



# Den grønne ledertrøya

## Det fornybare Norge: Energi- og klimapolitikk mot 2050



## Sammen drag



- Vi har en formidabel global utfordring med å kutte utslipp og samtidig skaffe mer energi frem mot midten av århundret. På sikt må vi ifølge det internasjonale klimapanelet (IPCC) ned på maksimum 2 tonn CO<sub>2</sub>-utslipp per capita, også i Norge.
- Skal Norge nå 2-tonnsmålet, må energibruken, som står for om lag 2/3 av innenlandske utslipp av klimagasser i dag, bli tilnærmet utslippsfri på sikt. Vi har imidlertid en vekstutfordring også i Norge fordi befolkningen øker med 1,8 millioner mennesker innen 2050. Det medfører økt etterspørsel etter energi til oppvarming, belysning, transport med mer, samt økt økonomisk aktivitet. I tillegg bør vi legge til rette for at vi skal kunne beholde en betydelig industrivirksomhet også på lang sikt.
- Energibruken må dekkes opp slik at bare CO<sub>2</sub>-fri energi leveres til kunden. Derfor er det bare elektrisitet, fornybar varme, bio og hydrogen som er aktuelle og kjente løsninger. I 2050 vil elektrisitet være en vesentlig mer dominerende energibærer enn i dag.
- I petroleumssektoren og personbiltransport vil elektrifisering gi vesentlig høyere energi-effektivitet. Energieffektivisering i bygg er viktig, men tar tid å realisere.
- Det blir særlig viktig å finne løsninger for tungtransport, sjø- og lufttransport gjennom FoU. Energiebehovet er stort, og vil vokse betydelig ut fra dagens nivå. Økt bruk av bio i Norge må i betydelig grad kanaliseres til transportformål, med mindre hydrogen blir kommersielt tilgjengelig.
- Et sterkt elnett vil bli nøkkelen til å forsyne forbrukerne med utslippsfri energi. Elnettet knytter forbruk og produksjon av fornybar energi sammen. Mange av beslutningene om det fremtidige elnettet vil bli tatt i de nærmeste årene. Nett tar lang tid å bygge, og har svært lang levetid. Selv om vi har en sterk infrastruktur for elektrisitet i dag, må vi utvikle den videre med nye ”motorveier” samt oppgradering og forsterkning av eksisterende nett.
- Kjente tiltak i energisektoren gir oss 2/3 av de nødvendige kuttene for å nå 2-tonnsmålet. FoU innen transportsektoren bringer oss til 3/4, mens karbonfangst og -lagring i industrien tar oss forbi 90 prosent. Den nødvendige omstillingen er omfattende, men Norge har trolig Europas beste utgangspunkt for å nå et 2-tonnsmål. Mye av vår energiproduksjon er fornybar, og nesten 50 prosent av energien leveres til kundene i form av elektrisitet allerede i dag. For å nå klimamålene må prosentandelen økes til over 70. Det krever en kursendring, men ikke en omveltning av det norske energisystemet. De årlige investeringene som kreves, er trolig ikke større enn de vi har hatt historisk i det norske kraftsystemet – og vesentlig lavere enn dagens investeringer i petroleumssektoren.
- Dagens virkemiddelbruk gir for lite omstilling og for sen endringstakt. Vi må satse på et bredt spekter av virkemidler som legger til rette for investeringer i fornybar energiproduksjon, energieffektivisering og konvertering til fornybar energi, samt investeringer i elnettet. I tillegg er det avgjørende med FoU for å løse utslippsutfordringene i transportsektoren og i prosessindustrien.

# Innholdsfortegnelse



<b>Sammendrag .....</b>	<b>2</b>
<b>Vårt århundres utfordring: Mer energi, mindre utslipp .....</b>	<b>4</b>
Maks. 2 tonn per innbygger globalt.....	4
Norge har også en vekstutfordring .....	5
Industrien og petroleumssektoren kan fortsatt være store energibrukere .....	5
Norsk energiforbruk i 2050 – og utslippsutfordringen – vil være betydelig .....	6
<b>Et utslippsfritt energisystem 2050 .....</b>	<b>8</b>
Det fremtidige energisystemet er fornybart.....	8
Vi har nok fornybare ressurser, men biopotensialet er begrenset .....	10
Vi må prioritere mellom ulike anvendelser av biomasse.....	11
Betydelige FoU-utfordringer i transportsektoren .....	12
Mer effektiv energibruk i bygg er viktig, men tar tid .....	12
Tiltakene for utslippskutt i energisektoren .....	13
Elnettet blir enda viktigere .....	15
Tiltakene i nettet må gjennomføres over lang tid .....	16
<b>Veivalg for en grønn fremtid .....</b>	<b>18</b>
Fornybar energi og karbonfangst bringer oss svært nær 2-tonnsmålet.....	18
Vi har et godt utgangspunkt – langt bedre enn andre land .....	19
Kursendringene krever investeringer, men oppgaven er ikke uoverkommelig .....	20
Klimatesten for tiltak – og veien videre .....	23

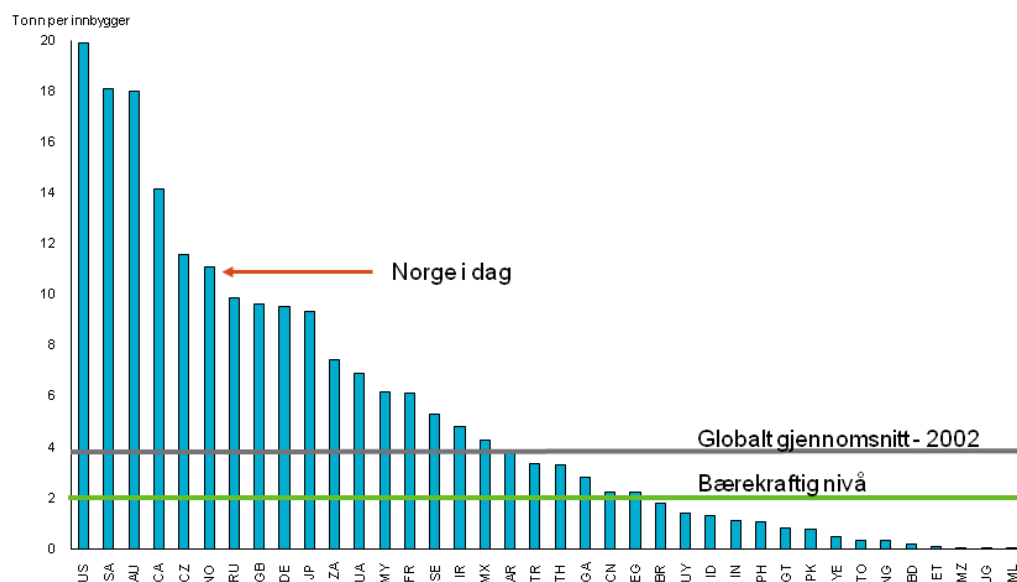
## Vårt århundres utfordring: Mer energi, mindre utslipp



Utslippene av klimagasser må reduseres til et maksimum på 2 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per capita innen midten av århundret. Samtidig må verden skaffe mer energi for å legge til rette for økonomisk vekst i utviklingsland. Også norske utslipp må derfor kuttes sterkt. Vi kan ikke basere oss på kvotekjøp i det lange løp dersom 2-tonnsmålet skal nås, fordi alle I-land må redusere om U-landene skal få økt levestandard. Om lag 2/3 av de norske klimagassutslippene kommer fra fossil energibruk i dag. Nøkkelen for Norge ligger derfor i å konvertere fra fossil til fornybar energi og samtidig effektivisere energibruken.

### Maks. 2 tonn per innbygger globalt

Utslipp av klimagasser medfører temperaturøkninger og klimaendringer som kan komme ut av kontroll dersom ikke noe gjøres for å begrense utslippene. Verdens utslipp må ifølge det internasjonale klimapanelet IPCC kuttes med 80 prosent innen midten av dette århundret for å begrense temperaturøkningene til et bærekraftig nivå. Det innebærer at utslippene per capita må begrenses til 2 tonn. Mange utviklingsland ligger vesentlig lavere enn dette nivået i dag, mens Norge ligger på 11-12 tonn per capita. Noen industrialiserte land ligger enda høyere, men Norge befinner seg i den øvre delen – også blant industriland.



Figur 1: Utslipp av klimagasser per innbygger i 2002. Tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Kilde: UNEP/GRID, EU-kommisjonen

Skal vi lykkes med å løfte utviklingslandene til et velstandsnivå nærmere oss og stabilisere klimaendringene, må verden fremskaffe store mengder ny energi samtidig som utslippene reduseres. Det er en krevende oppgave som vil medføre store omstillinger i energibruken i alle vestlige land, også Norge. Vi kan ikke i 2050 belage oss på å møte våre forpliktelser

gjennom kvotekjøp. Årsaken er at utviklingslandene på det stadiet ikke vil ha store overskudd av kvoter som de kan selge, ettersom de vil ha behov for å øke sine egne utslipp for å legge til rette for økonomisk vekst. Det er derfor ingen vei utenom fysiske utslippskutt i den industrialiserte verden.

Faktisk er det sannsynlig at vi i vestlige land må kutte utslippene til et nivå vesentlig lavere enn 2 tonn, ettersom fornybar energi neppe kan dekke opp hele veksten i energiforbruket i utviklingslandene. For at disse landene skal kunne oppleve en tilsvarende økonomisk utvikling som den vi har hatt, må vi bære en proporsjonalt større del av byrden ved utslippskutt. Dette perspektivet får i økende grad konsekvenser i energi- og miljøpolitikken i både EU og USA. Et fellestrekk for politikken er at det satses på en bred portefølje av tiltak som spenner fra energieffektivisering via støtte til utbygging av fornybar energi, konvertering fra fossile brensler til fornybar energi og til kvoter eller avgifter på klimagassutslipp. Det settes ambisiøse mål for både hjemlige utslippskutt og bidrag til kutt i andre land gjennom kvotekjøp og den grønne utviklingsmekanismen.

