

TR A7385 Åpen

Rapport

Energi- og miljøpåvirkning av elbil

Systemanalyse med EMPS (Samkjøringsmodellen)

Forfattere

Steve Völler

Ove Wolfgang

Magnus Korpås



SINTEF Energi AS

Energisystemer

2014-02-12

Rapport

Energi- og miljøpåvirkning av elbil

Systemanalyse med EMPS (Samkjøringsmodellen)

EMNEORD:

Elbil

CO₂-utslipp

Termiske Kraftverk

Europa

VERSJON

Versjon 1.0

DATO

2014-02-12

FORFATTER(E)

Steve Vøller

Ove Wolfgang, Magnus Korpås

OPPDRAKSGIVER(E)

SINTEF Energi

OPPDRAKSGIVERS REF.

Inge Gran

PROSJEKTNR

502000008

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

33

SAMMENDRAG

Målet med denne studien er å finne ut hvordan innføring av elbil i Norge påvirker det norske og europeiske kraftsystemet og de tilhørende klimagassutslipp. Simuleringsmodellen EMPS blir brukt for å sette opp forskjellige scenarier med og uten elbil. I tillegg undersøkes hvordan resultatene forandrer seg når elbil-innføringen ses i sammenheng med ekstra installert vindkraft i Norge.

Dagens kraftverkspark er dominert av fossile kraftverk og dermed går de marginale CO₂-utslippene fra kraftsektoren opp ved innføring av elbiler, tilsvarende ca. 73 CO₂-g/km. Dersom man ser introduksjon av elbil i sammenheng med utbygging av ekvivalent mengde ny vindkraft i Norge viser simuleringene at de totale utslippene fra kraftsektoren faktisk går noe ned sammenlignet med "null-situasjonen". Man kan i det tilfellet dermed konkludere med at CO₂-reduksjonen innenlands som følge av elbiler tilsvarer 1-til-1 utslippene fra de bensin-/diesel-bilene som erstattes.

UTARBEIDET AV

Steve Vøller

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Ove Wolfgang

SIGNATUR

O.W.

GODKJENT AV

Magnus Korpås

SIGNATUR**RAPPORTNR**

TR A7385

ISBN

978-82-594-3582-8

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

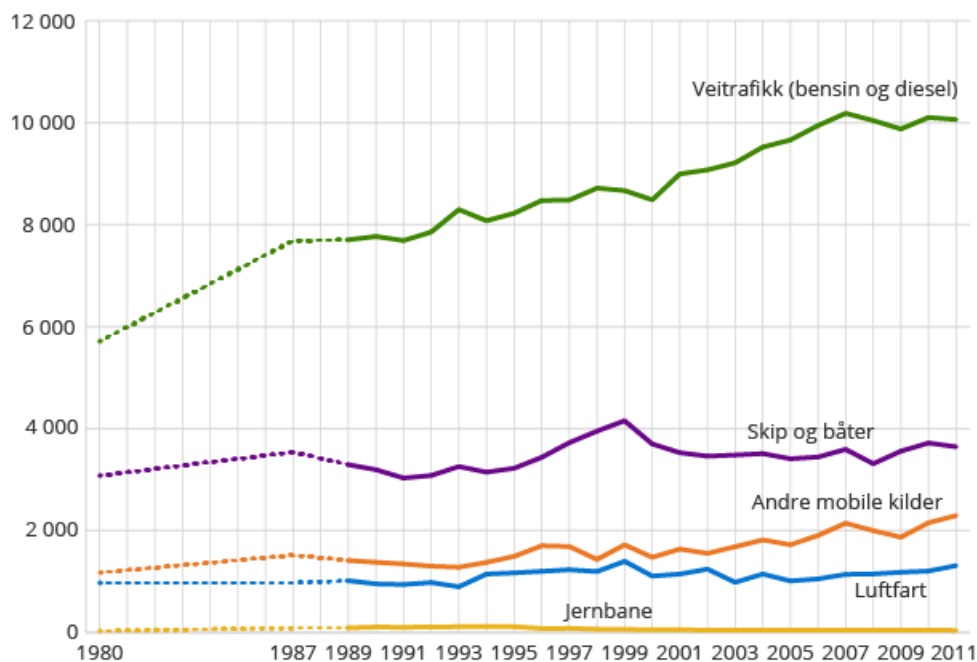
VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2014-02-12	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	4
2	Miljøvennlighet av elbiler	5
2.1	Effektivitet og "Well-to-Wheel" kjede av elbil	5
2.2	CO ₂ -utslipp av elbiler	6
3	Systemanalyse.....	8
3.1	Samkjøringsmodellen/EMPS	8
3.2	Systemoppsett	9
3.3	Energiforbruk av elbil i Norge	10
3.4	CO ₂ -utslippskoeffisienter	13
4	Resultater	15
4.1	BASE-scenario	15
4.2	ELBIL-scenario	18
4.3	BASE_V3-scenario	20
4.4	ELBIL_V3-scenario.....	21
4.5	ELBIL_V3-scenario i sammenheng med BASE_V3-scenario.....	23
4.6	Sensitivitetsscenario med økt forbruk av elbil.....	24
5	Sammenligning av CO₂-utslipp med vanlig bil	26
5.1	CO ₂ -utslipp av vanlig bil	26
5.2	CO ₂ -utslipp av elbil.....	27
6	Konklusjon	29
7	Referanser.....	30
8	Vedlegg.....	31
8.1	Temperaturavhengig forbruk.....	31
8.2	CO ₂ -koeffisienter og utslipp	31
8.2.1	Kraftverkstyp for eksogene land.....	31
8.2.2	Oversikt av CO ₂ -koeffisient for kraftverk.....	32
8.2.3	CO ₂ -utslipp per land og teknologi.....	32

1 Introduksjon

I denne analysen har vi sett på hvordan en bilpark med en bestemt prosentdel av elbiler påvirker det norske kraftsystemet og klimagassutslippet i Norge og våre naboland for et 2020 scenario. Det inkluderer lokal reduksjon av CO₂, samt konsekvenser for kraftsektoren. Selv om Norge er betraktet som et klimavenlig land har økningen av CO₂-utslipp fra transportsektoren vært større enn større enn i EU-27. Utslippet ligger 36 % høyere enn 1990-nivået, mens det er bare 20 % i EU-27 til sammenligning [1]. Derfor er det viktig å redusere utslippet i transportsektoren betraktelig (Figur 1-1).



Figur 1-1 Utslipp av klimagasser fra transport i Norge fordelt på transportmåter. Målt i Mtonn CO₂-ekvivalent [1]

Analysene i denne studien er i hovedsak utført med bruk av Samkjøringsmodellen/EMPS. EMPS (EFIs Multi-area Power-market Simulator) er en kraftmarkedssimulator som brukes av de fleste større aktører i det nordiske kraftmarkedet og som i tillegg er brukt i store europeiske forskningsprosjekter. Modellen er under kontinuerlig utvikling i FoU-prosjekter.

Grunnlaget i analysen er et forventet nordeuropeisk kraftsystem stadium 2020. Vi har tatt utgangspunkt to forskjellige scenarier. Resultatene fra modellkjøringene sammenlignes med hensyn til CO₂-utslipp og forandringer i kraftsystemet.

- a) BASE - referanse modell uten elbil
- b) ELBIL - samme modell som BASE, men inklusive elbil

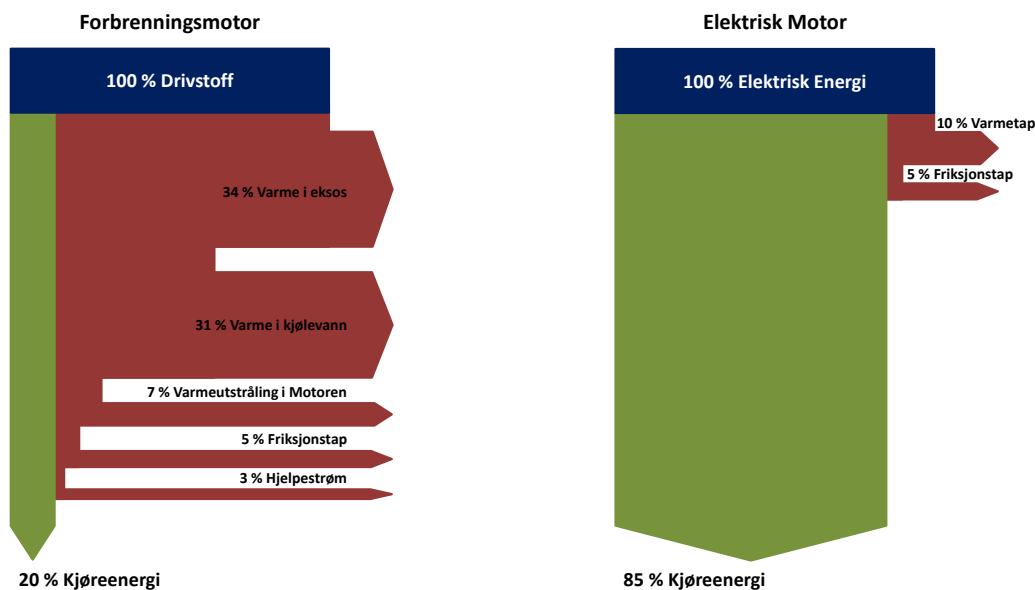
Kapitel 2 beskriver den generelle miljøvennlighet av elbiler i forhold til bensin- og diesalbiler (videre omtalt som ("vanlige biler")). Systemoppsett for simuleringene er vist i Kapitel 3. Resultater av de forskjellige scenarier er presentert i Kapitel 4. En sammenligning av CO₂-utslipp fra elbil og vanlig bil for scenariene er gitt i Kapitel 5, mens Kapitel 6 oppsummerer studien. Tilleggsmateriale med detaljerte resultater er gitt i Kapitel 8, Vedlegg.

2 Miljøvennlighet av elbiler

Oppfatningen er ofte at en elbil er miljøvennlig fordi den kjører uten direkte benyttelse av fossil energi (bensin, diesel). Spørsmålet blir derfor hvor den elektriske energien til elbilen kommer fra. Hvis kilden f.eks. er et konvensjonelt kullkraftverk, produseres det likevel klimagasser som CO₂. Derfor er det viktig å se på hele energikjeden og vurdere miljøvennlighet ut fra dette. Norge bruker nesten bare vannkraft for å produsere elektrisk energi og er dermed i utgangspunktet velegnet til å bli en "elbil-nasjon" med tanke på nasjonale utslipp.

2.1 Effektivitet og "Well-to-Wheel" kjede av elbil

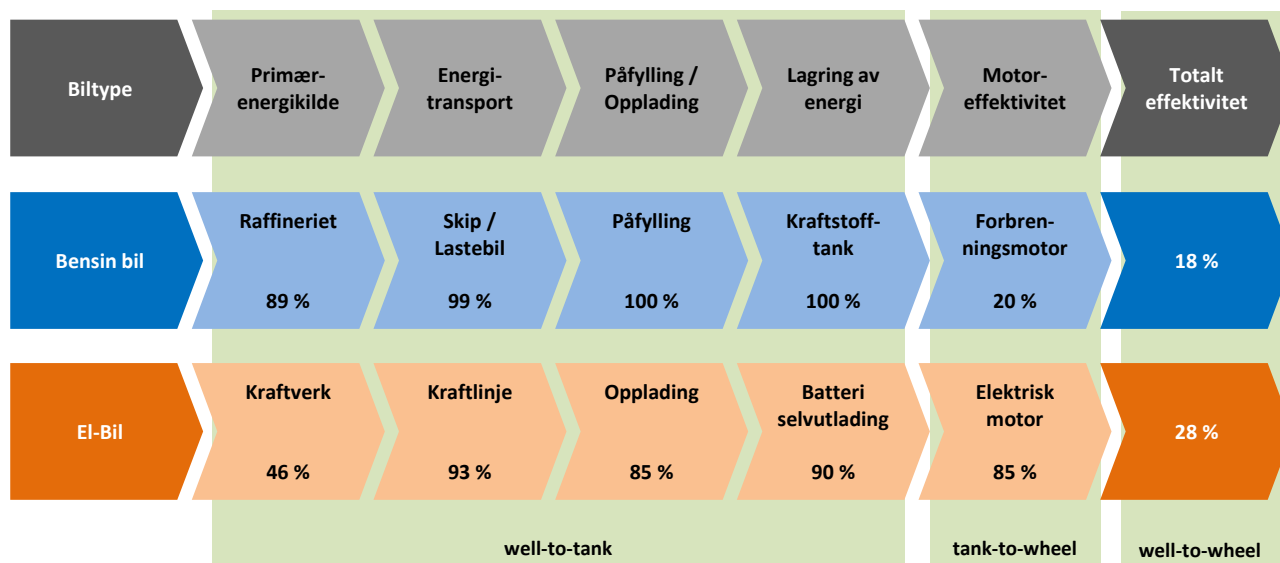
Forbruk av drivstoff og effektiviteten av en bil er ofte bare beregnet på grunnlag av omformingsprosessen i motoren, som vist i Figur 2-1. Der kan man se tap av energi (i hovedsak varme) i en forbrenningsmotor og i en elektrisk motor. Effektiviteten som vises heter "tank-to-wheel", fordi den er bare beregnet fra inn- og utgangsverdier i motoren, her f.eks. i det venstre bildet fra kjemisk energi i bensin til mekanisk energi til fremdrift. I dette eksempelet har en elektrisk motor omtrent fire ganger høyere effektivitet enn en forbrenningsmotor.



Figur 2-1 Tap i forbrenningsmotor og elektrisk motor ("Tank-to-Wheel" effektivitet)

Men for å være presis må man inkludere hele energikjeden i effektivitetsberegningen ("well-to-wheel"). Det betyr at man f.eks. også tar hensyn til tap i omformingsprosessen fra råolje til bensin i et raffineri eller tap i et kraftverk som trenger kull eller gass for å produsere elektrisk energi. I tillegg kommer alle tap fra transport, lagring eller ekstra omforming.

Hele kjeden vises i Figur 2-2 for en bensinbil og en elbil. Selv om effektiviteten av en elektrisk motor er veldig høy, som vist i Figur 2-1, kan hele effektiviteten fra "well-to-wheel" i en elbil også bli ganske lav. Den er i eksempelet fortsatt høyere enn i en vanlig bil. Det er i hovedsak den relativt lave virkningsgraden i kraftverk som trekker ned sluttresultatet.



