid). En stor del av arealen som tas i anspråk av landbaserad vindkraft kan också kombineras med betande djur eller skogslandskap, eller på andra sätt

bevara sin funktion – till skillnad från t.ex. dalgångar som omvandlas till vattenkraftsreservoarer. Samtidigt har vindkraftsetableringar i fjällvärlden skapat stora problem för renskötande samer, då djuren störs av kraftverken. Det är därför svårt att avgöra om den kumulativa effekten från vindkraft på biologisk mångfald är positiv eller negativ.

Solkraft:

Solceller producerar mer el på sommaren än på vintern, och kan i ett varmare klimat komma att bättre korrelera mot elbehovet då samhällets behov av kyla ökar och behovet av värme minskar ($M \leftrightarrow A$). Med den globala uppvärmningen ökar dock avdunstning och molnbildning, vilket spås kunna minska verkningsgraden på solceller under sommarhalvåret (Feron m.fl. 2021). Det finns även en viss negativ påverkan på solcellers förmåga att producera el vid **varmare temperaturer** (Schindler m.fl. 2016). Dessa effekter bör dock ha begränsad bäring på svenska förhållanden (Feron m.fl. 2021).

Utifrån ett livscykelperspektiv kan solceller överlag ha högre påverkan på övergödning och försurning per enhet producerad energi än andra förnyelsebara kraftslag, främst på grund av materialanvändning under tillverkning (Asdrubali m.fl. 2015). Detta kan påverka den **biologiska mångfalden** och relaterade anpassningsbehov negativt ($M \leftrightarrow A$). Detta beror dock på hur och var solcellerna produceras – vilket i dagsläget primärt sker utanför Sveriges gränser.

Kraftvärme:

Kraftvärmeproduktion kan, i likhet med kärnkraft, påverkas av **varmare vattentemperaturer** då de under sommaren (när värmebehovet är lågt) kyls med vatten från intilliggande vattendrag ($M \leftrightarrow A$). Det skulle dock krävas markant högre temperatur under en längre period för att skapa begränsningar för elproduktionen.

Användande av grenar och toppar (grot) från avverkningar för kraftvärmeproduktion skulle kunna påverka **biologisk mångfald** och stå i konflikt med andra behov av skoglig biomassa ($M \leftrightarrow A$) (se djupare analys av detta i avsnitt 2.3.1). Å andra sidan, förbränns avfall i kraftvärme-produktionen finns risk för målkonflikter $M \leftrightarrow M$ gentemot målet om en cirkulär ekonomi, där energiutvinning ligger långt ner på avfallshierarkin (Naturvårdsverket u.å.).

Utifrån just elektrifieringsbehovet finns en potentiell synergi mellan kraftvärmeproduktion och ett varmare klimat, då ett lägre värmebehov kan möjliggöra att mer el produceras. Detta har dock hittills inte varit ekonomiskt lönsamt under normala elpriser.

2.2.3 Energilagring och överföring i ett elektrifierat samhälle

Politisk inriktning och dess förmåga att minska utsläpp

Regeringen föreslår kortare tillståndsprocesser för utveckling av elnät (u.o.20, Bilaga 1), samt vill även underlätta finansieringen av utbyggnaden av elnätet genom lån eller garantier till nätägarna, baserat på lokala prognoser för elbehov.

Som en del av att anslagen för elberedskap höjs pekas energilagring ut som ett prioriterat investeringsområde (u.o.21, s.40) och inom villkoren för solcellspremien kan skattereduktion ges för ”installation av system för lagring av egenproducerad elenergi” (u.o.21, s.24).

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Mittemellan elproduktion och konsumtion finns vätgas, batterier och elnät. Dessa är centrala delar av ett elektrifierat samhälle. På samma sätt som att laddstolpar i sig inte minskar utsläppen, men möjliggör omställningen av transportsektorn, så möjliggör en utbyggnad av

elnätet och en ökning av energilagringmöjligheter den fossilfria elektrifieringen av samhället – och därmed till att fasa ut fossil bränsleanvändning inom både transport och industri.

Potentiella synergier och målkonflikter

Elnätet kan påverkas negativt av ett förändrat klimat (M↔A). Framförallt kraftigare extremväder och **stormar** behöver beaktas, inklusive åska och **skogsbränder** (Gode m.fl. 2021). För att undvika elavbrott till följd av stormfällda träd kan en utökad nedgrävning av elkablar bli en viktig strategi.

Analyser av miljöpåverkan från vätgasproduktion har visat att **vattenkonsumtionen** kan bli stor (Grubert 2023) vilket kan orsaka konkurrens om vattentillgången med dricksvattenförsörjningen samt med andra verksamheters vattenbehov vid tider av torka och vattenbrist (M↔A).

Batteritillverkning kan ha stor negativ miljöpåverkan under materialutvinning (t.ex. gruvbrytning av sällsynta jordartsmetaller), vilket kan degradera både **ekosystem** och förorena **vattentillgångar** (M↔A). Fram till idag har dessa effekter till stor del skett utanför Sverige, men förväntas uppstå alltmer på hemmaplan då Sverige har en stark utveckling både inom produktion och återvinning av batterier. Ur perspektivet M↔M är det viktigt att den energi och de resurser som nyttjas för batteriproduktion och återvinning har så låga växthusgasutsläpp som möjligt för att elektrifieringen effektivt ska bidra till utsläppsminskningens målen. Batterier kan å andra sidan, som nämnts i tidigare avsnitt, ge synergier M↔A genom att främja robusthet och minska samhällets sårbarhet genom sin förmåga att lagra elektricitet.

2.3 Biomassa från skogs- och jordbruk

En övergång från fossila till biobaserade resurser är en av de vanligaste klimatåtgärderna, då denna typ av åtgärd kan ske inom många sektorer. Exempel är biobaserade bränslen, biobaserad plast och trä som konstruktionsmaterial. Samtidigt är såväl de globala som nationella ekosystemen – varifrån dessa resurser hämtas – ofta utsatta för stark ekologisk stress (IPBES 2019). Det finns även en hög konkurrens om de biobaserade resurserna och särskilt de som uppnår hållbarhetskrav i styrmedel och certifieringssystem. Även om dessa resurser kan tänkas vara tillräckliga i teorin, behövs rimligen en noggrann planering för att de ska räcka i praktiken och för att inte målkonflikter ska uppstå. Därtill behöver markanvändning räcka till matproduktion, och jordbrukets utsläpp behöver minska.