### Norge har også en vekstutfordring

Fra 2009 og frem mot 2050 vil den norske befolkningen vokse med 1,8 millioner, eller 37 prosent, ifølge de seneste befolkningsfremskrivningene fra Statistisk sentralbyrå. Veksten er ulikt fordelt mellom regioner. Mange av områdene i og rundt de store byene vil oppleve en vekst på 35-40 prosent frem mot 2030, enda mer frem mot 2050, mens andre regioner vil få liten eller ingen vekst overhodet. I sum vil befolkningsveksten være en drivkraft for økt energiforbruk dersom vi ikke greier å effektivisere betydelig:

- Med uendret energiforbruk per capita i husholdningene vil forbruket av elektrisitet og andre energibærere øke proporsjonalt med folketallet. Forventede temperaturøkninger som følge av klimaendringer vil redusere behovet for energi til oppvarming. Større vekst i byene og mindre boenheter vil tilsvarende begrense oppsiden. I motsatt retning trekker velstandsveksten, som bidrar til økt energiforbruk fordi vi ønsker å bruke mer utstyr som drives av elektrisitet (for eksempel innen data og kommunikasjon).
- Over tid blir offentlig sektor og tjenesteyting en enda viktigere del av norsk økonomi. Befolkningen blir eldre, noe som øker etterspørselen etter helse- og omsorgstjenester, og den økonomiske veksten trekker i retning av økt etterspørsel etter arbeidsintensive tjenester i både privat og offentlig sektor generelt. For norsk energibruk i 2050 betyr dette at offentlig sektor og tjenesteyting vil stå for en økning både med hensyn til elspesifikke formål og varme/kjøling, med mindre energibruken effektiviseres vesentlig.
- Energi til transportformål er i dag i all hovedsak basert på fossile brensler med unntak av jernbanen, som i stor grad er elektrifisert. Klimagassutslippene fra veitransport, sjø- og lufttransport er imidlertid store og voksende. Befolkningsvekst og forventet økonomisk vekst frem mot 2050 vil øke transportbehovet ytterligere, og uten omfattende tiltak vil klimagassutslippene vokse.

### Industrien og petroleumssektoren kan fortsatt være store energibrukere

Kraftintensiv industri inklusive treforedling har stått for et årlig kraftforbruk på 35-40 TWh de siste 10 årene. Industriens fremtid i Norge har lenge vært usikker som følge av at andre land særlig utenfor Europa har fremstått som mer konkurransedyktige med hensyn til energikostnader og –tilgang, blant annet basert på fossile brensler som gass og kull. Usikkerheten er blitt forsterket i løpet av vinteren 2008-2009 i kjølvannet av finanskrisen.

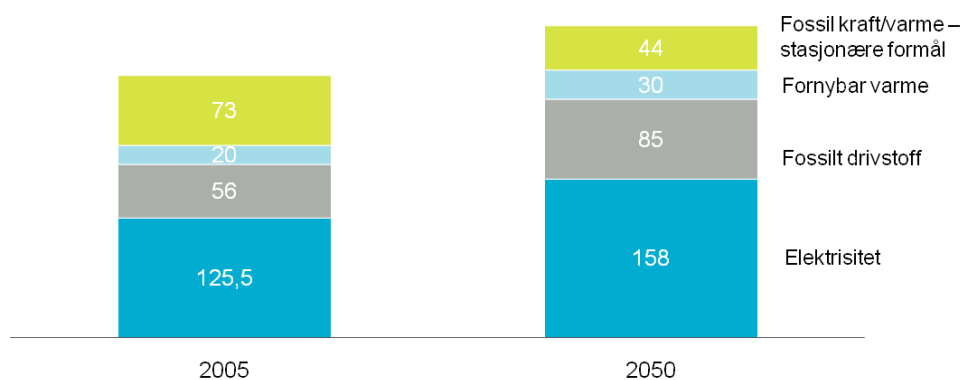
På lang sikt er det mulig at kraftintensiv industris tilstedeværelse i Norge kan øke. Alternativkostnaden ved å drive industrivirksomhet i andre land vil i stor grad styres av kostnadene med fossil kraftproduksjon med høye kvotepriser eller utstyrt med anlegg for

CO<sub>2</sub>-fangst og lagring, eller fornybar kraftproduksjon. Det vil føre til at kostnadene ved kraftproduksjon basert på fossile kilder vil øke kraftig på grunn av økende CO<sub>2</sub>-kostnader. I det perspektivet har Norge et fortrinn ved tilgangen på relativt billige fornybare kraftressurser. Da kan Norge også bli en attraktiv lokalisering for kraftintensiv industri.

## Norsk energiforbruk i 2050 – og utslippsutfordringen – vil være betydelig

De norske utslippene av klimagasser har økt de siste tiårene. Om lag 2/3 av utslippene kommer fra energibruk i dag, selv om vi har et kraftsystem som i all hovedsak er basert på fornybare ressurser. Transport på vei, sjø og i luft samt petroleumsvirksomheten på sokkelen, står alene for over halvparten. I tillegg kommer oljefyring og annen stasjonær energibruk basert på fossile brensler. Med det bildet vi har tegnet av norsk økonomi og befolkning i 2050 ovenfor, vil energibruken være vesentlig høyere enn i dag, selv om vi antar at olje- og gassproduksjonen er på vei nedover. En betydelig andel av dette vil dekkes av fossile brensler. Det betyr også at klimagassutslippene vil være på om lag samme nivå som i dag uten ekstra tiltak, om lag 56 millioner tonn ifølge Finansdepartementets anslag i Perspektivmeldingen. Vår fremskrivning av energibruken i 2050 – uten ekstra tiltak - er konsistent med et slikt utslippsnivå.

Fremskrivning av energibruken til 2050 (TWh)



Figur 2: Fremskrivning av norsk energibruk 2050 vs. 2005. TWh. Kilde: Statistisk sentralbyrå, Finansdepartementet, EBL, Econ Pöyry

Vi har fremskrevet energibruken og utslippene til 2050 med utgangspunkt i historiske data for 2005 og et "Business-as-usual"-scenario for 2020 basert på forskjellige kilder, som er oppsummert i *ENKL-planen: En energi og klimaplan for Norge*. Energibruken i ulike sektorer er kalibrert slik at den sammen med antakelser om utslipp utenfor energisektoren gir et nivå på utslippene på 56,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, som er det samme nivået som Finansdepartementet legger til grunn i Perspektivmeldingen (St.meld. nr. 9, 2008-2009). Utslippstallene er også kalibrert i forhold til de sektorvise anslagene i perioden frem til 2030 i Perspektivmeldingen. Disse fremskrivningene er ikke noen prognose, men skal gi et bilde av en mulig verden i 2050 som reflekterer noen viktige drivkrefter for utslippsutviklingen og et referansepunkt for utslippskuttene vi må realisere for å nå 2-tonnsmålet. De viktigste forutsetningene er følgende:

Veksten i elforbruket i alminnelig forsyning samt oppvarming (utenom industri) er antatt å følge befolkningsveksten proporsjonalt. Det innebærer blant annet også vekst i oljefyring og biomasse (ved). Både fjernvarme og varmepumper øker tilsvarende leveransene om lag proporsjonalt med befolkningsveksten ut fra dagens nivåer.

En proporsjonal vekst er også i utgangspunktet gjort gjeldende for all transportvirksomhet: Personbiltransport, tungtransport, innenriks sjø- og luftfart. Vi har imidlertid nedjustert veksten noe

ved å legge til grunn en viss energieffektivisering innen alle former for transport. Dette gir likevel en betydelig vekst i utslipp og energiforbruk.

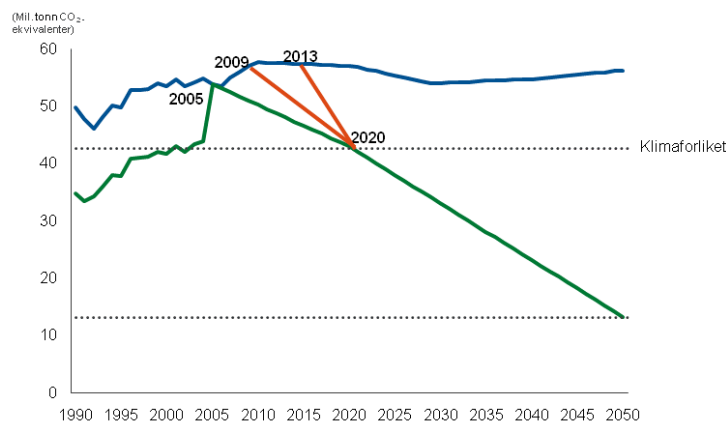
Kraftintensiv industri er antatt å øke energiforbruket og utslippene noe frem mot 2050, i tråd med de sektorvise utslippstallene i Perspektivmeldingen for perioden 2009-2030.

Olje- og gassvirksomheten på sokkelen samt tilhørende landanlegg er antatt å bruke 30 prosent av dagens nivå på energiforbruket. Både omfanget av norsk petroleumsvirksomhet og energiintensiteten er beheftet med stor usikkerhet. Et energiforbruk på 30 prosent innebærer et betydelig lavere relativt aktivitetsnivå, kanskje bare 10-15 prosent av dagens produksjon av olje og gass. Det skyldes at energiforbruket per enhet utvunnet olje og gass må ventes å være høyere for de gjenværende ressursene i 2050, sammenlignet med tidligere funn på norsk sokkel. Redusert energibruk gir også en betydelig utslippsreduksjon før eventuelle ekstra tiltak. En energibruk på 30 prosent og et enda lavere aktivitetsnivå er i samsvar med fremskrivningene av kontantstrømmen til staten fra petroleumssektoren i 2050 i Perspektivmeldingen, som ligger på i overkant av 10 prosent av 2007-nivået, og det er innenfor utfallsrommet for Oljedirektoratets ulike scenarier for 2040. Vi antar i fremskrivningene at det ikke skjer noen elektrifisering utover allerede kjente og vedtatte prosjekter.

Klimagassutslippene fra landbrukssektoren er antatt å være uendret fra dagens nivå, mens utslippene fra avfall øker med befolkningsveksten.

Det sentrale spørsmålet for norsk klimapolitikk i et 2050-perspektiv er derfor hvordan vi skal fjerne CO<sub>2</sub> fra det norske energisystemet, samtidig som befolkningen vokser.

Politiske mål i Norge og EU gjør 2020 til et delmål i utviklingen mot 2050. Stortingets klimaforlik fra januar 2008 krever en reduksjon i utslippene i Norge på 15-17 mill tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. EUs fornybardirektiv krever investeringer i fornybar energi i alle EU-land samt Norge for å sikre at EUs andel fornybar energi blir 20 prosent av samlet energibruk i 2020. EUs kvotedirektiv setter dessuten 20 prosent utslippskutt som mål, og vi vil måtte effektivisere energibruken med 20 prosent. Klare virkemidler for hvordan Norge skal nå målene foreligger ikke, selv om det ikke mangler mål og planer. En del norske utslipp, blant annet i landbruket og i avfallssektoren, er vanskelig å redusere vesentlig. Prosessutslipp i industrien er mulig å kutte, men kan vanskelig reduseres til null med dagens teknologi. I praksis betyr et 2-tonnsmål for Norges del at utslippene fra energisektoren må kuttes så å si med 100 prosent, gitt at hovedelementene i dagens økonomiske struktur skal opprettholdes.