Figur 2-2 Hele effektivitetskjeden ("well-to-wheel") i en vanlig bil og en elbil [2]

I Norge har man nesten 100 % kraftproduksjon fra vannkraft, med en stadig økende andel vindkraft. I det norske tilfellet kan man bytte ut kraftverk i Figur 2-2 med et vann- eller/og vindkraftverk som leverer den elektriske energien videre til elbil. For et tenkt kraftsystem kun bestående av vannkraft og vindkraft (Norge uten kraftutveksling ville vært tilnærmet likt et slikt system) får man en "well-to-wheel" effektivitet for elbil på rundt 60 % hvis man ser bort fra omformingsprosessen av vann- og vindenergi til elektrisk energi. Tar man hensyn til omformingsprosessen og virkningsgrad av vannkraftverk (85 %) og vindkraftverk (35 %), får man "well-to-wheel"-verdi av elbil mellom 55 % og 21 %. En generell betraktning av CO₂-utslipp av elbil følger i neste kapittel.

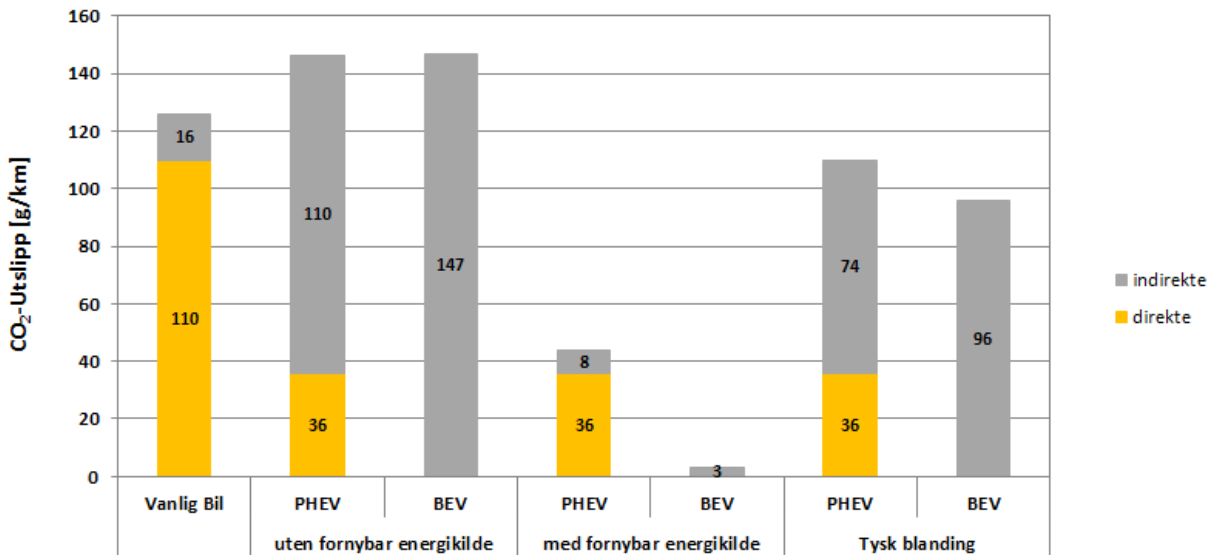
2.2 CO₂-utslipp av elbiler

Selve elbilen har ingen utslipp av klimagass fordi den kjører med elektrisk energi uten forbrenning av drivstoff. I praksis er det viktig å se på kilden hvor elektriske energien til bilen kommer fra, fordi kraftverk er en viktig del av effektivitetskjeden (Figur 2-2). Hvis energien til opplading er produsert i et kullkraftverk, er det mulig å stipulere en bestemt andel klimagassutslipp til hver brukte kilowatt-time i elbilen.

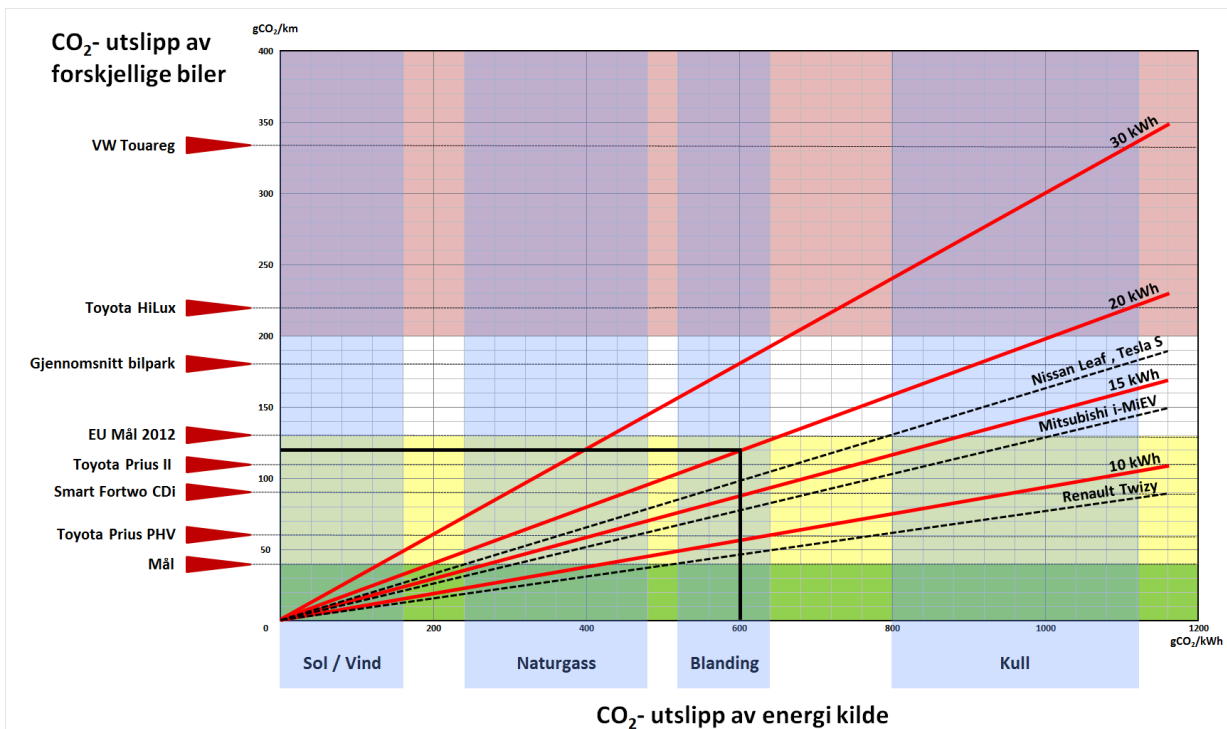
En tysk studie fra 2011 viser direkte og indirekte CO₂-utslipp av tre biltyper og med hensyn til andel av fornybar energi i året 2030 (Figur 2-3) [3]. Det direkte CO₂-utslippet av en vanlig bil i 2030 forventes å ligge på omtrent 110 gCO₂/km, men i tillegg kommer et indirekte CO₂-utslipp på 16 gCO₂/km som skyldes omformingsprosessen av primærenergi (f.eks. olje) til drivstoff i raffineriet. En plug-in hybrid elektrisk bil (PHEV) med kombinert forbrennings- og elektrisk motor produserer direkte 36 gCO₂/km hvis den kjører. I tillegg kommer 110 gCO₂/km fra omformingsprosessen i raffineriet pluss omformingsprosessen i termiske kraftverk for å produsere elektrisk energi til opplading av batteriet. Hvis man øker andelen av fornybar energi kan man bruke vind-, vann- og solenergi for opplading og da blir det i denne studien bare 8 gCO₂/km. Samme situasjon vises med ren elbil (BEV). CO₂-utslippet er høyere enn fra en vanlig bil hvis man produserer elektrisk energi i et konvensjonelt kraftverk med høyt CO₂-utslipp, f.eks. kull. Men med fornybar energi kan man gå ned til nesten ingen utslipp av klimagass. I den tyske energimiksen i eksempelet tilsvarer det totale utslippet fra elbil ca. 96 gCO₂/km (Figur 2-3).

Et lignende resultat viser Figur 2-4. På y-aksen ser man CO₂-utslipp av vanlig bil i gCO₂/km. EU-27-gjennomsnitt i 2007 var 180 gCO₂/km [4]. På x-aksen ser man CO₂-utslipp fra forskjellige kraftverkstyper i

gCO₂/kWh. Avhengig av energikilden som er brukt for å lade elbil kan man dermed vise det indirekte CO₂-utslipp basert på deres elektriske forbruk (røde linjer). Tar man f.eks. den europeiske kraftverksmiks med 600 gCO₂/kWh for å produsere elektrisk energi og en elbil med forbruket av 20 kWh/100 km har elbilen et tilsvarende CO₂-utslipp på omtrent 120 gCO₂/km (svarte linjer). Med rent fornybar energi er det nesten null. Hvor kraften kommer fra har altså svært stor betydning for klimavennligheten til elbiler.



Figur 2-3 Direkte og indirekte CO₂-utslipp i et 2030 scenario av en vanlig bil, en plug-in hybrid elektrisk bil (PHEV) og en batteri-elektrisk bil (BEV) [3]



Figur 2-4 Tilsvarende CO₂-utslipp fra elbil basert på deres energiforbruk (kWh/100 km, røde linje) og energikilde som er grunnlag av elektrisk energi for opplading [4]

3 Systemanalyse

For å beregne endringen av CO₂-utslipp med innføring av elbil i Norge brukes Samkjøringsmodellen/EMPS. EMPS er hovedsakelig brukt i Norden for å beregne vannverdier og simulere balansen mellom tilbud og etterspørsel av elektrisk energi. Modellen består av flere områder og markedet blir inndelt geografisk. Historiske data for hydrologi, temperatur og vind er brukt for å simulere deres innflytelse på kraftsystemet. I den EMPS-modellen som er benyttet er Norge en del av det europeiske kraftsystemet og simuleringene gir oversikt over sammenhengen mellom kraftflyten og prisene i de landene og hvordan de påvirker hverandre.

Etter å ha beregnet CO₂-utslipp i BASE-systemet blir elbil inkludert i samme modell. Med økt energiforbruk fra elbil skal det produseres mer energi. Energien kan komme fra klimanøytrale kilder som vann- eller vindkraft eller fra konvensjonelle kraftverk, som har CO₂-utslipp. Dette merutslippet skyldes energibehov av elbil og skal beregnes – på den ene side for Norge men også for hele energisystemet som er modellert.

3.1 Samkjøringsmodellen/EMPS

Vi bruker Samkjøringsmodellen til å undersøke hvordan utslippene av CO₂ fra kraftproduksjon i Europa endres dersom en bruker mer strøm til elektriske biler. På denne måten kan vi sammenlikne gevinsten målt ved direkte redusert utslipp fra bilparken med ulempen pga. økte utslipp fra kraftsystemet.

Samkjøringsmodellen er en optimaliseringsmodell for kraftmarkeder. Den brukes både til analyse av det nordiske Nord Pool markedet, og til Europeiske studier. Noen viktige egenskaper ved modellen er:

- Stor detaljeringsgrad for vannkraft
- Fin tidsoppløsning
- Usikre klimavariabler
- Dynamikk
- Driftsmodell
- Partiell modell
- Optimaliseringsmodell

Modellen er utviklet med utgangspunkt i at en skal finne en optimal disponering for vannkraftproduksjon, som kan beskrives med stor detaljeringsgrad (bl.a. magasin størrelser, virkningsgradskurver, fallhøydevirkninger, vannveier og miljørestriksjoner). Tidsoppløsningen er mellom 1 uke og 1 time, avhengig av inngangsdata. De stokastiske variablene i modellen er klimavariabler som tilsig, temperaturer, vindstyrker og solinnstråling, samt en ekstra stokastisk variabel (f.eks. gasspris). Tidsdynamikken i modellen skyldes først og fremst at vannmagasinene kobler beslutninger i tid, samt evt. startkostnader for termisk kraftproduksjon. Dersom en bruker mer vann én uke blir det mindre vann tilgjengelig for produksjon i fremtidige uker. Dette gir vannet en alternativverdi, også kalt vannverdier. Alle kapasiteter til modellen spesifiseres av modellbruker før en kjøring. Vanligvis er derfor Samkjøringsmodellen en driftsmodell. Den kan imidlertid også kjøres i investeringsmodus.

Siden Samkjøringsmodellen er en partiell modell for kraftmarkeder, er alle andre priser inngangsparametere. For eksempel er priser på kull, gass, olje og CO₂-kvoter inngangsparametere til modellen. Gitt den systembeskrivelsen som legges inn i modellen for tilbud, etterspørsel over overføringsmuligheter, vil modellen maksimalisere det samfunnsøkonomiske overskuddet i hele systemet over hele planleggingsperioden. Dersom markedene fungerer perfekt, vil dette gi samme løsning som et deregulert marked der hver aktør maksimaliserer hhv. sin egen profitt eller nytte. Viktige resultater fra modellen er blant annet sannsynlighetsfordelinger for strømpriser, magasin disponering, rasjoneringsfare, utveksling, årsbalanser (tilgang og anvendelse), samfunnsøkonomisk overskudd, og utslipp av CO₂.

Kort- vs. lang-sikt

Vi har brukt Samkjøringsmodellen som en driftsmodell, og har lagt inn kapasiteter iht. forventning for 2020. Analysen forutsetter i utgangspunktet at kapasitetene ikke endres som følge av den økte etterspørselen etter elektrisk kraft de elektriske bilene representerer. I en driftsmodell med gitte kapasiteter er produksjonen fra fornybar produksjon (utenom biokraft) uavhengig av størrelsen på etterspørselen, slik at økt etterspørsel må dekkes inn med mer termisk kraftproduksjon, som kullkraft og gasskraft. Vanligvis fører imidlertid økt etterspørsel til økte investeringer en langsiktig analyse, slik at den økte etterspørselen helt eller delvis blir forsynt av ny produksjonskapasitet. Utslippsvirkningen er derfor avhengig av hvilken teknologi som er mest konkurransedyktig. EU fører en aktiv politikk for å redusere utslippene av klimagasser, og for å øke fornybarandelen i kraftproduksjonen. Det er derfor fullt mulig at en etterspørselsvekst pga. elektriske biler i hovedsak vil dekkes inn ved økt fornybar og utslippsfri kraftproduksjon som vind- og solkraft. Denne mekanismen studerer vi i vår analyse ved å inkludere et scenario med utbygging av ny norsk vindkraft som matcher det årlige kraftforbruket til elbilene.