2.3.1 Ökad efterfrågan av skoglig biomassa

Politisk inriktning

Budgeten pekar ut att energi- och klimatpolitiken förväntas bidra till en ökad efterfrågan av skoglig biomassa (u.o.23). Regeringen prioriterar att det svenska skogsbruket inte begränsas utan fullt ut kan bidra till att uppnå klimatmålen, samt till jobb och tillväxt i hela landet (u.o.23, s. 55). Det bedöms att förbättrad skogsskötsel kan bidra till en ökad hållbar tillväxt som behövs för att möta den ökade efterfrågan. En växande cirkulär bioekonomi ses som viktigt. Denna inriktning bör ses i skenet av att Sverige redan idag har stora arealer som drivs för aktivt skogsbruk.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Den svenska skogen är idag en av världens mest brukade i relation till andel total skogsareal (FAO 2020). Därmed sker redan ett stort uttag av skoglig biomassa som bidrar till skiftet från fossila råvaror och material med höga icke-biogena förbrännings- och processutsläpp. En

aktivt brukad skog kan också leda till kolsänkor. Detta dels beroende på hur skogen brukas, dels om den skogliga råvaran används för produkter vilka lagras in i samhället (t.ex. trähus).

Potentiella synergier och målkonflikter

En övergång till biobaserade råvaror kan vara en effektiv och storskalig M- strategi som kan tillämpas såväl i nutid som på lång sikt. Vilken skog och mark som ska nyttjas till vilka samhällsbehov eller utsläppsminskningssåtgärder behöver dock genomtänkt avvägning (M↔M) och även vägas mot potentiella klimatrisker (M↔A). Utsläppsminskningspotentialen är dessutom beroende av ett hållbart skogsbruk som är långsiktigt bärkraftigt och beaktar både anpassning och andra hållbarhetsfrågor.

Här är blandskog en möjlighet men dessa kan i lägre grad ha förmåga att täcka efterfrågan på specifika råvaror. Generellt bidrar istället en skog som brukas för att möta efterfrågan på skoglig råvara till skogliga monokulturer, vilka har lägre **biologisk mångfald** än blandskogar. Dessa är mer känsliga för bland annat **stormar** och **invasiva arter** än blandskogar (Eriksson, Hazell, och Wågberg 2015). Därmed riskerar denna klimatstrategi att succesivt bli allt mer känslig om det aktiva skogsbruket ökar. Skogliga monokulturer av barrskog skapar också högre risker vid **skogsbränder** än löv- och blandskog, vilket utgör en målkonflikt A↔M vid **högre temperaturer** och **torka** (Granström 2009).

Biogrödor som energiskog kan ha ett högt vattenavtryck (Schyns, Booi, och Hoekstra 2017). Detta kan göra energiskogen sårbar för minskande **vattentillgång** och förvärra **vattenbrist** (M↔A). Detta är dock ett mindre problem för skoglig biomassa än för biomassa från jordbruk.

Skogen och de skogliga råvaror som inlagras i samhället (t.ex. i husstommar och möbler) utgör en kolsänka och bidrar därmed till utsläppsminskning. Samtidigt finns en potentiell målkonflikt M↔M då efterfrågan på råvaran växer och avvägningar kan behöva göras mellan kolsänkor och tillgång till bioråvara för fossilfria bränslen. I relation till cirkulär ekonomi (avsnitt 2.1.1) kan behovet av denna avvägning stärkas vid lägre tillgång på sekundär skoglig råvara på grund av högre grad av inlagring av resurserna.

Insamling av grot för bl.a. kraftvärmeproduktion riskerar att bidra till utarmning av jordmånen och den **biologiska mångfalden** där, och kan även förhöja risken för **erosion** (M↔A). Det finns visserligen riktlinjer för hur mycket grot som ska ligga kvar i skogsmarken – men dessa riktlinjer är främst satta för att minska kör-skador av skogsmaskiner (Skogsstyrelsen 2022). Vad gäller jord- och stranderosion lär skog på dessa platser inte brukas för att möta efterfrågan på skoglig biomassa och det är därmed tveksamt om det bör ses som en del av utsläppsminskningstrategin (annat än som kolsänka).

2.3.2 Jordbrukets klimatomställning

Politisk inriktning

Den svenska jordbrukspolitiken faller till stor del in under EUs gemensamma jordbrukspolitik (GJP)⁴. Den senaste uppdateringen av GJP började gälla 1 januari 2023 och i regeringens budget ges Jordbruksverket utökad anslag för att bl.a. ”skapa goda förutsättningar för att införa den nya reformen av GJP”. Här ryms bl.a. mål om säkrad livsmedelsförsörjning av hög kvalitet, bevarande av naturresurser och främjande av en levande landsbygd. Från GJP kommer också specifikt:

- stöd till fång- och mellangrödor för inlagring av koldioxid, samt

⁴ På engelska: *Common Agricultural Policy (CAP)*

- investeringar till jordbruksföretag för t.ex. täckdikning, etablering av energigrödor, anläggning och skötsel av våtmarker eller bättre precisionsodling.

Från regeringen finns ytterligare specifika jordbrukspolitiska åtgärder som kopplar till klimatet som t.ex. ”miljöförbättrande åtgärder i jordbruket” såsom metangasreducering, resurseffektivitet och en övergång till produktion med minskat fossilberoende (u.o.23, s.78).

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Jordbruket står för ca 14% av Sveriges territoriella växthusgasutsläpp. Dessa kommer främst från idisslande djur, gödselhantering, energianvändning för bl.a. arbetsmaskiner och lokaler samt utsläpp från kväve i jordbruksmarken (Naturvårdsverket 2022). Metangasreducering kan åstadkommas med hjälp av fodertillsatser som minskar metanbildningen under fodersmältningen hos idisslare. Den potentiella utsläppsminskningen anses relativt hög, men osäker – framförallt vad gäller långtidseffekter. En annan metangasreducerande åtgärd är täckning av gödselbrunnar och andra gödsel-relaterade åtgärder, vilka också kan minska utsläpp av andra växthusgaser, såsom ammoniak och lustgas (Naturvårdsverket och Jordbruksverket 2022).

Precisionsjordbruk, energieffektivisering av maskiner och lokaler samt produktivitetshöjande åtgärder inom växtodling och animalieproduktion bidrar till att minska insatsvarorna och utsläppen per producerad enhet (Naturvårdsverket 2022). En stor del av jordbrukssektorns klimatpåverkan kommer även från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF⁵). Dessa utsläpp kan minskas genom t.ex. fång- och mellangrödor – som ökar kolinlagringen och minskar växtnäringssläckaget då de växer mellan två huvudgrödor – eller vallodling – som bidrar till kolinlagring i åkermark och kan användas som foder eller energigröda (Naturvårdsverket och Jordbruksverket 2022).

Våtmarker behandlas i avsnitt 2.4.2. De relaterar till både jord- och skogsbruk men kan även klassas som en (naturbaserad) åtgärd för upptag och lagring av koldioxid. Klimatpåverkan från importerade insatsvaror till jordbruket tas inte med i beaktande här.