Figur 3: Norske utslipp av klimagasser – historisk og fremskrivning. Millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Kilde: Statistisk sentralbyrå, Statens forurensingstilsyn, Finansdepartementet.

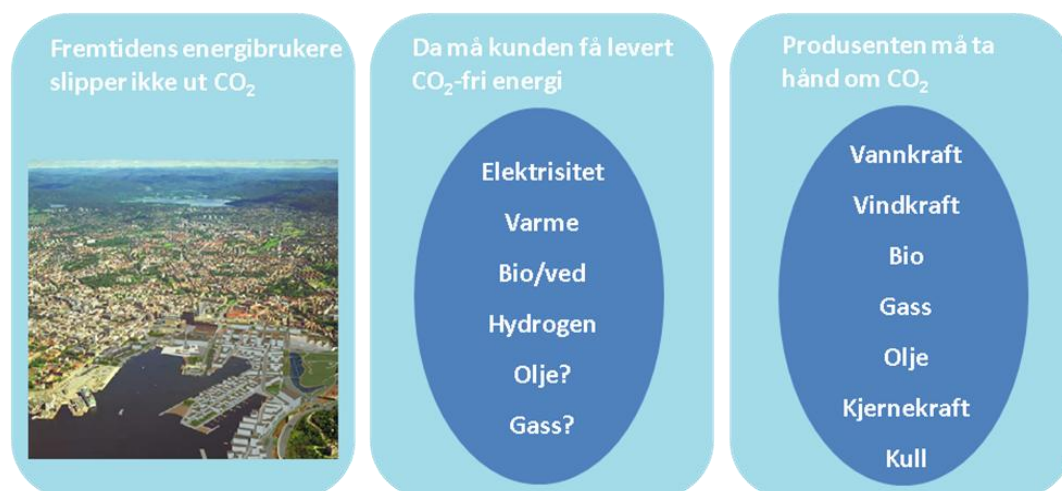
## Et utslippsfritt energisystem 2050



Fremtidens sluttbruker av energi slipper ikke ut CO<sub>2</sub>. Da må kunden få levert CO<sub>2</sub>-fri energi og energiprodusentene ta ansvar for CO<sub>2</sub>. De aktuelle CO<sub>2</sub>-frie energibærerne er elektrisitet, varme, bioenergi og hydrogen. Dette innebærer en omstilling av energisystemet som stiller nye krav til infrastrukturen for transport av energi, spesielt elnettet. Norge har imidlertid et svært godt utgangspunkt gjennom vår høye andel fornybar elektrisitet og det eksisterende elnettet.

### Det fremtidige energisystemet er fornybart

Energibruken i 2050, både nivået og sammensetningen, avhenger av en rekke usikre faktorer knyttet til befolkningsutvikling, økonomisk vekst, næringsstruktur og energieffektivitet. Vi bruker energi til ulike formål: Elspesifikke som belysning, datakommunikasjon, eldre vne produksjonsprosesser i industri og petroleumsvirksomhet med mer, varme og kjøling samt mobilitet/transport. Energien som leveres til sluttbrukeren, må være CO<sub>2</sub>-fri for at vi skal lykkes med å kutte utslippene fra norsk energibruk anno 2050.

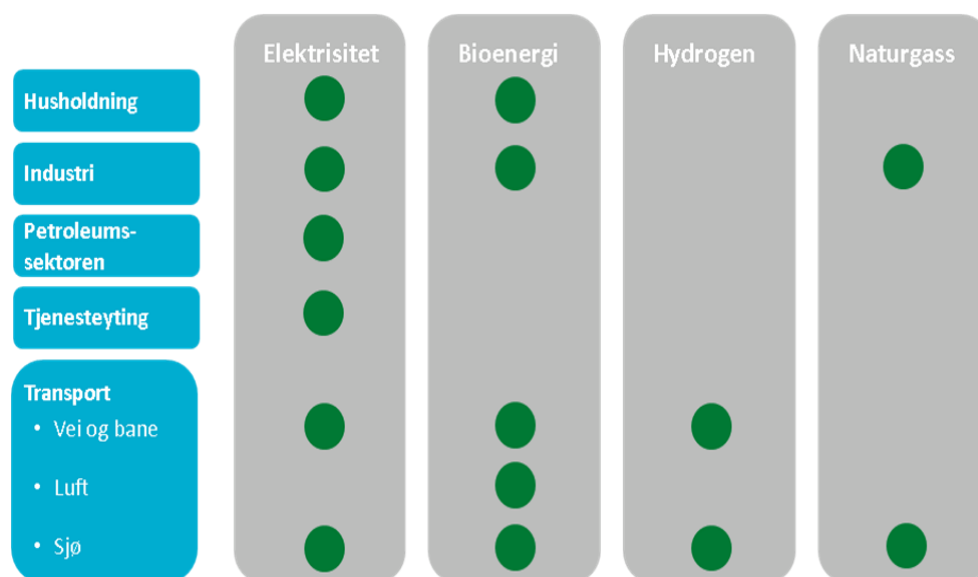


Figur 4: Fremtidens CO<sub>2</sub>-frie energisystem. Kilde: EBL

Skal vi fjerne CO<sub>2</sub> fra energisystemet, kreves det tiltak på flere fronter:

- Energibrukeren må kunne bruke de CO<sub>2</sub>-frie energibærerne elektrisitet, varmt vann, bio eller hydrogen.
- Vi må bygge ut mer fornybar energi for å produsere både elektrisitet, varme og drivstoff.
- Vi må effektivisere energibruken i bygg og industri. Dette gir ikke lavere klimagassutslipp direkte etter at fossil oppvarming er faset ut per 2020, men det frigjør fornybar kraft og reduserer behovet for investeringer i ny produksjon.

- Selv med en betydelig effektivisering er det likevel nødvendig å bygge ut fornybar kraftproduksjon.
- Vi må konvertere fra fossilt drivstoff til el, biodrivstoff og hydrogen (når sistnevnte blir tilgjengelig) i transportsektoren, og vi må bygge ut jernbaneinfrastrukturen.
- Gjenværende petroleumsvirksomhet må elektrifiseres. Virksomheten på sokkelen i 2050 vil i all hovedsak være nye installasjoner eller ombygginger av eksisterende anlegg. Mellom nå og 2050 vil handlingsrommet for å elektrifisere være stort, og kostnadene er vesentlig lavere enn ved en konvertering av den eksisterende infrastrukturen.
- Personbiltransporten bør elektrifiseres fullstendig.
- Innen tungtransport, sjø- og lufttransport er bio det mest aktuelle utslippsfrie alternativet i dag. Med mindre vi får et stort gjennombrudd for bruk av hydrogen i transportsektoren, bør mest mulig av den innenlandske tilgangen på bio benyttes til transport. Vi kan ikke satse på stor import av biodrivstoff ettersom verdens bioressurser er begrensede og må brukes til erstatning av fossilt drivstoff også i andre land.
- Elnettet bygges ut for å transportere fornybar kraft fra produksjonssteder til forbrukssteder og styrke leveringssikkerheten i et samfunn som vil bli enda mer avhengig av elektrisitet enn i dag.
- Det er ønskelig med videre utbygging av fjernvarme for å utnytte spillvarme og avfall effektivt.

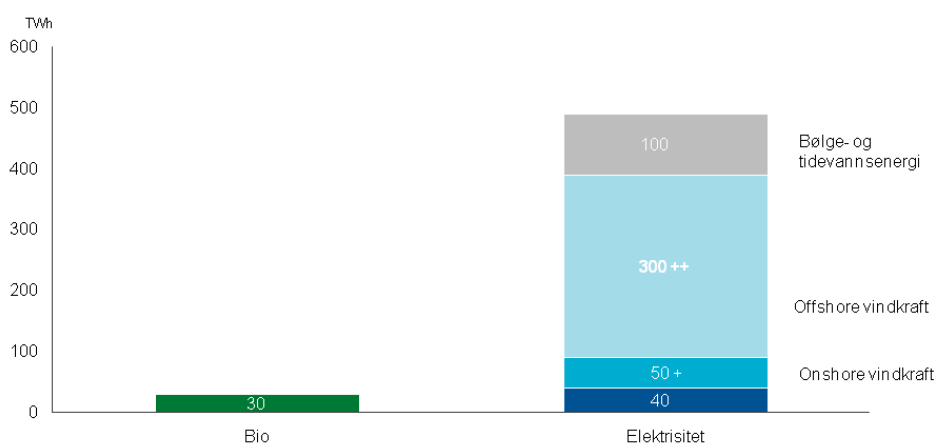


Figur 5: Mulige energibærere i et bærekraftig energisystem fordelt på sektorer. Kilde: EBL

Det er viktig å se det norske forbruket av elektrisitet i riktig sammenheng. I dagens situasjon vil økt norsk kraftforbruk medføre økt produksjon av fossil kraftproduksjon i Europa. Dette fører imidlertid ikke til økte CO<sub>2</sub>-utslipp i EU totalt sett. Det skyldes at EUs kvotesystem setter et tak på utslippene fra kraftsektoren og andre sektorer, slik at økte utslipp fra kraftproduksjon må motsvares av reduserte utslipp andre steder. På lang sikt må også det europeiske kraftsystemet være utslippsfritt for at EU skal nå sine fysiske utslippsmål. Da gir den marginale kraftproduksjonen i Europa ikke lenger utslipp av CO<sub>2</sub>.

## Vi har nok fornybare ressurser, men biopotensialet er begrenset

Skal energileveransene baseres på elektrisitet, varmt vann, bio og hydrogen, må vi ha nok ressurser. Vi har rikelig med fornybare kraftressurser i form av vann og vind samt nye teknologier (bølgekraft med mer), hvor særlig vannkraftressursene kan bygges ut til akseptable kostnader. Vindkraften er dyrere, men til gjengjeld er de norske vindressursene relativt billige å bygge ut sammenlignet med vindkraft i andre land. De fornybare kraftressursene kan også danne grunnlag for å produsere hydrogen utslippsfritt ved hjelp av elektrolyse. Vi skal heller ikke se bort fra at gasskraft med CO<sub>2</sub>-fangst og lagring kan være et supplement på lang sikt, også som kilde til hydrogenproduksjon. Dersom vi fortsatt har gasskraftverk i 2050 vil også disse være utslippsfrie.



Figur 6: Potensialet for norsk kraftproduksjon og bio. Kilde: EBL, Norges forskningsråd, Econ Pöyry

Når det gjelder bio, er situasjonen en annen. Det samlede potensialet for økt bruk av biomasse til energiformål er neppe mer enn ca. 30 TWh, og den siste delen av potensialet er sannsynligvis svært dyr å ta i bruk. Antakelig er det også miljømessig kontroversielt blant annet ut fra hensynet til biologisk mangfold. Samtidig er potensialet for import av biodrivstoff begrenset.

