SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

SKRIVELSE
2022-02-25 Ärendenr:
NV-00191-21

# Utveckling av modeller och bedömningar av Sveriges klimatpolitik

Redovisning av regeringsuppdraget Modeller för effektbedömningar av regeringens samlade politik mot nettonollutsläpp (regleringsbrev 2021)

BESÖK: STOCKHOLM – VIRKESVÄGEN 2
ÖSTERSUND – FORSKARENS VÄG 5, HUS UB
POST: 106 48 STOCKHOLM
TEL: 010-698 10 00
FAX: 010-698 16 00
E-POST: REGISTRATOR@NATURVARDSVERKET.SE
INTERNET: WWW.NATURVARDSVERKET.SE

# Innehåll


**SAMMANFATTNING** **3**

**1. UPPDRAG OCH GENOMFÖRANDE** **5**
1.1 Uppdraget 5
1.2 Målsättningar och avgränsningar 5
1.3 Uppdragets genomförande 6

**2. MODELLERNA SOM ANVÄNDS I SVERIGE IDAG** **8**
2.1 Introduktion till olika typer av modeller för konsekvensanalyser 8
2.2 Allmänjämviktsmodellen EMEC 10
2.3 Energisystemmodellen TIMES 15
2.4 Andra sektorsmodeller 18
2.5 Modeller i framtagande av referensscenario för växthusgasutsläppen 20
2.6 Osäkerheter i sektorsmodeller 21

**3. EN UTBLICK – ANALYSMODELLER I ANDRA LÄNDER** **23**
3.1 Danmark 23
3.2 Norge 26
3.3 Storbritannien 28
3.4 Tyskland 30
3.5 EU-kommissionens modellramverk 32
3.6 E3ME - en makroekonometrisk simuleringsmodell 35
3.7 En översikt över EMEC och jämförbara modeller i andra länder 37

**4. ANALYS OCH SLUTSATSER** **40**
4.1 Tidigare slutsatser och rekommendationer från uppdrag och rapporter 40
4.2 Svårt för mottagaren att tolka och väga samman resultat från analysmodeller 43
4.3 Svårt att modellera stora förändringar i flera sektorer av samhället 44
4.4 Sektorsövergripande analysarbete kräver utökat samarbete 46
4.5 Resurser för höjda ambitioner i analysarbetet 48

**5. NATURVÅRDSVERKETS REKOMMENDATIONER** **51**

**6. KÄLLFÖRTECKNING** **53**

**BILAGA A: INTERVJUER** **58**

**BILAGA B: JÄMFÖRELSE AV UTSLÄPPSMINSKNINGSMÖJLIGHETER I SEKTORSÖVERGRIPANDE MODELLER** **60**

# Sammanfattning

Naturvårdsverket har haft i uppdrag att kartlägga och utvärdera relevanta sektorsövergripande analysmodeller som kan visa samhällsekonomiska konsekvenser av klimatpolitik och att föreslå hur befintliga modeller i Sverige kan utvecklas och hur nya modeller kan tas fram. Vår redovisning av detta uppdrag utgör ett uppdaterat och kompletterande underlag som också bekräftar flera av de slutsatser som Naturvårdsverket redovisade år 2015 i regeringsuppdraget Styrmedel inom klimat- och energiområdet.[1]

Modellerna EMEC och TIMES Nordic är verktyg för att ta fram underlag till konsekvensanalyser av styrmedel och åtgärder för att nå Sveriges klimatmål. Dessa modeller står sig tekniskt sett väl i jämförelse med modeller som används för liknande syften i andra länder. Men vi ser möjligheter för Sverige att bredda modellerna och i vissa fall länka samman modeller. Vi anser att inspiration och lärdomar kan hämtas från den modellutveckling som sker i våra grannländer, till exempel i Danmark. Men vi bedömer sammantaget att det behövs mer än bara modellutveckling. Naturvårdsverkets samlade bedömning är att det behövs ett mer genomgripande arbete med både kvantitativa och kvalitativa analyser i samarbete mellan berörda myndigheter, för att bistå regeringen med ett mångsidigt och ändamålsenligt underlag till effektbedömningar av regeringens samlade politik mot nettonollutsläpp.

Naturvårdsverket rekommenderar därför att regeringen ger berörda statliga myndigheter i uppdrag att samarbeta långsiktigt i en ”analysfunktion”. Där bör myndigheterna bidra med sina kompetenser med syfte att åstadkomma ett långsiktigt och djupare samarbete som mynnar ut i mer användbara analyser och underlag. Målsättningen för ”analysfunktionen” bör vara att utveckla gemensamt analysarbete, arbetsformer och analysmetoder för att åstadkomma underlag och bedömningar av samhällsekonomiska konsekvenser som efterfrågas av regeringen, det statliga utredningsväsendet och statliga myndigheter. ”Analysfunktionen” skulle kunna bistå med:

- Sammanvägda och sektorsövergripande samhällsekonomiska bedömningar av nationell och EU-relaterad klimatpolitik
- Kvalitativa analyser av relevanta områden och aspekter som modeller har svårt att fånga inför val av styrmedel som gör att uppsatta klimatmål kan nås i tid
- Kvalificerade rimlighetsbedömningar och tolkningar av modellresultat

[1] Naturvårdsverket (2015). Utveckling av arbetet med modellering, scenarier och styrmedelsutvärdering i klimat- och energipolitiken. Redovisning av regeringsuppdraget Styrmedel inom klimat- och energiområdet. Ärendenummer NV-00322-15.

För att stärka analysarbetet enligt ovan ser vi också behov av att utveckla sektors- och makroekonomiska modeller för att kunna göra bredare och djupare samhällsekonomiska konsekvensanalyser av hela den svenska klimatpolitiken. Det bör i så fall inriktas på att till exempel utveckla förmågan att analysera hur olika samhällssektorer såsom industrin och jord- och skogsbrukssektorn interagerar i klimatomställningen, hur teknisk utveckling kan modelleras, påverkan på och av den finansiella sektorn och andra faktorer. Vi ser även möjligheter till att utveckla och fördjupa samarbetet med svenska universitet och forskningsinstitutioner i fråga om utveckling och användning av sektors- och makromodeller för konsekvensanalyser av klimatpolitiken. Det bör också undersökas hur samarbeten med myndigheter eller organisationer i våra nordiska grannländer kan utvecklas på detta område.

Naturvårdsverket avstår från att redovisa några specifika rekommendationer om vilka budgetmässiga förutsättningar som kan komma att behövas för att genomföra en ambitionshöjning enligt ovan. Vi vill samtidigt peka på att denna typ av arbete med och kring analysmodeller kräver stabila och långsiktiga förutsättningar, både vad gäller uppdrag och finansiering. Naturvårdsverket bedömer att arbetet med sammanvägda analyser och effektbedömningar av klimatstyrmedel behöver förstärkas, för att myndigheterna tillsammans ska kunna bidra till ett mångsidigt och ändamålsenligt underlag till regeringens samlade politik mot nettonollutsläpp.

# 1. Uppdrag och genomförande

## 1.1 Uppdraget

Naturvårdsverkets fick i regleringsbrevet för 2021 följande uppdrag:

» ***Modeller för effektbedömningar av regeringens samlade politik mot nettonollutsläpp***
*Naturvårdsverket ska kartlägga och utvärdera relevanta sektorsövergripande analysmodeller, inklusive samhällsekonomiska modeller, som finns i Sverige och utomlands och som kan visa samhällsekonomiska konsekvenser av en snabb klimatomställning mot nettonollutsläpp i Sverige. Myndigheten ska också föreslå hur befintliga modeller i Sverige ska kunna utvecklas och hur nya modeller skulle kunna tas fram för att kunna bidra till ett mångsidigt och ändamålsenligt underlag till effektbedömningar av regeringens samlade politik mot nettonollutsläpp. Naturvårdsverket ska i detta arbete inhämta information och synpunkter från Konjunkturinstitutet, Statens energimyndighet och Klimatpolitiska rådet samt andra relevanta myndigheter och aktörer. Uppdraget ska redovisas till regeringen (Miljödepartementet) senast den 28 februari 2022.*

## 1.2 Målsättningar och avgränsningar

Uppdraget angränsar till det parallellt pågående regeringsuppdraget Analyser och vägledning om klimateffektbedömningar och beräkningar som har delredovisats[2] i juni 2021 och ska slutredovisas senast den 31 december 2022. Uppdraget om klimateffektbedömningar har fokus på hur olika styrmedel och åtgärder påverkar utsläppen av växthusgaser och bidrar till klimatomställningen, vilket inte behandlas i denna redovisning. Vissa av de analysmodeller som har undersökt inom uppdraget är dock relevanta även i uppdraget om klimateffektbedömningar.

Uppdraget utgår, som vi förstår det, från att de underlag som idag tillhandahålls för att analysera samhällsekonomiska konsekvenser av klimatpolitiken i Sverige inte är tillräckligt ändamålsenliga och därför inte uppfyller regeringens behov. Fokus ligger på modeller som kan användas för att beräkna och bedöma samhällsekonomiska konsekvenser. I uppdraget nämns ”samhällsekonomiska modeller”, vilket vi har tolkat som att det främst, men inte uteslutande, avser modeller som i någon del bygger på nationalekonomisk teori och omfattar hela eller större delar av samhällsekonomin. Där ingår allmänjämviktsmodeller, partiella jämviktsmodeller (som också brukar kallas för sektorsmodeller) samt ekonometriska modeller.

[2] Naturvårdsverket (2021). Analyser och vägledning om klimateffektbedömningar och beräkningar. Delredovisning av Naturvårdsverkets, Energimyndighetens, Konjunkturinstitutets och Trafikverkets gemensamma regeringsuppdrag. Ärendenummer NV-00189-21.

Vi har utgått från att analysmodeller i sig står i fokus för uppdraget och att regeringen vill ha en rad olika modeller till hands för att stärka myndigheternas analysarbete och ge regeringen mer ändamålsenliga underlag. Utveckling och användning av modeller som kan användas för analyser av samhällsekonomiska konsekvenser kräver emellertid både kunskaper, om hur man i praktiken bygger modeller, och analyskompetens för att kunna tolka resultat och göra dem användbara i en politisk kontext. Vi har därför undersökt hur själva arbetet med analysmodeller skulle kunna utvecklas i Sverige, det vill säga även sett till

- hur resultat från analysmodeller kan kompletteras med andra typer av analyser och bedömningar,
- hur bedömningar och resultat från analysmodeller kan göras mer användbara,
- hur organisation och ansvarsfördelning fungerar och
- hur kunskap och kompetens byggs upp kring utveckling och användning av analysmodeller.

I uppdraget ligger att Naturvårdsverket även ska kartlägga och utvärdera analysmodeller som används i andra länder. Vi har inriktat denna kartläggning i första hand på länder inom Norden som kan sägas ha liknande förutsättningar och behov som Sverige i fråga om analysmodeller. Vi har därtill undersökt ett urval av analysmodeller i andra länder i Europa, utifrån den kunskap som samlats under genomförandet av uppdraget. Vi har valt att inte göra någon komplett lista och beskrivning av vilka analysmodeller som används i andra länder, då vi bedömer att denna typ av information inte skulle svara mot de behov som ligger bakom regeringsuppdraget. Som vi förklarat ovan har även denna del av vår undersökning omfattat frågor inte bara om analysmodeller i sig, utan även andra aspekter så som hur modeller används och hur arbetet organiseras.

Utifrån våra avgränsningar enligt ovan har vi inte undersökt specifika sektorsmodeller närmare i Sverige. Denna redovisning omfattar inte utvärdering eller bedömningar av utvecklingsbehov i enskilda sektorsmodeller. Till exempel behandlar vi inte sektorsmodeller för transportsektorn i redovisningen. Trafiken bidrar i hög grad till svenska utsläpp av växthusgaser, men eventuella behov av modellutveckling eller liknande för denna sektor har inte rymts inom ramen för detta uppdrag.

## 1.3 Uppdragets genomförande

Naturvårdsverket har tillämpat en utvärderande intervju- och dialogmetod under genomförandet av uppdraget. Syftet med denna metod har varit att få en djupare förståelse för de olika intressenternas behov och perspektiv och samtidigt inhämta information och kunskap.

Naturvårdsverket har genomfört intervjuer med ett urval av handläggare på Miljödepartementet och Finansdepartementet, med syfte att fördjupa vår förståelse för vilka problem och behov som ligger bakom regeringsuppdraget. Vi har genom möten och intervjuer[3] inhämtat information och synpunkter från Konjunkturinstitutet, Statens energimyndighet, Trafikanalys och Klimatpolitiska rådet. Konjunkturinstitutet har därtill bidragit med (för syftet anpassade) texter till underlag för beskrivning av EMEC-modellen.[4] Intervjuer har också gjorts med en medarbetare hos konsultbolaget Profu, i fråga om energisystemmodellen TIMES-Nordic som Profu arbetar med på uppdrag av bland annat Energimyndigheten. Vi har även inhämtat information från Jordbruksverket och Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i fråga om sektorsmodeller för jord- och skogsbruk.

Naturvårdsverkets kartläggning och utvärdering av analysmodeller i andra länder har gjorts i första hand genom skrivbordsstudier. Vi har därtill genomfört intervjuer och möten med personer och organisationer i Danmark, Norge och Storbritannien.

Uppdraget har genomförts i form av ett projekt inom Naturvårdsverket. I projektgruppen har ingått Johan Brolund, Dag Henning, Max Jonsson, Miriam Munnich Vass samt Dag Lestander (projektledare).

Beslut om denna redovisning har fattats av generaldirektören Björn Risinger den 25 februari 2022 (NV-00191-21).

[3] Se bilaga A med lista på intervjudeltagare och vilken typ av frågor som vi har använt.

[4] Se avsnitt 2.2

# 2. Modellerna som används i Sverige idag

## 2.1 Introduktion till olika typer av modeller för konsekvensanalyser

Analysmodeller som på olika sätt kan användas för att analysera och bedöma samhällsekonomiska konsekvenser av klimatpolitik kan förenklat delas in i två grupper. Det handlar främst om modeller som antingen är inriktade på att göra samhällsekonomiska analyser på makronivå över ekonomin som helhet, eller mer tekniska systemanalyser för olika samhällssektorer (till exempel energisystemmodellen TIMES som vi beskriver i avsnitt 2.3).

Samhällsekonomiska analysmodeller kan sägas omfatta främst allmänjämviktsmodeller[5] och partiella jämviktsmodeller. I dessa modelleras jämvikter mellan utbud och efterfrågan i hela eller delar av ekonomin. Därutöver finns tidsserieekonometriska modeller som har som utgångspunkt att nyttja historiska data och göra framskrivningar utifrån hur relevant ekonomisk aktivitet har utvecklats tidigare. Mikroekonometriska modeller kan användas bland annat för att söka orsakssamband och (ex-post) utvärdera ett visst givet styrmedel.

En allmän jämviktsmodell kan visa hur klimatpolitik påverkar olika samhällssektorer och branscher över tid. Allmänjämviktsmodeller kan på en övergripande nivå, som omfattar hela eller stora delar av samhällsekonomin, användas för att belysa frågor som hur Sverige kan nå uppsatta klimatmål till en så låg kostnad som möjligt. Analysen baseras på en rad antaganden kring den generella politiken och den ekonomiska och tekniska utvecklingen i samhället. Ofta kan en allmän jämviktsmodell också ge insikter om hur olika grupper i samhället berörs av politiken.

Om man vill analysera hur ekonomin som helhet reagerar på att nya styrmedel eller åtgärder införs på klimatområdet, även innefattat interaktionseffekter mellan olika marknader och sektorer, talar det för att använda en allmän jämviktsmodell istället för detaljerade sektorsmodeller.

[5] Vanliga typer av allmänjämviktsmodeller är CGE-modeller (från engelskans Computable General Equilibrium), DSGE-modeller (Dynamic stochastic general equilibrium) eller klimatekonomiska modeller som t.ex. DICE och RICE vilka också räknar med samhällskostnaden för de ingående miljöskadorna i analysen. Den enda DSGE-modell som används till klimatpolitiska analyser är såvitt vi erfarit MEMO, vilken tagits fram i Polen och använts till konsekvensanalyser i Polen, Chile samt av Världsbanken. DICE och RICE är i huvudsak modeller för globala analyser.

Allmänjämviktsmodeller kan visa:

- Totala effekter på övergripande nationell (eller internationell) nivå av en förändring i en policy eller andra omvärldsförutsättningar som till exempel råoljepriser
- Negativ eller positiv påverkan på olika marknader vilket ger indikationer om utveckling för sysselsättning och tillväxt inom olika sektorer
- Kostnadseffektivitet[6] för olika styrmedel vid ett visst utsläppsmål (givet de antaganden som finns med i modelleringen)
- Fördelningseffekter – till viss del genom att dela upp beräknade effekter på olika hushållstyper

Allmänjämviktsmodeller är aggregerade och ger inte mycket detaljkunskaper om en specifik sektor eller bransch. Dessa modeller kan därför kompletteras med partiella jämviktsmodeller som kan ge mer detaljerade insikter om vad som händer i respektive sektor när villkor eller förutsättningar ändras till exempel som en följd av klimat- och miljöpolitiska beslut. De partiella jämviktsmodellerna är sektorsmodeller som, genom att efterlikna marknadens funktionssätt, finner en specifik jämvikt mellan utbud och efterfrågan för ett specifikt år, givet en rad restriktioner. Det är framförallt priser på de insatsvaror och slutprodukter som används och levereras inom den aktuella sektorn som styr efterfrågan på resurser i en modell.

Både allmänna och partiella jämviktsmodeller syftar till att åskådliggöra hur ekonomins aktörer hittar balans mellan utbud och efterfrågan, givet antaganden om hur deras preferenser ser ut och att de agerar för att optimera sin egen nytta. Denna balans beräknas i varje tidpunkt och förhåller sig samtidigt till de restriktioner som har ställts upp för beräkningen. Ett exempel på en restriktion kan vara att klimatmålet måste uppnås vid en given tidpunkt.

Partiella jämviktsmodeller finns exempelvis för hela eller delar av energisystemet (industri, transporter, byggnader, el- och värmeproduktion), så kallade energisystemmodeller. Energisystemmodeller beaktar hur mycket energi det behövs i olika sektorer vid olika tidpunkter och beräknar med vilka tekniker och energislag som energibehoven tillgodoses på bästa sätt. Den styrmedelsmix som är angiven i modellen påverkar energipriserna och klimatstyrmedel kan göra att fossila bränslen blir dyrare än förnybara. Det finns även andra typer av modeller som används för att uppskatta hur växthusgasutsläppen kommer att utvecklas.

[6] Med kostnadseffektivitet menas här kostnader per mängd minskade utsläpp, alltså det handlingsalternativ som kan ge en viss utsläppsminskning till lägst kostnad.