Potentiella synergier och målkonflikter

Precisionsjordbruk, energieffektivisering, förbättrad gödselhantering, täckdikning samt odling av fånggrödor leder till minskad resursanvändning och minskade utsläpp. De stödjer samtidigt flera anpassningsåtgärder. Här finns naturligtvis en synergi (M↔A) till anpassningsområdena **matsäkerhet** och specifikt **inhemsk livsmedelsproduktion**. Även positiva **biologiska och ekologiska effekter** kan uppnås genom kolinlagring samt stöd till pollinerande insekter. Ett effektivare jordbruk med hög vatteneffektivitet kan även minska risker för **vattenbrist** och torka. God vattenanvändning samt täckdikning och omhändertagande av gödsel kan dessutom minska läckage av kväve och fosfor och därmed nedströms negativ påverkan på **biologisk mångfald** och god vattenstatus.

Etablering av energigrödor kan stå i konflikt (M↔A) med behovet av **matsäkerhet** om det sker genom minskad inhemsk livsmedelsproduktion. Dessa är ofta även vattenintensiva, vilket kan äventyra **vattensäkerheten** (se exempel från Öland i kapitel 3).

Överlag kan stora monokulturer i jordbruket vara mer sårbara (M↔A) för **höga temperaturer, torka, skadedjur** och **invasiva arter**. Med fånggrödor/mellangrödor så kan den biologiska mångfalden öka och denna sårbarhet minska. Det finns också förslag på att kombinera betesmark med trädutväxt (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s.219). Vid höga temperaturer kan detta minska risken för att värmestress för betesdjuren då

⁵ Från engelskans: *Land Use, Land Use Change and Forestry*

träd ger svalkande skugga. Det kan även bidra till att binda kol i jordbruksmarken och till ökad biologisk mångfald i skogsbruket.

Från ett anpassningsperspektiv kan ett varmare klimat skapa längre växtsäsong i Sverige, och även möjligheter att odla andra typer av grödor än de vi odlar idag. Utifrån ett M↔A perspektiv finns här potentiellt en målkonflikt om mer energi- eller vattenkrävande grödor börjar odlas, då det skulle kunna leda till ökade utsläpp. Ett varmare klimat kommer samtidigt påverka odlingsförmågan över hela planeten, och spås försämra odlingsmöjligheterna i många regioner som idag är stora globala livsmedelsproducenter. Detta gör att den inhemska livsmedelssektorn i Sverige kan komma att behöva möta en större andel av det inhemska livsmedelsbehovet och även bidra mer till den globala livsmedelsförsörjningen (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s.209). I detta sammanhang bör det dock beaktas att Sverige, genom att vara ett litet export- och import-beroende land, har starka beroenden till andra länder, inte minst för livsmedelsförsörjningen. När dessa beroenden exponeras för negativa konsekvenser av klimatförändringarna, leder det till en indirekt riskexponering för Sverige (Johansson Stattin och Ljungdahl 2019). Det finns redan i regeringens budget (u.o.20, s.96) anslag för investeringar för klimatomställningen (utsläppsminskningar) i andra länder. Att komplettera detta med internationella investeringar också för klimatanpassning kan bör utvärderas för att säkerställa Sveriges matsäkerhet (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s.332; Johansson Stattin och Ljungdahl 2019) eftersom ökad självförsörjning och livsmedelsberedskap nationellt med största sannolikhet behöver gå hand i hand med ett ökat internationellt samarbete (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s.558).

2.4 Uptagning och lagring av koldioxid

Oavsett vilka strategier och åtgärder som genomförs kommer vårt samhälle i närtid att fortsätta orsaka utsläpp av växthusgaser. De fossila utsläppen och processutsläppen⁶ bör minskas samt ersättas av biogena utsläpp som har ett kortare naturligt kretslopp. Den globala klimatbudgeten kräver dessutom dels att utsläpp av fossil koldioxid fångas upp och binds i biomassa eller lagras på annat sätt, dels en ökning av negativa utsläpp, där biogena utsläpp fångas upp och lagras (IPCC 2023).

2.4.1 Koldioxidavskiljning och lagring

Politisk inriktning

Budgeten pekar ut koldioxidavskiljning och lagring (eng. carbon capture and storage, CCS) som en viktig åtgärd för att nå klimatmålen (u.o.20 och 24). Detta dels inom näringslivet för att fånga upp förbrännings- och processutsläpp, dels inom energisektorn, för att fånga förbränningsutsläpp.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

Tekniken innebär att koldioxiden avskiljs från process- och rökgaser för att sedan transporteras och lagras. Därmed undviks majoriteten (ca 90-95%) av koldioxidutsläppen från rökgaserna. Fångas och lagras biogena utsläpp, uppstår negativa utsläpp genom att den lagrade koldioxiden har sitt ursprung i bränslen som tagit upp koldioxid från atmosfären. Detta kallas BioCCS (eller BECCS). Som klimatstrategi behöver åtgärden ses som långsiktig då den ännu inte

⁶ Dessa uppstår bland annat som en del av traditionell reduktion av järnmalm till järn samt kalcinering av karbonatbaserade råmaterial i cementindustrin. Utsläppen är med andra ord inte orsakade av förbränning utan från den kemiska processen.

tillämpas på bred skala. Däremot har under de senaste två åren ett flertal planer utvecklats för tillämpning på kraftvärmeverk och för cementproduktion.

Potentiella synergier och målkonflikter

Processen för avskiljning av koldioxid kan vara vattenintensiv och avsevärt höja vattenbehovet vid anläggningen (M↔A). Studier kring detta skiljer sig något åt och det finns skillnader mellan olika avskiljningstekniker. Generellt beskrivs en mycket kraftigt ökad **vattenförbrukning** (Rosa m.fl. 2021). En viktig aspekt ur ett systemperspektiv är att vattenintensiteten blir extra hög för BioCCS då även biobränsleproduktionen i regel har ett högt vattenavtryck (se även avsnitt 2.3). Oavsett teknik och bränsle kan anpassningsproblem uppstå i regioner som har eller förväntas få vattenbrist eller förvärrad vattenbrist. Målkonflikten kan även växa om bränslet inkluderar lokala biobränslen som även de belastar vattentillgången.

Avskiljningen kräver även energi vilket innebär att mer bränsle behöver tillföras för samma el- och värmeproduktion (M↔M). Detta innebär en ökad belastning och potentiell påverkan på anpassning genom den påverkan produktion av bränslen har på **ekosystem** och andra hållbarhetsfrågor (M↔A).

2.4.2 Våtmarker

Politisk inriktning

Återställande av våtmarker finns med både i EUs GJP och i regeringens egen budget (u.o.20, s.29 – där det dock benämns som återvätning av torvmark⁷), som en prioriterad åtgärd för att minska utsläppen.