Pris på CO₂

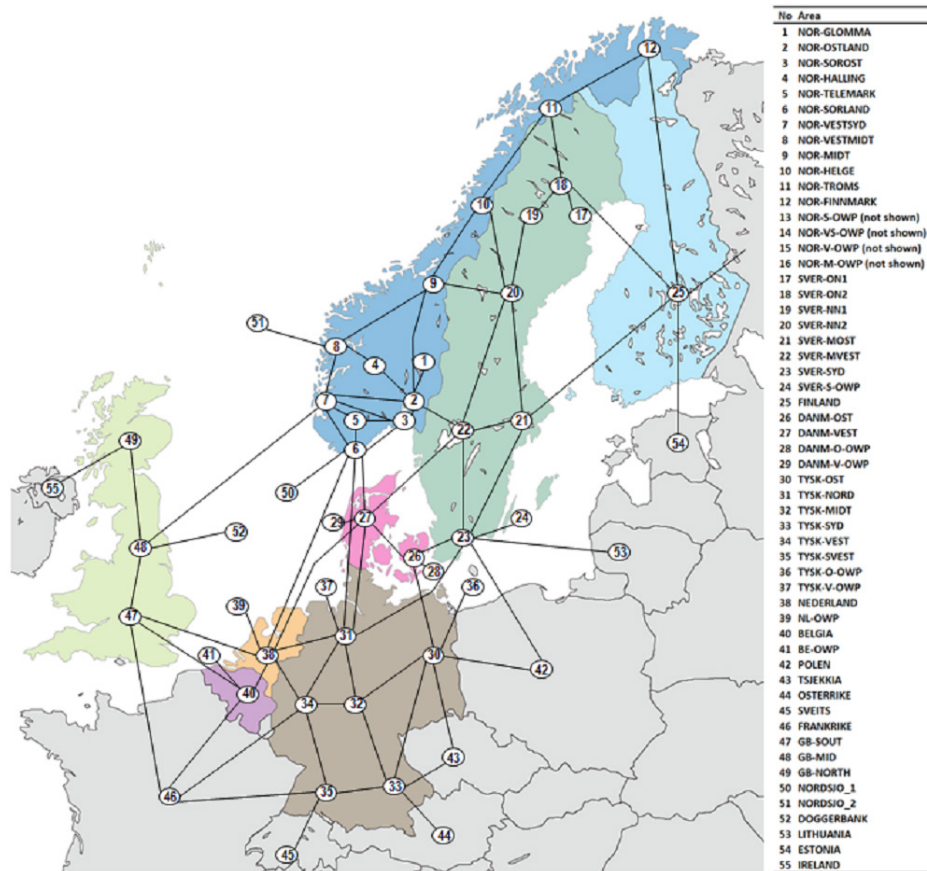
Reelt sett vil endret utslipp av CO₂ fra kraftproduksjon i Europa påvirke prisen i det europeiske kvotesystemet, og dette gir en tilbakevirkning på produksjon av elektrisk kraft. Denne typen interaksjon mellom markeder (pris på strøm og CO₂-kvoter) tas ikke hensyn til i partielle modeller, og er derfor en begrensning ved de beregningene vi gjør. Det europeiske kvotesystemet er i utgangspunktet et såkalt "cap-and-trade" system. Dvs. at en først bestemmer seg for antall kvoter, og deretter handler en med disse. De samlede utslippene er derfor kjent på forhånd. Andre tiltak vil derfor bare ha virkning på kvotepris, og ingen virkning på hvor store utslippene blir. En plausibel likevektsvirkning (totalvirkning hensyntatt interaksjon mellom priser på strøm og CO₂-kvoter), er derfor at totale utslipp fra de sektorene som er inkludert i kvotesystemet (inklusive kraftproduksjon) er uendret. Siden utslippene fra biler ikke er inkludert i kvotesystemet eksisterer ikke tilsvarende mekanisme for disse utslippsreduksjonene.

Klimapolitikk

Forrige avsnitt forutsetter at de politiske beslutningene i forhold til fastsetting av et mulig fremtidig kvotetak skjer helt uavhengig av behov i kraftsystemet og kvotepris. Dette perspektivet på politiske beslutninger er kontroversielt. Det kan for eksempel argumenteres for at innfasing av ny fornybar kraftproduksjon, energi-effektivisering og reduserte kostnader for CCS (Carbon Capture & Storage) vil gjøre det enklere for politikere å vedta større utslippskutt i fremtiden. På samme måte vil økt kraftforbruk (her gjennom elbiler) gjøre det noe vanskeligere å gjøre utslippskutt fra kraftsektoren i fremtiden fordi de elektriske bilene isolert sett gir et økt strømforbruk. En ytterligere komplikasjon er at vi ikke vet om utslippene vil reguleres ved hjelp av et kvotesystem i fremtiden, eller om en vil bruke andre instrument som avgifter og ulike standarder. Uavhengig av dagens politikktutforming for regulering av utslipp, er derfor den direkte konsekvensen av flere elektriske biler på utslipp fra kraftproduksjon, til en gitt kvotepris, et viktig delresultat. Hva total-konsekvensen blir, hensyntatt både virkning på kvotepris, innvirkning på fremtidig kvotetak, og investeringer i ny produksjonskapasitet, blir ikke analysert i denne rapporten.

3.2 Systemoppsett

Grunnlaget er modellen "Nordsjønett" [5] som er i bruk i forskjellige nasjonale og europeiske prosjekter. Modellen baserer seg på dagens system og en antatt utbygging av kraftsystemet frem mot 2020. Systemet inneholder forskjellige typer kraftverk og forbruk samt aggregerte overføringslinjer med gitte kapasiteter. I De modellerte landene er inndelt i separate EMPS-områder med nettbegrensninger seg i mellom. Se Figur 3-1.



Figur 3-1 EMPS-modell "Nordsjønett" med alle områder og mellomlandsforbindelser [5]

Noen land har detaljerte beskrivelser (f.eks. Norge, Tyskland) og andre har bare ett område (f.eks. Belgia, Finland). Fordi hovedfokus er på Norden og land omkring Nordsjøen, er flere naboland i Europa modellert som såkalte eksogene land med forenklet representasjon av eksport og import. Dette gjelder Polen, Tsjekkia, Østerrike, Sveits, Frankrike, Litauen, Estland og Irland. Det finnes også offshore-områder med vindparker og mellomlandsforbindelser.

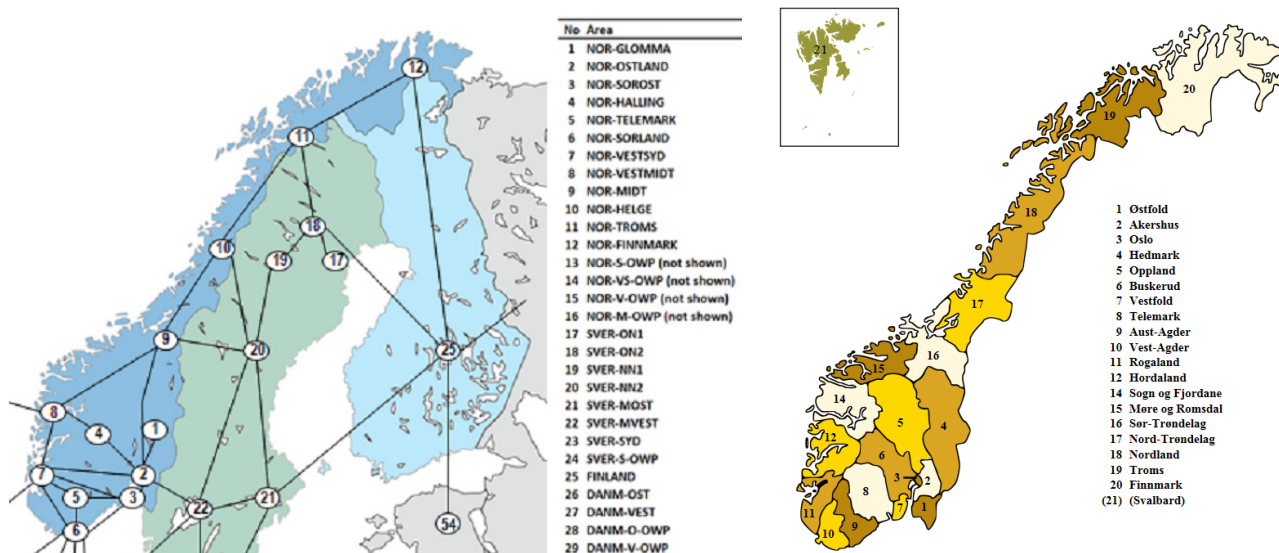
Basert på betraktninger i ref. [6] har vi valgt å nedjustere forbruket i Norge for å oppnå et forventet kraftoverskudd på 12 TWh i 2020. I tillegg finnes det scenarier med en ekstra produksjon av 3 TWh vindenergi i Norge for å analysere hvordan dette kan matche energiforbruk av elbil.

3.3 Energiforbruk av elbil i Norge

For å identifisere mengden av energi elbiler bruker opp i 2020 må man estimere antall biler og gjennomsnittsförbruk. For å kvantifisere dette i modellen blir de norske fylker tilknyttet til de tolv EMPS-områdene som er brukt (Tabell 3-1 og Figur 3-2). For hvert fylke er det mulig å hente data fra det norske Statistisk Sentralbyrå for antall kjøretøy [7] og det gjennomsnittlige förbruk [8]. Hvis man antar samme totale økning av biler som det var i de siste årene (rundt 2,8 %) får man et antall biler i 2020, hvor halvparten er satt til å være elbil. Med den samme gjennomsnittlige kjørelengde fra 2012 per fylke og et antatt förbruk av elbiler på 15 kWh/100 km (verdi tatt fra Figur 2-4) kan den årlige energimengde per EMPS-område beregnes (Tabell 3-1).

Tabell 3-1 Oversikt av EMPS-områder med fylkesinndeling og tilsvarende antall elbil og deres årlige forbruk per område i 2020

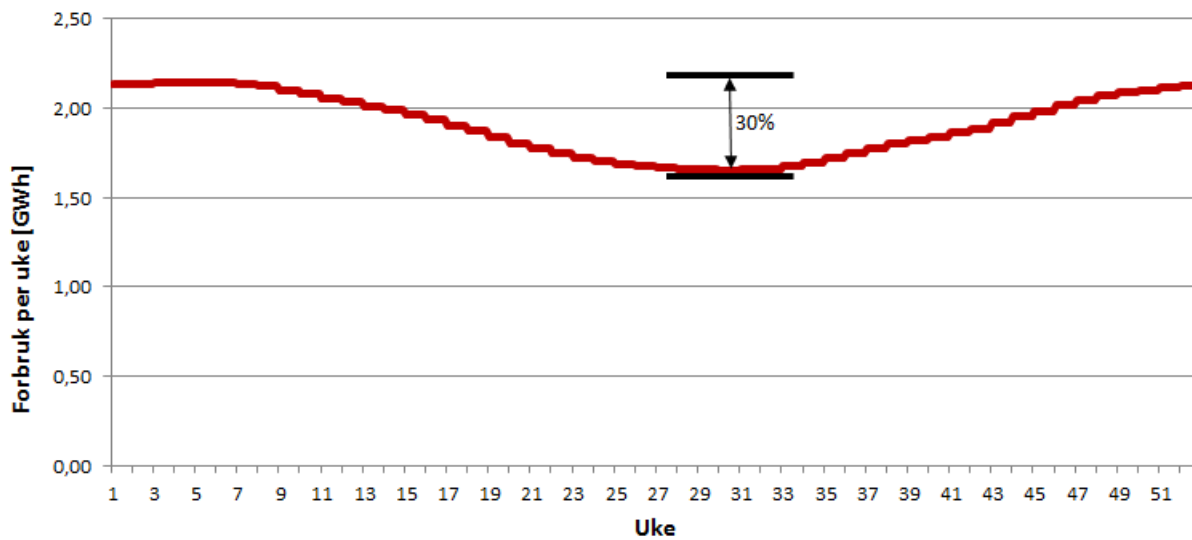
Område i EMPS	Tilhørende Fylke	Registrerte Personbiler 31.12.2012 [7]	Elbil per Fylke i 2020 ¹	Gjennomsnittlige Kjørelengde per Bil i [km] [8]	Forbruk av Elbil (15 kWh/100 km) per EMPS-område i 2020 i [GWh/år]
NOR-GLOMMA	Hedmark	107 984	67 340	13 655	138,03
NOR-OSTLAND	Akershus Oslo	301 724 254 451	188 159 158 976	13 671 13 055	696,58
NORD-SOROST	Østfold Vestfold	136 593 118 257	85 181 73 747	13 383 12 768	312,24
NOR-HALLING	Oppland Buskerud	102 787 146 061	64 099 91 085	13 247 13 366	309,99
NOR-TELEMARK	Telemark	86 195	53 752	12 775	103,00
NOR-SORLAND	Aust-Agder Vest-Agder	56 366 80 532	35 151 50 221	13 642 13 204	171,40
NOR-VESTSYD	Rogaland	213 966	133 432	11 979	239,76
NOR-VESTMIDT	Hordaland Sogn og Fjordane	217 169 52 835	135 429 32 949	12 474 12 421	314,79
NOR-MIDT	Møre og Romsdal Sør-Trøndelag Nord-Trøndelag	129 582 140 666 70 351	80 809 87 721 43 872	12 027 12 941 13 671	406,03
NOR-HELGE	Nordland	115 993	72 335	12 425	134,81
NOR-TROMS	Troms	75 666	47 186	13 141	93,01
NOR-FINNMARK	Finnmark	34 536	21 537	13 207	42,67
-	Svalbard	1 250	780	11 935	-
Sum		2 442 964	1 523 463	-	2 962,30



Figur 3-2 Modell i EMPS med 12 fastlandsområder for Norge (venstre) og fylker i Norge (høyre)