För mer utförliga förklaringar av olika modellansatser och typer av modeller, se till exempel avsnitt 3.2 i Naturvårdsverkets redovisning av regeringsuppdraget Styrmedel inom klimat- och energiområdet.[7]

## 2.2 Allmänjämviktsmodellen EMEC

Konjunkturinstitutet förvaltar den miljöekonomiska allmänjämviktsmodellen (CGE-modellen) EMEC.[8] Modellen har nyttjats för analyser i ett stort antal utredningar och vetenskapliga rapporter sedan början av 1990-talet.[9] Modellutveckling har skett löpande under åren, och den nuvarande modellversion skiljer sig i väsentliga delar från den ursprungliga versionen. Det teoretiska ramverket som ligger till grund för modellen är dock till stora delar detsamma. EMEC har samma grundläggande egenskaper som många andra CGE-modeller som används runtom i världen idag. Exempel på modeller med liknande egenskaper är EU-kommissionens GEM-E3[10], MIT:s EPPA och Norges SNOW-modell.[11]

### 2.2.1 Övergripande om EMEC

EMEC utgår från de svenska nationalräkenskaperna. Dessa räkenskaper kopplas samman med miljöräkenskaperna för att kunna ”spåra” ekonomiska aktiviteters betydelse för olika utsläpp. Ett särskilt fokus läggs på hur olika energibärare produceras och konsumeras och hur detta ger upphov till olika typer av utsläpp.[12] Modellen fångar samspelet mellan olika delar i ekonomin och de resultat som redovisas stämmer överens med dels nationalekonomisk allmänjämviktsteori[13], dels de svenska national- och miljöräkenskaperna. EMEC, i likhet med andra CGE-modeller, lämpar sig för att studera effekter på strukturomvandlingen och ekonomisk tillväxt vid viktiga omvärlds- eller policyförändringar.

[7] Naturvårdsverket (2015). Utveckling av arbetet med modellering, scenarier och styrmedelsutvärdering i klimat- och energipolitiken. Redovisning av regeringsuppdraget Styrmedel inom klimat- och energiområdet.

[8] Environmental Medium-term EConomic model

[9] EMEC används regelbundet till att skapa scenarier till de långtidsutredningar som görs ungefär vart femte år, se exempelvis kapitel 5 i SOU 2019:61. EMEC har använts i ett antal vetenskapliga publikationer, exempelvis Berg (2007); Broberg, Berg och Samakovlis (2015) samt Krook-Riekkola m.fl. (2017b).

[10] General Equilibrium Model for Economy – Energy – Environment. Se närmare beskrivning i avsnitt 3.5.

[11] Se närmare beskrivning i avsnitt 3.2.1

[12] Modellen beräknar de fysiska utsläppen av tre olika typer av växthusgaser och sex olika lokala luftföroreningar.

[13] Det vill säga att utbud motsvarar efterfrågan för alla varor, tjänster och produktionsfaktorer samt ekonomisk nollvinst och inkomstbalans i alla ekonomiska aktiviteter. Nollvinst är ett begrepp inom mikroteori som beskriver det resultat där företagens lägsta avkastningskrav på kapital är tillgodosett. Det innebär *inte* att företagen går plus minus noll med avseende på bokfört resultat. Lägsta avkastningskrav bestäms i sin tur av alternativkostnaden för samma kapital.

Grunden i modellen utgörs av ekonomiska aktörer som interagerar med varandra genom att efterfråga och bjuda ut varor och tjänster på marknaden. Aktörerna i fråga är företag, olika hushållstyper och den offentliga sektorn.

Modellen innehåller representativa företag i 34 näringslivsbranscher, klassificerade utifrån SNI-koder. Företagen använder arbetskraft, kapital och intermediära[14] varor och tjänster för att producera varor eller tjänster. Produkterna används som insatsvaror i andra branscher, för slutlig konsumtion (privat eller offentlig, i Sverige eller i utlandet), eller för kapitalbildning.

Varor och tjänster för intermediär och slutlig konsumtion består även till viss del av import. Sverige antas vara en liten öppen ekonomi som inte kan påverka världsmarknadspriserna. De svenska företagen vinstmaximerar och tar priserna för givna, vilket tillsammans med ett antagande om konstant skalavkastning[15] i produktionen innebär att företagen inte gör några övervinster.

Modellen innehåller sex hushållstyper som definieras utifrån inkomstnivå och typ av bostadsort (glesbygd, tätort eller storstad). Hushållen får inkomst från arbete och via kapital, samt erhåller transfereringar från den offentliga sektorn.

Hushållen sparar (investerar) en viss andel av sin inkomst och använder resten till att efterfråga varor och tjänster. De använder också sin tid till att ”konsumera” fritid, det vill säga arbetsutbudet är på så sätt endogent[16] i modellen. I enlighet med nationalekonomisk teori väljer hushållen den konsumtion som maximerar nyttan[17] givet inkomst och rådande priser. Deras konsumtionsval är statiskt i den meningen att de endast tar hänsyn till information från innevarande tidsperiod.

Den offentliga sektorn finns representerad både som producent och som konsument. Den producerande delen producerar varor och tjänster på motsvarande sätt som det privata näringslivet. På konsumtions-/utgiftssidan använder den offentliga sektorn sina inkomster, främst skatteintäkter, till offentlig konsumtion och transfereringar.

Varje aktör i ekonomin löser sitt (statiska) optimeringsproblem vid varje tidpunkt för vilken modellen löses. En lösning i modellen innebär att alla marknader klarerar, och att produktionsnivåerna, relativpriserna[18] och inkomstnivåerna utgör en statisk jämvikt. Modellresultaten ger aktivitetsnivån i alla branscher och för alla konsumenter under ett givet år. Det går därmed att se hur stor produktionen är på

[14] Med intermediära varor, eller insatsvaror, avses varor som använd som insats för produktion av andra varor.

[15] Med konstant skalavkastning menas att en fördubbling av mängden insatsfaktorer leder till en fördubbling av produktionen.

[16] Med endogent menas att variabeln, i detta fall arbetsutbud, uppstår inom ett system som en funktion av systemet och därmed beräknas av modellen.

[17] Med nytta avses för hushållens del, enligt nämnda teori, att konsumera varor och tjänster samt fritid.

[18] Med relativpris menas prisförhållandet, dvs. priset på en vara eller tjänst i förhållande till priset på andra varor eller tjänster.

branschnivå, vilka insatsvaror/-faktorer[19] som används, export och import på varunivå, relativpriser för alla varor/produktionsfaktorer, samt privat och offentlig konsumtion. Eftersom modellen innehåller utsläppskoefficienter kopplade till insatsvaror, konsumtion samt aktivitetsnivå ger modellen även utsläppsnivåer på bransch- och konsumentnivå.

### 2.2.2 Kalibrering, tidsperspektiv och dynamik

Utifrån nationalräkenskapsdata och antaganden om funktionsform samt elasticiteter kan EMEC:s produktion- och nyttofunktioner specificeras. Modellen kalibreras så att den överensstämmer med SCB:s national- och miljöräkenskaper för ett visst basår. Med grund i detta basår beräknas ett bas- eller referensscenario så att den framtida ekonomiska utvecklingen som modellen ger överensstämmer med en trolig utveckling, till exempel baserad på Konjunkturinstitutets långsiktiga makroekonomiska scenarier, med en tidshorisont på ca 15–30 år. I konstruktionen av referensscenariot tas bland annat hänsyn till aktuella råvaruprisprognoser och befintliga samt beslutade styrmedel.

Modellen är en så kallad rekursiv-dynamisk modell vilket innebär att ekonomin ”stegas fram i tiden” mellan jämviktslägen.[20] I varje tidpunkt väljer ekonomins aktörer optimal produktion och konsumtion givet förutsättningarna i den aktuella tidpunkten, det vill säga de är inte framåtblickande.[21] Ekonomisk tillväxt i modellen drivs av att arbetskraften växer, till följd av befolkningstillväxt, samt av att arbetsproduktiviteten i näringslivet ökar. I takt med att ekonomin växer ökar också investeringarna i fysiskt kapital. Detta gör att kapitalstocken växer, vilket förstärker den ekonomiska tillväxten.

Vid simulering av exogena[22] chocker (till exempel förändringar i världsmarknadspriser) eller olika policyförändringar (till exempel skattehöjningar) läggs dessa förändringar in i modellen. Nya jämviktslägen beräknas därefter och resultaten relateras till referensscenariot.

[19] Med insatsvaror menas varor som används och förbrukas i tillverkning av andra varor eller i produktion av tjänster. Med insatsfaktorer, eller produktionsfaktorer, menas till exempel arbetskraft och kapital.

[20] Med rekursiv-dynamisk menas att modellen räknar fram en jämviktslösning för en period och därefter används denna framräknade lösning som ingångsvärden i beräkning av en ny jämvikt i nästkommande period. Längden på perioderna brukar vara ett år i CGE-modeller som EMEC, bl.a. eftersom de ingående nationalräkenskaperna har den tidsupplösningen. Modelleringsresultaten brukar dock redovisas endast för slutåret, eller i vissa fall för 5-årsperioder.

[21] Ekonomins aktörer kan inte förutse och förhålla sig till förutsättningar bortom den aktuella tidpunkten i varje rekursivt steg, detta brukar benämnas att de är *myopiska*. Modellen visar inte heller själva processen när ekonomin ”flyttas” mellan två jämviktslägen.

[22] Med exogen menas motsatsen till endogen, dvs. något som bestäms externt och kommer utifrån till ett system, vilket i detta fall är utanför det som modelleras i EMEC.

### 2.2.3 Modellutveckling under senare år

En av de större förändringarna i EMEC under senare år är att modellen programmerats om så att den kan innehålla produktionsteknologier som är, eller blir, inaktiva. I tidigare versioner av EMEC åstadkoms teknikskiften till stor del genom kontinuerliga justeringar av befintliga teknologier. I den nuvarande versionen kan bland annat större teknikskiften, där en viss produktionsteknologi ersätts av en annan, simuleras på ett mer realistiskt sätt, och utan att modellen får beräkningstekniska problem att hitta en lösning. Det innebär också att större utsläppsminskningar, till exempel genom mer omfattande ”tekniksprång”, nu kan simuleras.

Modellen har även utvecklats med en förbättrad representation avseende vägtransportsektorn där utsläppsreduktioner tidigare främst kunde uppnås genom minskad bränsleförbrukning i fordonen eller genom trafikminskningar. Bilparken modelleras nu i ett antal biltyper och generationsuppsättningar samt explicit modellerade biodrivmedel vilket innebär att utsläppsminskningar nu kan uppnås genom endogena bränslebyten. Detta har möjliggjort att styrmedel som bonus-malus och reduktionsplikten nu finns representerade i modellen.

### 2.2.4 Hur kan EMEC användas i analyser av klimatpolitik?

EMEC, i likhet med andra landspecifika CGE-modeller, kan främst användas för att analysera effekter av icke-marginella politik- eller omvärldsförändringar. Modelltypen är speciellt användbar för analys av åtgärder m.m. som kan förväntas påverka eller få återverkningar i stora delar av ekonomin, till exempel större klimat- eller energipolitiska åtgärder.[23]

En central egenskap är att modellen ger resultat som stämmer överens med nationalekonomisk teori. De grundläggande marknadsvillkoren är uppfyllda för samtliga marknader, interaktion mellan olika marknader och priseffekter tydliggörs samt välfärdseffekter kan beräknas på ett teoretiskt korrekt sätt. Det går därmed att jämföra och rangordna olika policyalternativ, till exempel utifrån den lägsta välfärdskostnaden för att nå ett visst utsläppsmål. Det är främst rangordningen av policyalternativ som EMEC kan åskådliggöra, och vilka de centrala mekanismerna, målkonflikterna och avvägningarna är. Modellen kan analysera strukturomvandling och till viss del även fördelningseffekter mellan modellens olika hushållstyper.

EMEC har samtidigt begränsningar som gör att modellen inte passar för alla typer av analyser och att analyserna vinner på att kompletteras med andra modellberäkningar. En ”enlandsmodell” som EMEC lämpar sig till exempel inte för att analysera styrmedel som påverkar internationell handel. För dessa analyser är det en fördel om modellen kompletteras med analyser gjorda med

[23] I EMEC finns många av de relevanta styrmedlen explicit representerade, till exempel koldioxid- och energiskatter, EU ETS, bonus malus-systemet och reduktionsplikten.

”flerlandsmodeller”. Ett annat exempel är frågeställningar av intertemporal[24] dynamisk karaktär där till exempel hushållens sparbeteende analyseras utifrån förväntningar om framtida politikförändringar. Denna typ av frågeställningar analyseras bättre med en fullt dynamisk modell där framåtblickande hushåll som optimerar sitt konsumtionsval även beaktar framtida konsumtionsmöjligheter.

Ett tredje exempel är analyser av styrmedel riktade mot specifika marknader med försumbara återverkningar i övriga ekonomin. I dessa fall kan partiella jämviktsmodeller av den specifika marknaden vara att föredra då en CGE-modell blir onödigt komplicerad och ”otymplig” samtidigt som marknadsspecifika detaljer lättare kan modelleras i den partiella modellen. Ett fjärde exempel är att det kan vara problematiskt att representera tekniska detaljer inom energiproduktion i modellen vilket i vissa fall kan vara av stor betydelse för analysen. I dessa fall kan analyser med energisystemmodeller vara värdefulla komplement.

En möjlighet att förbättra analyserna i det sista exemplet är att explicit koppla samman CGE-modellen med en energisystemmodell (eller annan sektorsmodell) i en hybridmodell. Vid så kallad hårdlänkning byggs två modeller ihop till en modell som beräknar ett gemensamt resultat[25]. Ett annat alternativ är att mjuklänka modellerna vilket innebär att modellerna körs omväxlande i en iterativ process där vissa resultat från den ena modellen används som indata i den andra och tvärtom tills viktiga parametrar, som exempelvis priser och mängder, får ungefär samma värde i båda modellernas resultat. EMEC har i en tidigare version mjuklänkats med en TIMES-baserad modell (se avsnitt 2.3.2).

En annan relevant fråga är huruvida (och hur mycket) styrmedel och miljöregleringar också förändrar den tekniska utvecklingstakten och riktningen på denna. Att modellera detta på ett trovärdigt sätt är svårt, inte minst eftersom effektsambanden är osäkra. EMEC beaktar inte denna typ av endogen teknisk utveckling i dagsläget. Teknisk utveckling representeras främst med parametrar som bestäms exogent. Exempelvis antas (exogent) att drivmedelsprestandan för vägtrafikfordon förbättras så att mindre drivmedel går åt till att köra samma sträcka.[26] Det är möjligt att vidareutveckla EMEC med endogen teknisk utveckling men en sådan modellutveckling ger inte nödvändigtvis mer trovärdiga resultat då storleksordningen av en del samband är högst osäkra. Det finns till exempel få empiriska skattningar av vilken betydelse ökade forskningsutgifter i en given sektor har på tekniskspridningen till andra sektorer.

[24] Med intertemporal menas förhållandet mellan dåtid, nutid och framtida händelser eller villkor.

[25] Krook-Riekkola m.fl. (2017b).

[26] Detta är ett antagande om en autonom teknisk utveckling som är politik- och prisoberoende. I modellen kan dock den genomsnittliga drivmedelsprestandan även påverkas vid prisförändringar, till exempel genom att hushållen väljer mer bränslesnåla bilar vid höjda bränslepriser.

## 2.3 Energisystemmodellen TIMES

Energisystemmodellen TIMES är utvecklad inom Internationella energibyrån IEA:s Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP).[27] Modellen kan användas till att beräkna hur flera olika energibehov tillgodoses till lägsta möjliga kostnad främst genom energitillförsel med hjälp av olika energislag och anläggningar men det går även att ta med möjligheter till energieffektivisering. Beräkningarna görs oftast på lång sikt och bör därför omfatta flera scenarier med olika antaganden om framtida förhållanden gällande till exempel efterfrågan på energi och kostnader. Det finns TIMES-modeller för många olika geografiska områden i världen och i detta avsnitt tas några versioner upp som berör Sverige.

### 2.3.1 TIMES-Nordic

TIMES-Nordic är en partiell jämviktsmodell som används för att analysera energisystemet och beräkna energitillförseln, främst för el och värme. Modellen används framförallt för att ta fram hur energibehoven täcks i scenarier med olika förutsättningar. TIMES-Nordic utvecklas och körs av konsultbolaget Profu men Energimyndigheten beställer eller upphandlar regelbundet modellkörningar med TIMES-Nordic vilket även Naturvårdsverket gör med jämna mellanrum. Profu har flera gånger använt TIMES-Nordic och dess föregångare MARKAL-modellen för att på Naturvårdsverkets uppdrag beräkna hur energisystemet skulle ha utvecklats om inga styrmedel hade förändrats efter 1990.

TIMES-Nordic omfattar det stationära energisystemet, det vill säga energianvändningen i industrier, bostäder och lokaler samt el- och fjärrvärmeproduktionen. Nyligen har även transportsektorn lagts till men den ingår inte i modellberäkningarna för Energimyndighetens senaste scenarier[28]. Grunderna i TIMES-Nordic är beskrivna i Naturvårdsverkets tidigare regeringsuppdrag.[29]

TIMES-Nordic är en bottom-up modell[30] som innehåller en detaljerad beskrivning av anläggningar och energiflöden i energisystemet, exempelvis kraftverk och bränslen. Modellen innehåller många indata om bland annat energipriser, tillgången på avfall och energibehov hos till exempel elbilar samt investeringskostnader och andra egenskaper för potentiella nya anläggningar såsom kraftvärmeverk. Det är viktigt att ta med alla tänkbara energislag och anläggningar eftersom de kan bli en del av den bästa lösningen tack vare exempelvis något nytt styrmedel. För inhemskt biobränsle finns antagna bränslemängder med olika priser, vilket beskriver en utbudskurva, medan biobränsleimporten är obegränsad. Många indata bygger på antaganden om framtida förhållanden. Viktiga parametrar är

[27] Energy Technology Systems Analysis Program (2022). Technology Collaboration Programme. https://iea-etsap.org [2022-01-31]

[28] Energimyndigheten (2021). Scenarier över Sveriges energisystem 2020, ER 2021:6.

[29] Naturvårdsverket (2015).

[30] Med bottom-up modell menas att den beskriver system på detaljerad nivå och hur dessa länkas samman till en helhet.

bland annat kostnaderna för olika elproduktionstekniker såsom vindkraft och kärnkraft.

Energieffektiviseringsåtgärder kan vidtas i byggnader, vilket i så fall minskar behovet av energitillförsel till den sektorn. Om energieffektivisering ger en lägre kostnad än oförändrad energianvändning minskar efterfrågan på det använda energislaget men nyttan av energianvändningen är oförändrad. Energieffektiviseringsalternativet finns dock inte med för alla energibehov, vilket skulle kunna göra att modellresultat visar onödigt höga kostnader och utsläpp.

Industrin är bara mycket översiktligt beskriven i modellen, vilket bland annat gör att de skattenedsättningar som finns för vissa industrier inte är med. De styrmedel som modellen lämpar sig bäst för att spegla är kostnader och intäkter som är relaterade till energimängder såsom koldioxidskatt, utsläppsrätter och elcertifikat. Generella investeringsbidrag, som till solel, har tidigare ingått i modellen medan punktvisa stöd som Klimatklivet inte ingår. Energimyndighetens senaste scenarier innehåller bland annat olika antaganden om prisutvecklingen för fossila bränslen och utsläppsrätter[31]. Genom att jämföra olika beräkningsfall kan man bedöma påverkan av förändrade energikostnader eller styrmedel.

Det som är specifikt för Norden i modellen utgörs i första hand av el- och fjärrvärmeproduktionen i Norge, Danmark och Finland samt i förenklad form även i Tyskland, Polen och Baltikum medan skatter och biobränsleresurser i andra länder saknas eller är ofullständigt beskrivna. För elproduktionen i Tyskland finns ett krav om att en viss andel ska vara förnybar.