Beskrivning av utsläppsminskande åtgärder

En fungerande våtmark ökar sitt torvtäcke med ca 1 mm per år, vilket motsvarar drygt 90 g CO₂ per kvadratmeter. Som utsläppsminskande åtgärd är våtmarker därmed relativt långsamma utsläppssänkor (Lindgren 2023). Det finns dock en tydligare lagringsnytta i att bevara och återställa våtmarker, då torrläggning av våtmarker mycket snabbare släpper ut lagrad koldioxid och lustgas än vad en naturlig/välfungerande våtmark tar upp. Att återställa våtmarker är därför som klimatåtgärd i första hand ett åtgärd för att stoppa utsläppen av redan lagrade växthusgaser, även om de också kan ses som en kolsänka.

Potentiella Synergier och målkonflikter

Återställande av våtmarker kan ge både kolinlagring och **biologisk mångfald** (M↔A). De kan dessutom ha stor påverkan på vatten, så som förmåga att rena vatten och hålla kvar näringsämnen (Thorslund m.fl. 2017), hålla kvar vatten i landskapet, säkra grundvattennivån och därmed bidra till ökad **vattensäkerhet**, minska risken för **översvämningar** nedströms och även minska risken för stora **skogsbränder** (Naturvårdsverket 2021).

Enligt LRF har många svenska lantbrukare sedan torkan år 2018 uttryckt att de skulle vilja anlägga bevattningsdammar för att öka jordbrukets vattensäkerhet (Hoffman 2023). Här finns ett behov av att ta fram kunskap om hur dessa kan anläggas för att samtidigt möjliggöra flera av de biologiska funktioner som våtmarken har, såsom att bidra till minskade utsläpp och öka den biologiska mångfalden, utan att bli för kostsam som vattensäkerhetsåtgärd.

⁷ Torvmark definieras som mark täckt av minst 30 centimeter torv, vilka kan vara, eller återskapas till våtmarker om grundvattennivån höjs så att vatten under stor del av året finns nära under, vid eller över markytan (Hjerpe m.fl. 2014).

3 Ytterligare teman och exempel

Ett antal ytterligare teman blev tydliga under denna analys som inte helt kunde ordnas in under någon av utsläppsminskingsområdena i kapitel 2. Dessa diskuteras kort nedan med syfte att öppna upp för en vidare analys och fånga aspekter som kan behöva beaktas inom både anpassnings- och utsläppsminskingsarbetet.

3.1 Digitalisering (digital pollution)

Digitalisering beskrivs generellt som en möjliggörare för en mer hållbar utveckling då det ger möjligheter att effektivisera olika system genom att underlätta nyttjande av information, delande av produkter och automatisering (inkl. autonoma fordon). En direkt koppling mellan digitalisering och klimatmålen görs förvisso inte i budgeten, utan beskrivs mer övergripande.

Sådana effektiviseringseffekter där digitalisering kan bidra till åtgärdsområden inom klimatpolitiken för M är förvisso viktiga. Däremot sker de inte utan målkonflikter. Den höga grad av digitalisering som till exempel elektrifieringen av transportsektorn eller alltmer cirkulära processer kommer att kräva kan väntas medföra ett kraftigt elbehov för att driva såväl processorer som servrar (Energimyndigheten 2023). Elförbrukningen kopplas därmed både till produktion och drift av den digitala infrastrukturen och hantering av de datamängder som kommuniceras. Globalt uppskattas att informations- och kommunikationsteknologi (ICT) står för ca 7% av globala elkonsumention, vilket väntas öka till 13% år 2030 (European Commission 2022).

Som exempel har forskare på MIT bedömt att datorer i autonoma fordon kan komma att konsumera lika mycket el som alla världens serverhallar idag konsumerar tillsammans, vilket inte inkluderar elbehovet för att kommunicera datamängderna som behöver hanteras (Sudhakar, Sze, och Karaman 2023).

Forskningen har fram till idag både kunnat visa att digitaliseringens positiva effektiviseringseffekter är högre än de negativa effekterna av det ökade energibehovet, och vice versa (Lin och Huang 2023). Nettoeffekten på utsläppen är beroende av elens klimatprestanda och när konsumtionen sker då det senare kan påverka behovet av spetskraft. Den sammanvägda påverkan på klimatet och för klimatomställningen avgörs även av för vad digitaliseringen i slutändan används.

3.2 Ett varmare klimat leder till förändrade energi- och resursbehov

I takt med att klimatet förändras ökar anpassningsbehov som i flera fall kan leda till ett ökat energibehov – och ökade växthusgasutsläpp.

Uppstår vattenbrist i områden med stora behov av vatten krävs energi, till exempel för att förflytta vatten från mer vattenrika områden eller för att avsalta havsvatten. I Kalifornien gick redan 2005 närmare 20% av elanvändningen åt till att flytta vatten långa distanser (Schwarzenegger 2005). Ett alternativ till att flytta vatten är att bygga avsaltningsanläggningar. Även dessa är mycket energikrävande, men blir allt vanligare för att säkra tillgång på dricksvatten i kustnära områden som blir torrare av klimatförändringarna. Detta är framförallt vanligt i mellanöstern, Australien och USA, men har även börjat komma till Sverige (se avsnitt 3.4 om Öland). För att inte energiintensiteten ska leda till högre utsläpp, och bidra till ytterligare klimatförändringar, har användningen av förnyelsebar el blivit vanligare i avsaltningsanläggningar (Shouman, Sorour, och Abulnour 2015).

Mer el kan också behövas för att skapa kyla i en varmare värld. I synnerhet väntas värmeö-effekten i städer i Europa leda ökad användning av kylaggregat och luftkonditionerings-

anläggningar. Liksom i fallet med att göra cykelbanor behagligare under värmeböljor med trädplantering (avsnitt 2.1.3) kan naturbaserade lösningar såsom stadsträd, gröna tak, fasader och liknande både ge skugga och kyla ner luften i varma städer och på så sätt minska behovet av el-producerad kyla. Från ett svenskt perspektiv bör det dock även nämnas att med klimatförändringarna väntas värmebehovet i bostäder och lokaler att minska, vilket sänker energiförbrukningen.

Konventionella eller ”grå” infrastrukturlösningar kan i olika utsträckning behöva byggas eller underhållas för att hantera ett förändrat klimat, vilket kan bidra till ökade växthusgasutsläpp genom de resurser som behöver användas. Ett exempel är att slitage och skador på underhåll av befintlig infrastruktur väntas öka i ett förändrat klimat då framförallt att skyfall, översvämningar och värmeböljor kan ha stor påverkan på till exempel vägar och järnvägar. Utöver försämrad framkomlighet och ökad olycksrisk leder detta till ökat underhållsbehovet, vilket kan ge upphov till ökade utsläpp (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s.16).

