

RASKERE ENERGIOMSTILLING

1,5°C – Hvordan Norge kan gjøre sin del av jobben

Energi Norge

Rapportnr.: 2019-0284 , Rev. 1

Dokumentnr.: 11BQLMDI-2

Dato: 2019-03-11

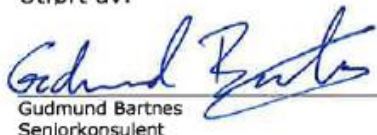


Prosjektnavn: Raskere energiomstilling
Rapporttittel: 1,5°C – Hvordan Norge kan gjøre sin del av jobben
Oppdragsgiver: Energi Norge,
Kontaktperson: Kristian Blindheim
Dato: 2019-03-11
Prosjektnr.: 10123639
Org. enhet: Market Area Nordics & Baltics
Rapportnr.: 2019-0284, Rev. 1
Dokumentnr.: 11BQLMDI-2
DNV GL AS Energy
Energy Markets & Technology
Veritasveien 1, 1363 Høvik
Tel: +47 6757 9900

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse: Denne rapporten beskriver hva som skal til for at Norge reduserer sine utslipp med 45 prosent i 2030, sammenlignet med 2010-nivå, og den videre utviklingen mot 2040 med mål om at Norge skal være et nær-nullutslippssamfunn i 2050.

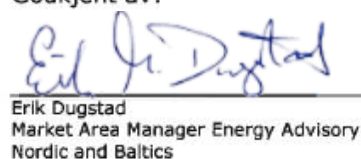
Utført av:



Gudmund Bærtnes
Seniorkonsulent

Verifisert av:


Jørgen Bjørndalen
Sjefskonsulent

Godkjent av:


Erik Dugstad
Market Area Manager Energy Advisory
Nordic and Baltics


Guro Fasting
Seniorkonsulent


Beate Norheim
Konsulent

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2019. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste.*
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

Nøkkelord:

Energiomstilling, elektrifisering,
utslippsreduksjon, klimamål

*Distribusjonsliste:

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	2019-03-11	First issue	GB, GF, BN	JB	ED
1	2019-06-12	Oppdatert figur nr 2-9	GB, GF, BN	JB	ED

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	1
ENGLISH SUMMARY	2
1. NORGES BIDRAG TIL EN RASKERE AVKARBONIERING	3
1.1. UTVIKLING I ENERGIBRUK I NORGE FRAM MOT 2040 VED EN RASKERE AVKARBONISERING	5
1.2. UTVIKLING I KLIMAGASSUTSLIPP I NORGE MOT 2040	9
1.3. VIRKEMIDLER FOR Å REALISERE UTSLIPPSKUTT	11
1.4. KOSTNADER VED EN RASKERE AVKARBONISERING AV NORGE	14
2. TRANSPORT	17
2.1. ENERGIBRUK I TRANSPORTSEKTOREN OG MULIGHETER TIL ENERGIOMSTILLING	17
2.2. KVANTIFISERTE ENERGIOMSTILLINGS- OG MILJØTILTAK	26
2.3. UTVIKLINGSBANE FOR ENERGIBRUK OG UTSLIPP	29
2.4. KOSTNADER VED TILTAK OG NØDVENDIGE VIRKEMIDLER	31
3. INDUSTRI	33
3.1. ENERGIBRUK I INDUSTRISEKTOREN OG MULIGHETER TIL ENERGIOMSTILLING	33
3.2. KVANTIFISERTE ENERGIOMSTILLINGS- OG MILJØTILTAK	39
3.3. UTVIKLINGSBANE FOR ENERGIBRUK OG UTSLIPP	43
3.4. KOSTNADER VED TILTAK OG NØDVENDIGE VIRKEMIDLER	46
4. OLJE- OG GASS	48
4.1. ENERGIBRUK I OLJE- OG GASSEKTOREN OG MULIGHETER TIL ENERGIOMSTILLING	48
4.2. KVANTIFISERTE ENERGIOMSTILLINGS- OG MILJØTILTAK	53
4.3. UTVIKLINGSBANE FOR ENERGIBRUK OG UTSLIPP	55
4.4. KOSTNADER VED TILTAK OG NØDVENDIGE VIRKEMIDLER	57
5. LANDBRUK OG FISKERI	59
5.1. ENERGIBRUK I FISKERI- OG LANDBRUKSNÆRINGEN OG MULIGHETER TIL ENERGIOMSTILLING	59
5.2. KVANTIFISERTE ENERGIOMSTILLINGS- OG MILJØTILTAK	61
5.3. UTVIKLINGSBANE FOR ENERGIBRUK OG UTSLIPP	63
5.4. KOSTNADER VED TILTAK OG NØDVENDIGE VIRKEMIDLER	65
6. BYGG	67
REFERANSER	69

SAMMENDRAG

FNs klimapanel, IPCC, publiserte i oktober 2018 en rapport som viser at 2 graders global oppvarming vil gi betydelig økt risiko for alvorlige konsekvenser for økosystemer, mennesker og samfunn over hele verden, sammenlignet med en økning på 1,5 grader. For å begrense oppvarmingen til 1,5 grader må verdens klimagassutslipp reduseres med 45 prosent fra 2010 til 2030 (IPCC, 2018).