I modellen är ett år indelat i tolv tidsperioder, främst för att spegla variationer i energibehov mellan fyra årstider samt mellan dag, eftermiddag och natt under varje årstid[32]. Inom varje sådan tidsperiod är alla förhållanden konstanta. På lång sikt består modellen av ett antal femårsperioder. Vissa indataparametrar, såsom energibehov och elpriser, kan variera mellan tidsperioderna på kort och lång sikt.

Växthusgasutsläppen som ges av ett modellresultat beror på hur stora utsläpp som orsakas av de energislag som till lägst kostnad täcker energibehoven vid antagna kostnader och styrmedel. TIMES brukar inte användas för att beräkna scenarier som uppfyller klimatmålen. Det går att begränsa hur mycket koldioxid som får släppas ut i modellen men Naturvårdsverket har inte sett exempel på att denna funktion används.

Modellen använder optimeringsmetoden linjärprogrammering, vilket innebär att energisystemet beskrivs med linjära matematiska samband och att det bästa värdet för en så kallad målfunktion beräknas. TIMES beräknar den kombination av

[31] Energimyndigheten (2021)

[32] Energimyndigheten (2021)

befintliga och nya anläggningar och energiflöden som tillgodoser de angivna energibehoven till lägsta möjliga diskonterade kostnad under den studerade tidsperioden, som i Energimyndighetens scenarier sträcker sig till 2050. Resultatet innehåller de optimala investeringarna i energisektorn, för uppvärmning och i vissa industribranscher med mera. I resultatet ingår även hur mycket som används av olika energislag, såsom olja och biobränslen, i olika tidsperioder samt el- och fjärrvärmeproduktionen i olika anläggningar, exempelvis vattenkraftverk och hetvattenpannor. Resultatet visar alltså hur energiförsörjningen utvecklas med tiden. Modellresultatet innehåller även marginalkostnaden för att tillgodose varje energibehov under varje tidsperiod.

Eftersom många indata gäller en situation långt in i framtiden är de förstås behäftade med stor osäkerhet. Priserna på bränslen och koldioxid samt sjunkande investeringskostnader på grund av teknikutveckling anges som indata men är osäkra parametrar som har stor betydelse för resultatet. Modellen beaktar inte några ekonomiska effekter utanför energisystemet.

Modellen utgör en idealiserad avbildning av verkligheten där alla förhållanden är kända för hela analysperioden. Alla aktörer i energisystemet kan sägas känna till alla sina handlingsalternativ och agera ”rationellt” baserat på de kostnader som de berörs av. Det sker en samtidig optimering av energisystemet för alla femårsperioder som ingår i en beräkning. Eftersom bland annat framtida energipriser är kända kan till exempel investeringar i biobränsleeldade kraftvärmeverk ske 2035 om det ger en lägre totalkostnad än att bygga dem 2030.

TIMES-Nordic har en ganska grov tidsindelning som kan beskrivas som fyra dygn vilka representerar olika säsonger och som är indelade i dag, eftermiddag och natt. Därför är det inte lämpligt att studera energilagring i till exempel batterier eller annan efterfrågeflexibilitet med modellen. Den största förändring av energisystemet som undersökts i någon TIMES-Nordic-beräkning är elektrifieringsscenariet i Energimyndighetens senaste scenariorapport[33] där efterfrågan på el är mycket större än idag och det ingår mycket elproduktion som varierar på grund av vädret, särskilt vindkraftverk.

### 2.3.2 TIMES-Sweden

Utöver TIMES-Nordic så finns även TIMES-Sweden som utvecklas och används vid Luleå Tekniska Universitet. TIMES-Sweden delar modellstruktur och flera antaganden med den europeiska TIMES-modellen JRC-EU-TIMES.

Modellen analyserar bara Sverige och kan därför göra det mer i detalj och industrin är mer detaljerat beskriven än i TIMES-Nordic. Energiintensiva branscher, såsom pappers- och massaindustrin, hanteras var för sig och dess tillverkningsprocesser beskrivs. Modellen hanterar mängder för material och produkter, till exempel

[33] Energimyndigheten (2021).

malm, masugnsslagg och stål. Användning av skogsbiomassa och biodrivmedelsproduktion har studerats ingående.[34]

TIMES-Sweden har mjuklänkats till EMEC genom att data har överförts mellan modellerna i båda riktningarna i en iterativ process. Det var emellertid svårt att översätta förändringstakten i hela ekonomin i EMEC:s resultat till storleken på olika energibehov vilka gavs som indata till TIMES-Sweden. Justeringen av energibehoven påverkade vilka energislag som användes i olika sektorer i TIMES. Det var också svårt att översätta de absoluta priser vid olika tidpunkter som TIMES beräknade till de relativa priser för hela år som används i EMEC.[35]

### 2.3.3 Open Nordic TIMES

Modellen Open Nordic TIMES har nyligen använts för nordiska scenarier för ren energi.[36] IVL Svenska Miljöinstitutet och Profu har deltagit i utvecklingen och användandet av modellen, där indata och resultat är mer transparenta än i Profus TIMES-Nordic. Alla modellfiler är allmänt tillgängliga[37]. Open Nordic TIMES är baserad på TIMES-DK-modellen av Danmarks energiystem som speglar variationer i energibehov, vindkraftsproduktion med mera med hjälp av 32 tidsperioder per år som representerar bland annat olika tider på dygnet[38].

## 2.4 Andra sektorsmodeller

I detta avsnitt beskrivs några exempel på modeller som används i Sverige för vissa sektorer och som skulle kunna användas för att belysa dessa sektorer i klimatpolitiska analyser.

TIMES-modellerna omfattar stora delar av energisystemet men det finns också flera modeller som bara beskriver elmarknaden. THEMA-modellen är ett exempel där hela EU:s elsystem är med. Den modellen ägs av Thema consulting group. Medarbetare på Energimyndigheten har gjort beräkningar med THEMA-modellen för att bygga upp egen kompentens. Sweco har Apollo-modellen för elmarknaden och Profu har elmarknadsmodellen EPOD.

Profu använder också EPOD-modellen i uppdrag för Naturvårdsverket för att beräkna energiåtgången i el- och fjärrvärmeproduktionen och de utsläpp denna

[34] Krook Riekkola m.fl. (2017a). Biomassa, systemmodeller och målkonflikter. Rapport 2017:407, Energiforsk.

[35] Krook Riekkola m.fl. (2017b).

[36] Nordic Energy Research (2022b). Explore Nordic Clean Energy Scenarios, Nordisk Energiforskning, https://www.nordicenergy.org/project/nordic-clean-energy-scenarios-solutions-for-carbon-neutrality/ [2022-02-11]

[37] Nordic Energy Research (2022a). Energy system models used for the Nordic Clean Energy Scenarios, Nordisk energiforskning, https://cleanenergyscenarios.nordicenergy.org/model [2022-02-02]

[38] Balyk, O. m.fl. (2019) TIMES-DK: Technology-rich multi-sectoral optimisation model of the Danish energy system, Energy Strategy Reviews, Vol. 23, sid. 13-22.

skulle resultera i om vädret varje år skulle vara normalt, för att se trenden för utsläppen utan variationer mellan kalla och varma år.

Forskare på Chalmers har använt EPOD tillsammans med modellen ELIN för att studera hur elbehovet från elektrifierade vägtransporter i Skandinavien och Tyskland borde tillgodoses under olika förutsättningar om en målbana för växthusgasutsläppen till 2050 ska följas. ELIN är gjord för att analysera omställningen av Europas elsystem och visar vilka investeringar i ny elproduktion som ger lägst kostnad[39].

Energisystemmodellen MODEST har många likheter med TIMES. Den har inte använts för transportsektorn men för att studera stora förändringar av svensk elförsörjning, såsom kärnkraftsavveckling och minskad elanvändning, och hur det påverkar koldioxidutsläppen. En analys av svensk el- och fjärrvärmeproduktion vid stor utbyggnad av vind- och solkraft har en tidsindelning som speglar topplaster samt variationer i vind och sol. Resultaten visas bland annat som varaktighetsdiagram med power-to-heat i fjärrvärmesystemen[40].

Heurekasystemet är ett modellsystem utvecklat på SLU som tillåter ett antal olika analyser och planeringsansatser för skogsbruket.[41] Modellsystemet kan riktas mot olika mål och göra både kortsiktiga och långsiktiga analyser av exempelvis virkesproduktion, ekonomi, naturvård, rekreation eller kolinlagring. Utsläpp av växthusgaser beräknas däremot utanför modellresultatet. Systemet är tillgängligt i olika versioner anpassade efter vilken typ av analys som efterfrågas. Heureka PlanVis har en optimerande funktion, där önskade mål med skogsbruket kopplade till variablerna av intresse styr vilka skötselalternativ som är bäst lämpade för måluppfyllnad. PlanVis kan användas nationellt men används oftast i mindre skala. Heureka RegVis har ingen optimerande funktion och används mer för storskaliga regionala analyser. RegVis används för att modellera konsekvenserna av ett förändrat skogsbruk med avseende på olika variabler. Heurekasystemet är det vanligaste planeringsverktyget för svenskt skogsbruk idag och är anpassat efter svenska förhållanden, där data från riksskogstaxeringen är en viktig datakälla.

Jordbruksverket gjorde år 2014 en sammanställning[42] av modeller och verktyg för miljöekonomiska analyser inom jordbrukssektorn. I sammanställningen fanns bland annat SASM (Swedish Agricultural Sector Model) som Naturvårdsverket har

[39] Taljegard, M. m.fl. (2019). Impacts of electric vehicles on the electricity generation portfolio – A Scandinavian-German case study, Applied Energy, Vol. 235, sid. 1637-1650

[40] Widén, J. m.fl. (2011). Impacts of large-scale solar and wind power production on the balance of the Swedish power system, World Renewable Energy Congress

[41] Sveriges lantbruksuniversitet (2022). https://www.slu.se/institutioner/skoglig-resurshushallning/programprojekt/sha/heureka/heureka/ [2022-01-031]

[42] Jordbruksverket (2014). Modeller och verktyg för miljöekonomiska analyser inom jordbrukssektorn. Rapport 2014:1

låtit beskriva närmare i en rapport 2018.[43] SASM är en i grunden nationell modell för jordbrukssektorns produktion och ekonomi. Modellen beaktar de viktigaste produktionsgrenarna, tillgång och priser på insatsmedel, förädling av produkter till en handelsvara, efterfrågan av olika livsmedel samt transportkostnader vid import och export och inom Sverige. Det som modelleras är exempelvis skatter, stödnivåer och stödfördelningar. Klimateffektbedömningar genomförs i efterhand i excelmodeller, där även andra typer av miljöeffekter uppskattas. Modellförfarandet kan sammanfattas med att olika grödor och djurslag kombineras för högsta möjliga lönsamhet för producenter och konsumenter, med hänsyn tagen till regionernas olika förutsättningar. Modellresultatet avser svara på hur jordbruket skulle utvecklas om samtliga jordbrukare verkade för maximal lönsamhet utifrån de regionala förutsättningar som specificerats i modellen. Genom att justera rådande förutsättningar kan SASM simulera effekterna av vissa politiska, tekniska eller ekonomiska förändringar.

## 2.5 Modeller i framtagande av referensscenario för växthusgasutsläppen

Energimyndigheten beställer vartannat år beräkningar med TIMES-Nordic som ska visa energisystemets utveckling med nuvarande styrmedel. De används för att få fram ett referensscenario för hur växthusgasutsläppen kommer att utvecklas. Referensscenariet visar konsekvenser av befintliga styrmedel och används bland annat som underlag till gapanalyser som visar hur långt från målen utsläppen ligger. Gapanalysen används för att utvärdera om ytterligare styrning behövs för att nå klimatmålen. Förutom referensscenariet presenteras även andra scenarier med andra energipriser eller energibehov.

Profu beräknar med hjälp av TIMES-Nordic priser för el, fjärrvärme och fasta biobränslen som används av Konjunkturinstitutet i EMEC-modellen[44]. Energimyndigheten får sedan uppgifter från Konjunkturinstitutet om den ekonomiska utvecklingen i samhället i form av bruttonationalprodukt samt förädlingsvärden för olika branscher som är baserade på resultat från EMEC-modellen. Denna information ger ett underlag för Energimyndighetens bedömning av hur mycket energi som kommer att efterfrågas av olika industribranscher samt av hur stort trafikarbetet kommer att bli. Energimyndigheten tar även del av Trafikverkets transportscenarier men gör en egen bedömning av transportbehovet.

När Profu har fått resultat ur TIMES-Nordic levereras en rapport med flera scenarier till Energimyndigheten som gör viss bearbetning av resultaten. Detta utgör sedan ett av underlagen till scenarioanalyserna som publiceras med jämna

[43] Naturvårdsverket (2018) Beskrivning av SASM: En ekonomisk optimeringsmodell över jordbrukssektorn i Sverige, Rapport 6815.

[44] Energimyndigheten (2021).

mellanrum. I Profus rapporter redovisas inte koldioxidutsläppen och det ingår inte något måluppfyllande scenario. Scenarierna är inte prognoser för hur energiförsörjningen kommer att se ut i framtiden utan visar olika sätt som energisystemet kan utvecklas på. Resultaten ska inte tolkas som att Energimyndigheten förespråkar de lösningar som ingår i scenarierna som till exempel nya kärnkraftverk utan de beror på de förutsättningar och antaganden som används.

För att ta fram ett referensscenario för växthusgasutsläppen används även andra modeller än EMEC och TIMES-Nordic.

- Trafikverket låter IVL göra utsläppsberäkningar för transportsektorn, framförallt för fordonsflottan, med HBEFA-modellen[45].
- För jordbruket används den partiella jämviktsmodellen Swedish Agricultural Sector Model, SASM (se föregående avsnitt).
- Modellen Heureka Regwise används för nettoupptag av växthusgaser i skogsmark och för träprodukter[46] (en del av LULUCF-sektorn, se föregående avsnitt).
- För växthusgasutsläppen från deponier används IPCC First Order Decay model[47].

De olika underlagen sammanställs av Naturvårdsverket för att få fram en prognos för växthusgasutsläppen.

Under hösten 2021 har en förenklad version av metoden för att ta fram ett referensscenario för växthusgasutsläppen utvecklats för att ta fram underlag till klimatredovisningen enligt klimatlagen. I den versionen gör Trafikverket egna modellberäkningar i det så kallade Omsättningsverktyget för att ta fram scenarier för fordonsflottan, istället för att använda HBEFA-modellen. Med Trafikverkets framtagna fordonsflotta som input använder Energimyndigheten sin egen modell för att ta fram bränslemängder.  Energimyndigheten gör egna beräkningar av energitillförseln och TIMES-Nordic används för att beräkna energipriser till EMEC. Naturvårdsverket beräknar växthusgasutsläppen. Bara de viktigaste förändringarna tas med i modelleringarna. Förutom ett uppdaterat referensscenario beräknas ett fall med förslagen i höstbudgeten och ett fall där även förväntade förändringar under 2022 ingår.

## 2.6 Osäkerheter i sektorsmodeller

Den utveckling av bruttonationalprodukt och olika industribranschers förädlingsvärde som EMEC-resultaten visar används för att bedöma industrins

[45] Handbook emission factors for road transport (HBEFA), www.hbefa.net [2022-02-14]

[46] Sveriges lantbruksuniversitet (2022). Skogliga Hållbarhetsanalyser, SHa. https://www.slu.se/SHa [2022-02-01]

[47] IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Solid waste disposal. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf [2022-02-01]

framtida efterfrågan på energi samt trafikarbetet i framtiden, vilket har stor betydelse för resultaten från TIMES-Nordic och andra modeller som används för att ta fram scenarier för utsläppen av växthusgaser. Det är svårt att göra en sådan bedömning av framtida energibehov och trafikarbete, vilket ger en osäkerhet i beräkningsförutsättningarna för de andra modellerna som kan leda till felaktiga uppskattningar av framtida växthusgasutsläpp.

Modellen TIMES-Nordic är mer lämpad att spegla vissa typer av styrmedel än andra och nu beaktas därför inte påverkan av vissa styrmedel när scenarier för energiförsörjning och utsläpp tas fram. Det kan leda till felbedömningar som riskerar att få större inverkan när fler nya styrmedel införs.

Med mer vindkraft, som har varierande elproduktion, blir energilagring och efterfrågeflexibilitet viktigare och därmed blir det också viktigare att ha en modell med en mer detaljerad tidsindelning än TIMES-Nordic, exempelvis en elmarknadsmodell. THEMA, Apollo och EPOD är exempel på sådana modeller som eventuellt skulle kunna användas för att ta fram scenarier för elsystemet. En annan separat modell kan behövas för att studera vilka investeringar som industrin gör, vilket beror på många faktorer.

# 3. En utblick – analysmodeller i andra länder

Syftet med denna utblick mot andra länder är att belysa vilka erfarenheter och lärdomar som Naturvårdsverket ser som intressanta för eventuell utveckling av arbetet med analysmodeller i Sverige. Vi har gjort ett urval av länder och modeller efter en genomgång av litteraturen om samhällsekonomiska modeller, med hjälp av information som vi har inhämtat från experter på området, samt utifrån från våra egna bedömningar. Vi ser *Danmark* som ett intressant exempel, som på senare år har gjort jämförelsevis ambitiösa satsningar på utveckling av modeller och organisation kring detta. Beskrivningen av modellrelaterat arbete i *Norge* pekar på andra typer av lärdomar, i synnerhet från deras Teknisk beregningsutvalg for klima[48] som sedan 2019 har haft i uppdrag att bland annat undersöka frågor kring analysmodeller som liknar frågorna i vårt regeringsuppdrag. *Storbritanniens* betydligt mer påkostade modelleringsarbete visar på intressanta erfarenheter om bland annat vilka resurser som kan krävas för att arbeta med att löpande väga samman resultat från ett större antal sektorsmodeller. Storbritanniens Climate Change Committee (CCC), visar också hur ett självständigt och rådgivande organ till regeringen nyttjar ekonomiska modeller för att dra slutsatser om den ekonomiska politiken. Även *EU-kommissionens* arbete med analysmodeller finns med här, för att ge en måttstock för vilken typ av analysmodeller och ramverk som kan behövas för att ge ändamålsenliga underlag för klimatpolitiska bedömningar. Modellen *E3ME* beskrivs också, för att ge exempel på en så kallad ny-keynesiansk makroekonometrisk analysmodell som i vissa grundläggande avseenden skiljer sig från de allmänjämviktsmodeller som vanligen används i Sverige, Norge och Danmark.

Se avsnitt 3.7 för en översikt över EMEC och jämförbara modeller i andra länder, där vissa av de modeller som beskrivs i utblicken nedan finns med.

## 3.1 Danmark

Danmark har ett antal modeller som används vid beslut kring den danska ekonomin. Dessa har utvecklats och administreras av flera olika instanser som den danska Energistyrelsen[49], samt Danmarks forskningsinstitut för ekonomisk analys

[48] Detta är en teknisk kommitté som har fått i uppdrag av den norska regeringen att bidra till ny kunskap och nya metoder för styrmedels- och åtgärdsanalyser på klimatområdet. Information tillgänglig på https://www.regjeringen.no/no/dep/kld/organisasjon/styrer-rad-og-utvalg/teknisk-berekningsutval-for-klima/id2604810/ [2021-12-22].