Ett annat exempel på ”grå” anpassning är att bygga vallar mot översvämningar – från havsnivåhöjning, men också från höga vattenflöden i vattendrag. Om dessa byggs av betong, ett material med höga utsläpp, sker anpassningen på bekostnad av utsläppsminskingsbehovet. De kan även ha negativa effekter på andra anpassningsdimensioner, såsom biologisk mångfald uppströms och nedströms från den ”grå” lösningen. Även här kan gröna, naturbaserade lösningar bidra till att minska behovet av utsläppsgenererande materialintensiva åtgärder för anpassning.

Att bygga smart, till exempel genom att utnyttja naturbaserade lösningar och finna och investera i anpassningsåtgärder som inte driver ytterligare utsläpp, bör vara ett prioriterat område.

3.3 Tillståndsprövningar och planeringsprocesser

I regeringens budget finns flera beslut om att korta och förenkla tillståndsprövningar och miljöprövningar för att stödja och accelerera utsläppsminskande åtgärder inom industrin och inom elproduktionen (framförallt). Som nämnts i kapitel 2 finns en ambition från regeringen att förenkla tillståndsprövningar för elnätsutveckling, kärnkraftsutbyggnad, vindkraftsetablering och för industrins omställning.

Samtidigt lyfter Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022) på flera ställen att anpassningsperspektivet skulle behöva beaktas tydligare i dagens tillståndsprövningar. För olika områden och tillståndspliktiga verksamheter föreslås t.ex. att underlag kring vattenbalanser, handlingsplaner för grön infrastruktur eller påverkan på kolinlagring beaktas tydligare i tillståndsprövningen.

Att tillståndsprövningar ses över och effektiviseras behöver dock inte nödvändigtvis stå i konflikt med att de tydligare beaktar klimatanpassningsbehov, då även anpassningsåtgärder bedöms försvåras av långa, komplicerade och kostsamma tillståndsprövningar (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022, s.456). Om det däremot blir en alltför kraftig prioritering på att snabba upp och förenkla miljöprövningar för M, finns potentiellt risk för att viktiga aspekter för A missas och de nya industrietableringarna eller energilösningarna blir sårbara för klimatförändringar. Detta har inte studerats närmare i denna studie, men behovet av att ta med både utsläppsminskingsperspektivets brådska (att utsläppen behöver minska skyndsamt) och anpassningsperspektivets behov av eftertanke (sårbarhetsanalyser och konsekvensbedömningar) bör finnas med när tillståndsprövningarna omarbetas.

En stor del av det praktiska klimatanpassningsarbetet görs, och kan främst göras, på regional och lokal nivå. Krav och riktlinjer för anpassningsåtgärder finns redan idag med i planprocesserna för översikt- och detaljplaner (Regeringen 2017). På så sätt är det därför främst på lokal och regional nivå som M och A är närmast sammankopplade – och mer konkret kan beaktas samtidigt. Detta lokala arbete stöds – men kan behöva ökat stöd – från nationell nivå, inte minst från de 53 myndigheter som ”omfattas av förordningen (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete (Klimatanpassningsförordningen)” (u.o.20).

En utvärdering av hur A och M påverkar varandra i en utpekad lokal kontext (kommun, stad eller region) skulle därför med stor sannolikhet kunna bli mer specifik och komma fram till mer direkt implementerbara åtgärder för att stödja synergier och mildra målkonflikter än vad som har varit möjligt i denna studie.

3.4 Exempel på systeminteraktioner

Det finns idag ett antal situationer i Sverige där interaktioner mellan M och A redan blivit tydliga. Dessa exemplifieras nedan genom att belysa faktiska och potentiella målkonflikter $M \leftrightarrow M$ och $M \leftrightarrow A$. Syftet är att ge en mer tillämpad insikt i hur de åtgärder som tas upp i analysen kan falla ut i verkligheten.

3.4.1 Exempel: Öland

Öland drabbas ofta av periodvis vattenbrist. Detta har bland annat resulterat i investeringar i avsaltningsutrustning, vilken typiskt sett är elintensiv, samt lastbilstransporter med vatten från fastlandet. Även nödslakt av kreatur är ett hot när vattenbristen är hög och bland annat orsakar låg foderproduktion i kombination med höga foderpriser. Att i en sådan situation odla vattenintensiva energigrödor för elproduktion som delvis kan gå till elintensiv vattenproduktion kan påvisa ett tydligt systemfel mellan M och A när olika frågor hanteras i stuprör. Flera strategier för M kan riskera att öka vattenintensiteten och dess tillämpbarhet kan därmed ifrågasättas. Specifika analyser som tittar på möjliga målkonflikter och synergier i den lokala kontexten blir därmed viktiga.

3.4.2 Exempel: Kristianstad

Ett exempel på systemeffekter där energi-, vatten- och markanvändningssystem kan komma att negativt påverka varandra finns i Kristianstad. Här har vattentillgången och vattendomar kommit att bli en avgörande fråga för hur olika sektorer kan utvecklas. En bristande vattentillgång, vilken kan komma att förvärras genom klimatförändringar, har skapat målkonflikter. Kommunen önskar en ekonomisk tillväxt genom etablering av fler företag och ökad turism. Flera näringslivsaktörer som Pernod Ricard och mejeriet har samtidigt önskat öka sin produktion och därmed el- och vattenförbrukning. Lantbrukare använder vatten för odling och påverkar grundvattenkvaliteten. Vattenbrister uppstår ofta och större tunnlar finns för att säkra vattentillgång mellan regioner. I denna situation, när system och systeminteraktioner redan är ansträngda, kan målkonflikter $M \leftrightarrow M$ och $M \leftrightarrow A$ lättare uppstå och behov finns därför av analyser och avvägningar. Ett exempel kan vara om kommunen vill sänka sina utsläpp från kraftvärmeanläggningen genom CCS och om avskiljningen av koldioxiden kräver vattenresurser som behöver tas från andra områden och ytterligare anstränger vattensäkerheten.

4 Diskussion och slutsatser

Att ta ett brett systemgrepp kring en övergripande frågeställning som klimatpolitiken – utsläppsminskningar och anpassning – innebär en stor mängd interaktioner. Detta är centralt i denna rapport. Det innebär dels att det finns ytterligare synergier och målkonflikter mellan områdena som kan beaktas för att effektivisera klimatpolitiken i sin helhet och göra den mer hållbar, dels att efterföljande studier behövs för att titta på specifika interaktioner.

I systemanalyser av interaktioner kan analyserna kring feedback-loopar och indirekta effekter i flera led ofta dras mycket långt. Detta har inte varit syftet eller möjligt i denna rapport, som tittat på potentiella effekter i mer ”närliggande” interaktioner. Därmed bör rapporten ses som ett underlag för översikt och vidare arbete. En viktig insikt som bör präglade sådant arbete är att systeminteraktioner kan vara både tydliga och diskreta, där synergier och målkonflikter kan vara stora i bägge kategorier. Det är därför väsentligt att inkludera experter inom specifika sakfrågor i sådana analyser samt kritiskt ifrågasätta etablerade ”sanningar”.