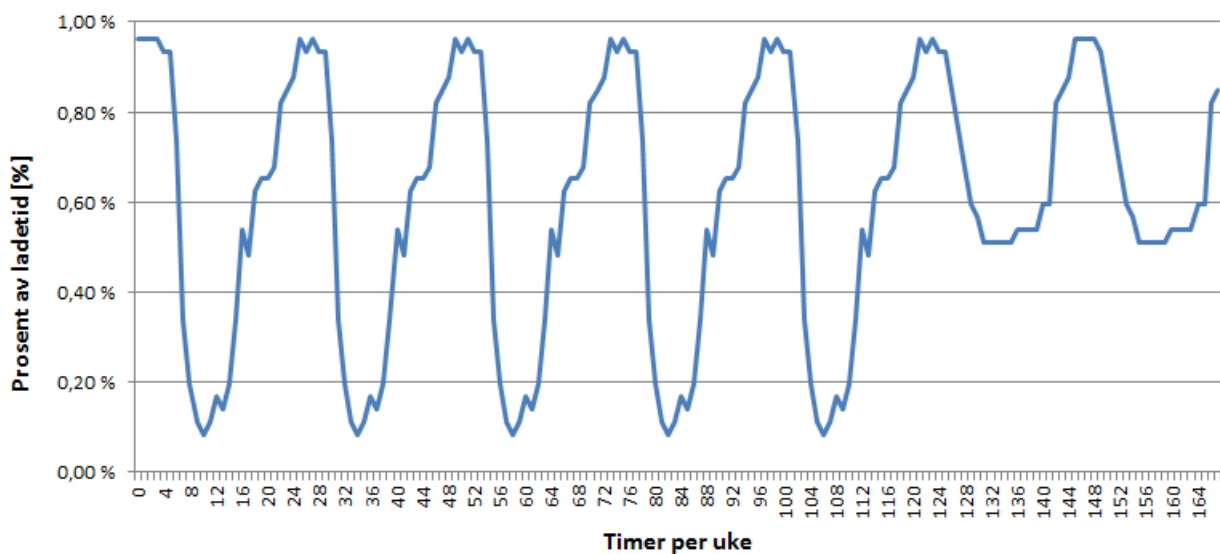
¹ Årlig økning av biler fra 2012 inntil 2020 med 2,8 % (= økning fra 2010 inntil 2012 [7]) og derav er 50 % elbil.

Strømførbuket til elbiler er ikke jevn over året og døgnet. På vinteren trenger elbiler opp til 50 % mer energi enn på sommeren for hjelpestrøm (oppvarming, vindusvisker, lys...) og fremdrift (nedsatt kapasitet i batteriet pga. kulde, høyere rullestand...). Det økte forbruket er blitt beregnet for Danmark i ref. [9], hvor opplading av elbil om vinteren trenger cirka 30 % mer energi enn om sommeren. Derfor er energimengden, Tabell 3-1, fordelt etter en temperaturkorrigeret forbrukskurve som er vist i Figur 3-3 per simuleringsuke i EMPS. Kildene [10] og [11] viser at det er ikke vesentlig endring i total bilkjøring mellom vinter og sommer, så det er ikke hensyntatt i modelleringen.



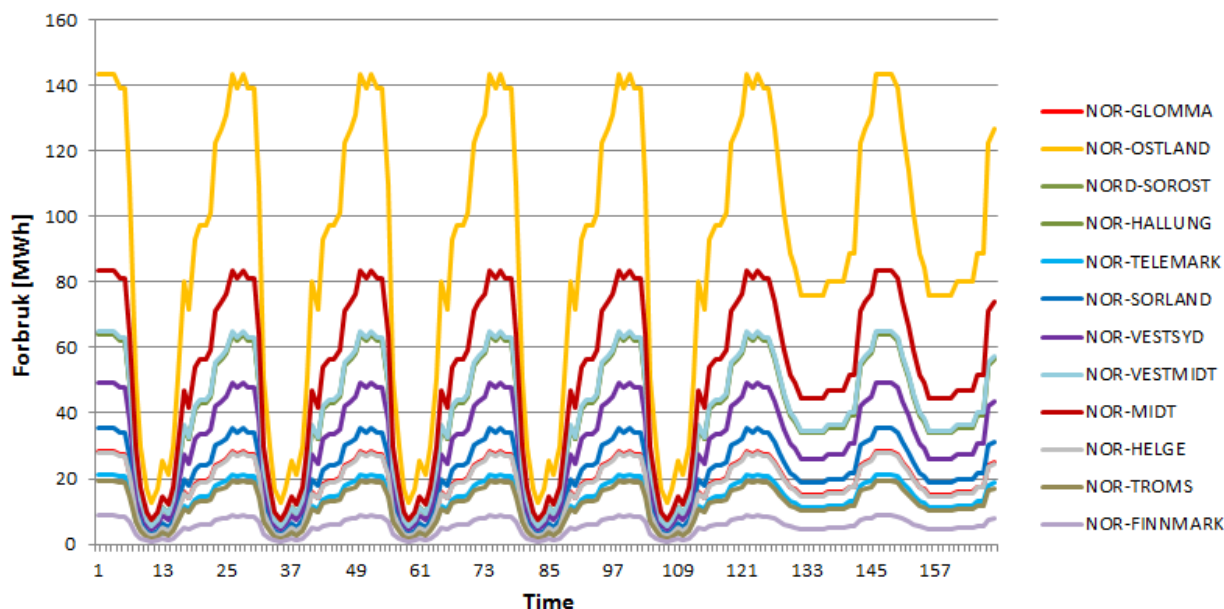
Figur 3-3 Temperaturkorrigeret fordeling av forbruk i EMPS-område NOR-OSTLAND

Oppladingen skjer mest hjemme over natten eller på dagstid mens bilen står parkert på arbeidsssted. Det er utarbeidet en ladeprofil for hver dag per uke (Figur 3-4), basert på [9] og [13]. Det finnes andre mønster som kan brukes i [12].



Figur 3-4 Prosentvis fordeling av ladetid for en elbil fra [9] og [13]

Med den tilgjengelige informasjonen (Tabell 3-1, Figur 3-3, Figur 3-4) er det mulig å generere en timesbasert strømforbruksprofil for elbil i hvert EMPS-område. Figur 3-5 viser en representativ uke og forbruket i EMPS-områdene.



Figur 3-5 Fordeling av energiforbruk for elbil i løpet av en representativ uke i EMPS-områdene

3.4 CO₂-utslippskoeffisienter

Hvert kraftverk som er modellert er karakterisert av følgende egenskaper:

- Land
- EMPS-område
- Kapasitet
- Varmeproduksjon i tillegg til elektrisk energi (district heating)
- Brenselstoff (kull, gass, olje, kjernekraft...)
- Virkningsgrad
- Marginalkostnad

Den teoretiske CO₂-koeffisient (Tabell 3-2) viser utslippet fra forskjellige brensel. Dermed er det mulig å beregne CO₂-utslipp etter simulering for hver termisk kraftverkstyp i områder basert på deres produksjon, og virkningsgrad.

Tabell 3-2 Teoretisk CO₂-utslipp fra forskjellige brensel

Brensel	Teoretisk koeffisient av CO ₂ -utslipp [gCO ₂ /kWh _{th}]
Hard Coal	370
Lignite	500
Gas Oil	300
Heavy Oil	350
Gas	200

Ut fra kraftverksparken i den valgte EMPS-modellen [5] blir det satt et gjennomsnitt av alle kraftverk av én type per område, basert på brensel og den vektete virkningsgrad (hensyntatt er kapasiteten til kraftverkene). Den teoretiske koeffisienten representerer en virkningsgrad på 100 %. Med formel [1] er det mulig å beregne det spesifikke utslippet for hver type som funksjon av virkningsgraden.

$$U_{CO_2,spesifikk} [g/kWh] = \frac{U_{CO_2,teoretisk} [g/kWh]}{\eta} \quad [1]$$

For nye kraftverk som skal bygges frem mot simuleringshorisonten 2020 har vi brukt virkningsgraden til kraftverkene i datasettet av samme type med den laveste marginalkostnad (Tabell 3-3). CO₂-utslipp for kjernekraft er satt til null, likeså biokraftverk. Det er antatt at biobrensel bare slipper ut samme CO₂-mengde som den har lagret over sin livstid. De eksogene land er representert med sju prisavsnitt per uke. Hvert prisavsnitt tilsvarer en type kraftverk (Tabell 8-1). Dermed får alle kraftverkstyper i de områder en egen beregnet CO₂-koeffisient. Eksempler på data for Finland og Polen er oppført i Tabell 8-2.

Tabell 3-3 Spesifikk CO₂-koeffisient til nye kraftverk

Brensel	Virkningsgrad [%]	Spesifikk koeffisient av CO ₂ -utslipp [gCO ₂ /kWh]
Hard Coal New	50,8	728
Lignite New	47,2	1059
Gas Oil New	35,3	850
Heavy Oil New	44,3	790
Gas New	60,9	328

4 Resultater

I dette prosjektet er det simulert fire forskjellige scenarier basert på modellen og parameterne beskrevet i det foregående kapitlet. De fire scenarier er:

1. BASE Nordsjønnett med 12 TWh overskudd i Norge
2. ELBIL som BASE pluss elbil (ca. 3 TWh energiforbruk)
3. BASE_V3 som BASE, men med ekstra 3 TWh vind i Norge
4. ELBIL_V3 som BASE_V3 pluss elbil

I følgende kapittel er resultatene forklart og en sammenligning av scenarier med BASE-scenario er utført. Hovedinteresse ligger i kraftproduksjon, kraftbalanse og CO₂-utslipp.

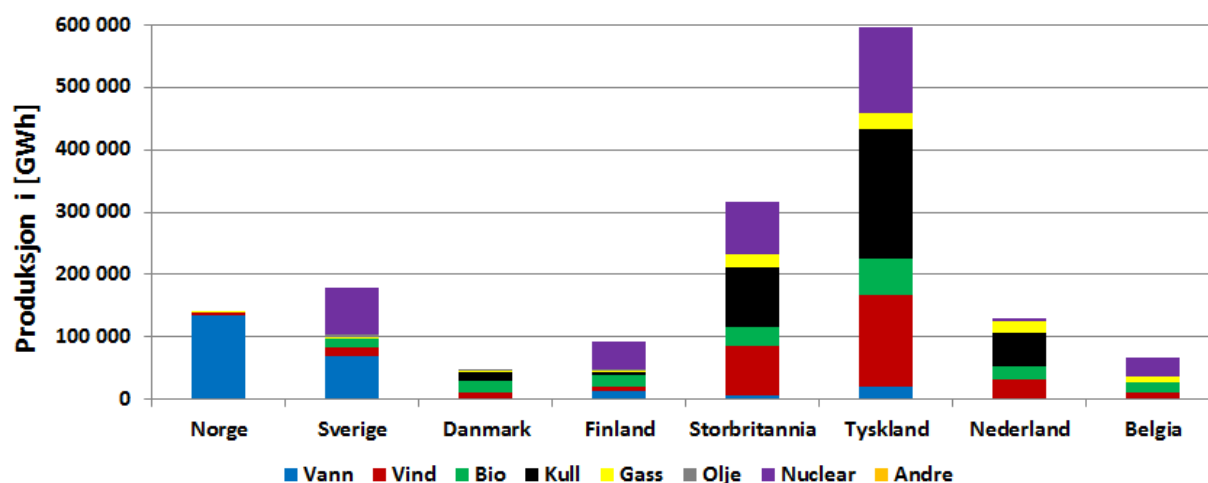
4.1 BASE-scenario

Forbruket i hvert land må dekkes med produksjon fra egne kraftverk eller med import. Overskuddet kan eksporteres. Produksjon i BASE-scenario for de modellerte landene samt summen av alle eksogene land er oppført i Tabell 4-1. Forbruket av eksogene land er nett-tap i modellen. Figur 4-1 viser produksjon fra tabellen i de hovedområder, delt inn i de forskjellige kraftverkstyper.

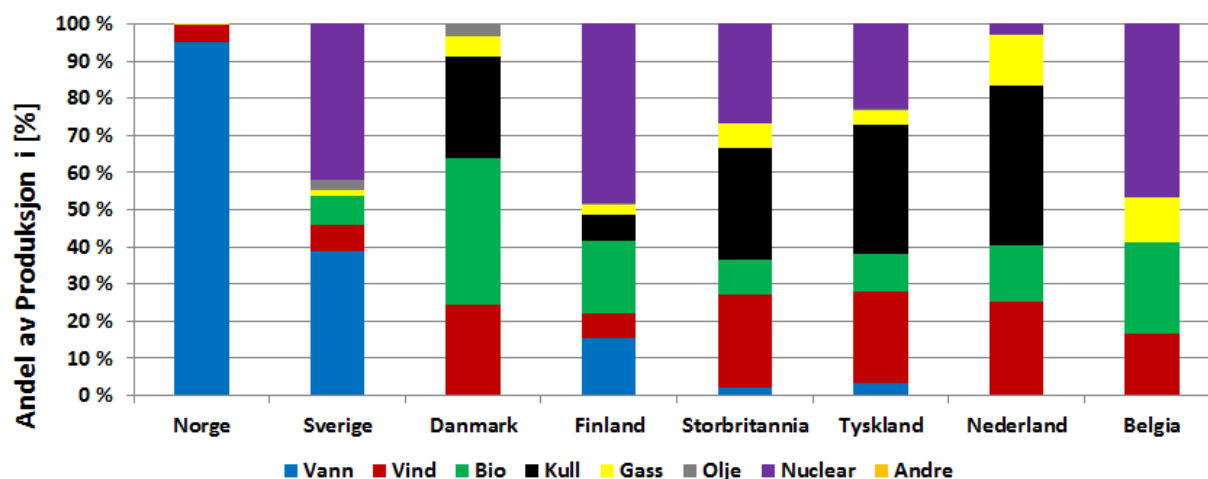
I Figur 4-2 ser man andel av energikilde av kraftproduksjon. Norge er dominert av vannkraft, mens Sverige har kjernekraft i tillegg som hoved energikilde. Kjernekraft har også en stor andel i andre land, samme som kullkraft. Vind- og biokraft er god representert den gjennomsnittlige andel av fornybar energi (inklusive vannkraft) ligger ved omtrent 46 %.