[49] Se närmare information om Energistyrelsens modeller på https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/modeller [2022-01-29]

och modellering (DREAM)[50] som är en oberoende statlig forskningsinstitution som huvudsakligen finansieras av danska finansdepartementet.

### 3.1.1 Energistyrelsen och IntERACT

IntERACT-systemet är en modelleringsansats ganska lik den svenska modelluppsättningen med en allmän jämviktsmodell och en dansk TIMES-version. Dessa två modeller är dock till skillnad från i Sverige hårdlänkade (iterativt) och används kombinerat i syfte att få en övergripande bild av energi- och klimatpolitiska regleringar och deras samhällsekonomiska effekter. IntERACT används främst för att modellera den danska el- och värmesektorn och hur produktionen inom dessa sektorer samspelar med resten av ekonomin. CGE-modellen har lägre detaljeringsgrad än modeller som EMEC och den norska SNOW-modellen (se avsnittet om Norge nedan) och detta beaktas i högre grad via den danska TIMES-version som används (TIMES-DK). Tidigare använde Energistyrelsen två separata modeller vid namn ADAM (Annual Danish Aggregate Modell) och EMMA (Energi och MiljöModeller till ADAM), 2012 bestämdes det att 15,2 miljoner danska kronor skulle läggas på utveckling av IntERACT i syfte att stärka beslutsunderlaget för klimat- och energipolitiken. IntERACT är en av de modeller i Norden där man kommit längst med att koppla ihop en allmänjämviktsmodell med någon form av TIMES-version.[51]

### 3.1.2 DREAM och GreenREFORM

På forskningsinstitutet DREAM arbetar mellan 15–17 personer med ekonomisk modellering. Den ursprungliga huvudmodellen som utvecklats här är en allmän jämviktsmodell som går under namnet DREAM-modellen. Modellen är utformad i syfte att avbilda den danska ekonomin och används för att analysera den danska finanspolitiken. Man har också utvecklat två andra modeller, den statiska jämviktsmodellen REFORM samt den dynamiska mikrosimuleringsmodellen SMILE. REFORM används för att analysera dynamiken mellan olika sektorer i ekonomin vid till exempel förändringar i skattesystemet. SMILE används för att utvärdera regional- och fördelningspolitiska effekter av offentliga beslut om styrmedel eller åtgärder. En makroekonomisk prognosmodell vid namn MAKRO är också under utveckling. Denna är tänkt att användas av finansdepartementet för medel- och långsiktiga prognoser över den ekonomiska utvecklingen samt bedömningar av effekter av framtida ekonomisk politik.

Den tillträdande danska regeringen beslutade 2019 att Danmarks utsläpp av växthusgaser ska minska med 70 procent till år 2030 jämfört med 1990. Därför ska den gröna omställningen också bli en central del av finansdepartementets kärnverksamhet. I och med detta håller Danmark på att utveckla en ny

[50] De fem huvudsakliga modeller som som används av DREAM-gruppen är DREAM-modellen, MAKRO, SMILE, REFORM samt GreenREFORM. Se närmare information på DREAM-gruppens webbsida https://dreamgroup.dk/economic-models/ [2022-01-29].

[51] En annan modell är finska FINAGE som körs ihop med TIMES-VTT på det statliga forskningsinstitutet VTT.

makroekonomisk hybridmodell kallad GreenREFORM. Modellen utformas för att kvantitativt bedöma klimat- och miljöpolitikens ekonomiska och finanspolitiska effekter samt den ekonomiska politikens klimat- och miljöpåverkan. Innan ny politik föreslås i Danmark görs en analys för att uppskatta och väga möjliga effekter. Tidigare har dock klimat- och miljöeffekter varit svåra att uppskatta på ett sätt som möjliggör en konsekvent utvärdering, särskilt när det har handlat om förändringar och effekter i flera olika samhällssektorer. Ambitionen med GreenREFORM-projektet är att möjliggöra detta.

Utveckling av GreenREFORM startade år 2017 och sker i samarbete mellan DREAM samt Köpenhamns- och Århus universitet. Projektets mål är att utveckla ett analysverktyg som möjliggör en integrerad bedömning av den ekonomiska politikens miljö- och klimateffekter, samt motsvarande, energi- och klimatpolitikens socioekonomiska effekter. En viktig förutsättning är att ekonomins modellscenarior ska ge en samlad bedömning av hur den framtida ekonomiska utvecklingen förväntas påverka miljö och klimat. Vidare bör modellscenarierna bedöma om denna utveckling lever upp till de politiska målen inom dessa politikområden.

Förhoppningen är att GreenREFORM ska kunna integreras med andra analysverktyg som används av myndigheter, tankesmedjor, intressegrupper och andra relevanta organisationer, och att modellen samt de underliggande uppgifterna ska vara allmänt tillgängliga i möjligaste mån. Det danska finansministeriet har avsatt betydande interna resurser för att arbeta med GreenReform-projektet i syfte att göra modellen till ett instrument för politisk bedömning som är tillgängligt för både finansministeriet och andra ministerier. Ambitionen är att modellen ska möjliggöra en mer konsekvent bedömning av den ekonomiska politikens klimatpåverkan tillsammans med traditionella budget- och finanspolitiska mål, men även möjliggöra hårdare granskningar av olika klimatpolitiska alternativ.

GreenREFORM-modellen består av en huvudmodell för allmän jämvikt och flera delmodeller som beskriver sektorer i ekonomin som är särskilt viktiga när det gäller klimat- och miljöpåverkan (till exempel transport och jordbruk). GreenREFORM är utformat som ett integrerat modellsystem där alla undermodeller och huvudmodellen kopplas samman och beräknas samtidigt.

GreenREFORM bygger på andra modeller som utvecklats på DREAM och utgår från samma basplattform som MAKRO. Dessa två modeller har tagits fram för att kunna svara mot de krav som Finansdepartementet haft gällande modellresultat över den danska ekonomin. MAKRO och GreenREFORM är hybrider mellan de två olika modellansatser som finns inom makroekonomisk modellering avseende jämvikt respektive icke-jämvikt. Dessa båda är CGE-modeller men bygger inte på antagandet att sparande och investeringar alltid speglar varandra så som är fallet i traditionella allmänjämviktsmodeller. Detta gör att även kortsiktiga konjunktureffekter ska kunna återges i analysen. Därtill beräknas den totala

undanträngningen av alternativa investeringar annorlunda. Sådan undanträngning sker vid kapital- och FoU-utgifter som framkallas av regleringar, men i nämnda modeller är storleken inte given per definition som i standardmodelleringar med allmänjämviktsmodeller.

En anledning till det ambitiösa och påkostade modelleringsarbetet i Danmark har varit att det danska Finansdepartementet upplevt att det inte funnits någon övergripande metod att bedöma ekonomiska effekter av miljöpolitiken i Danmark. Det som har funnits har handlat om partiella analyser med hjälp av sektorsmodeller. De ovan nämnda projekten är alltså försök att åstadkomma modelleringsverktyg som kan användas för både samhällsövergripande och sektorsspecifika analyser av miljöpolitik. Det modellsystem som Energistyrelsen utvecklat med IntERACT har inte bedömts som fullödigt i förhållande till Finansdepartementets behov eftersom denna baseras på en traditionell CGE-modell där konjunktureffekter och förflyttningsprocessen mellan två jämvikter inte simuleras.

## 3.2 Norge

Norge har ett stort antal modeller som används för olika ändamål inom den offentliga förvaltningen. Dessa omfattar makromodeller, energisystemmodeller och transportmodeller. Teknisk beregningsutvalg for klima har under åren 2019–2021 sammanställt de flesta av de relevanta modeller som är i bruk i dagsläget och beskrivningar nedan baseras bl.a. på deras årliga rapporter.[52]

### 3.2.1 Makromodeller

De viktigaste makromodellerna i Norge är SNOW, GRACE-Nor, NOREG, REMES, NORA och KVARTS. Av dessa är det bara SNOW, GRACE-Nor och REMES som modellerar utsläpp av växthusgaser. Alla tre är olika typer av rekursiva dynamiska allmänjämviktsmodeller. REMES är en regional modell avsedd för analyser på lång sikt med tonvikt på energisystemet. GRACE-Nor modellerar till skillnad från de övriga i viss mån också interaktionseffekter mellan Norge och resten av världen.

Den mest betydelsefulla av de norska makromodellerna är SNOW, vilken har konstruerats och sköts av Norges statistiska centralbyrå (Statistisk sentralbyrå, SSB). SNOW finns i flera varianter. SNOW-NO är en rekursiv-dynamisk modell av den norska ekonomin (likt EMEC är avseende Sverige), SNOW-DYNamic är en intertemporal modell med perfekt framåtblickande aktörer som är under utveckling och SNOW GLObal är en global modell där Norge är en av flera regioner. SNOW har en detaljerad utsläppsmodul och kan modellera klimatpolitiska instrument, inklusive enhetliga eller differentierade skatter, nationella eller internationella kvotmarknader (som EU ETS), förbud, tekniska standarder, subventioner och

[52] Teknisk beregningsutvalg for klima (2019, 2020 och 2021).

koldioxidjusteringar vid gränserna. Minskning av energirelaterade utsläpp sker genom bränsleomställning, ersättning av andra varor för energi eller genom att minska produktionen och/eller förbrukningen.

Det norska finansdepartementet har även de makroekonometriska modellerna KVARTS och tidigare MODAG som i huvudsak används för konjunkturbedömningar. Dessa har ett tidsserieekonometriskt fundament. MODAG har kunnat göra beräkningar med utsläpp inkorporerade i modellen vilket senast användes i samband med 2011 års statsbudget. KVARTS saknar modellering av utsläpp vilket gör att dessa makromodeller inte är relevanta i den norska klimatpolitiken i dagsläget.

Tidigare användes också allmän jämviktsmodellen MSG som fanns i en rad uppsättningar, men den har inte utvecklats vidare och har på senare tid kommit att användas allt mindre. Statistiska Sentralbyrån tog också fram en modell, kallad ITC, för klimatpolitiska analyser som inkluderade endogen teknisk utveckling.[53] ITC är inte en modell som används rutinmässigt idag eftersom modellering med endogen teknisk utveckling också ökar osäkerheten i resultaten, men denna kan fungera som en referenspunkt vid utveckling av liknande versioner av EMEC. En sådan modell skulle i så fall kunna användas för att känslighetstesta resultat från andra modelleringar av den svenska klimatpolitikens effekter.

### 3.2.2 Energisystemmodeller

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har i samarbete med forskningsinstitutet Institutt for energiteknikk (IFE) utvecklat en norsk TIMES-modell, TIMES-Norway. Institutt for energiteknikk har också ytterligare en TIMES-modell över Nordeuropa som inkluderar energisystemet i hela regionen. Dessa TIMES-modeller fungerar på samma premisser som TIMES i Sverige. Det finns också en modell vid namn LIBEMOD som konstruerats och används av det av Oslo universitet instiftade forskningsinstitutet Frisch-senteret och Statistiska Sentralbyrån. LIBEMOD är en partiell jämviktsmodell för energisystemet i hela Europa. Modellen är detaljerad men har vissa begränsningar vad det gäller klimatpolitiska frågeställningar, till exempel ingår enbart koldioxid som enda växthusgas i modellen och stora teknikskiften fångas inte upp eftersom efterfrågan på de olika energislagen kalibreras efter deras andel av energianvändningen under det valda basåret i modellen. Däremot har LIBEMOD kunnat användas tillsammans med andra makromodeller, exempelvis gjorde år 2016 en studie där modellen användes tillsammans med MSG-TECH.[54]

[53] Bye, B., Fæhn, T., Heggedal, T.-R., Jacobsen, K., & Strøm, B. (2008). An innovation and climate policy model with factor-biased technological change: A small, open economy approach, Reports 22/2008. Statistics Norway.

[54] Aune, F.R. og Fæhn, T. (2016). Makroøkonomisk analyse for Norge av klimapolitikken i EU og Norge mot 2030. (Statistisk Sentralbyrå rapport 25/16). https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/makrookonomisk-analyse-for-norge-av-klimapolitikken-i-eu-og-norge-mot-2030 [2022-02-11]

### 3.2.3 Organisation kring analysmodeller

Körningar och analys av övergripande modeller respektive sektorsmodeller hanteras och analyseras inte i ett gemensamt ramverk i Norge idag. SNOW är den huvudsakliga modell som används och körs på Statistiska Sentralbyrån . Finansdepartementet har ansvaret att göra utsläppsframskrivningen i samarbete med Miljödirektoratet och andra departement. Vad gäller konsekvenserna av klimatpolitiken så hanteras detta i SNOW och ofta beställt av finans- och miljödepartementet. Det är här man får ut vilken skatt som behöver införas för att uppnå specifika politiska utsläppsmål.

Modellresultaten från sektorsmodellerna går inte in i SNOW, utan resultaten från till exempel transportmodellerna hanteras utanför den övergripande analysen. Men analyser vad gäller exempelvis särskilda kostnader för transportåtgärder (åtgärdsanalyser) går in i SNOW. Tidigare gjordes kvalitativa uppskattningar kring sysselsättningseffekter vilka nu hanteras i en mikrosimuleringsmodul i SNOW, som kvantitativt komplement och stöd till de tidigare skattningarna.

Tolkning av modellresultat redovisas i dokument som regeringen till slut delger, vilket baseras på rapporten gällande SNOW-resultaten som Statistiska Sentralbyrån i sin tur redovisar. Det verkar dock inte finnas någon tydlig rutin kring detta. Istället har SNOW-resultat kommit som svar på särskilda beställningar, t.ex. med syfte att bedöma hur olika miljöpolitiska målsättningar ska nås. Utifrån den information som vi fått från det norska Miljødirektoratet ser det ut som att modelleringar i SNOW, på liknande sätt som i Sverige, har utförts med koldioxidskatt som huvudsakligt styrmedel vilken successivt måste ökas över tid för att målen ska kunna nås.

En nyligen genomförd kartläggning i Norge visade att Danmark satsar mer resurser än vad Norge gör på arbete med nämnda typer av analysmodeller. Kartläggningen var inte fullständig men kom fram till att 4,5 helårsarbetskrafter lades på SNOW och Statistiska Sentralbyrån år 2020. Teknisk beregningsutvalg for klima förväntas under 2022–2023 arbeta vidare med rapporter och förslag som rör resursanvändning, drift- och underhållsansvar av metoder, samarbeten och användning av analysresultat i Norge.[55]

## 3.3 Storbritannien

### 3.3.1 Sammanvägning av flera sektorsmodeller

I Storbritannien använder de sig av en rad olika sektormodeller inom departementen där resultaten länkas samman till en gemensam analys som sätts ihop av Departement of business, energy and industrial strategy (BEIS). Dessutom

[55] Teknisk beregningsutvalg for klima (2021). Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2021. M-2078.

har de ett klimatpolitiskt råd, Climate Change Committee (CCC), som också nyttjar modeller för att dra slutsatser om den ekonomiska politiken.

BEIS använder inte någon allmän jämviktsmodell för den övergripande modelleringen utifrån resonemanget att dessa modeller inte kan leverera en tillfredsställande beskrivning av vad som händer mellan startpunkten och den önskvärda slutpunkten i modellresultatet. Istället används planeringsmodeller (dispatch models) som komplement till en långsiktig och strategisk modellering av energisystemet, vilken görs i TIMES. Climate Change Committee använder ändå vid behov en allmän jämviktsmodell för att få överblick på de övergripande premisserna. Ibland används också Cambridge economics makromodell E3ME som extra referenspunkt vid makroanalyserna (se avsnitt 3.6 om denna modell som inte är knuten till något enskilt land och har använts bl.a. av EU-kommissionen och i Storbritannien). De kompletterande modellresultaten möjliggör sedan analyser för hur de långsiktiga utvecklingsvägarna som den strategiska modelleringen visar kan uppnås.

Den strategiska modelleringen av energisystemet i TIMES redogör vidare för vilka steg som under olika scenarier kan minska koldioxidutsläppen. Då kan till exempel nationella modeller för hushållssektorn verifiera om de detaljerade modellresultaten är i linje med den övergripande och aggregerade nivån eller inte. Istället för att aggregera alla detaljerade modeller har Storbritannien valt att använda en stor TIMES-modell just för att kunna fånga den större bilden, som exempelvis alla sektorers efterfrågan på biomassa.

Transportsektorn modelleras också i TIMES, medan detaljerna hanteras inom Transportdepartementet enligt samma process som för samtliga sektorer. Ett strategiskt övergripande modellresultat genereras i TIMES och Transportdepartementet svarar därefter på detaljnivå om detta är genomförbart eller inte. Denna process upprepar sig därefter iterativt.

### 3.3.2 Organisation kring analysmodeller

Climate Change Committee (CCC) är ett oberoende organ och rådgivare till den brittiska regeringen, vilka rapporterar direkt till parlamentet om framsteg som gjorts för att minska utsläppen. CCC rekommenderar en nivå på koldioxidbudgeten som regeringen kan acceptera eller förkasta. Det kan betraktas som två parallella strömmar där CCC rekommenderar målambitionerna, medan Departementet för näringsliv, energi och industri sedan tittar på möjligheten att kunna genomföra rekommendationerna.

Den första instansen rekommenderar alltså en väg framåt och de andra instanserna analyserar huruvida det anses möjligt. Samtliga berörda departement ansvarar för att ta fram modellresultat och förslag på hur minskningarna kan genomföras för aktuell sektor. Därefter knyts dessa detaljerade modellresultat och

utsläppsminskningsstrategier till den sammanräknade och övergripande strategin och modellresultaten i TIMES.

Modellarbetet utförs till största del på departementen, men även konsultföretag och universitet bidrar på uppdragsbas. University of London samarbetar exempelvis med departementet för att utveckla TIMES. De flesta modeller som används i Storbritannien är utvecklade antingen på departementen eller tillsammans med andra aktörer just för att det är svårt att förstå modellresultaten utan att vara direkt involverad i utvecklingen.

Organisationen bedöms fungera bra mycket tack vare dialogen mellan den övergripande aggregerade modelleringen och den sektorspecifika nivån. Jämfört med Sverige har dock Storbritannien helt andra förutsättningar, sett till resurser för ändamålet. Ungefär 20 personer arbetar med den här typen av modellering inom departementen och omkring 300 personer arbetar med klimatpolitiska frågor överlag.

## 3.4 Tyskland

I Tyskland används många olika modeller för att undersöka påverkan av styrmedel i olika samhällssektorer, för att beräkna effekterna av bland annat den nationella energi- och klimatplanen samt för att bedöma konsekvenser av att nå sektorsmålen för år 2030. Studierna har gjorts för tyska Naturvårdsverket (Umweltbundesamt), Miljödepartementet (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) och Näringsdepartementet (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie).

### 3.4.1 Modeller för referensscenariot för växthusgasutsläpp

Miljödepartementet har huvudansvaret för referensscenariot för växthusgasutsläppen som ska beräknas vartannat år och ger tyska Naturvårdsverket i uppdrag att upphandla beräkningarna och rapporten för referensscenariot. Arbetet har utförts av en grupp forskningsinstitut med Öko-Institut i spetsen. De kalibrerar sina modeller mot växthusgasstatistiken. Modellerna beräknar hur alla klimatstyrmedel minskar utsläppen. Resultaten räknas ihop i modellen ENUSEM. Total energianvändning och utsläpp beräknas för varje år 2021–2040. Effekterna av styrmedel som inte kan beskrivas med någon modell analyseras separat. Synpunkter från tyska Naturvårdsverket och berörda departement inarbetas innan rapporten publiceras. Forskningsinstituten levererar även resultaten som excelfiler. Referensscenariot för växthusgasutsläppen beräknas även med hjälp av bland annat Öko-Instituts PowerFlex-modell för elproduktion och kraftvärme[56].