Av de utsläppsminskningsåtgärder som analyserats är det mycket få som har små eller inga interaktioner med klimatanpassning. Eftersom arbetet inte haft som syfte eller mål att vara heltäckande, vare sig beträffande M eller A finns dessutom troligen ytterligare potentiella indirekta effekter. En övergripande slutsats är därmed att M-åtgärder som inte beaktar A riskerar att bli både sårbara och kortsiktiga, eftersom både effektiviteten och tillförlitligheten i M kan minska när klimatet förändras. Däremot kan dessa risker i många fall omvandlas till synergier mellan M och A om man redan i planeringsstadiet anpassar M efter anpassningsriskerna.

Detta sätter extra ljus på nästa generella slutsats att utifrån studerat material skulle politiken för M i långt högre grad kunna utvecklas, justeras och utvärderas i relation till A. Regeringen har själv beslutat om att åtgärder för utsläppsminskningar och klimatanpassning ska vara ömsesidigt stödjande och bör samordnas i så hög grad som möjligt (principen om ömsesidighet (Regeringen 2017)), men detta tillämpas betydligt mer inom A än inom M i dagsläget. Politiken för M behöver även i högre grad utvärderas M till M då flera strategier och åtgärder för M påverkar andra M.

För sådana utvärderingar och för att kunna fånga in fler indirekta interaktioner finns behov av ett ökat nyttjande av livscykelanalyser och andra metoder för systemanalys (t.ex. nexusmetodik⁸) med kapacitet att tillsammans analysera strategiers eller åtgärders utsläpp av växthusgaser, vattenbehov och andra aspekter. Att tillämpa sådana metoder är förvisso tidskrävande men bör ses som motiverat då det kan ge viktiga och tydliga inspel kring långsiktig tillämpbarhet av olika strategier och över tid effektivisera politiken – inte minst genom att minska inlåsnings effekter, ineffektiva system och sårbarhet inför klimatförändringarnas effekter. Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022) ger dessutom tydliga rekommendationer och prioriteringar för när och var i beslutsprocesser anpassningsrisker och -behov bör beaktas.

Möjligheterna för den svenska politiken för M att bidra till att minska behovet och effektivisera strategier och åtgärder för A är verkningsfulla då effekter för A ofta är lokala. Samtidigt är klimatförändringarna och utsläppen av växthusgaser en global fråga där Sverige är ett litet land med stor import och export. Sveriges internationella beroenden och därmed sårbarhet kopplade till klimatförändringarnas effekter i andra länder nämns bara kort i denna rapport – i relation till jordbruket och livsmedelsförsörjning – men skulle behöva analyseras närmare för att öka förståelsen för vilka internationella åtgärder (inom både M och A) som bör prioriteras.

⁸ Som kan analysera interaktioner regionalt (Kraucunas m.fl. 2015) eller nationellt (Howells m.fl. 2013).

Det skulle samtidigt vara värdefullt att ta denna analys vidare genom att gå från den nationella nivån till utvärdering av interaktioner mellan M och A och titta mer lokalt eller regionalt, där åtgärderna inom både A och M blir mer konkreta och synergier och målkonflikter kan gå från att vara potentiella till att bli reella och då också möjliga att agera på.

Slutligen bör utvecklingen av politiken för M präglas av insikten att den främsta synergien mellan M och A är att ju mer utsläppen minskas desto mindre blir behovet av anpassning. Det finns även trösklar i klimatförändringarna som gör att anpassning inte är möjlig bortom viss klimatförändring. På så sätt villkoras anpassningsåtgärderna av utsläppen – och därmed av (i närtid) utsläppsminskningens ambition och effektivitet. När utsläppsminskningens politiken utvecklas behöver den med andra ord beakta anpassningsbehov och risker samtidigt som den ökar i tempo och ambitionsnivå.

5 Referenser

- Albrecht, Tamee R., Arica Crootof, och Christopher A. Scott. 2018. "The Water-Energy-Food Nexus: A Systematic Review of Methods for Nexus Assessment". *Environmental Research Letters* 13 (4): 043002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa9c6>.
- Arens, Marlene, Max Åhman, och Valentin Vogl. 2021. "Which Countries Are Prepared to Green Their Coal-Based Steel Industry with Electricity? - Reviewing Climate and Energy Policy as Well as the Implementation of Renewable Electricity". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 143 (juni): 110938. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110938>.
- Asdrubali, Francesco, Giorgio Baldinelli, Francesco D'Alessandro, och Flavio Scrucca. 2015. "Life Cycle Assessment of Electricity Production from Renewable Energies: Review and Results Harmonization". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42 (februari): 1113–22. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.082>.
- Bazilian, Morgan, Holger Rogner, Mark Howells, Sebastian Hermann, Douglas Arent, Dolf Gielen, Pasquale Steduto, m.fl. 2011. "Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach". *Energy Policy, Clean Cooking Fuels and Technologies in Developing Economies*, 39 (12): 7896–7906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>.
- Berga, Luis. 2016. "The Role of Hydropower in Climate Change Mitigation and Adaptation: A Review". *Engineering* 2 (3): 313–18. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.03.004>.
- Brockway, Paul E., Steve Sorrell, Gregor Semieniuk, Matthew Kuperus Heun, och Victor Court. 2021. "Energy Efficiency and Economy-Wide Rebound Effects: A Review of the Evidence and Its Implications". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 141 (maj): 110781. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110781>.
- Energimyndigheten. 2022. *Energiläget 2022 – en översikt*. ET 2022:02. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=208636>.
- Energimyndigheten. 2023. *Energianvändning i digitala system, datacenter och kryptovaluta - Förstudie om nuläge, metoder och statistik för att följa utvecklingen*. ER 2023:04. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=212620>.
- Engström, Rebecka Ericsson, Georgia Destouni, Mark Howells, Vivek Ramaswamy, Holger Rogner, och Morgan Bazilian. 2019. "Cross-Scale Water and Land Impacts of Local Climate and Energy Policy—A Local Swedish Analysis of Selected SDG Interactions". *Sustainability* 11 (7). <https://doi.org/10.3390/su11071847>.
- Engström, Rebecka, Mark Howells, Ulla Mörtberg, och Georgia Destouni. 2018. "Multi-Functionality of Nature-Based and Other Urban Sustainability Solutions: New York City Study". *Land Degradation & Development* 29 (10): 3653–62. <https://doi.org/10.1002/ldr.3113>.
- Eriksson, Hillevi, Per Hazell, och Caroline Wägberg. 2015. *Skogen i ett varmare klimat*. Jönköping, Sweden: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/miljo-och-klimat/skog-och-klimat/skogen-i-ett-varmare-klimat.pdf>.
- European Commission. 2022. "Questions and Answers: EU Action Plan on Digitalising the Energy System". *European Commission - European Commission* (blog). oktober 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_22_6229.
- European Commission, Joint Research Centre, A. Miola, S. Borchardt, F. Neher, och D. Buscaglia. 2019. "Interlinkages and policy coherence for the Sustainable Development Goals implementation". *An operational method to identify trade-offs and co-benefits in a systemic way, Publications Office of the European Union* 10: 472928. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/472928>.
- FAO. 2020. "Forest Product Statistics". UN program website. www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/en/.