Tabell 4-1 Kraftproduksjon, forbruk, import og eksport i [GWh] i BASE-scenario

	Norge	Sverige	Dan- mark	Finland	Storbri- tannia	Tysk- land	Neder- land	Belgia	Sum Eksogen
Vann	133 718	69 803		14 127	6 285	19 960			
Vind	6 496	12 626	11 515	6 050	79 918	146 300	32 403	11 337	
Bio		14 052	18 682	17 899	29 029	60 067	20 013	16 728	
Kull			12 841	6 468	95 256	207 443	55 315		-25 653
Gass	374	2 617	2 658	2 333	21 409	24 059	17 831	8 262	13 859
Olje		4 573	1 572	416		1 772	1		
Nuclear		75 385		44 315	84 109	137 083	3 761	31 723	36 909
Andre									
Produksjon	140 588	179 057	47 267	91 608	316 005	596 686	129 325	68 051	24 074
Forbruk	128 981	154 232	38 380	102 281	378 434	562 811	136 754	102 466	-
Eksport	36 239	39 663	21 319	7 273	712	72 479	33 805	8 954	77 482
Import	24 632	14 821	12 421	17 946	62 023	38 574	41 234	43 366	53 408
Netto-eksp.	11 607	24 842	8 897	-10 673	-61 311	33 905	-7 429	-34 412	24 074



Figur 4-1 Fordeling og sum av produksjon i BASE-scenario



Figur 4-2 Andel av energikilder av produksjon i BASE-scenario

Norge kan dekke eget energiforbruk med vann- og vindkraft. Netto-overskuddet på ca. 12 TWh er eksportert til alle land som er koblet til Norge, pga. lavere pris på vannkraft i forholdt til termisk kraftverk. Mesteparten av eksporten går til Storbritannia og Nederland som har høyest energipris i modellen (Tabell 4-2). På grunn av prisforskjellen mellom Norge og land med mye termisk kraft, importerer Norge mest om natten (lav pris) og eksporterer mest om dagen (høy pris).

Tabell 4-2 Eksport fra Norge og import til Norge i GWh i BASE-scenario

	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Nederland	Tyskland	Sum
Eksport	3 546	4 526	513	12 079	10 222	5 352	36 239
Import	18 239	2 203	80	57	179	3 875	24 632
Sum	-14 693	2 323	433	12 023	10 043	1 478	11 607

CO₂-utslipp i BASE-scenario gjenspeiler kraftproduksjonen. Det er ingen utslipp fra vann-, vind-, bio- og kjernekraftverk. Hovedparten av utslippene (90 %) kommer fra kullkraft, pga. lavere modellerte marginale kostnader enn gasskraft. Utslipet i Norge kommer fra gasskraftverk som produserer bare en brøkdel av

energibehovet i Norge. Negative CO₂-utslipp i eksogene land betyr at deler av deres kraftproduksjon erstattes med import av energi fra andre land. Dermed slipper de ut mindre CO₂ innenlands.

Tabell 4-3 CO₂-utslipp i [Mtonn] i BASE-scenario

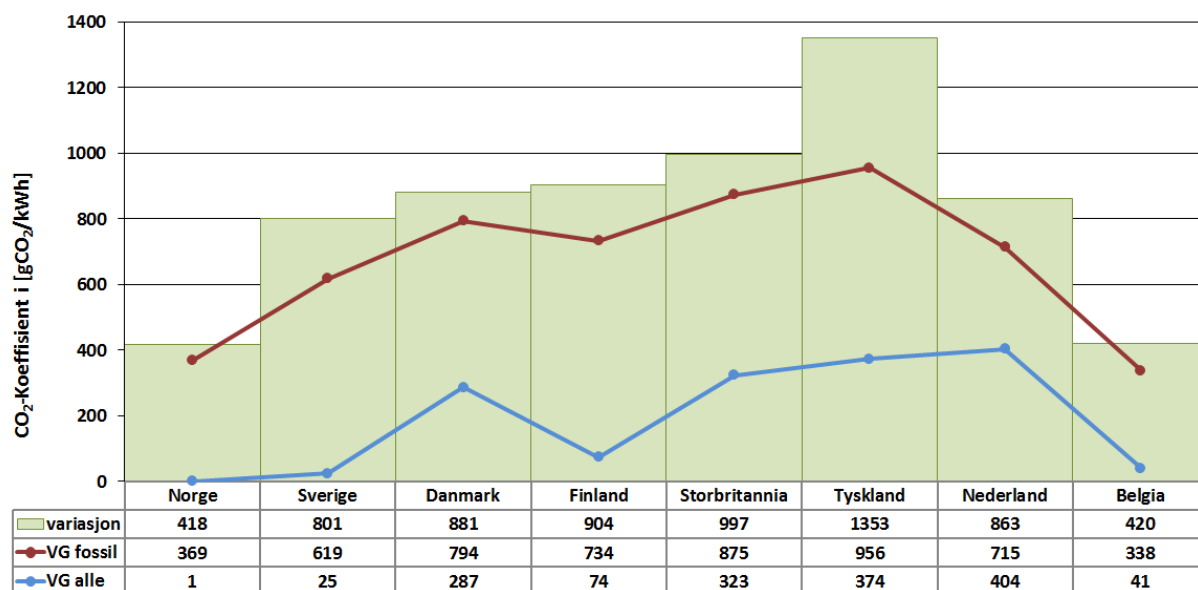
	Norge	Sverige	Dan- mark	Finland	Storbri- tannia	Tysk- land	Neder- land	Belgia	Sum Eksogen
Vann									
Vind									
Bio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Kull			11,266	5,512	94,003	212,425	45,027	0,000	-23,497
Gass	0,138	1,051	1,095	0,978	8,033	9,334	7,244	2,790	4,445
Olje		3,397	1,199	0,274		1,159	0,000		
Nuclear		0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Andre									
Sum	0,138	4,448	13,560	6,764	102,036	222,918	52,271	2,790	-19,052

Det er mulig å beregne CO₂-koeffisienten ut fra produksjon i termiske kraftverk og CO₂-utslippet i et scenario. Tabell 4-4 viser resulterende koeffisienter i BASE-scenario per teknologi og land, f.eks. den gjennomsnittlige koeffisienten av all kullkraftproduksjon i Danmark. I nest siste rad finnes det vektet gjennomsnitt ("VG fossil") – dvs. på grunnlag av produsert energimengde per fossil teknologi er CO₂-koeffisient vektet. Her er bare kraftverk tatt i betraktning som har CO₂-utslipp (dvs. kull, gass, olje). Siste rad viser derimot vektet gjennomsnitt av alle kraftverk ("VG alle"), også de som ikke har utslipp (bio, nuclear) og som ikke er termisk (vann, vind). Da blir gjennomsnitt betraktelig lavere i land med høy andel av utslippsfri produksjon (f.eks. Norge 99,7 %, Sverige 96,0 %, Belgia 87,9 %) som man kan se i Tabell 4-1 og Figur 4-2.

Figur 4-3 viser en grafisk fremstilling av CO₂-koeffisientene. De grønne søylene viser en oppdeling fra den laveste koeffisient per land (alle 0) og maksimalverdi for kraftverk med høyest koeffisient. Man ser at koeffisienten på den røde linje ligger rundt 750 gCO₂/kWh som tyder på at kullkraft dominerer som utslippskilde. Med alle typer kraftverk ligger koeffisienten fra nær null til omkring 350 gCO₂/kWh. Eksogene land blir ikke betraktet i beregningen av vektet gjennomsnitt ("VG alle") fordi kraftverksparken er forenklet. Forskjellene mellom koeffisienter i BASE-scenario og de andre scenarier er svært små, ettersom de andre scenariene er basert på en marginal endring fra BASE (3 TWh økt forbruk/produksjon).

Tabell 4-4 CO₂-koeffisient i [gCO₂/kWh] i BASE-scenario med vektet gjennomsnitt ("VG")

	Norge	Sverige	Dan- mark	Finland	Storbri- tannia	Tysk- land	Neder- land	Belgia	VG Eksogen
Vann									
Vind									
Bio		0	0	0	0	0	0	0	
Kull			877	852	987	1 024	814		916
Gass	369	402	412	419	375	388	406	338	328
Olje		743	763	659		654	0		
Nuclear		0		0	0	0	0	0	0
Andre									
VG fossil	369	619	794	734	875	956	715	338	359
VG alle	1	25	287	74	323	374	404	41	-



Figur 4-3 Oversikt av forskjellige CO₂-koeffisienter i BASE-scenario

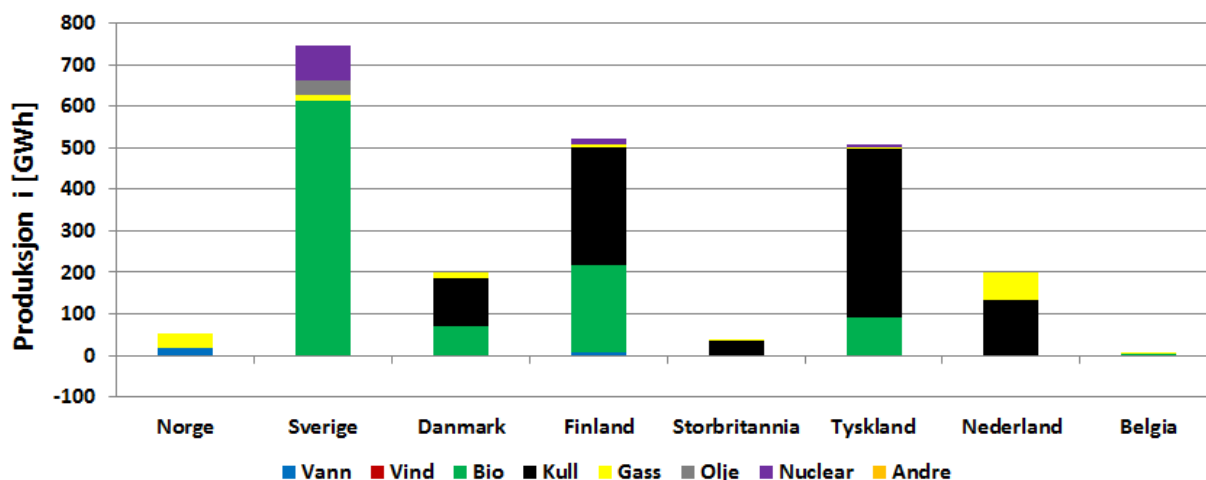
4.2 ELBIL-scenario

Elbil-forbruket på ca. 3 TWh er i hovedsak dekket ved mindre eksport av norsk vannkraft og økt import av energi fra Sverige. Netto-import fra Sverige øker med ca. 1,7 TWh – halvparten pga. økt produksjon i Sverige og den andre del pga. mindre eksport av energi fra Sverige til andre land pluss transport av energi fra andre land via Sverige til Norge. I tillegg reduseres eksport fra Norge med ca. 1,1 TWh. Netto-eksport blir dermed redusert med samme energimengde som elbilene trenger. De andre landene må dermed øke egen produksjon (Tabell 4-5 og Tabell 4-6).

Endring in kraftproduksjon vises Figur 4-4. Biokraftverk og kullkraftverk produserer mest for å dekke energibehovet etter elbil-introduksjon. Bortsett fra de eksogene landene økes også gasskraft og kjernekraft i de direkte naboland (Sverige, Finland) av Norge.

Tabell 4-5 Forskjell i kraftproduksjon, forbruk, import og eksport i [GWh] mellom ELBIL-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Tyskland	Nederland	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann	16	-3		6	0	0				20
Vind	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Bio		611	71	213	1	91	1	3		991
Kull			113	280	35	406	131		454	1 419
Gass	35	17	15	8	4	4	67	5	-212	-56
Olje		33	1	1		0	0			35
Nuclear		84		14	0	7	0	0	1	106
Andre										0
Produksjon	51	743	201	522	40	509	199	8	243	2 516
Forbruk	2 897	-27	-10	-11	1	-8	-10	0	-314	2 516
Eksport	-1 119	681	-47	70	13	-62	-163	1	110	-515
Import	1 726	-86	-258	-463	-27	-581	-372	-7	-446	-515
Netto-eksp.	-2 845	767	211	533	41	518	209	8	557	0



Figur 4-4 Forskjell i kraftproduksjon i [GWh] mellom ELBIL-scenario og BASE-scenario

Tabell 4-6 Eksport fra Norge og import til Norge i ELBIL-scenario med netto-eksport på 8,8 GWh

	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Nederland	Tyskland	Sum
Eksport	3 205	4 302	483	12 049	9 935	5 145	35 120
Import	19 694	2 300	91	71	205	3 996	26 358
Sum	-16 490	2 002	393	11 978	9 730	1 149	8 762

Som vist i Tabell 4-5 øker gasskraftproduksjon i Norge noe og dermed innenlands CO₂-utslipp fra kraftsektoren. Økt produksjon i bio- og kjernekraftverk gjenspeiler seg ikke i utslippet i Tabell 4-7, i motsetning til økt produksjon fra kullkraft. Totalt sett økes CO₂-utslippet i Norge med 0,011 Mtonn / 0,76 % og i hele modellen om 1,44 Mtonn / 0,373 %. Den ekvivalente CO₂-koeffisient for elbiler (økt kraftproduksjon for elbiler og dets CO₂-utslipp) blir dermed 486 gCO₂/kWh. Se Kapittel 5.2 for detaljer.