[56] Repenning, J. m.fl. (2021). Projektionsbericht 2021 für Deutschland, Öko-Institut.

### 3.4.2 Klimatmålens påverkan på ekonomi och miljö

I den senaste studien av klimatpolitikens effekter beräknas konsekvenser av att nå sektorsmålen för år 2030 i ”Klimatschutzplan 2050” för ett referensscenario och två målbanor. Effekter på miljö, hälsa och försörjningstrygghet samt ekonomi, sysselsättning, konkurrenskraft och fördelning analyseras. Studien visar följder av möjligt agerande. Det är inte fokus på enskilda styrmedel utan på att förändringar sker. Kvalitativa analyser kompletterar modellberäkningarna.

I studien används några av de modeller som används för referensscenariot, såsom PowerFlex och ENUSEM. Dessutom används bland annat en modell från Fraunhofer ISI institut som heter ISI-Macro. Det är en dynamisk makroekonomisk simuleringsmodell för konsekvensanalyser av hela ekonomin. Kärnan i modellen är en input-output modul med många branscher och där jämvikter inte behöver uppnås på alla marknader, vilket krävs i neoklassiska allmänjämviktsmodeller. Modellen är baserad på systems-dynamics-metoden som bland annat beskriver icke-linjära samband med hjälp av återkopplingar (feedback-loopar). Modellen beräknar bland annat hur sysselsättningen påverkas.[57]

### 3.4.3 Scenarier med låga växthusgasutsläpp

En grupp modeller har använts för att ta fram scenarier med 55 procent lägre växthusgasutsläpp än 1990 år 2030 och 95 procent lägre år 2050. Modellerna användes iterativt för att exempelvis godstransporter ska motsvara produktion och konsumtion. Modellberäkningar gjordes för 2030, 2040 och 2050.[58]

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) använde modellen SCOPE för att optimera energitillförseln för el, värme och transporter, Detaljeringsgraden för olika delar av energisystemet kan i modellen varieras efter vad som är i fokus. Nätutbyggnad beror på energibehovet och energilagring och laststyrning kan ske. Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) använde bland annat modellerna GEMOD och URMOD. I GEMOD beaktas lämpliga tidpunkter för energieffektivisering och byte av värmekälla i byggnader. URMOD beaktar råvaruanvändning och utsläpp av växthusgaser under hela kedjan för produktion och konsumtion inklusive import och export.[59]

### 3.4.4 Scenarier för energisystemet

Scenarier för hela energisystemet inklusive transporter med olika uppsättningar styrmedel har gjorts med en grupp modeller för näringsdepartementet, bland annat med åtgärderna i ”Klimaschutzprogramm 2030”. Resultat från olika

[57] Repenning, J. m.fl. (2019). Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung: Endbericht, Öko-Institut.

[58] Umweltbundesamt (2021). Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität: RESCUE – Studie, Climate change 36/2019.

[59] Umweltbundesamt (2020a). Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – GreenEe: Abschlussbericht, Climate change 01/2020.

energimodeller, såsom energianvändning och energipriser, används i den makroekonometriska modellen PANTA RHEI[60] som beräknar samhällsekonomiska effekter av klimatstyrmedlen på bland annat bruttonationalprodukt och sysselsättning men även utsläpp.

PANTA RHEI är en input-output top-down[61] modell för hela ekonomin som används av Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS). Modellen bygger på post-keynesiansk teori och är av liknande typ som E3ME som hålls av Cambridge Economics i Storbritannien. Jämvikt mellan utbud och efterfrågan eller fullt utnyttjande av resurser behöver inte uppnås i modellen och arbetslöshet kan finnas, till skillnad från i neoklassiska allmänjämviktsmodeller[62].

### 3.4.5 Andra modeller och studier

Modellerna som används för referensscenariet används även för många andra analyser. Bland annat har de använts för ett scenario med tänkbara utvidgade åtgärder som gör att klimatmålen för 2030 nås[63]. Ett scenario med styrmedel och åtgärder som leder till att de tyska klimatmålen nås ska vara färdigt i början av 2022. Regeringen gör varje år en Klimaschutzbericht med en prognos för växthusgasutsläppen[64].

## 3.5 EU-kommissionens modellramverk

EU-kommissionen tar stöd av modellbaserade scenarion och analyser i konsekvensanalyser av bland annat klimatpolitiska frågor. Flera modeller, både övergripande och sektorsspecifika, har utvecklats under lång tid och ingår tillsammans i ett modellramverk. I detta ramverk länkas modellerna samman för att producera bland annat beräkningar till EU:s referensscenario, olika åtgärdsscenarion, konsekvensanalyser till EU:s mål om 55% minskade utsläpp till år 2030, etcetera. Figur 1 är hämtad från EU-kommissionen[65] och ger en övergripande bild över de olika modellerna och hur de länkas samman, för att ge kontext till beskrivningarna av de olika modellerna nedan.

[60] Lehr, U. m.fl. (2011). Die Modelle ASTRA und PANTA RHEI zur Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen umweltpolitischer Instrumente - ein Vergleich, gws Discussion Paper 2011/4, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH, Osnabrück.

[61] Med top-down modell menas att den fokuserar på samhällsekonomin som helhet och interaktionen mellan olika ekonomiska sektorer.

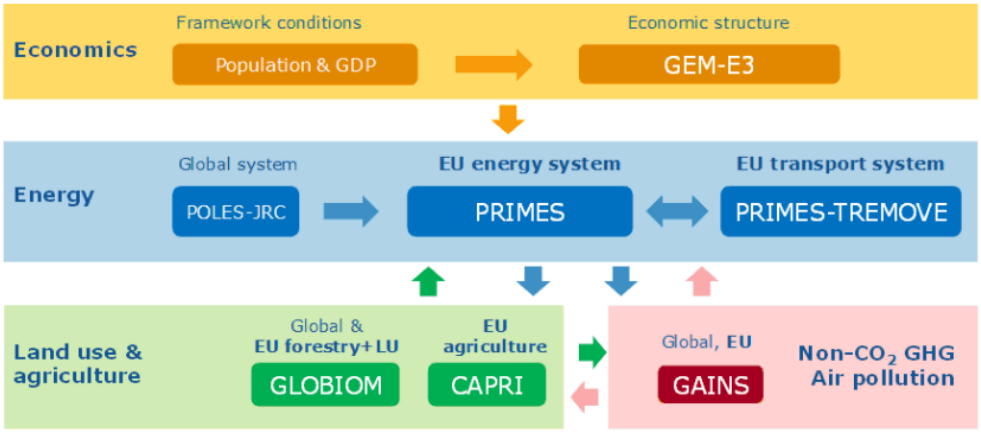
[62] Kemmler m.fl. (2021). Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050: Gesamtdokumentation der Szenarien, Prognos AG.

[63] Umweltbundesamt (2020b). Verbesserung der methodischen Grundlagen und Erstellung eines Treibhausgasemissionsszenarios als Grundlage für den Projektionsbericht 2017 im Rahmen des EU-Treibhausgasmonitorings („Politikszenarien VIII“): Abschlussbericht, Climate change 11/2020.

[64] Repenning m.fl. (2021).

[65] EU Commission (2022). Modelling tools for EU analysis. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/economic-analysis/modelling-tools-eu-analysis_en [2022-02-14]

**Figur 1 Sammankoppling av modeller i EU-kommissionens modellramverk för konsekvensanalyser**




GEM-E3 är en rekursiv dynamisk allmän jämviktsmodell vilken simulerar samspelet mellan ekonomin, energisystemet och miljön. Den är särskilt utformad för att utvärdera energi-, klimat- och miljöpolitik. GEM-E3 modellerar de fördelningspolitiska och makroekonomiska effekterna av policys gentemot olika ekonomiska sektorer och aktörer i de ingående länderna.

GEM-E3-modellen är flexibel i sin regionala och sektoriella aggregering. Vanligtvis görs enskilda landanalyser av de 28 europeiska medlemsstaterna samt OECD och G20-länderna. Modellen är kalibrerad till den senaste GTAP-databasen[66] och som också är EUROSTAT-kompatibel för EU:s medlemsstater.

Företagens produktion modelleras liksom i EMEC med en CES-produktionsfunktion[67] vilken använder kapital, arbetskraft, energi och insatsvaror. Modellen tillåter olika marknadsjämviktsmekanismer och alternativa marknadsstrukturer vid sidan av perfekt konkurrens vilket är en mer avancerad modelleringsförmåga än vad som standardmässigt görs i CGE-modeller. Kapitalmängden är fastställt inom varje period i den rekursiva sekvensen men företagens investeringsbeslut under den aktuella perioden påverkar kapitalstocken under nästa period. Arbetet är orörligt över nationsgränserna och i modellen avbildas även ofrivillig arbetslöshet. Detta senare utgör en fördjupad modellering av arbetsmarknaden då arbetskraften i CGE-modeller ofta förflyttar sig sömlöst mellan sektorer vid förändringar i marknadsjämvikten. I GEM-E3 görs även viss modellering av endogen teknisk utveckling vilken beror av FoU-utgifter och spillovers, samt stordriftsfördelar (eller smådriftsfördelar).

[66] GTAP står för Global Trade Analysis Project och är ett globalt nätverk av forskare och beslutsfattare som bedriver kvantitativ analys av internationella ekonomiska frågor. GTAP-databasen finns närmare beskriven på https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/default.asp [2022-02-03]

[67] Med CES-produktionsfunktion (*Constant elasticity of substitution*) menas en funktionsform som alltid genererar samma substitutionselasticiteter. Substitutionselasticiteten anger hur mycket insatsförhållandet mellan två produktionsfaktorer, till exempel kapital och arbetskraft, ändras om prisrelation ändras.

GEM-E3 modellerar energirelaterade samt icke-energirelaterade utsläppen av koldioxid (CO2) och andra växthusgaser såsom metan (CH4), dikväveoxid (N20) svavelhexafluorid (SF6), hydrofluorocarbon (HFC) och perfluorocarbon (PFC) ). Det finns tre mekanismer för utsläppsminskning som uttryckligen specificeras i modellen: (i) substitution mellan bränslen och mellan energibärande och icke-energibärande insatsvaror, (ii) utsläppsminskning på grund av produktions- och konsumtionsminskningar, och (iii) inköp av reningsutrustning.

GEM-E3 användes vid framtagandet av EU:s 2030 Climate and Energy Framework och vid EU:s förberedelser inför de internationella klimatförhandlingarna vid COP21 i Paris i december 2015.

Modellen kan jämföra de ekonomiska effekterna av olika kostnadseffektiva klimatpolitiska styrmedel, såsom skatter, auktionering, olika former av tillståndsgivning och administrativa styrmedel i klimat- och energipolitiska sammanhang. Det är också möjligt att jämföra olika sätt att återföra miljöskatteintäkter (revenue recycling).

GEM-E3 skiljer mellan 9 kategorier av intäkter, inklusive indirekta skatter, energiskatter, direkta skatter, mervärdesskatter, produktionssubventioner, sociala avgifter, importtullar, utländska transfereringar och statliga företag.

Under 2013 användes GEM-E3-modellen också för att analysera de makroekonomiska effekterna av European Clean Air Package, såväl som dess (positiva) feedbackeffekter. Dessutom har GEM-E3-modellen använts för energirelaterade frågeställningar som handel och prisutveckling för olja och andra energikällor, energieffektivitet och utbyggnad av förnybar energi.

GAINS är en optimeringsmodell för reglering av klimatgasutsläpp men är enligt International Institute for Applied System Analysis (IIASA) som utvecklat modellen framförallt lämplig för att modellera begränsningar av andra luftföroreningar än koldioxid. GAINS är inte en allmän jämviktsmodell utan använder information från andra modeller som t.ex. TIMES gällande total efterfrågan på energi och planerade utsläpp i ett oreglerat utgångsläge. Utifrån detta samt olika kostnadsbedömningar för utsläppsreduktioner optimerar sedan modellen vilka åtgärder som kommer att genomföras i olika sektorer. GAINS utgår inte från att ekonomins alla aktörer optimerar i utgångsläget och därför kan vissa åtgärder få en negativ kostnad i modelleringen.

PRIMES (Price-induced market equilibrium system) är en energisystemmodell som kan analysera effekter av att förändra energirelaterade styrmedel i enskilda länder eller hela EU. Modellen ägs av det grekiska företaget E3Modelling och beskriver energisystemen i de flesta europeiska länder i och utanför EU under åren 2000–2070 indelat i femårsperioder. Mål kan anges för växthusgasutsläpp,

energieffektivitet, förnybar energi och importberoende. PRIMES består av moduler som representerar olika sorters energitillförsel och energianvändning, vilka är länkade till en algoritm som bestämmer volymer och priser för olika energislag vid jämvikt. I energianvändningsmodulerna väljer olika aktörer till exempel energieffektivisering, egna pannor eller fjärrvärme respektive personbilar eller kollektivtrafik beroende på vad som ger störst nytta. I tillförselmodulerna bestämmer energiföretagen de investeringar och den drift som minimerar kostnader eller maximerar vinster.[68] PRIMES används för att ta fram EU:s referensscenario.[69]

EU har även modellen JRC-EU-TIMES som omfattar energisystemet i EU och de flesta grannländer under åren 2005–2050 indelat i femårsperioder. Varje år är indelat i tolv tidsperioder som representerar dag, natt och topplast för varje årstid. Efterfrågan på produkter från energiintensiv industri, bland annat stål och cement, anges som indata. Utsläppen av flera växthusgaser och luftföroreningar från bränslen och industriprocesser beräknas[70].

Modellen POTEnCIA (Policy Oriented Tool for Energy and Climate Change Impact Assessment) kan beräkna påverkan av energi- och klimatpolitik på energisystemet, exempelvis styrmedel för beteendeförändringar och för utveckling och användning av ny teknik. POTEnCIA är utvecklad av EU-kommissionens Joint Research Centre (JRC) och kan omfatta varje EU-land för sig eller hela EU. Representativa aktörer på tillförsel- och användarsidan minimerar i modellen kostnader eller maximerar nytta med hänsyn till bland annat komfortkrav, föregående års priser och icke-ekonomiska faktorer såsom livsstil. En jämvikt för hela energisystemet beräknas för ett år i taget till 2050. Resultatet innehåller bland annat koldioxidutsläpp och produktionen i olika sektorer. Användningen av ledningsbunden energi beskrivs av representativa dagar i kronologisk ordning[71].

## 3.6 E3ME - en makroekonometrisk simuleringsmodell

E3ME utvecklades ursprungligen under 90-talets sista år genom ett forskningsprogram som låg under EU-kommissionen. Namnet kommer från målområdet för analys: Energy-Environment-Economy (E3) policies. Cambridge Econometrics äger idag modellen som har fortsatt att utvecklas bl.a. inom olika EU-finansierade projekt. Modellen finns tillgänglig med kommersiell licens, men

[68] Joint Research Center (2022). PRIMES Energy System Model, https://web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/explore/models/model-primes [2022-02-02]

[69] De Vita, A. m.fl. (2021). EU reference scenario 2020: energy, transport and GHG emissions: trends to 2050, European Commission.

[70] Simoes, S. m.fl. (2013). The JRC-EU-TIMES model: Assessing the long-term role of the SET Plan Energy technologies, IET-JRC.

[71] EU Commission (2022). EU Science HUB, POTEnCIA, https://ec.europa.eu/jrc/en/potencia [2022-02-11]

för närvarande erbjuder Cambridge Econometrics utbildning om modellen samt licens endast som en del av redan pågående E3ME-projekt.[72]

Tidsramen för analys avsågs vara både kort- till medellång, och på en mer generell nivå även omfatta långsiktiga effekter av kortsiktiga policyförändringar. Modellen har sedan dess successivt byggts ut för att på ett mer detaljerat sätt kunna omfatta olika sektorer och geografiska områden i ekonomin. Modellen simulerar interaktionen mellan ekonomi, energisystemet och miljön (i form av utsläpp), detta sker genom tre olika så kallade moduler som motsvarar dessa områden.

E3ME är en makroekonometrisk ny-keynesiansk hybrid-modell som använder tidsserieekonometriska data. Med ny-keynesiansk, eller post-keynesiansk, makroekonometrisk modell menas att det aggregerade utbudet är en funktion av insatsen av kapital och arbetskraft och det är den aggregerade efterfrågan som beskriver storleken på ekonomin. Denna typ av modell tillåter att det finns imperfekt konkurrens och konjunkturarbetslöshet, vilket skiljer den från allmänjämviktsmodeller. Modellen bygger på en avbildning av ekonomin lik den i den välanvända makroekonomiska Flemming-Mundell-modellen (IS-LM), eller den så kallade AS/AD-modellen som illustrerar jämvikt på medellång sikt på de aggregerade produktions- och varu- eller tjänstemarknaderna. Information som går in i modellen är olika nationalräkenskaper som används i modelleringar av relationer och effektsamband uppskattas genom tidsserieekonometriska beräkningar.

Energisystemet modelleras dels som en beräkning och uppdelning av det totala energibehovet, dels som en integrerad bottom-up modell som beskriver elkraftssektorn. Energisystem interagerar dels med ekonomin via priser, efterfrågan och energiutbud, dels med utsläppsmodulen via de utsläpp i miljön som energisystemet orsakar.

I utsläppsmodulen beräknas utsläppen dels som sådana orsakade genom direkt förbränning hos slutkonsument alternativt genom utsläpp från elkraftindustrin som i sin tur säljer elektricitet vidare till dessa. Utsläppen är beräknade genom historiska data för utsläpp per mängd bränsle. Utsläppen är inte alltid uppdelade till de olika sektorerna eller aktiviteterna, vilket gör E3ME olämplig för att bedöma styrmedel för vissa sektorer och ämnen som t.ex. metan i jordbrukssektorn. Det krävs istället separata sektorsmodeller vilka modellerar jordbruket för detta. Vidare använder E3ME data från det så kallade ExternE-projektet för att modellera kostnader och nyttor av minskade utsläpp av luftföroreningar som t.ex. svaveloxider, kväve och PM10 i Europa.

Elkraftsektorn modelleras med en speciell ansats som heter Future Technology Transformations for the Power sector (FTTpower). Investeringar i olika kraftslag

[72] Cambridge Econometrics (2022). Training. https://www.e3me.com/how/training/ [2022-01-29]

modelleras med en metodik liknande en binär logit-modell. Kostnadsstrukturen för kraft bestäms bland annat med hjälp av lärandekurvor, och kraftslagens andel av den totala kraftgenereringen bestäms både utifrån kostnadsuppskattningar såväl som modellering av teknikspridning (diffusion). Detta ger utrymme för företeelser som ”stigberoende”[73] och teknologiska inlåsningar[74] i simuleringarna vilket orsakas av företeelser som learning-by-doing och nätverksexternaliteter.

E3ME har också en modul som modellerar materialåtgång. Modulen reagerar på priser och andra ekonomiska faktorer till skillnad från enklare typer av input-outputmodelleringar vilka har exogent bestämda kvantiteter av material i produktionsfunktionerna.