- Feron, Sarah, Raúl R. Cordero, Alessandro Damiani, och Robert B. Jackson. 2021. "Climate Change Extremes and Photovoltaic Power Output". *Nature Sustainability* 4 (3): 270–76. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00643-w>.
- Gillingham, Kenneth, Matthew J. Kotchen, David S. Rapson, och Gernot Wagner. 2013. "The Rebound Effect Is Overplayed". *Nature* 493 (7433): 475–76. <https://doi.org/10.1038/493475a>.
- Gode, Jenny, Ebba Löfblad, Thomas Unger, Peter Blomqvist, Johan Holm, Emil Nyholm, Martin Hagberg, m.fl. 2021. "Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet". Slutrapport 2021:738. Klimatförändringarnas konsekvenser. Energiforsk. <https://energiforsk.se/program/klimatforandringarnas-konsekvenser-for-energisystemet/rapporter/klimatforandringarnas-inverkan-pa-vattenkraften-2021-743/>.
- Granström, Anders. 2009. *Skogsbränder under ett förändrat klimat – en forskningsöversikt*. MSB0014. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Grubert, Emily. 2023. "Water Consumption from Electrolytic Hydrogen in a Carbon-Neutral US Energy System". *Cleaner Production Letters* 4 (juni): 100037. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2023.100037>.
- Hjerpe, Karin, Hillevi Eriksson, Malin Kanth, Björn Boström, Kerstin Berglund, Örjan Berglund, Mattias Lundblad, m.fl. 2014. *Utsläpp av växthusgaser från dikad torvmark - rapport.pdf*. Rapport 2014:24. Jönköping, Sweden: Jordbruksverket. <https://www.svtstatic.se/image-cms/svtse/1633425666/svts/article32746251.svt/BINARY/Utsl%C3%A4pp%20av%20v%C3%A4xthusgaser%20fr%C3%A5n%20dikad%20torvmark%20-%20rapport.pdf>.
- Hoffman, Marcus. 2023. "Formas frukost: Är våtmarken vår tids räddning?" Panelsamtal presenterad vid Formas frukost: Är våtmarken vår tids räddning?, Stockholm, februari. <https://www.formas.se/analys-och-resultat/seminarier/2022-11-28-formas-frukost-ar-vatmarken-var-tids-raddning.html>.
- Howells, Mark, Sebastian Hermann, Manuel Welsch, Morgan Bazilian, Rebecka Segerström, Thomas Alfstad, Dolf Gielen, m.fl. 2013. "Integrated Analysis of Climate Change, Land-Use, Energy and Water Strategies". *Nature Climate Change* 3 (7): 621–26. <https://doi.org/10.1038/nclimate1789>.
- IPBES. 2019. "Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services." Bonn, Germany: IPBES sekretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>.
- IPCC. 2023. *Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6) - Summary for Policymakers*. IPCC-LV111/Doc. 4. https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.
- IRP. 2019. *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*. A Report of the International Resource Panel. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.
- Islam, Shirazul, Atif Iqbal, Mousa Marzband, Irfan Khan, och Abdullah M. A. B. Al-Wahedi. 2022. "State-of-the-Art Vehicle-to-Everything Mode of Operation of Electric Vehicles and Its Future Perspectives". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 166 (september): 112574. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112574>.
- Isæus, Martin, José Beltrán, Eva Stensland Isæus, Marcus C Öhman, och Martin Andersson-Li. 2022. "Ekologiskt hållbar vindkraft i Östersjön". Rapport 7075. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/7000/ekologiskt-hallbar-vindkraft-i-ostersjon/>.
- Iungman, Tamara, Marta Cirach, Federica Marando, Evelise Pereira Barboza, Sasha Khomenko, Pierre Masselot, Marcos Quijal-Zamorano, m.fl. 2023. "Cooling Cities through Urban Green Infrastructure: A Health Impact Assessment of European Cities". *The Lancet* 0 (0). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02585-5).

- Johansson Stattin, Daniel, och Fredrik Ljungdahl. 2019. *Konsekvenser för Sverige av klimatförändringar i andra länder*. PWC. <https://www.pwc.se/sv/pdf-reports/hallbar-affarsutveckling/konsekvenser-for-sverige-av-klimatforandringar-i-andra-lander-ny.pdf>.
- Klimatpolitiska rådet. 2022. *Klimatpolitiska rådets rapport 2022*. Klimatpolitiska rådet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-309997>.
- Kollewe, Julia. 2022. "EDF Cuts Output at Nuclear Power Plants as French Rivers Get Too Warm". *The Guardian*, 03 augusti 2022, avs. Business. <https://www.theguardian.com/business/2022/aug/03/edf-to-reduce-nuclear-power-output-as-french-river-temperatures-rise>.
- Korhonen, Jouni, Antero Honkasalo, och Jyri Seppälä. 2018. "Circular Economy: The Concept and Its Limitations". *Ecological Economics* 143 (januari): 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>.
- Kraucunas, Ian, Leon Clarke, James Dirks, John Hathaway, Mohamad Hejazi, Kathy Hibbard, Maoyi Huang, m.fl. 2015. "Investigating the Nexus of Climate, Energy, Water, and Land at Decision-Relevant Scales: The Platform for Regional Integrated Modeling and Analysis (PRIMA)". *Climatic Change* 129 (3): 573–88. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1064-9>.
- Lin, Boqiang, och Chenchen Huang. 2023. "How Will Promoting the Digital Economy Affect Electricity Intensity?" *Energy Policy* 173 (februari): 113341. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113341>.
- Lindgren, Amelie. 2023. "Formas frukost: Är våtmarken vår tids räddning?" Panelsamtal presenterad vid Formas frukost: Är våtmarken vår tids räddning?, Stockholm, februari. <https://www.formas.se/analys-och-resultat/seminarier/2022-11-28-formas-frukost-ar-vatmarken-var-tids-raddning.html>.
- Liu, Jianguo, Vanessa Hull, H. Charles J. Godfray, David Tilman, Peter Gleick, Holger Hoff, Claudia Pahl-Wostl, m.fl. 2018. "Nexus Approaches to Global Sustainable Development". *Nature Sustainability* 1 (9): 466–76. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0135-8>.
- Löfblad, Ebba, Jenny Gode, Gustav Strandberg, Erik Kjellström, och Stefan Montin. 2021. "Klimatförändringarnas inverkan på vattenkraften". Delrapport 2021:743. Klimatförändringarnas konsekvenser. Energiforsk. <https://energiforsk.se/program/klimatforandringarnas-konsekvenser-for-energisystemet/rapporter/klimatforandringarnas-inverkan-pa-vattenkraften-2021-743/>.
- Månberger, André, och Bengt Johansson. 2019. "The Geopolitics of Metals and Metalloids Used for the Renewable Energy Transition". *Energy Strategy Reviews* 26 (november): 100394. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100394>.
- Nationella expertrådet för klimatanpassning. 2022. "Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning". smhi. <https://klimatanpassningsradet.se/publikationer/forsta-rapporten-fran-nationella-expertradet-for-klimatanpassning-1.180035>.
- Naturvårdsverket. 2021. *Naturbaserade lösningar – ett verktyg för klimatanpassning och andra samhällsutmaningar*. Rapport 7016. Stockholm: Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7016-2.pdf>.
- Naturvårdsverket. 2022. "Klimatet och jordbruket". 2022. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-jordbruket/>.
- Naturvårdsverket. u.å. "En resurseffektiv cirkulär ekonomi är avgörande för att nå miljömålen". Åtkomstdatum 04 april 2023. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/fordjupad-utvardering-av-sveriges-miljomal-2023/en-resurseffektiv-cirkular-ekonomi-ar-avgorande-for-att-na-miljomalen/>.