På verdensbasis tyder data fra FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) at biodrivstoff bare kan dekke en begrenset andel av det samlede drivstofforbruket i verden per 2050, kanskje bare 10 prosent i henhold til ledende forskere på feltet internasjonalt. Skal utslippene i transportsektoren i resten av verden kuttes, må alt tilgjengelig biopotensial – innenfor rammene av hva som er forsvarlig ut fra hensyn til miljø og matvareproduksjon – utnyttes til biodrivstoff. Om vi importerer biodrivstoff for å løse vårt hjemlige utslippsproblem, innebærer det at det blir mindre biodrivstoff tilgjengelig for å kutte utslipp i andre land. For verden sett under ett er det et nullsumspill.

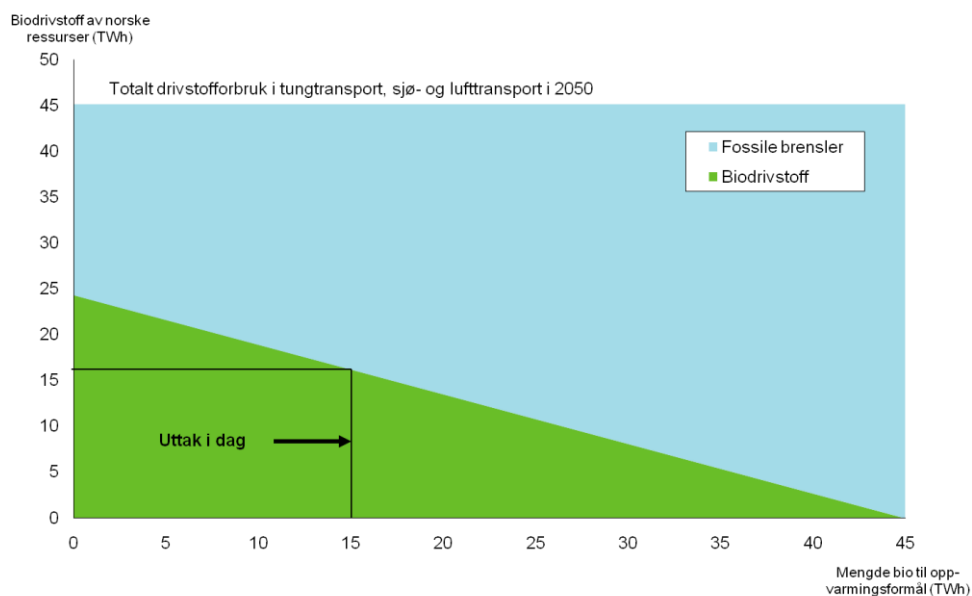
Vårt anslag på tilgang på bioressurser er basert på det vi vet i dag om tilveksten i Norge og teknologier som er tilgjengelige eller sannsynligvis blir det i løpet av få år (annengenerasjons biodrivstoff). Tall fra blant annet Norges forskningsråd viser at det samlede potensialet for uttak av biomasse uten at det går ut over tilveksten er ca. 90 TWh (målt ut fra energi til varmeformål), hvorav om lag halvparten er disponert til jordbruk og treforedling. Av de resterende ca. 45 TWh per år bruker vi om lag 15 TWh i dag til oppvarmingsformål. 30 TWh blir vårt anslag på den mulige økningen i bruken av innenlandske bioressurser, selv om deler av det resterende potensialet vil være svært dyrt og komplisert å ta i bruk.

Biodrivstoff og bio til direkte oppvarming eller fjernvarme er ikke de eneste mulige anvendelsene av ressursene. Det er også mulig å tenke seg at vi bruker bio i form av olje (bioolje), eller som biokraft med fangst og lagring av CO<sub>2</sub>. Isolert sett kan slike anvendelser gi enda større reduksjoner av klimagassutslippene enn det biodrivstoff gjør, og til en lavere kostnad per tonn. I et porteføljeperspektiv må vi imidlertid ta hensyn til hva som kan erstatte bio i de ulike anvendelsene. Vi har fornybare alternativer til bio både innen oppvarming og kraftproduksjon – men i liten grad i transportsektoren. Til tross for potensielt høye kostnader og lavere virkningsgrad må det derfor være riktig å bruke bio til drivstoff når målet er å kutte CO<sub>2</sub>-utslippene mest mulig samlet sett og gjøre Norge fornybart..

## Vi må prioritere mellom ulike anvendelser av biomasse

På sikt kan det skje teknologiske gjennombrudd som gir vesentlige økninger i tilgangen på biomasse, for eksempel via algeproduksjon. Gitt det potensialet vi har tilgjengelig med dagens teknologi, er det imidlertid et spørsmål hvordan vi best benytter det biopotensialet vi faktisk har her i Norge. 1 TWh biomasse kan gi ca. 0,4 TWh biodrivstoff og 0,14 TWh nafta, som kan erstatte flybensin. Om vi utnytter alt biopotensialet til varme – eller kraftproduksjon – betyr det at vi må finne andre løsninger for å fjerne utslippene fra transportsektoren. Det gjelder til tross for at energieffektiviteten kan være lav og kostnadene ved å lage biodrivstoff høye. Et bærekraftig norsk energisystem krever minimale utslipp, og da må alle potensialer på tilgangssiden tas i bruk.

Dette betyr ikke at det er galt å satse på biobasert fjernvarme i dag. Fjernvarmesystemene bygges i dag med basis i utnyttelse av avfall, spillvarme og bio og i noen grad varmepumper. På lang sikt må vi imidlertid prioritere hvordan vi best skal bruke våre innenlandske bioressurser. Om bioressursene da blir brukt mot transportsektoren, kan energien til fjernvarmeanleggene forsynes med eldrevne varmepumper og på den måten bidra til en mer effektiv utnyttelse av elektrisitet for oppvarming.



Figur 7: Sammenhengen mellom bruk av bio til oppvarmingsformål og tilgjengelig biomasse til drivstoff basert på norsk ressurstilgang. Kilde: EBL, Norges forskningsråd, Econ Pöyry

## Betydelige FoU-utfordringer i transportsektoren

Det begrensede biopotensialet innebærer at vi har betydelige utfordringer ved å fjerne utslippene fra transportsektoren. Vi har imidlertid flere alternativer:

- I veitransporten skjer det en rask utvikling av teknologien for elbiler og plugg-inn-hybridbiler basert på el (ladbare biler). Spesielt innen personbiltransporten er potensialet stort. Fordi elmotorer er svært mye mer effektive enn tradisjonelle forbrenningsmotorer, vil dessuten den totale energibruken gå betraktelig ned. Den nødvendige batteriteknologien og den fysiske og økonomiske infrastrukturen er ikke på plass ennå, men er ventet å være kommersielt tilgjengelig i løpet av få år. For tynge kjøretøyer er biodrivstoff – og på sikt kanskje også hydrogen – gode alternativer. I et 2050-perspektiv er det svært gode muligheter for å oppnå nullutslipp i personbiltransporten og store kutt innen tungtransport.
- Innen sjøtransport er mer energieffektive skip og ferjer kombinert med biodrivstoff et godt alternativ på lang sikt. I tillegg må muligheten for å bruke gass i større grad (LNG) vurderes. Selv om det ikke gir nullutslipp, vil det likevel innebære en forbedring i forhold til i dag, og det vil gi lavere utslipp enn olje frem til vi får et utslippsfritt alternativ.
- I lufttransport er det både et potensial for lavere energiforbruk (mer effektive motorer og materialvalg) og biodrivstoff.
- Innen bane er det mulig å elektrifisere gjenværende strekninger samt bygge ut infrastrukturen for å ta mer godstransport på bane. Høyhastighetstog til erstatning for bil og fly er et annet mulig tiltak, men fremstår som dyrt sammenlignet med andre tiltak i transportsektoren.

Med det vi kjenner av teknologi i dag, virker det likevel krevende å fjerne alle utslipp i transportsektoren utenom personbiler. Gapet kan bare fylles av teknologiutvikling, og hydrogen fremstår som det eneste vi i dag kjenner som kan løse problemet. Noe av denne teknologiutviklingen vil skje utenlands, men det er også tenkelig at norskutviklede løsninger vil kunne spille en rolle.

## Mer effektiv energibruk i bygg er viktig, men tar tid

Befolkningsveksten og den tilhørende veksten i tjenesteytende sektor vil i utgangspunktet medføre økt energibruk, både det stasjonære forbruket og innen transport. For å begrense veksten og eventuelt redusere nivået i det stasjonære forbruket, er energieffektivisering i offentlige bygninger, hus og andre bygg nødvendig. Etter at oljefyring er tatt ut av bygningssektoren, fører ikke energieffektivisering til reduserte klimagassutslipp, men det frigjør fornybar kraftproduksjon og reduserer behovet for investeringer i ny kapasitet.

Energieffektivisering i stor skala krever en rekke tiltak på forskjellige plan:

- Bygg og struktur. I denne kategorien finner vi tiltak som retter seg mot bygninger struktur og utforming. Bygging av passivhus, bedre isolering av eksisterende bygningsmasse, utskifting av vinduer, systemer for varmelagring og energigjenvinning, infrastruktur for vannbåren varme og energieffektive materialvalg er eksempler på tiltak.
- Teknologi og prosesser. Denne kategorien omfatter utstyr og enkeltkomponenter som varmepumper, systemer for styring av temperatur og belysning, sparepærer, avanserte målesystemer/toveiskommunikasjon med mer.

- Atferdsendringer. I denne kategorien finner vi forbrukernes valg av innetemperatur, dusjvaner, belysning, energimerking og andre tiltak som ikke krever investeringer eller utskifting av utstyr.

	Husholdninger	Tjenesteytende sektor
<b>Bygninger (Struktur)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidkrevende – avhengig av: ●               <ul style="list-style-type: none"> <li>- rehabiliteringstakt (x%/år)</li> <li>- nybyggingstakt (y%/år)</li> </ul> </li> <li>• Hovedbarriere: Utbygger # bruker - få incentiver til reduksjon av energikost, samt liten kunnskap</li> <li>• Virkemiddel: skjærpede byggforskrifter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidkrevende – avhengig av: ●               <ul style="list-style-type: none"> <li>- rehabiliteringstakt (x%/år)</li> <li>- nybyggingstakt (y%/år)</li> </ul> </li> <li>• Hovedbarriere: Utbygger er ikke bruker</li> <li>• Virkemiddel: Offentlige investeringer i egen eiendomsmasse, skjærpede byggforskrifter</li> </ul>
<b>Teknologi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krever delvis teknologiutvikling ●</li> <li>• Hovedbarriere: Manglende kunnskap og svakt insentiv (relativ liten besparelse ift totale bokostnader og investering)</li> <li>• Virkemiddel: Informasjon, støtteordninger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedbarriere: Samme som ved husholdninger, men større insentiv ○</li> <li>• Mer gjennomført enn i husholdningene (=mindre potensial)</li> <li>• Virkemiddel: Informasjon, støtteordninger</li> </ul>
<b>Atferds- endring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedbarriere: Krever endring av vaner, opplevd besparelse for liten ○</li> <li>• Virkemiddel: Informasjon, men svært vanskelig å gjennomføre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedbarriere: Endring av vaner, men mer kan automatiseres (skalafordel) ○</li> <li>• Virkemiddel: Se over</li> </ul>

Figur 8: Energieffektivisering – tiltak, barrierer og virkemidler. Kilde: EBL og Econ Pöyry.