I denne rapporten beskriver DNV GL, på oppdrag for Energi Norge, hva som skal til for at Norge reduserer sine utslipp i tråd med IPCCs anbefaling, og den videre utviklingen mot 2040 med mål om at Norge skal være et nær-nullutslippssamfunn i 2050.

Nasjonale utslippsreduksjoner utenfor kvotepliktig sektor

Klimagassutslippene fra transportsektoren utgjør rundt en tredjedel av Norges samlede utslipp og mer enn halvparten av utslippene som ikke er omfattet av EUs kvotemarked. Å redusere utslippene fra transportsektoren er avgjørende for å nå målet om å redusere norske utslipp med 45 prosent fra 2010 til 2030.

Transportsektoren skiller seg fra andre sektorer ved at det er mulig å gjennomføre store utslippsreduksjoner til relativt lave kostnader. Det henger sammen med at nullutslippsløsninger som batterielektriske biler og busser er under rask utvikling og vil bli stadig billigere. DNV GL forventer at innen 2025 vil elektriske kjøretøy være konkurransedyktige med fossile drivlinjer (DNV GL, 2018).

For å legge til rette for en rask omstilling, er det nødvendig å videreføre de relative fordelene som nullutslippsløsninger har i dag. Selv om elektriske kjøretøy er forventet bli billigere enn fossildrevne, krever utviklingsbanen en utskiftning av hele den eksisterende bilparken. Andre virkemidler som vil legge til rette for omstillingen, er videreføring av støtte til etablering av infrastruktur, krav om miljøvekting i offentlige anbudprosesser og etablering av et CO₂-fond for transportnæringen.

Nasjonale utslippsreduksjoner i kvotepliktig sektor

EUs kvotemarked er gjør det mulig å gjennomføre utslippsreduksjoner der det er mest kostnadseffektivt. For å stimulere til ytterligere utslippsreduksjoner i kvotepliktig sektor bør norske myndigheter fortsette å jobbe for et velfungerende kvotemarked med videre innstramminger på 2030-tallet.

En åpning for at utslippsreduksjoner i kvotepliktig sektor kan benyttes for å nå utslippsmål i ikke-kvotepliktig sektor kan bidra til ytterligere kostnadseffektivisering. For at en slik fleksibilitetsmekanisme skal bidra til faktiske utslippsreduksjoner må gjennomførte tiltak medføre at et tilsvarende antall utslippstillatelser trekkes ut av kvotemarkedet.

Konsekvenser for energibruk i Norge

Forholdene ligger godt til rette for videre elektrifisering av energibruk i Norge. Det er i dag et kraftoverskudd på rundt 5 TWh, og NVE forventer at det vil øke mot 2030 som følge av vindkraftutbygginger (NVE, 2018). Dersom norske klimagassutslipp reduseres i tråd med utviklingsbanen i denne rapporten, vil strømbruket i 2030 være 18 TWh høyere enn i dag. Fordi kraftproduksjonen i Norge er ventet å stige mer enn dette, vil kraftoverskuddet med utviklingsbanen i denne rapporten og NVEs forutsetninger om fremtidig kraftproduksjon være på 15-20 TWh i 2030. Mot 2040 kan strømbruket øke med 30 TWh sammenliknet med i dag.

I tillegg til høyere strømetterspørsel innebærer energiomstillingen skissert her, en økning i bruken av bioenergi og hydrogen med 8 TWh og fjernvarme med 3 TWh i 2040 sammenliknet med i dag. Fremstilt ved elektrolyse vil 8 TWh hydrogen kreve rundt 20 TWh strøm.

Etterspørselen etter fossil energi går samtidig ned med 80 TWh fordi elektrifisering gir betydelig energieffektivisering. Det gjelder særlig innen transport der elektriske motorer er 3 ganger så effektive som fossile drivlinjer.



ENGLISH SUMMARY

An IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) special report on the impacts of global warming shows that a 2-degree temperature rise, compared to 1,5 degrees, will have severe consequences for eco-systems, humans and society (IPCC, 2018). According to IPCC, global greenhouse gas emission must be reduced by about 45 % from 2010 level by 2030 to avoid global warming above 1.5°C.