Tabell 4-7 Forskjell i CO₂-utslipp i [Mtonn] mellom ELBIL-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Storbri-tannia	Tysk-land	Neder-land	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann										
Vind										
Bio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Kull			0,100	0,230	0,034	0,444	0,107		0,414	1,329
Gass	0,011	0,006	0,002	0,003	0,001	0,001	0,022	0,002	0,035	0,083
Olje		0,025	0,001	0,002		0,000	0,000			0,028
Nuclear		0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Andre										
Sum	0,011	0,031	0,103	0,235	0,035	0,445	0,129	0,002	0,449	1,440

4.3 BASE_V3-scenario

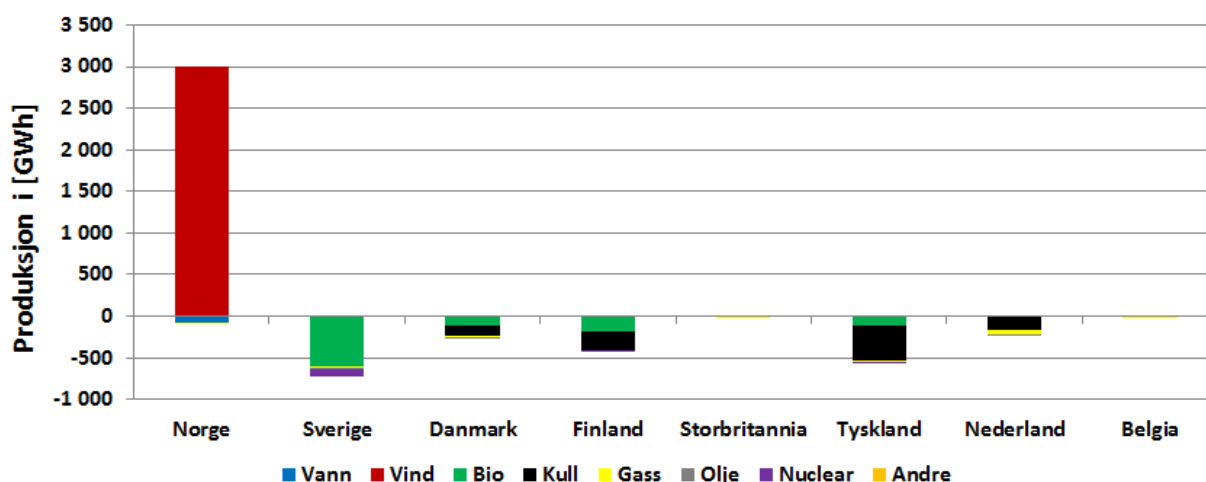
Dette er samme scenario som BASE, men med ekstra vindenergi i Norge. De 3 TWh vises i Tabell 4-8 og man ser at vann- og gasskraftproduksjonen går litt ned. Netto-eksport økes med samme mengde vindkraft som er installert i tillegg. Energien blir eksportert til andre land og produksjonen i disse går ned.

Tabell 4-8 Forskjell i kraftproduksjon, forbruk, import og eksport i [GWh] mellom BASE_V3-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Tyskland	Nederland	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann	-69	12		-2	0	0			0	-60
Vind	3 000	0	0	0	0	0	0	0	0	3 000
Bio		-599	-107	-173	-1	-110	-8	-15	0	-1 013
Kull			-133	-231	-8	-427	-150		-424	-1 374
Gass	-30	-17	-20	-6	-1	-5	-68	-11	-428	-584
Olje		-27	-1	0		0	0		0	-29
Nuclear		-77		-14	0	-4	0	0	1	-95
Andre									0	0
Produksjon	2 901	-708	-262	-427	-10	-546	-226	-26	-851	-156
Forbruk	62	33	15	9	2	9	10	0	-299	-159
Eksport	1 390	-492	88	-61	-2	141	175	-5	-110	1 125
Import	-1 448	251	364	375	9	698	413	22	442	1 125
Netto-eksp.	2 839	-744	-276	-436	-10	-557	-237	-26	-552	0

I Figur 4-5 ser man klar økning av vindenergi i Norge med 3 TWh. Denne mengde energi erstatter kraftproduksjon i andre land, fordi i dette scenario finnes det ingen elbil og økt overskudd kan eksporteres.

Eksport til Sverige øker mens import går ned – det samme gjelder Danmark, Nederland og Tyskland. Det er ingen endring i kraftflytet til Storbritannia og Finland pga. allerede fullt utnyttet kapasitet av kraftlinjer (Tabell 4-9).



Figur 4-5 Forskjell i kraftproduksjon i [GWh] mellom BASE_V3-scenario og BASE-scenario

Tabell 4-9 Eksport fra Norge og import til Norge i BASE_V3-scenario med netto-eksport på 14,5 GWh

	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Nederland	Tyskland	Sum
Eksport	3 900	4 889	579	12 089	10 529	5 642	37 629
Import	17 199	1 992	68	54	138	3 732	23 184
Sum	-13 299	2 897	511	12 035	10 391	1 910	14 446

Installasjon av vindkraft i Norge påvirker kraftproduksjonen i alle land pga. utveksling av energi via kraftlinjer og dermed påvirker det også CO₂-utslippene. Vindenergien erstatter både kraftproduksjon i Norden og i sentral-europeiske land. Mengden av erstatning i disse land er mest avhengig av kapasiteten av sjøkablene som kobler Norge og Sverige til landene.

Vindenergi erstatter i første omgang de dyreste kraftverk som ikke nødvendigvis er de med det største utslippet. Som man kan se i Tabell 4-10 og Tabell 8-3 er utslippet redusert med 1,399 Mtonn i henholdt til BASE-scenario. Besparelse i CO₂ i hvert land har nesten det samme nivå som økning i ELBIL-scenario (Tabell 4-7). Dette viser at kraftsystemets økte utslipp pga. elbiler kan elimineres helt med installasjon av vindkraft med samme kraftproduksjon i Norge. Det kombinerte scenarier, ELBIL_V3, er undersøkt i neste kapittel.

Tabell 4-10 Forskjell i CO₂-utslipp i [Mtonn] mellom BASE_V3-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Tyskland	Nederland	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann										
Vind										
Bio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Kull			-0,116	-0,189	-0,008	-0,459	-0,121		-0,388	-1,281
Gass	-0,010	-0,007	-0,009	-0,002	0,000	-0,002	-0,023	-0,003	-0,040	-0,096
Olje		-0,020	-0,002	0,000		0,000	0,000			-0,022
Nuclear		0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Andre										
Sum	-0,010	-0,027	-0,127	-0,191	-0,008	-0,461	-0,144	-0,003	-0,428	-1,399

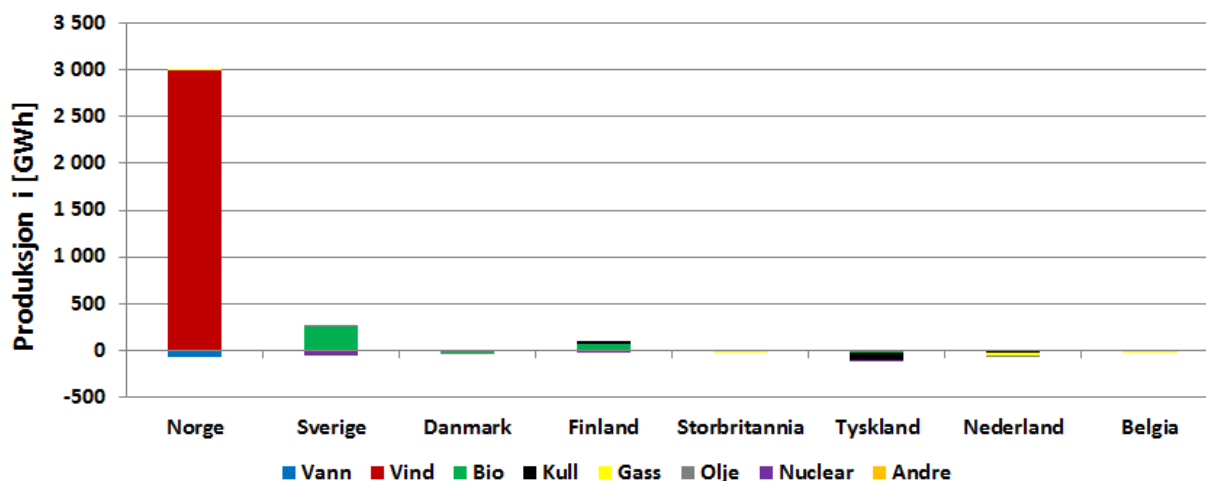
4.4 ELBIL_V3-scenario

I dette scenario er det sett på ekstra forbruk fra elbil og ekstra installert vindenergi i Norge – begge to med 3 TWh. Vindenergien er fordelt over hele Norge og dermed i de enkelte EMPS-områdene. Produsert vindenergi kan brukes med en gang i de områder med elbil og derfor unngå man overføring av energien. Dette fører til mindre kraftflyte og eventuell mindre behov for nettutbygging.

Som forventet dekkes elbilforbruket i hovedsak med den ekstra tilførte energien fra vindkraft (Tabell 4-11 og Figur 4-6). Netto-eksporten forandrer seg ikke i sammenligning med rent BASE-scenario uten elbil og vindkraft (Tabell 4-12). Det er bare en liten registrert endring i kraftproduksjon i andre land. Denne endringen skyldes at vindkraft og elbil-forbruk har ulik sesong- og døgnprofil.

Tabell 4-11 Forskjell i kraftproduksjon, forbruk, import og eksport i [GWh] mellom ELBIL_V3-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Tyskland	Nederland	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann	-62	0	0	0	0	0	0	0	0	-63
Vind	3 000	0	0	0	0	0	0	0	0	3 000
Bio		256	-23	70	0	-21	-7	-12	0	263
Kull			0	37	-2	-75	-22		-63	-124
Gass	2	6	-1	-1	0	-1	-19	-6	-365	-386
Olje		14	0	0		0	0		0	13
Nuclear		-46		-10	0	-1	0	0	1	-57
Andre									0	0
Produksjon	2 939	230	-24	95	-2	-98	-47	-18	-427	2 647
Forbruk	2 951	-3	3	-1	1	3	1	0	-305	2 649
Eksport	197	226	22	22	-1	57	26	-4	-38	507
Import	209	-8	47	-74	1	158	75	14	84	507
Netto-eksp.	-12	234	-26	96	-2	-101	-49	-18	-122	0



Figur 4-6 Forskjell i kraftproduksjon i [GWh] mellom ELBIL_V3-scenario og BASE-scenario

Det er verdt å merke seg at de marginale endringene i produksjon er større utenfor Norge enn i Norge når vi legger til både elbiler og vindkraft. Kombinasjonen gir noe økt produksjon fra biokraft og noe reduksjon fra kull og gass, sammenlignet med BASE-scenariet. Dette gir en gunstig sumvirkning på CO₂-utslippene.

Tabell 4-12 Eksport fra Norge og import til Norge med naboland i GWh i ELBIL_V3-scenario med netto-eksport av 11,6 GWh

	Sverige	Danmark	Finland	Storbritannia	Nederland	Tyskland	Sum
Eksport	3 472	4 631	560	12 079	10 260	5 434	36 436
Import	18 609	2 084	77	56	155	3 861	24 841
Sum	-15 137	2 547	482	12 024	10 106	1 573	11 595

Totalt sett reduseres CO₂-utslippet i scenarioet med 0,137 Mtonn i forhold til BASE-scenario (Tabell 4-13).

Tabell 4-13 Forskjell i CO₂-utslipp i [Mtonn] mellom ELBIL_V3-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Dan- mark	Finland	Storbri- tannia	Tysk- land	Neder- land	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann										
Vind										
Bio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Kull			0,001	0,028	-0,002	-0,078	-0,017		-0,058	-0,126
Gass	0,002	0,003	-0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,006	-0,001	-0,017	-0,021
Olje		0,010	0,000	0,000		0,000	0,000			0,010
Nuclear		0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Andre										
Sum	0,002	0,013	0,000	0,028	-0,002	-0,079	-0,023	-0,001	-0,075	-0,137

4.5 ELBIL_V3-scenario i sammenheng med BASE_V3-scenario

Scenarioet ELBIL_V3 blir her sammenlignet med BASE_V3 (Tabell 4-14 og Tabell 4-15). Begge har 3 TWh ekstra vindenergi installert i Norge. Resultatene viser at forskjellen mellom ELBIL/BASE- og ELBIL_V3/BASE_V3-scenarier er lite (Tabell 8-3). Mens vindenergien i BASE_V3-scenario blir eksportert til andre land brukes den i ELBIL_V3-scenario for å dekke forbruket fra elbiler.

Tabell 4-14 Forskjell i kraftproduksjon, forbruk, import og eksport i [GWh] mellom ELBIL_V3-scenario og BASE-scenario

	Norge	Sverige	Dan- mark	Fin- land	Storbri- tannia	Tysk- land	Neder- land	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann	7	-12		2	0	0			0	-3
Vind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bio		855	84	243	1	90	2	3	0	1 277
Kull			134	268	6	352	128		376	1 265
Gass	31	23	19	5	1	3	49	5	78	214
Olje		41	1	0		0	0		0	42
Nuclear		31		4	0	3	0	0	-17	21
Andre									0	0
Produksjon	38	938	238	522	8	448	179	8	437	2816
Forbruk	2 888	-35	-12	-10	-1	-6	-9	0	-	2815
Eksport	-1 193	718	-66	83	0	-84	-150	1	72	-618
Import	1 657	-259	-316	-449	-8	-540	-338	-7	-358	-618
Netto-eksp.	-2 850	977	250	532	8	456	188	8	430	0

Det er fortsatt nødvendig å dekke elbilforbruket i ELBIL_V3-scenario og energien kommer fra samme kilder som i ELBIL-scenario. Den eneste forskjellen er at det brukes mer gass- og biokraftverk i de scenarioer med vindenergi pga. balansering og i samme måte fortrenses produksjon fra kull- og kjernekraftverk (Tabell 4-16) - spesielt i Sverige og Finland.

CO₂-utslippet er 1,262 Mtonn høyre i ELBIL_V3-scenario enn i BASE_V3-scenario. Dette er i samme størrelsesorden som økning fra BASE- til ELBIL-scenarioet (Tabell 8-3). Reduksjonen fra 1,44 Mtonn til 1,262 Mtonn skyldes økt bruk av gass- og biokraftverk (Tabell 4-16). Som før kommer utslippet i hovedsak fra kullkraftverk (Tabell 4-15).