- Naturvårdsverket, och Jordbruksverket. 2022. *Jordbrukssektorns klimatomställning*. 7060. Naturvårdsverket.
- Raman, Gururaghav, Gurupraanesh Raman, och Jimmy Chih-Hsien Peng. 2022. "Resilience of Urban Public Electric Vehicle Charging Infrastructure to Flooding". *Nature Communications* 13 (1): 3213. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30848-w>.
- Regeringen. 2017. *Nationell strategi för klimatanpassning*. https://www.regeringen.se/contentassets/8c1f4fe980ec4fcb8448251acde6bd08/171816300_webb.pdf.
- Regeringen. 2022. *Budgetproposition 2022/23:1*.
- Renström, Julia, John Johnsson, och Kjerstin Ludvig. 2021. "Kartläggning av kylamarknaden - tekniska och ekonomiska förutsättningar för att möta framtidens behov av kyla". Profu.
- Rogbeck, Yvonne, Anette Björlin, Ramona Kiilsgaard, Maria Kristensson, SGI Ann-Louise Elliot, Gunnar Westberg, och Robert Jonasson. 2022. "Kartläggning av roller och ansvar för ras- och skredfrågor i samhället".
- Rosa, Lorenzo, Daniel L. Sanchez, Giulia Realmonte, Dennis Baldocchi, och Paolo D'Odorico. 2021. "The Water Footprint of Carbon Capture and Storage Technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 138 (mars): 110511. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110511>.
- Sandin, Leonard, Serena Donadi, Kerstin Holmgren, Eddie Von Wachenfeldt, och Douglas Jones. 2020. "Sötvatten – förvaltning och restaurering med förändrat klimat". Slutrapport 6942. FRESHREST. Naturvårdsverket.
- SCB. 2023. "Statistik - Eltillförsel netto, GWh efter produktionsslag och månad". 09 februari 2023. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__EN__EN0108__EN0108A/EltillfM/table/tableViewLayout1/.
- Scherer, Laura, och Stephan Pfister. 2016. "Global Water Footprint Assessment of Hydropower". *Renewable Energy* 99 (december): 711–20. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.07.021>.
- Schimanke, Semjon, Magnus Joelsson, Sandra Andersson, Thomas Carlund, och Lennart Wern. 2022. "Observerad klimatförändring i Sverige 1860–2021". KLIMATOLOGI Nr 69.
- Schindler, Bracha Y., Lior Blank, Shay Levy, Gyongyver Kadas, David Pearlmutter, och Leon Blaustein. 2016. "Integration of Photovoltaic Panels and Green Roofs: Review and Predictions of Effects on Electricity Production and Plant Communities". *Israel Journal of Ecology and Evolution* 62 (1–2): 68–73. <https://doi.org/10.1080/15659801.2015.1048617>.
- Schwarzenegger, Arnold. 2005. "California's Water–Energy Relationship". *California, USA*.
- Schyns, Joep F., Martijn J. Booij, och Arjen Y. Hoekstra. 2017. "The Water Footprint of Wood for Lumber, Pulp, Paper, Fuel and Firewood". *Advances in Water Resources* 107 (september): 490–501. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.05.013>.
- Shouman, Enas R., M. H. Sorour, och A. G. Abulnour. 2015. "Economics of renewable energy for water desalination in developing countries". *Journal of Engineering Science and Technology Review* 5 (1): 1–5.
- Skogsstyrelsen. 2022. "Skogsbränsle, grott". Myndighetswebb. [skogsstyrelsen.se](https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/skogsbransle/). 18 augusti 2022.
- Sudhakar, Soumya, Vivienne Sze, och Sertac Karaman. 2023. "Data Centers on Wheels: Emissions From Computing Onboard Autonomous Vehicles". *IEEE Micro* 43 (1): 29–39. <https://doi.org/10.1109/MM.2022.3219803>.
- Tadeu, Sérgio, Carla Rodrigues, Pedro Marques, och Fausto Freire. 2022. "Eco-Efficiency to Support Selection of Energy Conservation Measures for Buildings: A Life-Cycle Approach". *Journal of Building Engineering* 61 (december): 105142. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105142>.

- Thompson, Andrew W., och Yannick Perez. 2020. "Vehicle-to-Everything (V2X) Energy Services, Value Streams, and Regulatory Policy Implications". *Energy Policy* 137 (februari): 111136. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111136>.
- Thorslund, Josefin, Jerker Jarsjo, Fernando Jaramillo, James W. Jawitz, Stefano Manzoni, Nandita B. Basu, Sergey R. Chalov, m.fl. 2017. "Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management". *Ecological Engineering, Ecological Engineering of Sustainable Landscapes*, 108 (november): 489–97. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.012>.
- Vattenfall AB. 2021. "HYBRIT är en osynlig revolution". Corporate webpage. www.vattenfall.se. 2021. <https://vattenfallsales-web-prd.azurewebsites.net/fokus/trender-och-innovation/hybrit-fossilfri-stalproduktion/>.
- Zamani, Bahareh, Gustav Sandin, och Greg M. Peters. 2017. "Life Cycle Assessment of Clothing Libraries: Can Collaborative Consumption Reduce the Environmental Impact of Fast Fashion?" *Journal of Cleaner Production* 162 (september): 1368–75. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.128>.