This report shows how Norway can reduce its greenhouse gas emissions in line with the IPCC recommendations.

Emission reductions in non-ETS sectors

One-third of Norway's greenhouse gas emissions is related to the transportation sector. To meet reduction targets, Norway needs a quick transition from fossil fuels to zero emission technologies. Compared to other sectors, the transportation sector has the potential of significant emission reductions with relatively low societal costs. Ongoing and expected technological advancements within battery electric light- and heavy-duty vehicles may pave the way for a swift transition. Consequently, DNV GL expect strict vehicle price/performance parity between internal combustion engine vehicles and battery electric vehicles by 2024.

Today's battery and hydrogen-electric vehicles are exempt from purchase and usage related taxes in Norway. Despite technological development, the rapid shift to from fossil fuel-based alternatives to zero-emission technologies described in this report will require favoring zero-emission technologies through fiscal incentives. As the zero emission technologies mature, tax exemptions may gradually be reduced, while still ensuring that zero-emission alternatives remain favorable to fossil fueled ones.

Emission reductions within the European carbon market

The EU Emissions Trading System (EU ETS) gives cost-efficient emission reductions in Europe. To stimulate additional decreases, Norwegian authorities should continue its work for a well-functioning carbon market with further efforts to implement more ambitious targets for the European carbon market towards 2030 and later.

Enabling EU member states to reduce non-ETS sector emissions within the existing carbon market would increase the cost-effectiveness of European climate policy. If such a rule were to be implemented, emission allowances corresponding to reduction efforts would need to be withdrawn from the carbon market to secure overall emissions reduction in Europe.

Consequences for energy use in Norway

Electrification of energy use based on fossil fuel is the most important measure to reduce Norway's greenhouse gas emissions. With a surplus of electricity, which is expected to increase towards 2030, Norway is in a favorable position to do so. If energy use and emission reductions follow the path outlined in this report, electricity consumption in Norway will increase with 18 TWh by 2030. Norwegian authorities expect significant wind power development in Norway the coming years, resulting in a power surplus of 15-20 TWh in 2030, compared to 5 TWh today (NVE, 2018).

In addition to increased electricity demand, pivoting away from fossil fuels requires more use of bioenergy (8 TWh), hydrogen (8 TWh) and district heating (3 TWh) in Norway. If 8 TWh of hydrogen is produced using electrolysis in Norway, this will lead to additional electricity need of 20 TWh in 2040.

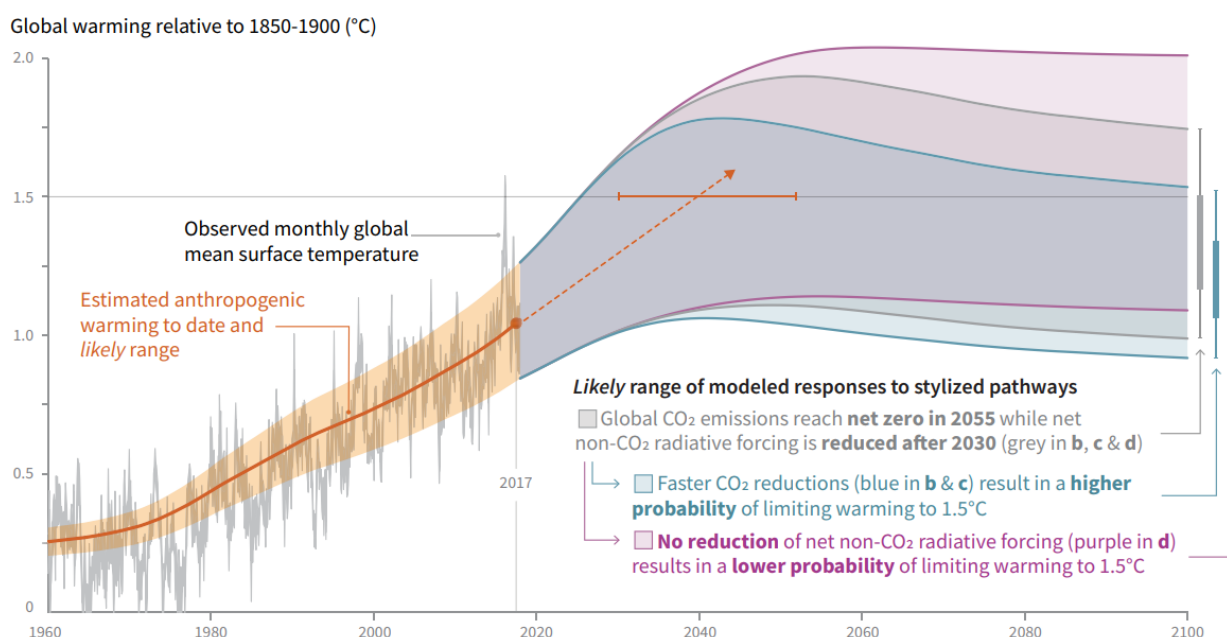
As electric engines are three times more efficient than internal combustion engines, the drop in demand for fossil fuels will be larger than the increase in demand from alternative energy sources. In a scenario where Norway reduces its greenhouse gas emission in line with the 1.5 degree-pathway, Norway's demand for fossil fuel use will reduce by 80 TWh in 2040.