E3ME modellerar teknisk förändring och där denna har en endogen komponent genom FOU-utgifter. Dessa i sin tur adderas i en kunskapsstock vilken deprecierar med 10% (precis som fysiskt kapital i modellen). E3ME inkorporerar även spillovers vilka modelleras som virtuell FOU i de sektorer som berörs, alltså som att denna forskning faktiskt ägde rum inom dessa sektorer. Både produkt- och processutveckling ingår som tekniska framsteg. Kvalitetsförbättringar resulterar i antingen högre priser på produkter eller högre efterfrågan till befintligt pris vilket påverkar priser och handelsflöden i modellen. Effektivitetsförbättringar inom tillverkning och tjänster leder till högre potentiell produktion på makronivå och inom berörd sektor om denna är explicit modellerad.

E3ME inkorporerar också finansmarknaden genom de förutsättningar som finns för investeringar i modellen. E3ME antar inte fullständig undanträngning när kapital allokeras till exempel reningsaktiviteter eller FOU som uppstår till följd av regleringar så som standard är fallet i CGE-modeller. Med det senare avses att all resursallokering alltid har en alternativkostnad. Modellen tillåter icke-optimerande allokering av kapital vilket gör att en reglering i teorin kan innebära om-allokering av kapital som ökar produktionsnivån. Dessutom kan den totala kapitalmängden öka utan en motsvarande ökning i totalt sparande (Cambridge econometrics, 2019).

## 3.7 En översikt över EMEC och jämförbara modeller i andra länder

Baserat på den utblick som vi beskriver i avsnitt 3 kan vi se vissa likheter och skillnader mellan de sektorsövergripande modeller som används i Sverige och andra länder. I tabellen nedan ger vi en översikt över EMEC och andra jämförbara sektorsövergripande modeller. Jämförelsen baseras delvis på en sammanställning

[73] Med ”stigberoende”, eller den engelska benämningen path dependency, menas att vissa produkter eller metoder fortsätter användas till följd av historiska preferenser eller tidigare användning. Detta fortsätter trots att det finns nyare och mer effektiva alternativ tillgängliga.

[74] Med teknologiska inlåsningar, eller den engelska benämningen technology lock in, menas situationer när nya tekniker har svårt att konkurrera med befintliga som redan är etablerade (och dominerande) trots att de nya teknikerna egentligen är bättre.

som gjorts för liknande syfte av Teknisk berekningsutvalg for klima[75] på uppdrag av den norska regeringen. I bilaga B finns även en tabell som översiktligt beskriver hur modellerna hanterar utsläppsminskningsmöjligheter.

[75] Teknisk beregningsutvalg for klima (2021). Makromodeller til bruk i klimaanalyser. Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima. M-2110.

**Tabell 1 En översikt över EMEC och jämförbara sektorsövergripande makro-modeller som används i andra länder**

| | **EMEC (Sverige)** | **SNOW-NO (Norge)** | **IntERACT (Danmark)** | **GreenREFORM (Danmark) (Under utveckling)** | **GEM-E3 (EU)** | **E3-ME** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Modellägare** | Konjunkturinstitutet (utvecklar och använder) | Finansdepartementet (användare). Norges statistiska centralbyrå (utvecklare och användare) | Energistyrelsen (utvecklar och använder) | Det statliga forskningsinstitutet DREAM, Köpenhamns universitet och Århus universitet (utvecklar) | EU-Kommissionen, JRC | Konsultbolaget Cambridge Econometrics (utvecklare) Licensbaserad användning |
| **Modelltyp** | Kvasi-dynamisk rekursiv CGE-modell, dvs. lösning för varje period men kapitalstocken optimeras inte över tidsperioder | Dynamisk-rekursiv CGE-modell | Hybridmodell. En statisk CGE-modell + intertemporal dynamisk energisystem-modell för Danmark (TIMES-DK) | Hybridmodell Intertemporal dynamisk CGE-modell + 5 sektorsmodeller | Kvasi-dynamisk rekursiv CGE-modell, dvs. lösning för varje period men kapitalstocken optimeras inte över tidsperioder | Makroekonometrisk ny-keynesiansk hybrid-modell som använder tidsserieekonometriska data |
| **Länkning till sektorsmodell** | Ingen | Ingen | TIMES-DK Hårdkopplad (Iterativ process) | Integrerat system | Ingen | Uppgift saknas |
| **Hushåll** | 6 olika hushållstyper uppdelade efter inkomst och bostadstyp. Myopiska | En enhetlig hushållstyp. Myopiska | En enhetlig hushållstyp. Myopiska i CGE-modellen. | En enhetlig hushållstyp. Skiljer inte på åldersgrupper. Delvis framåtblickande delvis myopiska | Uppgift saknas. | En hushållstyp per region. |
| **Företag** | Ett representativt företag i varje näringssektor. 34 sektorer. Myopiska | Ett representativt företag i varje näringssektor. 46 sektorer. Myopiska | Ett representativt företag i varje näringssektor. 18 sektorer. Aktörerna i CGE-modellen är myopiska, men i TIMES-DK är det en framåtblickande samhällsplanering | Ett representativt företag i varje näringssektor. 59 branscher. Framåtblickande aktörer, men kan modellera med närsynthet i teknikanpassning | 31 Näringslivssektorer. Myopiska aktörer | 69 näringslivssektorer och 5 offentliga sektorer |

# 4. Analys och slutsatser

## 4.1 Tidigare slutsatser och rekommendationer från uppdrag och rapporter

Naturvårdsverket har tidigare utrett och redovisat analyser, slutsatser och förslag som har berört hur analysmodeller utvecklas och används i Sverige. Det finns redovisat bland annat i Naturvårdsverkets skrivelser ”Konsekvensanalyser av EU:s klimat- och energiramverk 2030 - Slutredovisning av uppdrag från regeringen”[76] och ”Utveckling av arbetet med modellering, scenarier och styrmedelsutvärdering i klimat- och energipolitiken – Redovisning av regeringsuppdraget styrmedel inom klimat- och energiområdet”. [77] Flera av slutsatserna från detta uppdrag är fortfarande aktuella. Naturvårdsverket pekade bland annat på att:

- De befintliga analyserna inte tar hänsyn till klimatpolitikens effekter på andra samhällsmål.
- Analyser på medellång sikt måste beakta långsiktiga mål.
- Fler, kompletterande, verktyg bör utvecklas för att kunna ge ett så heltäckande beslutsunderlag som möjligt.
- Teknikmodeller och makroekonomiska modeller behöver komplettera varandra.
- Det är en fördel om EMEC vid behov i framtiden kan köras länkad till en energisystemmodell.

Vidare lämnade Naturvårdsverket i samma uppdrag rekommendationer om att bygga vidare på befintliga modeller (dvs. EMEC och dåvarande MARKAL-Nordic), att göra insatser för att säkerställa transparens i arbetet, att flera analysmetoder borde användas samt att fortsätta följa den internationella forskningen och arbete med makroekonomiska analysmetoder på klimatområdet. Vi pekade också på behovet av att utveckla samverkan mellan myndigheter. Naturvårdsverket åtog sig att ta initiativ till en samverkansgrupp för den långsiktiga metod- och modellutvecklingen inom samhällsekonomisk analys på klimat- och energiområdet. Gruppen var tänkt att bestå av representanter från bland annat Naturvårdsverket, Energimyndigheten och Konjunkturinstitutet.[78]

[76] Energimyndigheten, Konjunkturinstitutet och Naturvårdsverket (2014). Konsekvenser av EU:s klimat- och energiramverk till 2030. Energimyndigheten, Konjunkturinstitutet och Naturvårdsverkets redovisning av uppdrag från regeringen. Naturvårdsverkets ärendenummer NV-00660-14.

[77] Naturvårdsverket (2015)

[78] Den samverkansgrupp som Naturvårdsverket avsåg ta initiativ till har sedan dess inte förverkligats i den form som var tänkt. Det är inte klarlagt varför samverkansgruppen inte blev av, men det finns indikationer om att det var svårt för berörda myndigheter att prioritera och avsätta tid och resurser för detta. Samverkan har dock skett i bredare frågor om samhällsekonomiska analyser inom miljömålssystemet, genom det myndighetsgemensamma projektet ”En plattform för samhällsekonomisk analys”. Se Naturvårdsverkets webbsidor om samhällsekonomiska analyser https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/styrmedel/samhallsekonomiska-analyser/ [2022-02-11]

Miljömålsberedningen lät år 2016 Copenhagen Economics göra en studie av modellanalyser av svenska klimatmål.[79] Rapportförfattarna gjorde en jämförelse och uttolkning av samhällsekonomiska analyser av svenska klimatmål och pekade sammanfattningsvis bland annat på att:

- Uppskattningar av de ekonomiska konsekvenserna av klimatmål varierar kraftigt mellan olika scenarion
- Kostnaden [av att minska utsläpp] är mycket beroende av antaganden, och beslutsunderlag bör undvika att förlita sig på enstaka scenarier
- Det inte är möjligt att bilda sig en entydig uppfattning om kostnaden av klimatmål enbart genom tillgängliga modellresultat. Enskilda resultat drivs starkt av modellbegränsningar, antaganden om vilka åtgärder som står till buds för att minska utsläppen, takten i vilken de kan genomföras, och vilka ytterligare ekonomiska konsekvenser (indirekta kostnader, jämviktseffekter, och sidokostnader/-nyttor) som uppstår.

Riksrevisionen har vid flera tillfällen granskat myndigheternas arbete på klimatområdet och pekade i en rapport[80] på att EMEC är ett viktigt verktyg för att ta fram vissa beslutsunderlag, men att modellen ensam inte kan besvara alla de frågor som behöver belysas vid stora samhällsomvandlingar. Vidare bedömde man att resultat från EMEC regelbundet behöver kompletteras med mer detaljerade analyser av energi- och transportsektorn, men även analys av vilken omställning som skulle behövas för att erhålla långsiktigt rimliga kostnader för önskad grad av måluppfyllelse.

I en senare rapport om statens arbete med scenarier[81] pekade Riksrevisionen exempelvis på att regeringen borde tydliggöra vilka ansvarsområden för scenarier de olika myndigheterna har. Exempelvis vilka av de berörda myndigheternas scenarier för ekonomi, trafik, energi, utsläpp, bostäder och befolkning med mera och tillhörande antaganden som ska utgöra utgångspunkt för övriga myndigheters scenarier. Bland rekommendationerna fanns också att inkludera Konjunkturinstitutet i klimatrapporteringsförordningen (2014:1434) med uppgiften att ta fram ekonomiska scenarier[82], och att Trafikverket bör utgå från Konjunkturinstitutets ekonomiska scenarier i arbetet med trafikscenarier.

[79] Copenhagen Economics (2016) Modellanalyser av svenska klimatmål En jämförelse och uttolkning av samhälllsekonomiska analyser av svenska klimatmål. Miljömålsberedningen 1 augusti 2016.

[80] Riksrevisionen (2013). Klimat för pengarna? Granskningar inom klimatområdet 2009–2013. RIR 2013:19.

[81] Riksrevisionen (2019). Att Planera för framtiden – statens arbete med scenarier inom miljö-, energi-, transport-, och bostadspolitiken. RIR 2019:4.

[82] Naturvårdsverket har därefter, i skrivelsen Förslag till ändringar i klimatrapporteringsförordningen mot bakgrund av nya krav (NV-08981-19), lämnat förslag om detta till regeringen.

I en rapport[83] från det vetenskapliga rådet för hållbar utveckling diskuterades också hur analysmodeller används som en del i samhällsekonomiska analyser. Rådet pekade bland annat på att det finns begränsningar kring samhällsekonomiska analyser som innebär att resultat bör tolkas med försiktighet och att det finns gränser för analysernas tillämpningar. Enligt rapportförfattarna berodde detta i grunden på att analyserna ofta berör komplexa samband och långsiktiga effekter som generellt är svåra att hantera med de nuvarande modeller och metoder som tillämpas för konsekvensbedömningar inom offentlig förvaltning.
I rapporten gavs ett antal rekommendationer avseende samhällsekonomiska analyser som tas fram på beställning för, och inom, offentlig förvaltning, bland annat om att:

- De metoder och modeller som tillämpas vid samhällsekonomiska analyser bättre bör beakta effekterna av utveckling, introduktion och kostnadsminskningar av ny teknik, ny kunskap och nya synsätt.
- Samhällsekonomiska analyser bör mer systematiskt innehålla effektsamband inom och mellan sociala, ekonomiska, tekniska och ekologiska områden, inklusive hur åtgärder och styrmedel förväntas påverka beteenden.

I Naturvårdsverkets pågående regeringsuppdrag om analyser och vägledning om klimateffektbedömningar och beräkningar[84] har Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Konjunkturinstitutet och Trafikverket i en delredovisning pekat på ett antal slutsatser och problemområden som bör hanteras i myndigheternas arbete med att utveckla klimateffektbedömningar. Flera av de slutsatser och problemområden som nämns i delredovisningen är också relevanta gällande de analysmodeller som kan visa samhällsekonomiska konsekvenser av en snabb klimatomställning. Till exempel talar slutsatserna om behovet av transparens, att beräkningar inte alltid är möjliga eller relevanta, att kvalitativa analyser av hur olika styrmedel bidrar till klimatomställningen behövs (oavsett om kvantitativa analyser genomförs) och att bedömningar behöver ha ändamålsenliga systemgränser som inte är för snäva i tid och rum. Den vägledning som myndigheterna tar fram inom ramen för nämnda uppdrag har som syfte att stödja främst statliga myndigheter, inklusive Regeringskansliet och statens offentliga utredningar, och de som inom eller åt myndigheter tar fram klimateffektbedömningar. Vägledningen ska bidra till att klimateffektbedömningarna blir transparenta, jämförbara och användbara inom klimatramverket på ett sådant sätt att effekterna av föreslagna eller beslutade åtgärder och styrmedelsförändringar i möjligaste mån kan räknas samman.

[83] Vetenskapliga rådet för hållbar utveckling (2018). Möjligheter och begränsningar med samhällsekonomiska analyser.

[84] I respektive regleringsbrev för 2021 fick Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Konjunkturinstitutet och Trafikverket i uppdrag att utveckla sitt arbete med att beräkna olika styrmedel och åtgärders effekter på växthusgasutsläppen. Naturvårdsverket skulle redovisa preliminära utgångspunkter och förslag senast den 30 juni 2021 och slutredovisa uppdraget senast den 31 december 2022. Naturvårdsverkets ärendenummer NV-00189-21. Se delredovisning Naturvårdsverket (2021).

Vägledningen handlar om genomförande av klimateffektbedömningar men berör i många delar hur Sverige arbetar med analysmodeller som också används för att analysera samhällsekonomiska konsekvenser.

## 4.2 Svårt för mottagaren att tolka och väga samman resultat från analysmodeller

Analysmodeller kan i bästa fall presentera scenarier för möjliga samhällsekonomiska konsekvenser, vilka i sin tur baseras på en rad olika antaganden gällande framtida utveckling inom de analyserade områdena. Sådana modellresultat behöver tolkas, sättas in i en lämplig kontext, prövas med hjälp av känslighetsanalyser och rimlighetsbedömningar och bör inte betraktas som prognoser. Sifferresultat, som genereras i till exempel allmänjämviktsmodeller, är inte avsedda eller lämpliga att direkt användas som underlag vid utformning av politik.[85] Modellresultat kan i många fall bidra med upplysningar kring storleksordning och riktning på förhållanden mellan olika faktorer, samt bistå med analytiska perspektiv gällande dynamiska effekter och samband i ekonomin. I en sammanvägd bedömning tillsammans med andra underlag kan modellresultat därmed tillföra värdefulla insikter om komplexiteten i den struktur som politiken försöker styra.

Utifrån våra intervjuer med handläggare på Regeringskansliet uppfattar Naturvårdsverket att det finns behov och önskemål om mer sammanvägda bedömningar och tolkningar av modellresultat. Detta behövs för att göra modellbaserade effektbedömningar av klimatåtgärder mer begripliga och användbara som underlag för regeringen.

Det räcker inte att modellerna och deras grundläggande funktionssätt och teoretiska ansatser är kända av mottagaren och att det finns utförliga modellbeskrivningar tillgängliga (som i fråga om bland annat EMEC och TIMES Nordic). Det krävs vanligen expertkunskaper om olika sektorer av samhället och egen erfarenhet av att utveckla eller åtminstone professionellt använda sig av analysmodeller för att kunna tolka resultaten från dem på ett bra sätt, inte minst för att förstå vilka tillkortakommanden som sådana beräkningar har och vilken vikt man kan lägga vid kvantitativa resultat från dessa.

Vi ser samtidigt ett arbetssätt hos berörda myndigheter som idag saknar tydliga former för löpande samverkan och samarbete gällande samhällsekonomisk modellering. Bedömningar från olika myndigheter och analysmodeller tenderar att stå var för sig, utan ett tydligt arbetssätt eller analysramverk för att väga samman de bedömningar av samhällsekonomiska konsekvenser av klimatomställning vilka har beräknats i olika typer av modeller och för olika sektorer av samhället.

[85] Det finns exempel när EMEC i Sverige, likt motsvarande tillämpning av SNOW i Norge, har använts för att räkna fram mycket höga koldioxidskatter till följd av klimatpolitiska målsättningar.

## 4.3 Svårt att modellera stora förändringar i flera sektorer av samhället

Naturvårdsverket har tidigare framfört invändningar[86, 87] mot hur EMEC har använts i analyser av klimatpolitiken i samband med Konjunkturinstitutets analys[88] av Färdplan 2050. Ett annat exempel är våra synpunkter[89] på Konjunkturinstitutets[90] analyser av transportsektorns klimatmål, om att resultat från en modell som EMEC påverkas av hur modellen kan ta hänsyn till teknik- och normskiften och att modellen begränsar hur omställningen kan ske. Men Naturvårdsverket ser nu att Konjunkturinstitutet har gjort omfattande arbetsinsatser för att utveckla EMEC, bland annat för att åtgärda en del av de brister som har påtalats tidigare. Modellen har genom riktade projekt utvecklats för att bättre tillgodose regeringens behov av konsekvensanalyser, framförallt på vägtransportområdet. Konjunkturinstitutet har i och med omprogrammeringen av EMEC skapat nya möjligheter att utveckla innehållet i modellen och det verkar finnas teknisk potential för vidareutveckling framöver. Det behövs dock betydande ytterligare arbetsinsatser för att uppnå en liknande detaljrikedom för andra sektorer, likt den man nu uppnått för vägtransporter.

Naturvårdsverket ser att behovet av sektorsövergripande analyser (med hög detaljrikedom för olika sektorer) kommer att öka, bland annat till följd av höjda klimatambitioner på EU-nivå. I EU:s nya paket ”Fit for 55” är till exempel markanvändning i jord- och skogsbruk viktiga områden för åtgärder. Dessa sektorer är svåra att analysera på ett ändamålsenligt sätt i EMEC idag. Exempel på det finns i Konjunkturinstitutets Miljöekonomiska rapport 2021[91], där författarna bland annat skriver:

» *EMEC fångar flöden av skoglig biomassa som används för energiändamål, och de biogena koldioxidutsläpp som uppstår till följd av förbränning av biomassa. I övrigt finns kolbalanserna i LULUCF-sektorn inte representerade. Mark finns inte representerat som en begränsad resurs i modellen, och upptag och lagring av kol i levande biomassa bokförs inte. Konjunkturinstitutet har för avsikt att utveckla modellen så att den kan hantera även kolbalanserna inom LULUCF-sektorn, men det har inte varit*

[86] Naturvårdsverket (2013a). Samrådsyttrande på Konjunkturinstitutets rapport – Från vision till verklighet- En samhällsekonomisk analys av Färdplan 2050. Ärendenummer NV-06777-13.