Tabell 4-15 Forskjell i CO₂-utslipp i [Mtonn] mellom ELBIL_V3-scenario og BASE_V3-scenario

	Norge	Sverige	Dan- mark	Finland	Storbri- tannia	Tysk- land	Neder- land	Belgia	Sum Eksogen	Sum
Vann										
Vind										
Bio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Kull			0,117	0,217	0,006	0,381	0,104		0,330	1,155
Gass	0,012	0,010	0,008	0,002	0,000	0,001	0,017	0,002	0,023	0,075
Olje		0,030	0,002	0,000		0,000	0,000			0,032
Nuclear		0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Andre										
Sum	0,012	0,040	0,127	0,219	0,006	0,382	0,121	0,002	0,353	1,262

Tabell 4-16 Endring i produksjon i termiske kraftverk mellom scenarier

	Produksjonsendring ELBIL/BASE	Produksjonsendring ELBIL_V3/BASE_V3
Bio	+39,2 %	+45,3 %
Kull	+56,7 %	+44,9 %
Gass	-1,6 %	+7,6 %
Olje	+1,4 %	+1,5 %
Nuclear	+3,5 %	+0,7 %

4.6 Sensitivitetsscenario med økt forbruk av elbil

Det blir kjørt et scenario med økt forbruk fra elbil for å sjekke sensitiviteten av modellen mot dette. Det originale forbruk i ELBIL-scenario med 15 kWh/100 km per elbil blir fordoblet til 30 kWh/100 km (se Kapittel 3.3). Dermed har den totale energimengden elbil trenger per år for opplading fordoblet seg (Tabell 4-17). Det samme resultat får man hvis forbruket av hver elbil blir det samme, men antall elbiler blir fordoblet.

Tabell 4-17 viser forskjellen mellom de to scenarier nært lineært. Fordobling av elbilforbruk fører til redusert eksport i samme størrelse. Produksjonen må økes hovedsakelig i kontinentale Europa og litt i Norge selv (noe fra gasskraftverk som fører til økt CO₂-utslipp). Utslippet økes med mer enn 100 % fordi kraftverk med dårligere virkningsgrad må settes i gang for å dekke det økte forbruket.

Tabell 4-17 Forskjell mellom ELBIL-scenarier med fordoblet forbruk av elbil

	ELBIL-scenario med 15 kWh/100 km forbruk	ELBIL-scenario med 30 kWh/100 km forbruk	Forandring
Forbruk elbil [GWh]	2 963	5 926	+100,00 %
Produksjon i Norge [GWh]	51	79	+54,90 %
Produksjon i Norden [GWh]	1 517	2 812	+85,37 %
Produksjon i Europa [GWh]	2 529	5 348	+111,47 %
Netto-eksport fra Norge [GWh]	-2 845	-5 649	-98,56 %
CO₂-utslipp i Norge [Mtonn]	0,011	0,025	+127,27 %
CO₂-utslipp i Norden [Mtonn]	0,38	0,805	+111,84 %
CO₂-utslipp i Europa [Mtonn]	1,44	3,046	+111,53 %

Bruk av gasskraftverk øker mest i Nederland og de eksogene landene som i sum fører til en reduksjon av andelen fra biokraftverk (eksogene land har ingen, se kapittel 8.2.1). Andelen av resterende kraftverk blir tilnærmet uendret (Tabell 4-18), men som beskrevet ovenfor brukes det mer energi fra kraftverk med dårlige virkningsgrad/høyere CO₂-utslipp.

Tabell 4-18 Endring i produksjon i termiske kraftverk mellom de scenarier

	Produksjonsendring ELBIL/BASE med 15 kWh/100 km forbruk	Produksjonsendring ELBIL/BASE med 30 kWh/100 km forbruk
Bio	+39,2 %	+31,4 %
Kull	+56,7 %	+56,0 %
Gass	-1,6 %	+6,9 %
Olje	+1,4 %	+1,1 %
Nuclear	+3,5 %	+3,6 %

5 Sammenligning av CO₂-utslipp med vanlig bil

Som allerede er omtalt i kapittel 2 er klimavennlighet av elbil svært avhengig av hvor energien til opplading kommer fra. Ut fra simuleringsresultatene sammenlignes etterfølgende CO₂-utslipp fra elbiler med utslipp fra biler med forbrenningsmotor og bensin/diesel som drivstoff. Den ekvivalente utslippen av elbiler er beregnet ut av ekstra energiproduksjon for elbiler og dets forårsakete CO₂-utslipp.

5.1 CO₂-utslipp av vanlig bil

Antallet biler og deres CO₂-utslipp er beregnet på grunnlag av Tabell 3-1. Antall elbiler i Norge i 2020 var satt til 1 523 463 totalt. Fra Figur 2-4 brukes det to satt mål for CO₂-utslipp for videre beregning for vanlige biler:

- EU-mål for 2012 med 140 gCO₂/km (gjennomsnitt for nye biler)
- Langsiktig fremtidig EU-mål med 40 gCO₂/km

De to verdiene er brukt for å beregne det totale CO₂-utslippet uten elbiler, men kun vanlige biler. I Tabell 5-1 ser man at CO₂-utslippet fra de ekstra vanlige bilene blir enten 0,79 Mtonn CO₂ eller 2,57 Mtonn CO₂. I 2012 var det gjennomsnittlige utslippet for nye biler i Norge på ca. 130 gCO₂/km. Legger vi denne verdien til grunn, blir det beregnede CO₂-utslippet 2,39 Mtonn CO₂ for de bilene som blir erstattet av elbiler.

Tabell 5-1 Erstattet elbil med vanlig bil i 2020, basert på Tabell 3-1 og Figur 2-4

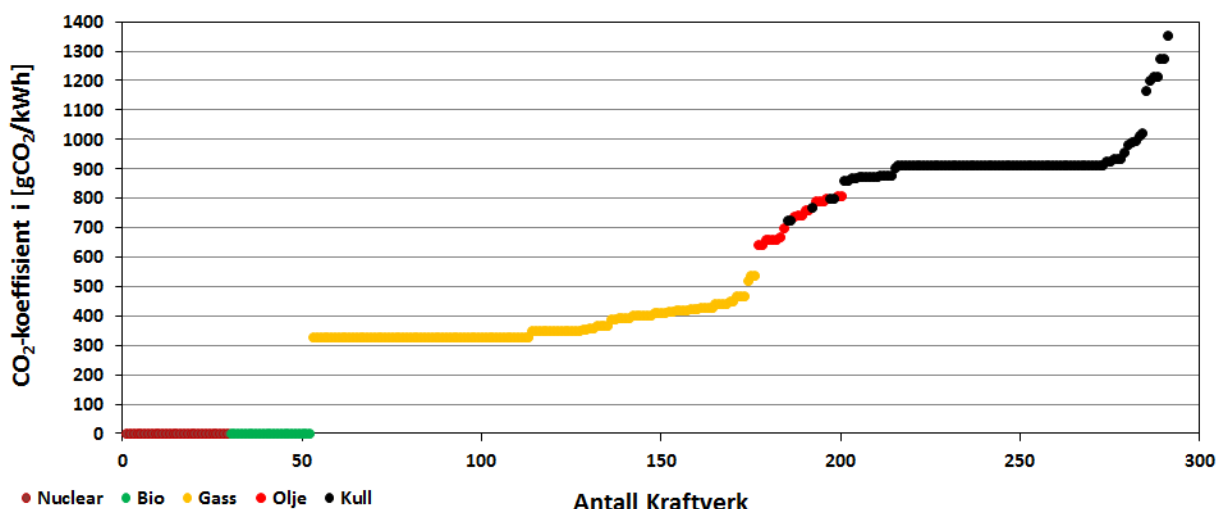
Område i EMPS	Tilhørende Fylke	Erstattet Elbil per Fylke	Gjennomsnittlige Kjørelengde per Bil i [km] [8]	CO ₂ -forbruk av vanlig bil [Mtonn] med 40gCO ₂ /km	CO ₂ -forbruk av vanlig bil [Mtonn] med 140gCO ₂ /km
NOR-GLOMMA	Hedmark	67 340	13 655	0,037	0,120
NOR-OSTLAND	Akershus	188 159	13 671	0,103	0,334
	Oslo	158 976	13 055	0,083	0,269
NORD-SOROST	Østfold	85 181	13 383	0,046	0,148
	Vestfold	73 747	12 768	0,038	0,122
NOR-HALLING	Oppland	64 099	13 247	0,034	0,110
	Buskerud	91 085	13 366	0,049	0,158
NOR-TELEMARK	Telemark	53 752	12 775	0,027	0,089
NOR-SORLAND	Aust-Agder	35 151	13 642	0,019	0,062
	Vest-Agder	50 221	13 204	0,027	0,086
NOR-VESTSYD	Rogaland	133 432	11 979	0,064	0,208
NOR-VESTMIDT	Hordaland	135 429	12 474	0,068	0,220
	Sogn og Fjordane	32 949	12 421	0,016	0,053
NOR-MIDT	Møre og Romsdal	80 809	12 027	0,039	0,126
	Sør-Trøndelag	87 721	12 941	0,045	0,148
	Nord-Trøndelag	43 872	13 671	0,024	0,078
NOR-HELGE	Nordland	72 335	12 425	0,036	0,117
NOR-TROMS	Troms	47 186	13 141	0,025	0,081
NOR-FINNMARK	Finnmark	21 537	13 207	0,011	0,037
-	Svalbard	780	11 935	0,000	0,001
Sum		1 523 463	-	0,790	2,570

5.2 CO₂-utslipp av elbil

CO₂-utslippet i scenario ELBIL var 1,44 Mtonn høyere enn i BASE-scenario. Hvis man tar forbruket av elbil med 2962,3 GWh kan man beregne CO₂-koeffisient av et ekvivalent kraftverk som dette tilsvarer (likning [2]).

$$CO_{2\text{koeffisient}} = \frac{CO_{2\text{utslipp}}}{E_{\text{elbil}}} = \frac{1,44 \text{ Mtonn } CO_2}{2962,3 \text{ GWh}} = 486 \text{ gCO}_2/\text{kWh} \quad [2]$$

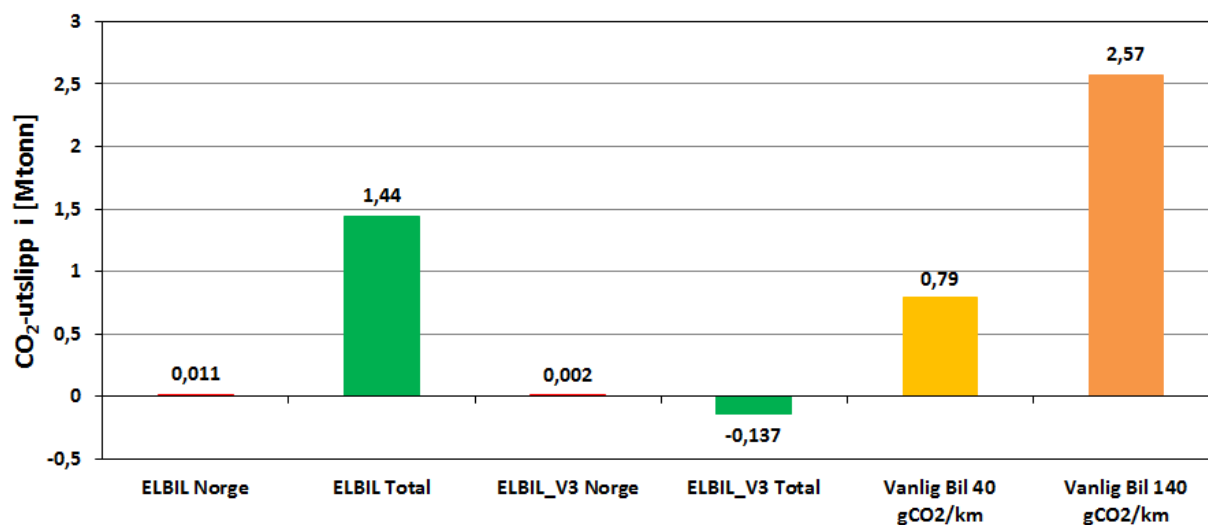
Man kan si at med bruk av elbil i Norge blir mindre energi eksportert til andre land. Disse må, i en marginalbetraktning, øke egen produksjon og følgelig økes også CO₂-utslippet. Økningen av alle kraftverk i systemet basert på likning [2] tilsvarer en gjennomsnittlig CO₂-koeffisient på 486 gCO₂/kWh. Dette ligger i overkant av et konvensjonelt gasskraftverk (Figur 5-1), men som beskrevet tidligere kommer ekstra produksjon i ELBIL-scenario mest fra kullkraftverk (lav marginalpris, høy utslipp) og biokraftverk (lav marginalpris, null utslipp).



Figur 5-1 Oversikt av de CO₂-koeffisienter fra alle termiske kraftverk i systemet

Tar man CO₂-koeffisienten fra ELBIL-scenarioet med 486 gCO₂/kWh og bruker Figur 2-4 med et elbilforbruk av 15 kWh/km (verdien brukt i scenarier), får man en CO₂-utslipp på 73 gCO₂/km. Dette er verdi hvis man tar marginal påvirkning av elbil på hele systemet, dvs. den delen av Europa som er modellert. Tar man bare hensyn til økt CO₂-utslipp i Norge i ELBIL-scenario (Tabell 4-7) med 0,011 Mtonn CO₂, blir CO₂-koeffisienten kun 4 gCO₂/kWh og dermed et tilsvarende utslipp nær 0 gCO₂/km.

Figur 5-2 viser utslippene for ELBIL- og ELBIL_V3-scenario i sammenligning med BASE-scenario, delt opp i utslipp i Norge og hele modellen. I tillegg viser bildet utslippet av vanlig bil som beskrevet (Tabell 5-1). Man ser at utslippet i Norge er nesten null mens i Europa ligger den mellom de to scenariene for vanlig bil i ELBIL-scenario uten ekstra vindkraft. Med vindkraft i scenario ELBIL_V3 er utslippet endog mindre enn i BASE-scenario.



Figur 5-2 CO₂-utslipp i ELBIL- og ELBIL_V3-scenario for Norge og hele modellen sammenlignet med BASE-scenario og CO₂-utslipp fra samme antall vanlig bil i de to alternativene

6 Konklusjon

Målet med denne studien er å finne ut hvordan innføring av elbil i Norge påvirker det norske og europeiske kraftsystemet og de tilhørende klimagassutslipp. Simuleringsmodellen EMPS blir brukt for å sette opp forskjellige scenarier med og uten elbil. I tillegg undersøkes hvordan resultatene forandrer seg når elbil-innføringen ses i sammenheng med ekstra installert vindkraft i Norge.