Det som er felles for mange av de viktigste tiltakene, er at de tar tid å gjennomføre. Endringer i bygningers struktur kan mest effektivt gjøres i forbindelse med større rehabiliteringer og selvsagt med nybygg. Ettersom bygninger har lang levetid, vil det derfor ta lang tid å gjennomføre alle de nødvendige tiltakene. Endringer i teknologi og prosesser er mindre omfattende, men krever i stedet at nye tekniske løsninger kan fases inn når de blir tilgjengelige. Det fordrer i sin tur riktige rammevilkår, enten det gjøres i form av økonomiske incentiver, standarder eller forbud – eller en kombinasjon. Atferdsendringer er kanskje det vanskeligste å få til.

Potensialet for energieffektivisering i bygg er betydelig, men det er usikkert hvor mye vi kan realisere og når. Det skyldes at det er mange små beslutninger som skal fattes, av mange uavhengige beslutningstakere. Økonomiske incentiver, standarder og andre virkemidler har ikke nødvendigvis den ønskede effekten umiddelbart – om overhodet. Vi har ikke funnet nøkkelen til hvordan vi skal lykkes med å utløse energieffektivisering i stor skala, men det vil lette arbeidet med å utvikle et bærekraftig energisystem om vi får det til.

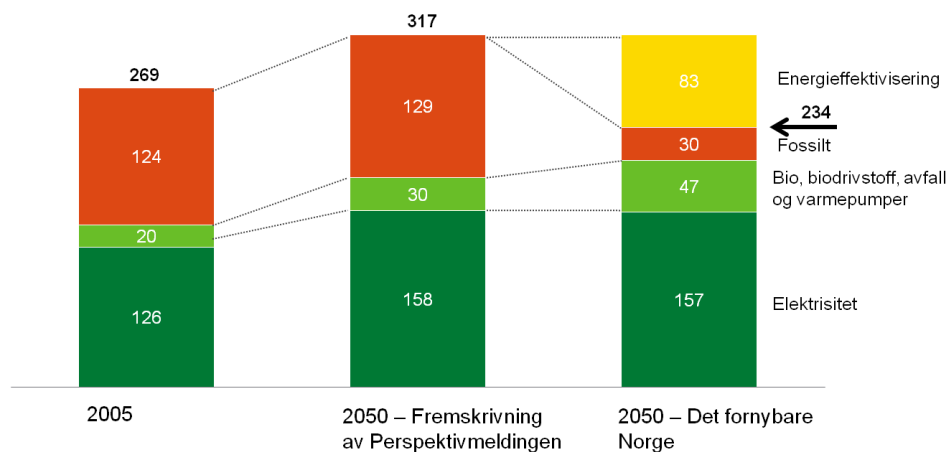
Det er også et potensial for å gjøre industrien mer energieffektiv. Dette er tiltak som er enklere å gjennomføre i prinsippet, ettersom det er relativt få beslutningstakere involvert, og både økonomiske incentiver og standarder må ventes å ha betydelig virkning på aktørene.

## Tiltakene for utslippkutt i energisektoren

Basert på de tilgjengelige ressursene og bildet vi har tegnet av norsk økonomi og energibruk i 2050, ser vi følgende muligheter for å legge om til fornybar energi og effektivisere med sikte på mest mulig utslippkutt:

- All personbiltransport er helelektrifisert. Det er rimelig å anta at teknologien er kommet langt nok til det i 2050, enten det skjer gjennom økt batterikapasitet eller løsninger basert på batteribytte. Det reduserer energiforbruket i denne sektoren til ca. 8 TWh, vel 1/5 av nivået i 2050-fremskrivningen uten ekstra tiltak. Fornybarandelen blir 100 prosent.
- Bruken av bio til oppvarmingsformål begrenses til ca. 20 TWh, noe som gir 25 TWh tilgjengelig til biodrivstoff. Dette antas å gi 10 TWh bio til erstatning av fossile drivstoff innen tungtransport og 3,5 TWh nafta til erstatning av jetdrivstoff. Direkte bruk av bio (ved) låses til antatt 2020-nivå på i underkant av 15 TWh.
- All oljefyring fases ut. Vi antar at det bygges ut 9 TWh fjernvarme basert på bio, avfall og varmepumper. Varmepumper tar resten av det stasjonære varmeforbruket utenfor fjernvarmesystemene.
- Halvparten av dagens skipstransport går over til gass. Det har marginal betydning for energibruken, men antas å gi ca. 1 million tonn lavere CO<sub>2</sub>-utslipp.
- Godstransporten på bane tredobles i forhold til dagens nivå, noe som kan gi 0,6-0,7 millioner tonn mindre CO<sub>2</sub>-utslipp relativt til referansebanen. Det er vanskelig å anslå virkningen på elforbruket nøyaktig, men dagens totale nivå på el til tog (1 TWh) kan illustrere størrelsesordenen på den mulige økningen i elforbruket ved en slik tredobling.
- Energieffektiviteten i kraftintensiv industri øker med 10 prosent.
- All gjenværende petroleumsvirksomhet drives med kraft fra land eller fornybar kraftproduksjon offshore. Det gir et lavere samlet energiforbruk i sektoren på grunn av en høyere virkningsgrad.
- Vi har antatt at det er mulig å kutte bruken av kraft og varme med totalt 18 TWh i bygg innen 2050, i tråd med en studie gjort av SINTEF for perioden frem mot 2035. Tiltakene omfatter bygging av lavenergihus, nye byggeforskrifter med mer.

I sum innebærer disse tiltakene at den fossile andelen av energibruken reduseres med nærmere 100 TWh sammenlignet med 2050-fremskrivningen. I vår beskrivelse av det fornybare Norge i 2050 ligger det dessuten inne en betydelig energieffektivisering – hele 83 TWh sammenlignet med referansebanen.

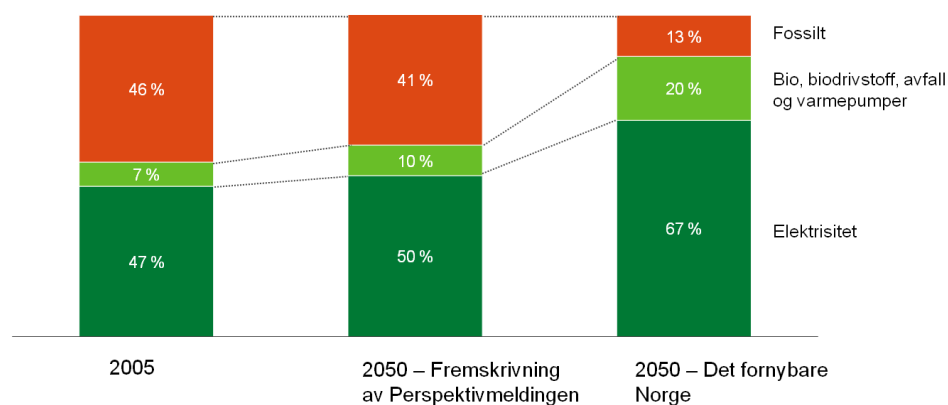


Figur 9: Energibruk i det fornybare Norge 2050. TWh. Kilde: EBL og Econ Pöyry, Statistisk sentralbyrå, Finansdepartementet..

De viktigste effektiviseringstiltakene gjelder overgangen fra fossile brenslere til elektrisitet i veitransport, men vi har også lagt til grunn 18 TWh lavere forbruk av kraft og varme i bygg. Mange års innsats på energieffektivisering viser at det er vanskelig å registrere klare effekter av virkemidlene som settes inn på energieffektivisering, spesielt tiltakene rettet mot alminnelig forsyning. Det ser ut til at det er problematisk å legge energieffektivisering inn på en styringseffektiv måte når vi skal planlegge fremtiden. Det er vesentlig enklere og mer styrbart å planlegge ny forsyning. Dersom energieffektiviseringspolitikken blir enda mer vellykket enn vi har lagt til grunn, er det enkelt å redusere tempoet i utbyggingen av produksjonen av fornybar energi.

## Elnettet blir enda viktigere

Bildet av det fornybare Norge betyr på lang sikt at elektrisitet vil spille en enda viktigere rolle enn i dag, både absolutt og relativt. Når biopotensialet er begrenset og hydrogen tross alt må sies å være et usikkert kort, finnes det få alternativer. Det betyr at elnettet blir den aller viktigste *kritiske infrastrukturen* i samfunnet, sammen med tele- og datakommunikasjon. Kravene til leveringssikkerhet og spenningskvalitet blir om mulig enda høyere enn i dag.



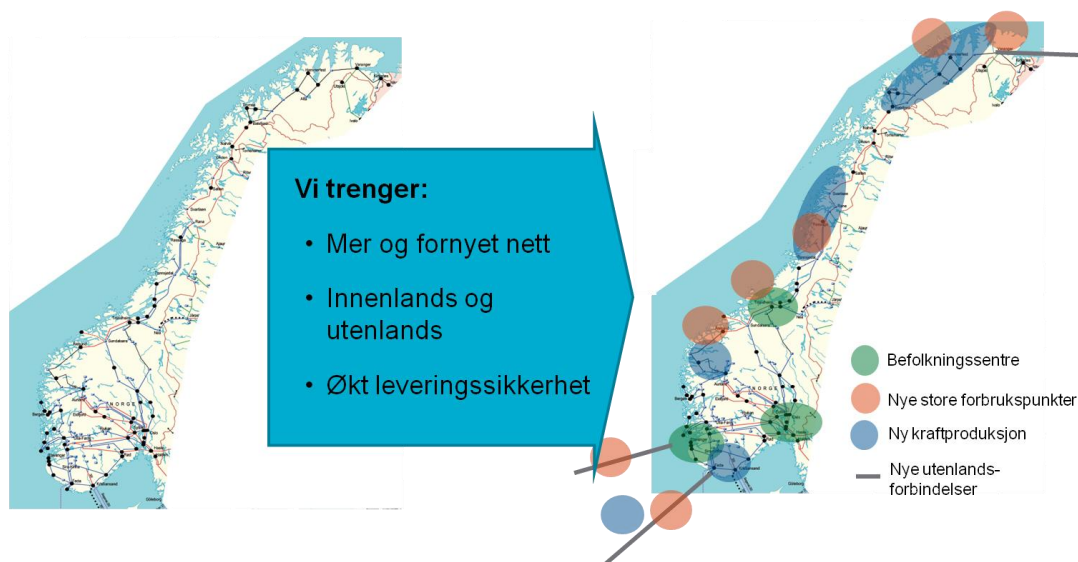
Figur 10: Fordeling av energibruken i det fornybare Norge 2050. Prosent av total energibruk. Kilde: EBL og Econ Pöyry, Statistisk sentralbyrå, Finansdepartementet.