[87] Naturvårdsverket (2013b). Samrådsyttrande på Konjunkturinstitutets årliga rapport, Miljö, ekonomi och politik. Ärendenummer NV-08854-13.

[88] Konjunkturinstitutet (2013). Från vision till verklighet – En samhällsekonomisk analys av Färdplan 2050. Specialstudier nr 34.

[89] Naturvårdsverket (2019). Naturvårdsverkets yttrande över Konjunkturinstitutets Miljöekonomiska rapport Transportsektorns klimatmål. Ärendenummer NV-05121-19.

[90] Konjunkturinstitutet (2019). Transportsektorns klimatmål. Årlig rapport 2019.

[91] Konjunkturinstitutet (2021). Miljö, ekonomi och politik 2021 – Skogen, klimatet och politiken.

*möjligt att genomföra den typen av modellutveckling inom ramen för årets miljöekonomiska rapport. Detta innebär en kraftig begränsning vad gäller vilken typ av frågor som kan besvaras av modellen, med avseende på hur Sverige kan uppfylla sitt beting inom LULUCF-sektorn.*

Naturvårdsverket har i ett yttrande[92] också pekat på sådana utvecklingsbehov och bristerna i de analyser av skogssektorn som kan göras med befintlig modell.

Som vi har beskrivit i avsnitt 2 finns idag EMEC och ett antal sektorsmodeller till hjälp för att göra kvantitativa beräkningar av samhällsekonomiska konsekvenser av svensk klimatpolitik. I relation till vad regeringen verkar behöva, ser vi att befintliga modeller (både i Sverige och i andra länder) i många fall saknar förmåga att analysera utpekade behov av en storskalig samhällsomvandling. Det vill säga analyser av stora skiften i till exempel teknik, normer och beteenden, liksom förändringar i hur samhället organiseras. Sådana transformativa förändringar står i kontrast till de mer linjära, inkrementella eller stegvisa förändringar som utgår från nuläget och rådande samhällsstrukturer och som befintliga analysmodeller har tagits fram för att undersöka. Vi är medvetna om att det kommer vara mycket svårt – om ens möjligt – att beskriva och analysera sådana transformativa förändringar genom kvantitativ modellering. Det handlar i många fall om förändringar som inte har observerats ännu, inte går att extrapolera från tidigare förhållanden och är otillräckligt utforskade för att kunna kvantifieras på ett sätt som går att använda i modeller.

Naturvårdsverket ser det inte som realistiskt att modeller ska kunna ge all den typ av ändamålsenliga underlag som regeringen efterfrågar. Men vi ser trots allt behov och möjligheter att utveckla och komplettera de modeller som används i Sverige idag. Det handlar till exempel om att utveckla analysförmågan med hänsyn till:

- Teknisk utveckling och större teknikskiften
- Interaktionen med den finansiella sektorn och hur denna påverkar tillgången på kapital för investeringar
- Jordbruks- och skogssektorn och markanvändning
- El- och värmesektorn kopplat till industrisektorn
- Dynamisk modellering med intertemporalt beslutsfattande, alltså framåtblickande förväntningar från hushåll och företag över hela analyshorisonten för ett beräknat scenario
- Icke-optimerande aktörer i ekonomin
- Trögheter på arbetsmarknaden, vilket är en del av att även kunna modellera omställningsprocessen mellan olika jämviktstillstånd

Vissa av dessa punkter är föremål för forskningsarbete internationellt. En del av dem, som endogen teknisk utveckling, har redan tidigare funnits med på

[92] Naturvårdsverket (2021). Naturvårdsverkets synpunkter på Konjunkturinstitutets Miljöekonomiska rapport 2021 – Skogen, klimatet och politiken. Ärendenummer NV-09361-21.

experimentbasis i EMEC i syfte att förbättra modellen, men har sedan inte kommit att användas i det ordinarie arbetet. Detta beror bland annat på att modellresultaten också blir svårare att bedöma på grund av högre grad av komplexitet. Som känslighetsanalys kan det dock ändå vara av värde att ha med sådana modellberäkningar som en ytterligare referenspunkt i analysarbetet.

Vissa forsknings- och utvecklingsprojekt har gjorts för att undersöka hur makro- och sektorsmodeller kan länkas samman. Ett exempel på detta är när man utvecklade så kallad mjuklänkning mellan EMEC och TIMES, men det verkar som att resultaten från sådana försök inte har motsvarat förväntningarna (se mer om detta i avsnitt 2.3.2).

## 4.4 Sektorsövergripande analysarbete kräver utökat samarbete

Naturvårdsverket bedömer att det behövs ett utökat och långsiktigt samarbete mellan flera myndigheter för att ge bättre förutsättningar för bredare och mer sammanvägda bedömningar av hur olika samhällssektorer och branscher både påverkas av klimatomställningen och av varandra under denna process. Vi uppfattar det som att olika sektorsmyndigheter i hög grad har tillgång till sådana analysmodeller som behövs för sektorsspecifika analyser (i egen drift eller genom beställningar till externa utförare). Det sker också samarbete kring analysmodeller mellan berörda myndigheter i specifika fall, till exempel när man får i uppdrag att utreda styrmedel. Men det saknas tydliga uppdrag, eller utpekat ansvar, för relevanta myndigheter att tillsammans och löpande samarbeta i sektorsövergripande analyser av samhällsekonomiska konsekvenser av klimatpolitiken, innefattat utveckling och tillämpning av modeller för detta. Detta ger ofördelaktiga förutsättningar inte bara för modellutveckling (till exempel om man vill utveckla detaljnivån för vissa sektorer i en makromodell) utan också för analysarbetet som vi anser sker alltför uppdelat idag.

Vi ser liknande situationer i andra länder, men det finns också exempel på hur man har gjort insatser för att utveckla arbetet med bland annat sektorsövergripande analysmodeller. Danmark är ett intressant exempel på detta, där vi tolkar det som att situationen på flera sätt tidigare liknat den i Sverige, med många olika analysmodeller utspridda på olika myndigheter vilka i sin tur har olika fokus för sina respektive analysarbeten. Projektet GreenREFORM har som målsättning att utveckla en allmän jämviktsmodell (med bland annat integrerade undermodeller för olika sektorer) som ett ramverk för att samla så mycket tekniska detaljer som möjligt i en makroekonomisk policyanalys. Naturvårdsverket ser med intresse fram emot att ta del av analysresultat från GreenREFORM, vilket väntas börja komma under år 2022. Det danska projektet bör också vara av intresse för bland annat Konjunkturinstitutet att undersöka närmare.

Vi noterar också att det kommer att krävas fortsatt och utvecklat samarbete mellan myndigheter, universitet och forskningsinstitut i Danmark för att nå målsättningarna för GreenREFORM. Till exempel är utvecklingen av modellen starkt beroende av detaljerad information om tekniker i olika branscher, som behöver komma från de myndigheter och institutioner som har den kunskapen. Sådan information är färskvara vilket pekar på att projekt liknande GreenREFORM kräver varaktig finansiering och långsiktiga samarbeten mellan berörda aktörer.

Naturvårdsverket uppfattar det som att organisationen av analysarbetet i Storbritannien också karaktäriseras av utmaningar med att koppla ihop och väga samman konsekvenser av klimatpolitik i olika sektorer av samhället. Det analysarbete som görs inom the Climate Change Committee verkar fungera bra tack vare en välutvecklad iterativ dialog mellan den övergripande aggregerade analysen och den sektorspecifika nivån. Det framstår också som tydligt att denna typ av analysarbete kräver samarbete mellan många engagerade personer med både djupa expertkunskaper om olika sektorer och kompetens inom modellering och samhällsekonomisk analys. Det innebär att arbetet är mycket beroende av personresurser, med rätt erfarenhet och kompetens, vilka arbetar långsiktigt tillsammans med gemensamma analyser.

Vi bör i detta sammanhang också lyfta fram universitetens och forskningens roll. Vi noterar att det tidigare har gjorts forskningsinsatser i samarbete mellan myndigheter och forskare, bland annat för att utveckla och testa möjligheter att länka samman modeller.[93] Det pågår för närvarande flera forskningsprojekt på till exempel Luleå tekniska universitet[94] och institutionen för Rymd-, geo- och miljövetenskap vid Chalmers tekniska högskola[95] som har relevans för sådana typer av tekniska systemanalyser och utvecklingsbehov i modeller som vi diskuterar i detta uppdrag. Vidare bedrivs det för sammanhanget intressant forskning om klimat- och energiekonomi, styrmedel, fördelningsfrågor m.m. på Sveriges lantbruksuniversitet och Umeå universitet[96]. Sådana forsknings- och utbildningsmiljöer levererar inte bara viktiga kunskaper, de utgör även viktiga platser för att utveckla sådan kompetens som behövs i arbetet med modeller och analyser.

Sammanfattningsvis bedömer Naturvårdsverket att det behövs ett utökat analysarbete i samarbete mellan flera myndigheter och aktörer för att ge bredare

[93] Berg, C. Krook-Riekkola, A. Ahlgren, E. Söderholm, P., (2012). Mjuklänkning mellan EMEC och TIMES-Sweden – en metod för att förbättra energipolitiska underlag. Konjunkturinstitutet, specialstudier nr 32. Stockholm

[94] Luleå tekniska universitet (2022). Ongoing research projects. https://www.ltu.se/research/subjects/Energiteknik/Forskningsomraden/Energisystemanalys/TIMES-Sweden/Pagaende-forskningsprojekt-1.183572?l=en [2022-02-01]

[95] Chalmers (2022). Rymd-, geo- och miljövetenskap, Forskning. https://www.chalmers.se/sv/institutioner/see/forskning/Sidor/default.aspx [2022-02-01].

[96] Se till exempel CERE (2022). Vår forskning. http://www.cere.se/se/forskning.html [2022-02-01]

och mer ändamålsenliga underlag till Sveriges klimatpolitik. Det räcker inte med bara teknisk utveckling av modeller. Erfarenheter från andra länder talar för att analysarbetet i Sverige också behöver ske i ökat samarbete mellan sådana aktörer som har erfarenhet och kompetens att göra övergripande konsekvensanalyser av klimatpolitik och aktörer som gör sektorsspecifika analyser. Naturvårdsverket bedömer vidare att det inte är lämpligt att utveckla någon egen organisation för sådana ändamål eftersom det skulle leda till onödigt administrativt arbete. Det som efterfrågas är snarare smidiga former för samarbete mellan ett urval av myndigheter i Sverige som redan idag på ett eller annat sätt är involverade i klimatarbetet.

Naturvårdsverket bedömer att riktade uppdrag behövs till berörda myndigheter för att få till stånd sådant samarbete som vi ser behov av enligt ovan. Naturvårdsverket bör ingå i sådant samarbete, givet det ansvar[97] som vi har som förvaltningsmyndighet i frågor om bl.a. klimat och luft och att myndigheten vid behov ska föreslå åtgärder för miljöarbetets utveckling. Enligt instruktion ska Naturvårdsverket också utvärdera, följa upp och i samråd med berörda myndigheter utveckla tillämpningen av samhällsekonomiska analyser samt löpande och strategiskt analysera och utvärdera styrmedel och åtgärder. Konjunkturinstitutet har redan till uppgift[98] att bl.a. utveckla miljöekonomiska modeller och att göra samhällsekonomiska analyser, som ska omfatta miljö- och klimatpolitiska styrmedel, och andra miljöekonomiska analyser av relevans för svensk miljö- och klimatpolitik. Det vill säga uppgifter som anknyter till sådana behov som vi beskriver ovan om att utveckla sektors- och makroekonomiska modeller för att kunna göra bredare och djupare samhällsekonomiska konsekvensanalyser av hela den svenska klimatpolitiken, även av regelverk och styrmedel som utformas på EU-nivå.

## 4.5 Resurser för höjda ambitioner i analysarbetet

Det behövs samhällsekonomiska analyser som visar övergripande konsekvenser av förändrad politik för hela samhället. Samtidigt behövs mer detaljerade kunskaper om vad som händer i varje sektor när man förändrar befintliga styrmedel och implementerar nya åtgärder för att nå klimatpolitiska mål. Sådan kunskap är relevant bland annat för att samhället behöver kunna planera och göra eventuella satsningar på utbildning, boende, infrastruktur och på andra relevanta områden för att matcha efterfrågan på samhällsservice och arbetskraft i olika sektorer och i olika delar av landet. Vidare behöver man inför politiska beslut få underlag för att kunna bedöma vilka samhällsgrupper som gynnas eller missgynnas av politiken. Styrmedel och åtgärder inom klimatpolitiken kan ha väsentligt olika konsekvenser för kvinnor och män, unga och gamla, hög- och lågutbildade och olika

[97] Förordning (2012:989) med instruktion för Naturvårdsverket.

[98] Förordning (2007:759) med instruktion för Konjunkturinstitutet

socioekonomiska grupper i städer och på landsbygden. Modeller kan inte alltid visa sådana resultat, men de kan bidra med upplysningar som tillsammans med kvalitativa analyser kan vägas samman och bidra till mer mångsidiga och ändamålsenliga underlag för regeringen.

Naturvårdsverket bedömer att det behövs mer utvecklade analyser för att möta ovan nämnda behov av bedömningar och underlag. Sådana behov kan dock inte tillgodoses enbart av analysmodeller och vi bedömer att det behövs ett utvecklat samarbete mellan flera myndigheter i analysarbetet för att svara mot regeringens behov. Utvecklingen av EMEC, till exempel i fråga om vägtransportsektorn, har varit både tids- och resurskrävande. Konjunkturinstitutet uttrycker att de skulle behöva mer resurser för att kunna förverkliga angelägna utvecklingsinsatser. Att utveckla sektorsmodelleringen i EMEC kräver vanligen samarbete med och arbetsinsatser från bland annat berörda sektorsmyndigheter vilket skulle underlättas av utvecklade samverkansformer.

Frågan är då vad sådana ambitionshöjningar och satsningar skulle kräva för resurser. Om Naturvårdsverket får i uppdrag att bygga upp och utveckla formerna för samarbete kring nämnda typer av analyser skulle det kunna ske som en del i det förstärkta klimatanalysarbete som har föreslagits i Naturvårdsverkets budgetunderlag 2022–2024.[99] I övrigt kan vi i nuläget inte bedöma fullt ut vilka eventuella utökade resurser som kan behövas för att utveckla analys- och modellarbetet. Detta bland annat eftersom vi saknar en fullständig bild av vilka resurser som ägnas specifikt åt arbete med klimatpolitiska analyser och modeller idag i Sverige. Nedan följer ändå några belysande exempel på hur läget ser ut och vad som skulle kunna krävas för att utveckla analys- och modellarbetet.

Riksrevisionen har tidigare gjort en sammanställning[100] av antalet personer som arbetar med scenarier inom miljö-, energi-, transport-, och bostadspolitiken och hur många heltidstjänster som detta motsvarar på de olika myndigheterna. Men denna sammanställning talar inte om vilka resurser som myndigheterna ägnar specifikt åt arbete med analysmodeller för att ge underlag för klimatpolitiska bedömningar. Vi har därför sökt information om detta i vår egen utredning.

Konjunkturinstitutet har under perioden 2015–2020 haft 1–2 helårsarbetskrafter avsatta för att utveckla EMEC. Man har på senare tid förstärkt arbetet och har idag cirka 2,5 helårsarbetskrafter inriktade på arbete med EMEC. Naturvårdsverket gör uppskattningen att Energimyndigheten ägnar ungefär 1–2 personresurser per år åt riktat arbete med TIMES-modeller, som beställare och användare av modellresultat. Energimyndigheten beställer beräkningar och analyser från Profu som är den konsult som utvecklar och underhåller TIMES Nordic. Utöver nämnda två myndigheter ägnar flera andra svenska myndigheter resurser åt både arbete med

[99] Sidorna 8–9 i Naturvårdsverket (2021). Budgetunderlag 2022–2024. Ärendenummer NV-08662-20.

[100] Riksrevisionen (2019) s.64.

egna analysmodeller och beställningar av analyser och underlag som kan kopplas till analysmodeller med relevans för klimatpolitiska bedömningar. Naturvårdsverket saknar närmare information om hur mycket resurser som används för detta idag.

Som jämförelse kan nämnas att man i Norge har uppskattningsvis 4,5 årsarbetskrafter som ägnas åt arbete med SNOW-modellen på den norska Statistiska sentralbyrån.[101] I Danmark riktas särskild finansiering till projektet GreenREFORM vilket har gjort det möjligt att ha 4–5 årsarbetskrafter i projektet. Totalt är cirka 18 personer, varav flera studenter, från olika universitet och forskningsinstitutet DREAM kopplade till projektet även om de inte jobbar heltid med detta. Därtill arbetar en rad andra myndigheter och institutioner i Danmark med att utveckla och använda analysmodeller, till exempel den danska Energistyrelsen. Som ett tredje exempel finns Climate Change Comittee i Storbritannien, där ett team på cirka 20 personer arbetar löpande med studier och modeller kopplade till klimatpolitiska analyser. Där riktas ungefär två personer mot varje sektor. Därtill låter man göra en del externt utförda analyser och modellarbeten. Det bör också nämnas att Storbritannien har ett stort antal (enligt uppgift hundratals) personer som löpande arbetar med klimatpolitiskt relaterade analyser och bedömningar på departementsnivå.

Jämfört med vad vi sett i vår utblick till andra länder, framstår det som att resurserna för arbete med analysmodeller i Sverige är mer begränsade och utspridda. Sverige satsar jämförelsevis mindre resurser på sektorsövergripande analyser och modellarbete kopplat till klimatpolitiska frågeställningar.

[101] Det väntas komma en rapport under 2022 som ska beskriva hur organisationen av analysarbetet ser ut i Norge, från Teknisk beregningsutvalg for klima. Det kan komma att ge en tydligare bild också av resursläget i Norge.