I undersøkelsen har Norge et energioverskudd med en netto-eksport på omtrent 12 TWh. Det økte forbruket fra elbiler over året dekkes nesten utelukkende ved å redusere overskuddet. Netto-eksport reduseres og de landene som importerer CO₂-fri norsk vannkraft må øke egen produksjon for å dekke sitt forbruk. Dagens kraftverkspark i Europa er dominert av fossile kraftverk og dermed går de marginale CO₂-utslippene fra kraftsektoren opp ved innføring av elbiler. Den samlede CO₂-koeffisienten for innføring av elbiler i Norge blir 486 gCO₂/kWh i følge våre simuleringer av Samkjøringsmodellen med 2020 datasett for Nord-Europa. Med et estimert forbruk på 15 kWh/100 km, får man et CO₂-utslipp på 73 gCO₂/km som følge av økt produksjon av fossil kraft i det nord-Europeiske systemet. Sammenlignet med det gjennomsnittlige utslippet for nye personbiler i Norge i 2012 (130 gCO₂/km) får vi en direkte reduksjon i CO₂-utslipp på 0,95 Mtonn/år ved å erstatte halve personbilparken i Norge med elbiler.

Dersom man ser introduksjon av elbil i sammenheng med utbygging av ekvivalent mengde ny vindkraft i Norge viser simuleringene at de totale utslippene fra kraftsektoren faktisk går noe ned sammenlignet med "null-situasjonen" (-0,14 Mtonn/år). Dette samlede tiltaket innenlands gir en totalreduksjon i CO₂-utslipp på 2,53 Mtonn/år, hensyntatt den samlede innvirkningen på kraftmarkedet og på bilparkens sammensetning.

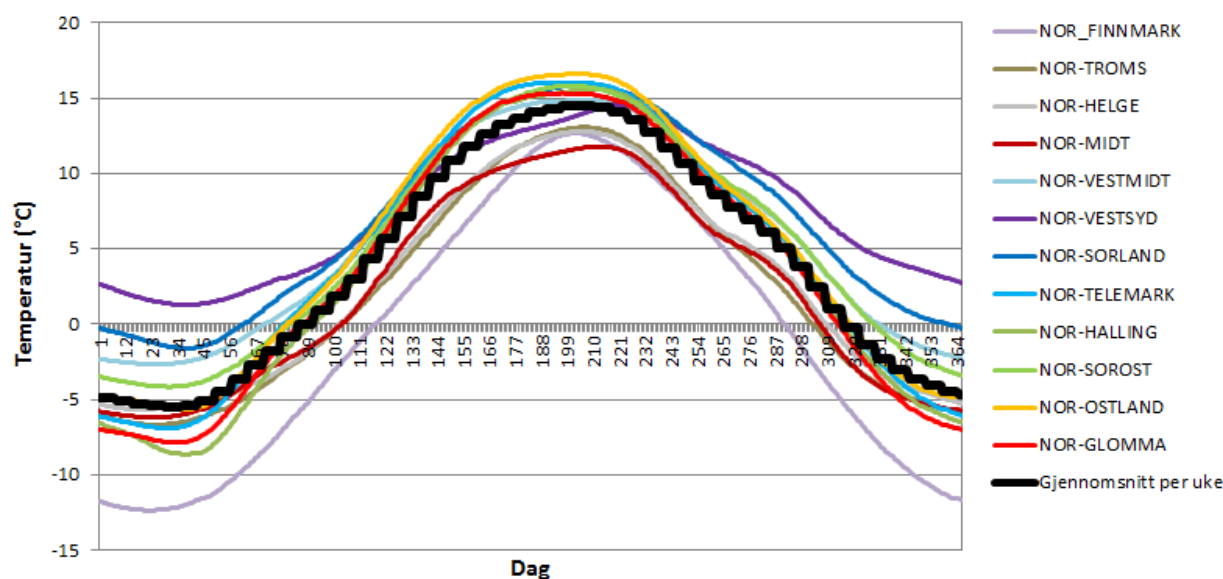
7 Referanser

- [1] "Økning i transportens energibruk og klimagassutslipp", Statistisk sentralbyrå, 2013
- [2] Ch. Pfeiffer, "'Well to Wheel' Wirkungsgrad im Vergleich", Siemens AG, Transport Science Days 2012, <http://www.facebook.com/eMobility>
- [3] "Marktpotenziale und CO₂-Bilanz von Elektromobilität", Öko-Institut e.V., Berlin, oktober 2011
- [4] "CO₂-Emission von Elektrofahrzeugen", Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., februar 2007
- [5] "Evaluating North Sea grid alternatives under EU's RES-E targets for 2020", SINTEF Energi, Trondheim, 2013
- [6] "Kabler til Tyskland og Storbritannia – analyse av samf.øk. nytte ved spothandel", Analyserapport, Statnett, 2013
- [7] "Registrerte kjøretøy per 31. desember, etter kjøretøygruppe og fylke", Statistisk sentralbyrå, 2013
- [8] "Kjørelengder, etter hovedkjøretøytype og eierens bostedsfylke. Gjennomsnitt per kjøretøy. Km", Statistisk sentralbyrå, 2013
- [9] "Drivers and Inhibitors of Electric Vehicles", MEC Intelligence, desember 2011
- [10] "Trafikkdata – ÅDT-belegging", Rapport 1/2009, Statens Vegvesen, 2009
- [11] "Den nasjonale reisevaneundersøkelsen", Transportøkonomisk Institutt, 2009
- [12] "D2.2. EV Charging Analysis with High EV Penetration in the Nordic Region", Final Rapport, NORSTRAT project, 2013
- [13] "Recommendations for optimal HRS operation in markets with varying electricity cost", H2moves Scandinavia, Deliverable 7.5, desember 2012
- [14] Norwegian Meteorological Institute, www.eklima.no

8 Vedlegg

8.1 Temperaturavhengig forbruk

Figur 8-1 viser statistiske temperaturkurver for hvert EMPS-område. For dette er ett representativt sted per område tatt i bruk [14]. Etterpå blir den "Gjennomsnitt per uke" snudd rundt og forskjøvet opp. Dette er grunnlag for den årlige fordeling av energiforbruk i elbil med hensyn til høyere forbruk i vinteren med 30 % [7] (se Figur 3-3). Gjennomsnittene er brukt videre for å forenkle beregningen, men man kan også bruke f.eks. 10 % mer i NOR-VESTSYD (mindre forskjell vinter/sommer) og 50 % mer i NOR-FINNMARK.



Figur 8-1 Representative statistiske temperaturkurver for hvert EMPS-område [14]

8.2 CO₂-koeffisienter og utslipp

8.2.1 Kraftverkstyp for eksogene land

Tabell 8-1 viser tilsvarende kraftverk i de sju periodene for de eksogene land. Det er brukt "Gas New" som kilde i høypristid om hverdager og kull i resten av periodene. Et unntak er Frankrike hvor det er brukt kjernekraft istedenfor kull pga. landes kraftverkspark.

Tabell 8-1 Kraftverk for eksogene områder

Navn Eksport	Navn Import	Beskrivelse	Tidsintervall	Timer per uke	Tilsvarende kraftverkstyp
EKS_HD	IMP_HD	Høy dag	9:00-15:00	30	GAS NEW
EKS_HK	IMP_HK	Høy kveld	18:00-20:00	10	GAS NEW
EKS_LD	IMP_LD	Lav dag	6:00-9:00, 15:00-18:00, 20:00-24:00	50	GAS NEW
EKS_N	IMP_N	Natt	0:00-6:00	30	HARD COAL
EKS_Helg	IMP_Helg	Helg	7:00-24:00	34	HARD COAL
EKS_N-Lor	IMP_N-Lor	Natt lørdag	0:00-7:00	7	HARD COAL
EKS_N-Son	IMP_N-Son	Natt søndag	0:00-7:00	7	HARD COAL

8.2.2 Oversikt av CO₂-koeffisient for kraftverk

Tabell 8-2 viser kraftverk i EMPS for Finland og Polen (eksogen område) med den tilhørende CO₂-koeffisient. Ut av denne er det mulig å beregne utslippet av hvert kraftverk basert på den produserte energimengden.

Tabell 8-2 CO₂-koeffisienter av konvensjonelle kraftverk i utvalgte områder i EMPS

Land	Område-nummer	Kraftverksnummer i Området	Kraftverkstyp	Typ / Brensel	Koeffisient [gCO ₂ /kWh]
Finland	25	10	HARD COAL	HARD COAL	904
Finland	25	11	DH_COAL_KO	HARD COAL	870
Finland	25	12	GAS	GAS	403
Finland	25	13	GT_GAS	GAS	403
Finland	25	14	DH_GAS_KO	GAS	422
Finland	25	15	OIL	OIL	811
Finland	25	16	GT_OIL	OIL	811
Finland	25	17	DH_OIL_KO	OIL	659
Finland	25	18	NUCLEAR	NUCLEAR	0
Finland	25	19	BIO	BIO	0
Finland	25	20	DH_BIO_KO	BIO	0
Finland	25	21	HARD COAL NEW	HARD COAL NEW	728
Finland	25	22	BIO NEW	BIO NEW	0
Finland	25	23	GAS NEW	GAS NEW	328
Finland	25	24	GAS GT NEW	GAS NEW	328
Finland	25	25	NUCLEAR NEW	NUCLEAR NEW	0
Finland	25	26	OIL NEW	OIL NEW	790
Finland	25	50	DH_COAL_BP	HARD COAL	870
Finland	25	51	DH_GAS_BP	GAS	422
Finland	25	52	DH_OIL_BP	OIL	659
Finland	25	53	DH_BIO_BP	BIO	0
Polen	42	11	EKS_HD	GAS NEW	328
Polen	42	12	EKS_HK	GAS NEW	328
Polen	42	13	EKS_LD	GAS NEW	328
Polen	42	14	EKS_N	HARD COAL	916
Polen	42	15	EKS_Helg	HARD COAL	916
Polen	42	16	EKS_N-Lor	HARD COAL	916
Polen	42	17	EKS_N-Son	HARD COAL	916
Polen	42	21	IMP_HD	GAS NEW	328
Polen	42	22	IMP_HK	GAS NEW	328
Polen	42	23	IMP_LD	GAS NEW	328
Polen	42	24	IMP_N	HARD COAL	916
Polen	42	25	IMP_Helg	HARD COAL	916
Polen	42	26	IMP_N-Lor	HARD COAL	916
Polen	42	27	IMP_N-Son	HARD COAL	916

8.2.3 CO₂-utslipp per land og teknologi

CO₂-utslipp er oppsummert per land (Tabell 8-3) og teknologi (Tabell 8-4) for de fire scenarier. Man ser at mest utslipp skjer i land med kullkraft (f.eks. Finland, Tyskland) og at kullkraft (HARD COAL og LIGNITE) er brukt mest for å erstatte merforbruk pga. lavere marginale kostnader. Det er også en sterk

økning i biokraft, men fordi denne teknologien er utslippsfri ser man ingen endring i CO₂-utslipp. Negative utslipp betyr erstatning av egen produksjon med import og dermed mindre utslipp av CO₂ i egen land.

Tabell 8-3 CO₂-utslipp per land fra kraftproduksjon i de fire scenarier med endringer mellom BASE/ELBIL og BASE_V3/ELBIL_V3

Land	BASE CO ₂ [Mtonn]	ELBIL CO ₂ [Mtonn]	Endring [Mtonn]	Endring [%]	BASE_ V3 CO ₂ [Mtonn]	ELBIL_ V3 CO ₂ [Mtonn]	Endring [Mtonn]	Endring [%]
Norge	0,138	0,149	0,011	0,76	0,128	0,14	0,012	0,95
Sverige	4,448	4,479	0,031	2,15	4,421	4,461	0,04	3,17
Danmark	13,56	13,663	0,103	7,15	13,433	13,56	0,127	10,06
Finland	6,764	6,999	0,235	16,32	6,573	6,792	0,219	17,35
Sum Norden	24,91	25,29	0,38	26,39	24,555	24,953	0,398	31,54
Storbritannia	102,036	102,071	0,035	2,43	102,028	102,034	0,006	0,48
Tyskland	222,918	223,363	0,445	30,90	222,457	222,839	0,382	30,27
Nederland	52,271	52,4	0,129	8,96	52,127	52,248	0,121	9,59
Belgia	2,79	2,792	0,002	0,14	2,787	2,789	0,002	0,16
Estland	-3,096	-3,062	0,034	2,36	-3,12	-3,105	0,015	1,19
Litauen	-4,018	-3,867	0,151	10,49	-4,127	-4,025	0,102	8,08
Polen	-7,908	-7,834	0,074	5,14	-7,981	-7,914	0,067	5,31
Tsjekkia	-3,426	-3,423	0,003	0,21	-3,453	-3,433	0,02	1,58
Osterrike	-8,048	-7,964	0,084	5,83	-8,117	-8,065	0,052	4,12
Sveits	-4,318	-4,221	0,097	6,74	-4,438	-4,352	0,086	6,81
Frankrike	9,921	9,927	0,006	0,42	9,914	9,925	0,011	0,87
Irland	1,841	1,841	0	0,00	1,842	1,842	0	0,00
Sum	385,873	387,313	1,44	100,00	384,474	385,736	1,262	100,00

Tabell 8-4 CO₂-utslipp per teknologi fra kraftproduksjon i de fire scenarier med endringer mellom BASE/ELBIL og BASE_V3/ELBIL_V3

Teknologi	BASE CO ₂ [Mtonn]	ELBIL CO ₂ [Mtonn]	Endring [Mtonn]	Endring [%]	BASE_ V3 CO ₂ [Mtonn]	ELBIL_ V3 CO ₂ [Mtonn]	Endring [Mtonn]	Endring [%]
BIO	0	0	0	0	0	0	0	0
BIO NEW	0	0	0	0	0	0	0	0
GAS	26,726	26,748	0,022	1,53	26,7	26,73	0,03	2,38
GAS NEW	8,382	8,443	0,061	4,24	8,312	8,357	0,045	3,57
HARD COAL	235,078	236,014	0,936	65,00	234,181	234,965	0,784	62,12
HARD COAL NEW	11,729	11,848	0,119	8,26	11,619	11,754	0,135	10,70
LIGNITE	97,929	98,203	0,274	19,03	97,655	97,891	0,236	18,70
NUCLEAR	0	0	0	0	0	0	0	0
NUCLEAR NEW	0	0	0	0	0	0	0	0
OIL	6,015	6,042	0,027	1,87	5,994	6,025	0,031	2,46
OIL NEW	0,014	0,015	0,001	0,07	0,013	0,014	0,001	0,08
Sum	385,873	387,313	1,44	100,00	384,474	385,736	1,262	100,00



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no