Elektrisitetens enda viktigere rolle betyr også at elnettet blir helt avgjørende for at vi skal lykkes med de langsiktige energi- og klimautfordringene. Det stiller høye krav til nettet i tiårene som kommer:

- Det vil oppstå større regionale ubalanser som følge av at produksjonsressursene er lokalisert andre steder enn der hvor forbruket er.
- En kostnadseffektiv nettutvikling kan bare skje dersom vi greier å koordinere mellom produksjon, forbruk og nett. Mulighetene for å lykkes avhenger av planleggingsfunksjonene i nettvirksomheten og informasjonsflyten mellom aktørene.
- Det vil bli stilt nye krav til laststyring for å bidra til energieffektivisering. Det vil samtidig kunne føre til at vi får raskere og større endringer i forbruket fra time til time. For nettets dimensjonering og utforming er ikke bare det samlede energiforbruket viktig, men også forskjellene mellom topper og bunner og endringene i transportsektoren med økt utbredelse av elbiler og på sikt kanskje muligheter for

tilbakesalg av elektrisitet til nettet reiser også nye utfordringer. Nettet må i sum bli mer ”intelligent”.

- Vi får mer desentral kraftproduksjon som er mindre forutsigbar enn dagens magasinbaserte vannkraft, og som er vesentlig mindre regulerbar. Det gir Statnett og andre nettselskaper nye utfordringer med hensyn til flaskehalshåndtering og investeringspolicy.
- Det blir viktig å redusere overføringstap i nettet. Dette er en funksjon både av kapasiteten på det enkelte anlegg (høyere spenningsnivå gir lavere tap), nettstruktur (optimalisering av kraftflyten i det maskede overføringsnettet, regional- og sentralnettet) og kvaliteten og alderen på nettanleggene. Dette henger igjen sammen med investeringstakten.
- Økningen i kraftproduksjon og –forbruk vil gjøre det samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i økt overføringskapasitet til utlandet. Dels vil det være ønskelig å kunne eksportere norske kraftoverskudd i våte år. Dels vil vi i tørre år ha nytte av å kunne importere for å ivareta forsyningsikkerheten. I tillegg vil økt innslag av fornybar kraftproduksjon også på Kontinentet gi en høy verdi av utveksling og samkjøring mellom vindkraft og vannkraft, inklusive salg av systemtjenester (effekt).



Figur 11: Elnettets rolle i det fornybare Norge. Kilde: EBL, Econ Pöyry.

## Tiltakene i nettet må gjennomføres over lang tid

Tiltakene som trengs i nettet må nødvendigvis gjennomføres over en lengre periode. Levetiden av nettanlegg er lang, og det tar lang tid å planlegge og bygge større linjer/kabler. De neste 10-15 årene blir derfor viktige. Svært mange av investeringene vi gjør i denne perioden, vil legge premissene for nettet vi kommer til å ha rundt 2050. Dette forsterkes av at de neste årene sannsynligvis bringer oss inn i en omfattende reinvesteringssbølge, spesielt på de høyeste nettnivåene. Det gir muligheter for å velge gode langsiktige løsninger, men det betyr også at konsekvensene av feil blir store.

De konkrete tiltakene i nettet innebærer ikke radikale endringer i forhold til i dag:

- Dels er det snakk om nye ”motorveier” som Ørskog-Fardal-forbindelsen og nord-sør-forbindelser.
- Dels er det snakk om utvidelse av eksisterende transportveier (spenningsoppgradering, nye linjer i eksisterende traseer).

- Arbeidet med å utvide handelsmulighetene innad i Norden og ikke minst mot resten av Nord-Europa må fortsette.
  - Nye kunder som følge av befolkningsveksten samt ny produksjon må knyttes til det eksisterende nettet.
  - Vi må utvikle mer intelligente nett gjennom innføring av automatiske målere med funksjonalitet for toveiskommunikasjon, fasiliteter for lading av el- og hybridbiler med mer.
- 

Det er betydelige stordriftsfordeler ved bygging av elnett. De faste kostnadene, både knyttet til selve investeringene og drift og vedlikehold, er i stor grad faste og uavhengige av den løpende bruken av nettet. Når nett først skal bygges, vil det ofte være samfunnsøkonomisk lønnsomt å bygge ut mye kapasitet, gjerne mer enn det som anses som nødvendig på investeringstidspunktet. En oppdimensjonering vil også kunne bidra til lavere tap i nettet.

Ifølge beregninger gjort av NVE og SINTEF skal mer enn 1/4 av regional- og sentralnettet fornyes de neste 10 årene, ut fra en normal levetidsbetraktning. Denne reinvesteringsbølgen innebærer en mulighet til å fornye det norske nettet ut fra et klimaperspektiv. Den lange levetiden til nettanlegg – gjerne 40-70 år – og den lange tiden det tar å planlegge og gjennomføre investeringer tilsier at denne muligheten må utnyttes for å begrense kostnadene for det norske samfunnet ved å legge om energibruken. Utnyttelse av eksisterende traseer og nettløsninger vil dessuten begrense miljøkostnadene ved forsterkning av nettet.

---

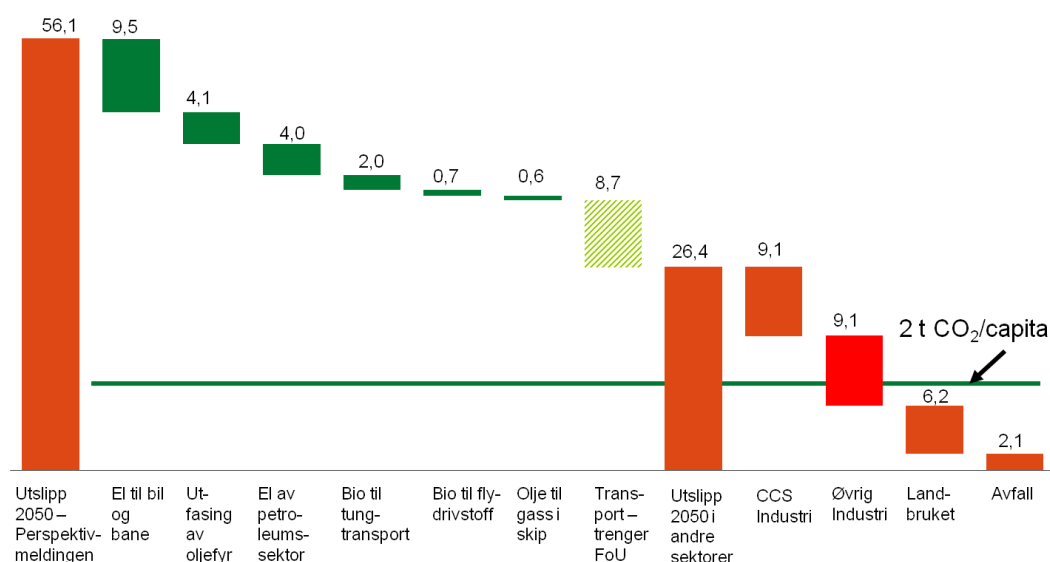
## Veivalg for en grønn fremtid



Konvertering til fornybar energi og karbonfangst kan løse 90 prosent av den norske klimautfordringen innen 2050. Vi når ikke 2-tonnsmålet, men vi kommer langt på vei. Investeringene som kreves, er ikke uoverkommelige eller enestående i et historisk perspektiv. De krever likevel en kursendring i energi- og miljøpolitikken. Alle tiltak må bestå klimatesten – det vil si bidra til konvertering, effektivisering, utbygging av utslippsfri energiproduksjon eller infrastruktur for transport av CO<sub>2</sub>-fri energi til sluttbrukeren. FoU vil være særlig viktig for at vi skal komme helt ned til 2 tonn per capita.

### Fornybar energi og karbonfangst bringer oss svært nær 2-tonnsmålet

Konvertering fra fossil til fornybar energi, som i mange tilfeller også innebærer en betydelig energieffektivisering, vil gi store utslippskutt fra norsk energibruk innen midten av århundret. Tiltakene vi har beskrevet, vil bringe oss ned til 5,4 tonn per capita, det vil si 2/3 av kuttene vi må gjøre for å nå 2-tonnsmålet. Det betyr en sterk nedgang i utslippene per enhet BNP.

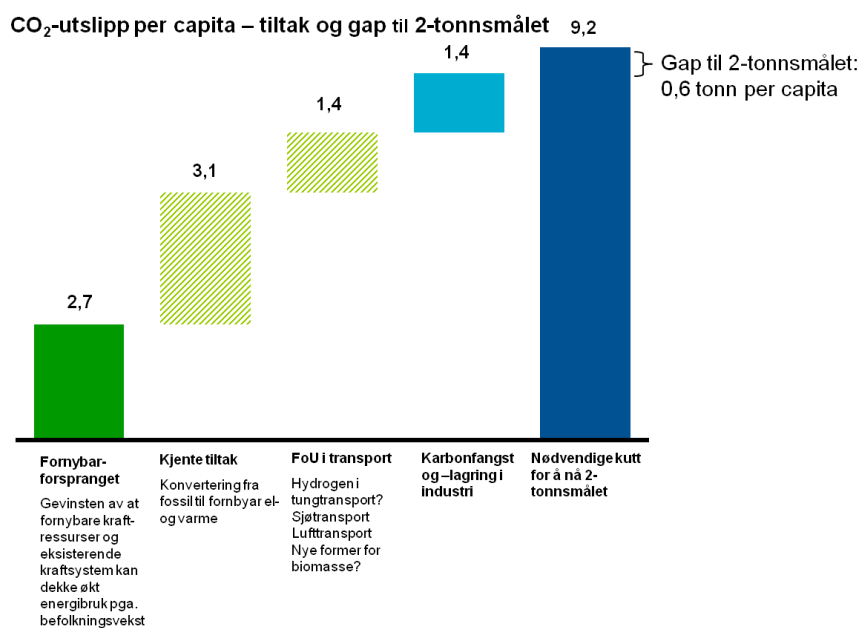


Figur 12: Tiltak for utslippskutt 2050. Millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Kilde: EBL og Econ Pöyry, Statistisk sentralbyrå, Finansdepartementet.