# 5. Naturvårdsverkets rekommendationer

Naturvårdsverket rekommenderar att regeringen ger berörda statliga myndigheter i uppdrag att samarbeta långsiktigt i en ”analysfunktion”. Där bör myndigheterna bidra med sina kompetenser med syfte att åstadkomma djupare och långsiktigt samarbete som mynnar i mer användbara analyser och underlag för att bedöma samhällsekonomiska konsekvenser av Sveriges och EU:s klimatpolitik. Målsättningen för ”analysfunktionen” bör vara att utveckla gemensamt analysarbete, arbetsformer och analysmetoder för att åstadkomma underlag och bedömningar av samhällsekonomiska konsekvenser som efterfrågas av regeringen, det statliga utredningsväsendet och statliga myndigheter. ”Analysfunktionen” skulle kunna bistå med:

- Sammanvägda och sektorsövergripande samhällsekonomiska bedömningar av nationell och EU-relaterad klimatpolitik
- Kvalitativa analyser av relevanta områden och aspekter som modeller har svårt att fånga inför val av styrmedel som gör att uppsatta klimatmål kan nås i tid
- Kvalificerade rimlighetsbedömningar och tolkningar av modellresultat

För att stärka analysarbetet enligt ovan ser vi också behov av att utveckla sektors- och makroekonomiska modeller för att kunna göra bredare och djupare samhällsekonomiska konsekvensanalyser av hela den svenska klimatpolitiken. Detta modellutvecklingsarbete bör i så fall inriktas på att utveckla förmågan att analysera till exempel:

- Hur olika samhällssektorer och branscher påverkas av och påverkar varandra i klimatomställningen
- Interaktion mellan och inom jord- och skogsbrukssektorn i förhållande till andra sektorer såsom industrin
- Teknisk utveckling och större teknikskiften
- Påverkan på och av den finansiella sektorn
- Dynamik med framåtblickande förväntningar i företag och hushåll över hela analyshorisonten
- Icke-optimerande aktörer i ekonomin
- Trögheter på arbetsmarknaden vilket kan försvåra omställningsprocesser

Vi ser också möjligheter att utveckla och fördjupa samarbeten med svenska universitet och forskningsinstitutioner i fråga om utveckling och användning av sektors- och makromodeller. Det bör också undersökas hur samarbeten med myndigheter eller organisationer i våra nordiska grannländer kan utvecklas på detta område. Det kan vara lämpligt för regeringen att överväga att ge ett riktat uppdrag till berörda svenska myndigheter att undersöka hur erfarenheterna från arbetet med det danska projektet GreenREFORM kan överföras till Sverige.

Naturvårdsverket avstår från att redovisa några specifika rekommendationer om vilka budgetmässiga förutsättningar som kan komma att behövas för att genomföra en ambitionshöjning enligt ovan. Vi vill samtidigt peka på att denna typ av arbete med och kring analysmodeller kräver stabila och långsiktiga förutsättningar, både vad gäller uppdrag och finansiering. Naturvårdsverket bedömer att arbetet med sammanvägda analyser och effektbedömningar av klimatstyrmedel behöver förstärkas, för att myndigheterna tillsammans ska kunna bidra till ett mångsidigt och ändamålsenligt underlag till regeringens samlade politik mot nettonollutsläpp.

# 6. Källförteckning


Aune, F.R. og Fæhn, T. (2016). Makroøkonomisk analyse for Norge av klimapolitikken i EU og Norge mot 2030. (Statistisk Sentralbyrå rapport 25/16). https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/makrookonomisk-analyse-for-norge-av-klimapolitikken-i-eu-og-norge-mot-2030 [2022-02-11]

Balyk, O. m.fl. (2019). TIMES-DK: Technology-rich multi-sectoral optimisation model of the Danish energy system, Energy Strategy Reviews, Vol. 23, sid. 13-22, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X18301044?via%3Dihub [2022-02-11]

Berg, C. (2007). Household Transport Demand in a CGE-framework, Environmental & Resource Economics, 37:573–597

Berg, C. Krook-Riekkola, A. Ahlgren, E. Söderholm, P., (2012). Mjuklänkning mellan EMEC och TIMES-Sweden – en metod för att förbättra energipolitiska underlag. Konjunkturinstitutet, specialstudier nr 32. Stockholm

Broberg, T., Berg, C. och Samakovlis, E. (2015). The economy-wide rebound effect from improved energy efficiency in Swedish industries – A general equilibrium analysis, Energy Policy, 83:26–37

Bye, B., Fæhn, T., Heggedal, T.-R., Jacobsen, K., & Strøm, B. (2008). An innovation and climate policy model with factor-biased technological change: A small, open economy approach, Reports 22/2008. Statistics Norway.

Cambridge econometrics. (2019). E3ME Technical Manual v6.1.

Cambridge Econometrics (2022). Training. https://www.e3me.com/how/training/ [2022-01-29]

CERE (2022). Vår forskning. http://www.cere.se/se/forskning.html [2022-02-01]

Chalmers (2022). Rymd-, geo- och miljövetenskap, Forskning. https://www.chalmers.se/sv/institutioner/see/forskning/Sidor/default.aspx [2022-02-01].

Copenhagen Economics (2016). Modellanalyser av svenska klimatmål En jämförelse och uttolkning av samhälllsekonomiska analyser av svenska klimatmål. Miljömålsberedningen 1 augusti 2016.

De Vita, A. m.fl. (2021). EU reference scenario 2020: energy, transport and GHG emissions: trends to 2050, European Commission, Publications Office, https://data.europa.eu/doi/10.2833/35750 [2022-02-11]

Energimyndigheten (2021). Scenarier över Sveriges energisystem 2020, ER 2021:6, https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=185971 [2022-02-11]

Energimyndigheten, Konjunkturinstitutet och Naturvårdsverket (2014). Konsekvenser av EU:s klimat- och energiramverk till 2030. Energimyndigheten, Konjunkturinstitutet och Naturvårdsverkets redovisning av uppdrag från regeringen. Naturvårdsverkets ärendenummer NV-00660-14.

Energy Technology Systems Analysis Program (2022). Technology Collaboration Programme. https://iea-etsap.org [2022-01-31]

EU Commission (2022). EU Science HUB, POTEnCIA, https://ec.europa.eu/jrc/en/potencia [2022-02-11]

EU Commission (2022). Modelling tools for EU analysis. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/economic-analysis/modelling-tools-eu-analysis_en [2022-02-14]

Förordning (2007:759) med instruktion för Konjunkturinstitutet

Förordning (2012:989) med instruktion för Naturvårdsverket

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Solid waste disposal. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf [2022-02-01]

Joint Research Center (2022). PRIMES Energy System Model, https://web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/explore/models/model-primes [2022-02-02]

Kemmler m.fl. (2021). Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050: Gesamtdokumentation der Szenarien, Prognos AG, Basel, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/energiewirtschaftliche-projektionen-und-folgeabschaetzungen-2030-2050.html [2022-02-11]

Konjunkturinstitutet (2013). Från vision till verklighet – En samhällsekonomisk analys av Färdplan 2050. Specialstudier nr 34.

Konjunkturinstitutet (2019). Transportsektorns klimatmål. Årlig rapport 2019.

Konjunkturinstitutet (2021). Miljö, ekonomi och politik 2021 – Skogen, klimatet och politiken.

Krook Riekkola, A. m.fl. (2017a). Biomassa, systemmodeller och målkonflikter, rapport 2017:407, Energiforsk, https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/biomassa-systemmodeller-och-malkonflikter-2017-407/ [2022-02-11]

Krook-Riekkola, A. m.fl. (2017b). Challenges in top-down and bottom-up soft-linking: Lessons from linking a Swedish energy system model with a CGE model, Energy, Vol. 141, sid. 803-817, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217316274?via%3Dihub [2022-02-11]

Lehr, U. m.fl. (2011). Die Modelle ASTRA und PANTA RHEI zur Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen umweltpolitischer Instrumente - ein Vergleich, gws Discussion Paper 2011/4, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH, Osnabrück, https://papers.gws-os.com/gws-paper11-4.pdf [2022-02-11]

Luleå tekniska universitet (2022). Ongoing research projects. https://www.ltu.se/research/subjects/Energiteknik/Forskningsomraden/Energisystemanalys/TIMES-Sweden/Pagaende-forskningsprojekt-1.183572?l=en [2022-02-01]

Naturvårdsverket (2013a). Samrådsyttrande på Konjunkturinstitutets rapport – Från vision till verklighet- En samhällsekonomisk analys av Färdplan 2050. Ärendenummer NV-06777-13.

Naturvårdsverket (2013b). Samrådsyttrande på Konjunkturinstitutets årliga rapport, Miljö, ekonomi och politik. Ärendenummer NV-08854-13.

Naturvårdsverket (2015). Utveckling av arbetet med modellering, scenarier och styrmedelsutvärdering i klimat- och energipolitiken. Redovisning av regeringsuppdraget Styrmedel inom klimat- och energiområdet.

Naturvårdsverket (2018) Beskrivning av SASM: En ekonomisk optimeringsmodell över jordbrukssektorn i Sverige, Rapport 6815, https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1606842/FULLTEXT01.pdf [2022-02-11]

Naturvårdsverket (2019). Naturvårdsverkets yttrande över Konjunkturinstitutets Miljöekonomiska rapport Transportsektorns klimatmål. Ärendenummer NV-05121-19.

Naturvårdsverket (2021). Analyser och vägledning om klimateffektbedömningar och beräkningar. Delredovisning av Naturvårdsverkets, Energimyndighetens, Konjunkturinstitutets och Trafikverkets gemensamma regeringsuppdrag. Ärendenummer NV-00189-21.

Naturvårdsverket (2021). Naturvårdsverkets synpunkter på Konjunkturinstitutets Miljöekonomiska rapport 2021 – Skogen, klimatet och politiken. Ärendenummer NV-09361-21.

Nordic Energy Research (2022a). Energy system models used for the Nordic Clean Energy Scenarios, Nordisk energiforskning, https://cleanenergyscenarios.nordicenergy.org/model [2022-02-02]

Nordic Energy Research (2022b). Explore Nordic Clean Energy Scenarios, Nordisk Energiforskning, https://www.nordicenergy.org/project/nordic-clean-energy-scenarios-solutions-for-carbon-neutrality/ [2022-02-11]

Repenning, J. m.fl. (2019). Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung: Endbericht, Öko-Institut, Berlin, https://www.bmu.de/meldung/folgenabschaetzung-zu-den-sektorzielen-2030-des-klimaschutzplans [2022-02-11]

Repenning, J. m.fl. (2021). Projektionsbericht 2021 für Deutschland, Öko-Institut, Berlin, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf [2022-02-11]

Riksrevisionen (2013). Klimat för pengarna? Granskningar inom klimatområdet 2009–2013. RIR 2013:19.

Riksrevisionen (2019). Att Planera för framtiden – statens arbete med scenarier inom miljö-, energi-, transport-, och bostadspolitiken. RIR 2019:4.

Simoes, S. m.fl. (2013). The JRC-EU-TIMES model: Assessing the long-term role of the SET Plan Energy technologies, IET-JRC, https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC85804 [2022-02-11]

Sveriges lantbruksuniversitet (2022). Skogliga Hållbarhetsanalyser, SHa. https://www.slu.se/SHa [2022-02-01]

Taljegard, M. m.fl. (2019) Impacts of electric vehicles on the electricity generation portfolio – A Scandinavian-German case study, Applied Energy, Vol. 235, sid. 1637-1650, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918316970?via%3Dihub#b0120

Teknisk beregningsutvalg for klima (2019). Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2019.

https://www.regjeringen.no/contentassets/ae16bb6bcd8d433a9b3ce59ed9dddba8/m1442_tbu_rapport.pdf [2022-02-11]

Teknisk beregningsutvalg for klima (2020). Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2020. https://www.regjeringen.no/contentassets/eac49cb2b95a43b583d9b7407f5e4117/rapport-fra-teknisk-beregningsutvalg-for-klima-2020.pdf [2022-02-11]

Teknisk beregningsutvalg for klima (2021). Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2021. https://www.regjeringen.no/contentassets/809f8b2cc650484890a8383010499e4c/m-2078_2021-tbu-klima-arsrapport.pdf [2022-02-11]

Teknisk beregningsutvalg for klima (2021). Makromodeller til bruk i klimaanalyser. Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima. M-2110. https://www.regjeringen.no/contentassets/8d941450849f474eba3748d801170ef9/m-2110_2021-tbu-klima-makrorapport-002.pdf [2022-02-11]

Umweltbundesamt (2020a). Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – GreenEe: Abschlussbericht, Climate change 01/2020, Umweltbundesamt, Dessau-Roβlau, https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greenee [2022-02-11]

Umweltbundesamt (2020b). Verbesserung der methodischen Grundlagen und Erstellung eines Treibhausgasemissionsszenarios als Grundlage für den Projektionsbericht 2017 im Rahmen des EU-Treibhausgasmonitorings („Politikszenarien VIII“): Abschlussbericht, Climate change 11/2020, Umweltbundesamt, Dessau-Roβlau, https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verbesserung-der-methodischen-grundlagen-erstellung

Umweltbundesamt (2021). Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität: RESCUE – Studie, Climate change 36/2019, 2. Auflage Juni 2021, Umweltbundesamt, Dessau-Roβlau, https://www.umweltbundesamt.de/rescue

Vetenskapliga rådet för hållbar utveckling (2018). Möjligheter och begränsningar med samhällsekonomiska analyser.

Widén, J. m.fl. (2011) Impacts of large-scale solar and wind power production on the balance of the Swedish power system, World Renewable Energy Congress, Linköping, https://ep.liu.se/ecp/057/vol3/014/ecp57vol3_014.pdf

# Bilaga A: Intervjuer

## Intervjupersoner

Vi har under perioden mars till december 2021 genomfört intervjuer med följande personer:

- Petter Dahlin och Julien Morel, Miljödepartementet
- Johan Kristensson, Miljödepartementet
- Anna Segerstedt, Finansdepartementet
- Martin Flack, Klimatpolitiska rådets kansli
- Vincent Otto, Konjunkturinstitutet
- Linda Ramstedt och Anders Ljungberg, Trafikanalys
- Lars Nilsson, Energimyndigheten
- Torben Söderberg, Jordbruksverket
- Per-Erik Wikberg, SLU
- Jeanette Eggers, SLU
- Thomas Unger, Profu
- Alec Waterhouse, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Storbritannien
- David Joffe, Climate Change Committee, Storbritannien
- Jens Sand Kirk, Danish Research Institute for Economic Analysis and Modelling (DREAM), DanmarkPer-Erik Wikberg, SLU

Vi genomförde även ett möte med liknande frågeställningar som vid övriga intervjuer med Sofia Waage Skjeflo, Linda Skjold Oksnes, Håvard Grothe Lien och Nina Holmengren (Miljødirektoratet), samt Elen Richter Alstadheim (Klima- og miljødepartementet), från Norge.

## Exempel på undersökande frågor vid intervjuer

Naturvårdsverket har tillämpat en form av utvärderande intervjuer under genomförandet av uppdraget. Frågorna har anpassats beroende på vem som har intervjuats och i vilken fas av utredningen som vi har befunnit oss i. Exempel på frågeställningar vid intervjuer:

1. Vilka modeller används i ditt arbete idag?
2. Hur skulle du beskriva syftet med modellerna – vilka frågor besvaras?
3. Hur är modelleringsarbetet där du medverkar organiserat?
4. Hur tillämpas modellresultaten i praktiken och i beslutsprocesser idag?
5. Finns det något som är otillfredsställande med modellerna, och vad är i så fall problemen med dessa? Vilka är de största bristerna med modellerna? Vilka är begränsningarna för vad modellerna kan användas till?
6. Vilka frågor vill du att modellerna ska kunna svara på nu och framöver? Vilka frågor passar bäst för olika typer av modeller?

7. Vilka antaganden har störst betydelse för modellresultaten? Vilka styrmedel kan modelleras?
8. Vilka indata kan varieras i modellerna? Går det att variera de parametrar som du vill? Vilket är det mest avvikande fall som studerats?
9. Hur hanteras idag de aspekter som modellerna inte kan eller syftar till att fånga?
10. Hur ser behoven av konsekvensanalyser och effektbedömningar ut för olika åtgärder och styrmedel?
11. Hur mycket kunskap behöver du om modellerna och vad vill du veta om antaganden och ingångsdata för att använda resultaten?
12. Vad är viktigast att känna till för att tolka resultaten rätt? Vad är svårast vid tolkning av resultat? Vilka är de största osäkerheterna i resultaten? Hur säkerställs robusta resultat?
13. Är det något särskilt område som bör utvecklas i existerande modeller, exempelvis att utveckla någon specifik sektor, ta hänsyn till fler miljömål utöver klimat eller inkludera andra växthusgaser? Alternativt bör modeller utvecklas i sin metod, exempelvis kunna modellera dynamiskt och ta hänsyn till teknisk utveckling, osäkerhet med mera, om de inte gör det i nuläget?
14. Hur många personer är det som arbetar och hur stora ekonomiska medel finns i det arbete med modellering och analys som du är involverad i?
15. Vilka samarbetar ni med rörande modellberäkningar? Hur fungerar samarbetet med myndigheter och andra aktörer? Kan det förbättras?
16. Vad ser du för fördelar och nackdelar med att köra modeller själva och att anlita någon som gör det?
17. Skulle det vara givande att ha ett närmare samarbete mellan beställare och utförare av modellkörningar, för att tillsammans besluta om referensscenarier, antaganden, dataanvändning med mera, om detta inte görs idag?
18. Har du några övriga önskningar om vad detta projekt ska mynna i utöver det som vi diskuterat nu? Har du några rekommendationer om hur modelleringsarbetet kan förbättras?

# Bilaga B: Jämförelse av utsläppsminskningsmöjligheter i sektorsövergripande modeller

**Tabell 2 Jämförelse av utsläppsminskningsmöjligheter i EMEC och jämförbara sektorsövergripande modeller som används i andra länder**

| | EMEC | SNOW-NO | IntERACT | GreenREFORM | GEM-E3 | E3-ME |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Konkreta Teknologival | Inte aktiverat idag (men modellen är förberedd för att inkludera diskreta teknologival, och planerat att specificera flera olika teknologier för stål- respektive cementproduktion) | Metoder som har använts inkluderar marginell reningskostnadskurvor, användning av teknisk information från TIMES-NO vid uppskattning av olika substitutionselasticiteter | Teknologikataloger med information om kostnader för existerande och möjliga framtida teknologier används som input i TIMES-DK | Bottom-up data från teknologikataloger används till att modellera konkreta teknologival. Tröghet i företagens teknologianpassning | Finns bottom-up-härledda kostnadskurvor för utsläppsrening i olika sektorer. Detta gäller bara icke-CO2-utsläpp | Utsläpp är inte fördelade i detalj till olika sektorer eller aktiviteter, svårt att göra analyser på detaljnivå. |
| Transport | Konkreta teknologival för personbilar och lastbilar. Bränsleval hanteras exogent, endogen substitution mellan energislagen är under utveckling. | Konkreta teknologival för personbilar | Hanteras exogent, men endogen substitution mellan energislagen är under utveckling | Egen detaljerad sektorsmodell | Teknisk bottom up-modellering i viss utsträckning | Krävs separat sektorsmodell |
| Jordbruk | Egen produktionssektor med en producerad vara, modelleras som andra näringar | Egen produktionssektor med en producerad vara, modelleras som andra näringar | Utsläpp från jordbruket omfattas inte av modellen | Egen detaljerad sektorsmodell indelad i 13 näringar vilka inkluderar flera insatsfaktorer och teknologival | Ingen uppgift finns om att den inte skulle modelleras som andra näringar, oklart på vilken detaljnivå | Krävs separat sektorsmodell |
| Processutsläpp | Processutsläpp av CO2 är länkade till produktionen i de aktuella industrisektorerna. Planer på att lägga in en lösning gällande diskreta teknologival i stålproduktionen | Schablonmässigt i förhållande till aktivitet. Möjligt att lägga in marginella reningskostnadskurvor för process- och petroliumindustrin | Processutsläpp omfattas inte av modellen men är under utveckling | Schablonmässigt i förhållande till aktivitet. Finns möjlighet att lägga in reningsteklologier | Ingen uppgift finns om att det inte skulle modelleras som andra näringar, oklart på vilken detaljnivå | Processutsläpp av CO2 är länkade till produktionen i de aktuella industrisektorerna. |