Om vi lykkes med å løse de gjenværende utslippsutfordringene i transportsektoren, vil utslippene per capita kunne reduseres til 4 tonn. Da har vi greid om lag 3/4 av 2050-målet for utslippskutt. Det krever teknologiutvikling, men kjent teknologi, eller teknologi som ventes å komme i løpet av kort tid, vil stå for mesteparten.

Selv om vi i Norge i stor grad kan basere oss på fornybar energi for å nå målet om 2 tonn CO<sub>2</sub> per innbygger, vil karbonfangst og lagring være den antakelig viktigste teknologien internasjonalt for å nå dette målet. Karbonfangstprosjektet på Mongstad kan lede til

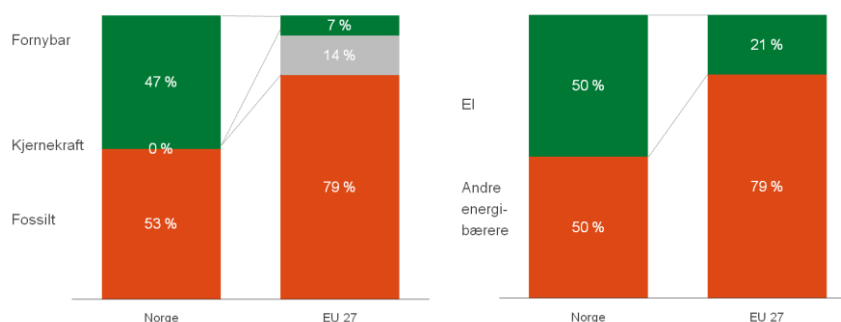
utvikling av teknologi som også kan anvendes på industrielle punktutslipp i Norge. Sammen med den internasjonale teknologiutviklingen på området er det derfor stor sannsynlighet for at vi i perioden frem til 2050 vil få teknologi som gjør det mulig å fange og lagre CO<sub>2</sub> fra betydelige deler av norsk prosessindustri. Om vi antar at halvparten av CO<sub>2</sub>-utslippene fra norsk industri kan fanges og lagres innen 2050, vil de samlede utslippene fra Norge være på ca. 2,6 tonn CO<sub>2</sub> per capita. Da passerer vi 90 prosent av de nødvendige kuttene for 2-tonnsmålet. Dette viser at målet om 2 tonn CO<sub>2</sub> per capita absolutt er innen rekkevidde, og at det er energisektoren og norsk prosessindustri som vil være hovedaktørene for å nå dette målet.



Figur 13: Utslippskutt som følge av kjente tiltak og FoU. Tonn CO<sub>2</sub> per capita. Kilde: EBL, Econ Pöyry.

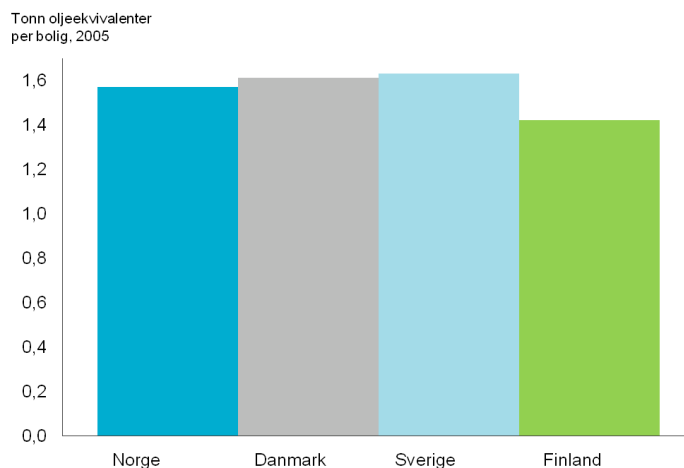
## Vi har et godt utgangspunkt – langt bedre enn andre land

Omleggingen av energisystemet er en betydelig oppgave, men det er viktig å være klar over at vi antakelig har Europas beste forutsetninger for å lykkes. Det norske energisystemet er allerede i stor grad basert på fornybar kraftproduksjon og vi har derfor en infrastruktur i form av elnett som gir et meget godt grunnlag for å gjennomføre konverteringen fra fossil til fornybar. Dette kan bli et betydelig konkurransefortrinn for Norge. I tillegg har vi gjennom olje- og gassvirksomheten og Mongstad- og Sleipner-prosjektene et godt utgangspunkt for utvikling av teknologi for karbonfangst og -lagring.



Figur 14: Energibruk og energiforsyning fordelt på energibærere og energikilder i Norge og EU-27 2006. det fornybare Norge 2050. Kilde: Eurostat

Vi har også et ok utgangspunkt med hensyn til energieffektivitet. Norge er i dag på nivå med nabolandene med hensyn til energieffektivitet når vi ser på samlet energibruk per bolig og samtidig justerer for klimaforskjeller. Omleggingen av energisystemet i tråd med tiltakene vi foreslår, innebærer en betydelig energieffektivisering utover dagens nivå innen transportsektoren, i bygninger samt petroleumsvirksomheten. Den samlede effektiviseringen blir svært høy, enten vi regner absolutt, per capita eller i forhold til BNP.



Figur 15: Gjennomsnittlig energibruk per bolig justert for klimaforskjeller. Tonn oljeekvivalenter per bolig, 2005. Kilde: Odyssee

Det må også understrekes at kombinasjonen av rikelig tilgang på fornybar energi og satsing på rensing av utslipp fra prosessindustri legger til rette for at vi kan ha en konkurransedyktig og miljøvennlig industri på norsk jord, kanskje med et enda større omfang enn i dag. I et internasjonalt perspektiv vil gjennomføring av tiltakene for å gjøre Norge fornybart og i størst mulig grad utslippsfritt gjøre Norge til et attraktivt sted å drive industrivirksomhet. Andre land stiller svakere med hensyn til tilgangen på utslippsfri energi og – dersom vi satser riktig – mest mulig miljøvennlig industriproduksjon.

### Kursendringene krever investeringer, men oppgaven er ikke uoverkommelig

Omleggingen av energibruken vil kreve investeringer i alle deler av energisektoren: Fornybar kraftproduksjon, elnett, varmenett, varmepumper, utskifting av utstyr i bygninger, overføringskabler for elektrifisering av infrastruktur på sokkelen med mer. Investeringene trenger imidlertid ikke bli svært dyre:

- Det eksisterende kraftsystemet skal fornyes årlig. Over en 40-årsperiode er det rimelig å anta at det meste av elnettet – og mer enn halvparten av produksjonsapparatet – skal skiftes ut. Med en antatt nyverdi av dagens nett på nærmere 200 milliarder kroner, og ca. 300 milliarder kroner i produksjon, betyr dette samlede reinvesteringer på kanskje 350 milliarder kroner eller vel 9 milliarder per år i perioden 2010-2050. Dette kan kombineres med en effektivisering i form av turbiner med høyere virkningsgrad, spenningsoppgradering for lavere overføringstap med mer.
- Behovet for ny kraftproduksjon er på ca. 37 TWh for å dekke etterspørselen innenlands, når vi tar hensyn til behovet for å erstatte gasskraftverk med ny fornybar kraftproduksjon og økt produksjon av vannkraft på grunn av klimaendringer (økte tilsig). Med en antatt gjennomsnittlig investeringskostnad på 4 kr/kWh, betyr dette ca. 150 milliarder kroner totalt eller vel 4 milliarder per år.

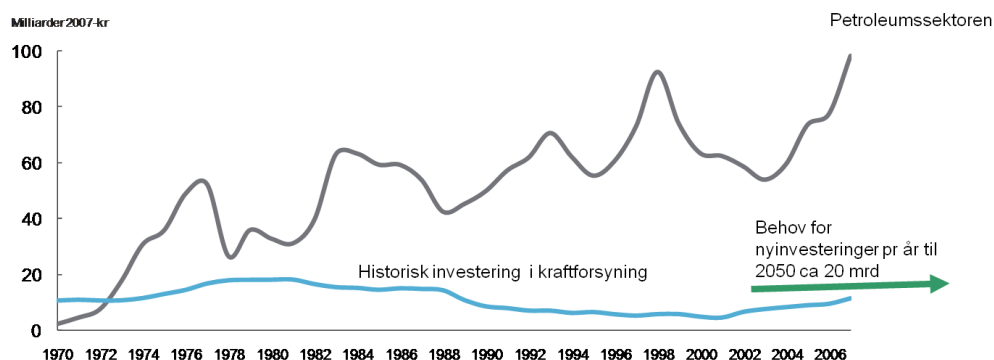
- Økt elforbruk og –produksjon – og samfunnets økende krav til leveringssikkerhet – vil medføre behov for utbygging av nett. I og med at det norske nettet allerede er tilpasset et energisystem med mye elektrisitet, vil behovet for mer nett antakelig være begrenset. Det er vanskelig å se for seg at investeringene skal gi noe mer enn en proporsjonal økning i nettkostnadene. Om vi antar at produksjonen av elektrisitet som strømmer gjennom det norske nettet øker med 37 TWh, mot ca. 125 TWh i dag, vil dette innebære nettinvesteringer på vel 26 prosent av dagens nett, eller ca. 1,3 milliarder kroner per år frem mot 2050.
- Investeringene i utenlandsforbindelser vil avhenge av antallet som bygges, men som en sammenligning kan vi nevne at NorNed-forbindelsen mellom Norge og Nederland, med en kapasitet på 700 MW, kostet totalt 4,6 milliarder kroner, hvorav halvparten av investeringen ble dekket på norsk side. I tillegg kommer nettforsterkninger innenlands.
- Utbyggingen av en infrastruktur for fjernvarme dimensjonert for 9-10 TWh kan kreve grovt anslått investeringer i størrelsesorden 20-30 milliarder kroner, basert på kostnadene ved å bygge ut det norske fjernvarmenettet frem til i dag, for en kapasitet på ca. 1/3 av det langsiktige nivået. Det vil i tillegg antakelig være behov for å skifte ut enkelte fjernvarmeanlegg innen 2050 fordi levetiden utløper.
- Det må etableres et produksjonsapparat for annengenerasjons biodrivstoff til erstatning av fossilt drivstoff innen tungtransport, sjø- og lufttransport så langt det lar seg gjøre. Dette kan med dagens teknologi komme til å koste 25 milliarder kroner.
- Elektrifisering av olje- og gassvirksomhet vil kreve investeringer i nettanlegg på land og offshore, i tillegg til ombygginger av plattformer der det er snakk om elektrifisering av eksisterende anlegg. Hvis elektrifisering som hovedregel gjøres i forbindelse med større ombygginger eller nye installasjoner, vil imidlertid merkostnadene sammenlignet med tradisjonelle energiløsninger (offshore gasskraft) begrenses.
- Det må investeres i en infrastruktur for el-/hybridbiler. Dette vil i stor grad være begrenset til investeringer i distribusjonsnettet for elektrisitet, og vil neppe overstige noen få milliarder kroner.
- I tillegg kommer kostnader til FoU, eventuell infrastruktur for hydrogen, innkjøp og installering av varmepumper, ombygging av skip til gassdrift, bygging av lavenergihus, investeringer i jernbaneinfrastruktur samt kostnadene ved å kjøpe hybrid/elbiler. Mange av disse investeringene er imidlertid kostnader som vil påløpe uansett. For eksempel skal bilparken skiftes ut over tid, uavhengig av drivstoff. Merkostnadene ved mange av tiltakene trenger derfor ikke å være store. Kostnadene ved en eventuell utbygging av en hydrogeninfrastruktur har vi ikke gjort beregninger på, da usikkerheten i slike anslag vil være svært store. Vi snakker imidlertid ikke om investeringer i nærheten av de totale kostnadene til fornyelse og utvidelse av det eksisterende kraftsystemet.

Summen av de årlige investeringene frem mot 2050 er naturligvis vanskelig å anslå. Vi vet noe med en viss grad av sikkerhet – behovet for fornying av det eksisterende kraftsystemet samt kostnadene ved å bygge 37 TWh ny kraftproduksjon og tilhørende nettinvesteringer – som vil beløpe seg til 15 milliarder kroner per år i 2010-2050. Når det gjelder de resterende investeringene, er det mange usikre faktorer som vil ha innvirkning. Et grovt anslag på de nødvendige øvrige investeringene kan derfor være i størrelsesorden 150-200 milliarder kroner totalt, eller inntil 5 milliarder per år i den samme perioden, når vi tar hensyn til at de usikre faktorene sannsynligvis vil slå ut litt forskjellig. Noen vil i praksis trekke i retning av høyere investeringer – dersom det kreves mye FoU, flere tiltak enn forventet, eller at tiltakene generelt er dyrere – mens andre vil gi lavere investeringer – for eksempel på grunn av lavere kostnader som følge av teknologiutvikling, læringseffekter og lignende.

Tiltak	Årlig investering 2010-2050	Merknader
Fornyning av eksisterende kraftsystem	9 milliarder	Halvparten av dagens produksjonssystem og 80-90 prosent av nettet
Nyinvesteringer i kraftsystemet	5-6 milliarder	Ca. 1 TWh ny produksjon pr. år pluss nett
Overføringsforbindelser til utlandet	0,5-1 milliard	Inkl. nettførsterkninger innenlands – avhengig av antall kabler (5-10 som basisanslag)
Fjernvarmenett og -produksjon	0,5-1 milliard	Basert på erfaringstall for dagens fjernvarmesektor med om lag 1/3 av kapasiteten i det fornybare Norge
Produksjon av annengenerasjons biodrivstoff	0,5 milliarder	Etablering av produksjonsapparat med dagens teknologi – engangsinvestering på 25 milliarder
Elektrifisering av petroleumssektoren	0,5 milliarder	Merkostnader ved elektrifisering – grovt anslag
Infrastruktur for el i transportsektoren	0,5 milliarder	Engangsinvestering på 5 milliarder – grovt anslag
Andre kostnadselementer	2-3 milliarder	FoU i transportsektoren, eventuell hydrogeninfrastruktur, merkostnader ved utslippsfrie biler, karbonfangst og – lagring, varmepumper, lavenergihus, ombygging av skip, jernbane
Sum pr. år	Ca. 20 milliarder	Kan bli større eller mindre – mange usikre faktorer som kan trekke i forskjellige retninger

Tabell 1: Oversikt over investeringer for å realisere utslippskutt i størrelsesorden 8,6 tonn per capita. Kilde: EBL, Econ Pöyry.

De samlede investeringene på årsbasis er faktisk ikke særlig høyere enn det historiske toppnivået for investeringene i det norske kraftsystemet på 1970-tallet – og de er mye lavere enn investeringene i petroleumssektoren de senere årene. Om vi greier å koordinere investeringene og spre dem ut i tid for å unngå høyt press i leverandørmarkedet og arbeidsmarkedet, vil omleggingen kunne gjennomføres til relativt lave kostnader.



Figur 16: Investeringer i energisektoren 1970-2007 vs. det fornybare Norge. Milliarder 2009-kr. Kilde: Statistisk sentralbyrå, Econ Pöyry

Disse investeringstallene illustrerer hvilke ressurser som kreves av det norske samfunnet i de neste 40 årene for å realisere omleggingen av energibruken, i form av arbeidskraft,

råvarer og forskjellige typer utstyr. De samlede investeringene er i størrelsesorden av et statsbudsjett i dag (utgiftssiden) eller 8-10 år med petroleumsinvesteringer på nivået vi har sett de siste årene. Mer enn halvparten av investeringene er tiltak som vi uansett skal gjøre som følge av behovet for fornying av den eksisterende energinfrastrukturen samt befolkningsveksten.

Vårt budskap er at investeringene for utslippskutt på ingen måte er umulige i et makroøkonomisk perspektiv. Beslutningene som må til, er derimot kompliserte. Det reiser spørsmål om hvordan politikken best kan utformes for at vi skal nå målene.

## Klimatesten for tiltak – og veien videre

Norge har et svært godt utgangspunkt sammenlignet med andre land når det gjelder å løse utslippsutfordringen på hjemmebane. Vi kan imidlertid ikke la være å handle. Finansdepartementets analyser i Perspektivmeldingen viser at utslippene i 2050 vil være om lag på dagens nivå – 56,1 millioner tonn i ”business-as-usual”-scenariet i Perspektivmeldingen – med mindre vi gjør betydelige endringer i virkemiddelbruken.

Skal vi greie å kutte utslippene i stor skala gjennom omlegging av energisystemet, må energi- og miljøpolitikken oppfylle *klimatesten* for tiltak. De fire målekriteriene som til sammen utgjør klimatesten er:

1. Reduserer tiltaket bruk av fossil energi hos sluttbruker?
2. Reduserer tiltaket energibruken?
3. Gir tiltaket CO<sub>2</sub>-fri energi til brukeren?
4. Gir tiltaket ny utslippsfri energiproduksjon?

Noen viktige tiltak som oppfyller klimatesten, er:

1. Omlegging fra fossil til utslippsfri energi hos sluttbruker – i bygg, industri og i transport – for eksempel fra fyringsolje til varmepumper eller bioenergi, fra bensin og diesel til el-drift og biodrivstoff, eventuelt hydrogen.
2. Alle tiltak som reduserer det faktiske forbruket av energi – enten det reduserer tapet ved produksjon av elektrisitet, varme eller drivstoff, reduserer tapet i transport av energi eller reduserer bruk hos sluttbruker.
3. Tiltakene må bidra til å øke kapasiteten for transport av CO<sub>2</sub>-fri energi – det vil si investere i elnett, fjernvarmenett og eventuell hydrogendistribusjon når det blir mulig.
4. Tiltakene må føre til økt produksjon av CO<sub>2</sub>-frie energibærere – enten basert på fornybar energi, eller fossilbasert energi med karbonfangst og lagring og kjernekraft. Vi tror imidlertid at Norge har så rikelig og rimelig tilgang på fornybar energi at det ikke blir nødvendig med verken stor utbygging av fossilbasert kraftproduksjon med karbonfangst og lagring eller med kjernekraft.

Ut fra klimatesten er det ikke åpenbart hvordan vi skal anvende bioressursene for å redusere klimagassutslippene mest. Vi mener det er viktig å bygge en industriell verdikjede for bio fra skog til bruker. Det innebærer blant annet å bygge opp en etterspørsel etter norske bioressurser. På lang sikt må vi avveie bruken av bio til oppvarming mot bio til transportformål. Norske bioressurser kan enten dekke ca. 50 prosent av transportbehovet i dag (utenom personbiler), eller ca. 80 prosent av dagens behov for romoppvarming og varmtvann. All bio til stasjonære formål kan erstattes med elektrisitet eller avfall, mens vi i transportsektoren har få fornybare alternativer til bio i dag, utenom el til personbiler. Teknologigjennombrudd – enten det gjelder tilgangen på biomasse, hydrogen eller nye muligheter i transport – kan imidlertid endre avveiningene frem i tid.

Virkemidlene som må tas i bruk, må reflektere de kravene som klimatesten setter:

- Vi må forsterke elementer i dagens politikk for energiomlegging, som utbygging av infrastruktur for fjernvarme og fornybar energiproduksjon og energieffektivisering. Dette innebærer etablering av bindende fornybarmål og mer effektive støtteordninger. Oljefyring bør forbys.
- Virkemidler for konvertering fra elektrisitet til andre energibærere, som i mange tilfeller vil øke risikoen for at vi ikke når klimamålene må endres.
- I transportsektoren må vi øke ambisjonsnivået, ikke minst for el i personbiler.
- Det må stilles krav om elektrifisering av nye installasjoner og større ombygginger på sokkelen.
- Nettpolitikken må stimulere til investeringer. Det innebærer blant annet endringer i inntektsrammemodellen og etablering av en nasjonal strategi for utbygging av overføringskabler til utlandet. Det er avgjørende at nettpolitikken støtter opp om et velfungerende marked for kraft som gir incentiver til energieffektivisering og utbygging av fornybar kraftproduksjon.
- FoU-innsatsen for å løse utslippsutfordringen i transportsektoren må økes. Her vil også FoU-virksomhet i andre land spille en viktig rolle, men Norge kan bidra både med egenutviklet teknologi og som bruker av prototyper utviklet internasjonalt.
- Endelig er det ønskelig at det satses på å utvikle teknologi for karbonfangst- og lagring som kan redusere utslippene fra norsk prosessindustri slik at energibransjen sammen med prosessindustrien kan gjøre det sannsynlig at vi kan nå to-tonnsmålet for klimagassutslipp per innbygger i 2050.

Om vi styrer konsekvent etter de fire kriteriene i klimatesten, har vi svært gode muligheter til å lykkes med å realisere 2-tonnsmålet for Norges del. Det vil være et viktig bidrag til løsningen av verdens utslipps- og energiutfordring. Arbeidet starter nå.

**EBL - Energibedriftenes Landsforening**

Pb 7184 Majorstua  
0307 Oslo

Tlf: 23 08 89 00  
E-post: [ebl@ebl.no](mailto:eb1@ebl.no)  
[www.ebl.no](http://www.ebl.no)

Drivkraft i utviklingen av Norge som energinasjon