1. NORGES BIDRAG TIL EN RASKERE AVKARBONIERING

Verden har de siste tiårene opplevd endringer i klimaet. Den globale gjennomsnittstemperaturen har økt, nedbørsmønstre har endret seg, havet har blitt varmere og surere, havnivået har steget og det har blitt mer ekstremvær. Dette er eksempler på noen av følgene av klimagassutslipp.

Det er i hovedsak konsensus om at menneskeskapte utslipp av klimagasser er hovedårsaken til klimaendringene. På klimatoppmøtet i Paris i desember 2015 ble FNs medlemsland enig om å begrense global oppvarming til «godt under» 2°C, men helst til 1,5°C, sammenliknet med førindustriell tid. Denne overenskomsten refereres til som Paris-avtalen. Gjennom Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere utslipp av klimagasser med 40 prosent i 2030, sammenliknet med 1990. Ambisjonen er lovfestet gjennom den norske klimaloven ('Lov om klimamål').


FNs klimapanel (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) la i oktober 2018 fram en ny rapport hvor de for første gang så særlig på virkningen av 1,5°C global oppvarming, sammenliknet med oppvarming på 2°C (IPCC, 2018). Rapporten viser at 2°C global oppvarming gir betydelig økt risiko for alvorlige konsekvenser for økosystemer, mennesker og samfunn over hele verden, sammenliknet med en økning på 1,5°C. For å begrense oppvarmingen til 1,5°C, antydes en utslippsbane der verden reduserer utslippene av klimagasser med 45 prosent innen 2030, sammenliknet med 2010-nivå, og at målet om nullutslipp nås allerede i 2050.



Figur 1-1: IPCC viser at globale klimagassutslipp må reduseres raskt for å begrense global oppvarming til 1,5°C. Kilde: (IPCC, 2018).

I Granavolden-plattformen slår regjeringen fast at den vil jobbe for at Norge skal melde inn et forsterket mål til FN i 2020, at Norges klimagassutslipp utenfor EUs kvotemarked reduseres med 45 prosent i 2030 sammenliknet med 2005 og at Norge skal være et lavutslippssamfunn i 2050, hvor klimagassutslippene er redusert med 90-95 prosent (Regjeringen, 2019).

På veien til et nær-nullutslippssamfunn står omlegging fra fossile energibærere til elektrisitet sentralt, støttet av andre fossilfrie- og nullutslippsløsninger som fjernvarme, hydrogen og biobasert brensel.



Fornybarnæringen har en sentral rolle i omstilling til et nær-nullutslippssamfunn. Energi Norge og fornybarnæringens visjon er at Norge skal ta en global lederrolle som det første fornybare og fullelektriske samfunn i verden, og således være et forbilde for andre land på veien mot å nå målet om å begrense oppvarmingen til 1,5°C. Norges har med sine unike fornybarressurser et godt utgangspunkt for å ta en slik posisjon. Mens de fleste land i verden jobber med å omstille en fossildominert kraftsektor til i større grad å basere seg på fornybare ressurser, har Norge allerede en kraftproduksjon som er tilnærmet 100 prosent fornybar. I tillegg forventes det at Norge og Norden framover vil ha et betydelig kraftoverskudd. Det ligger dermed godt til rette for ytterligere elektrifisering av energibruken i Norge. Utfordringene for kraftsystemet ved en ytterligere elektrifisering behandler DNV GL i en separat rapport som utarbeides parallelt med denne rapporten.

Denne rapporten viser hvordan Norge kan ta et steg på veien mot målet om å bli det første fornybare og fullelektriske samfunnet i verden. Rapporten beskriver hvordan Norge kan redusere sine klimagassutslipp med 45 prosent innen 2030, sammenlignet med 2010- nivå, og gir et bilde på utviklingen videre mot 2040, på veien mot målet om et nær-nullutslippssamfunn i 2050.

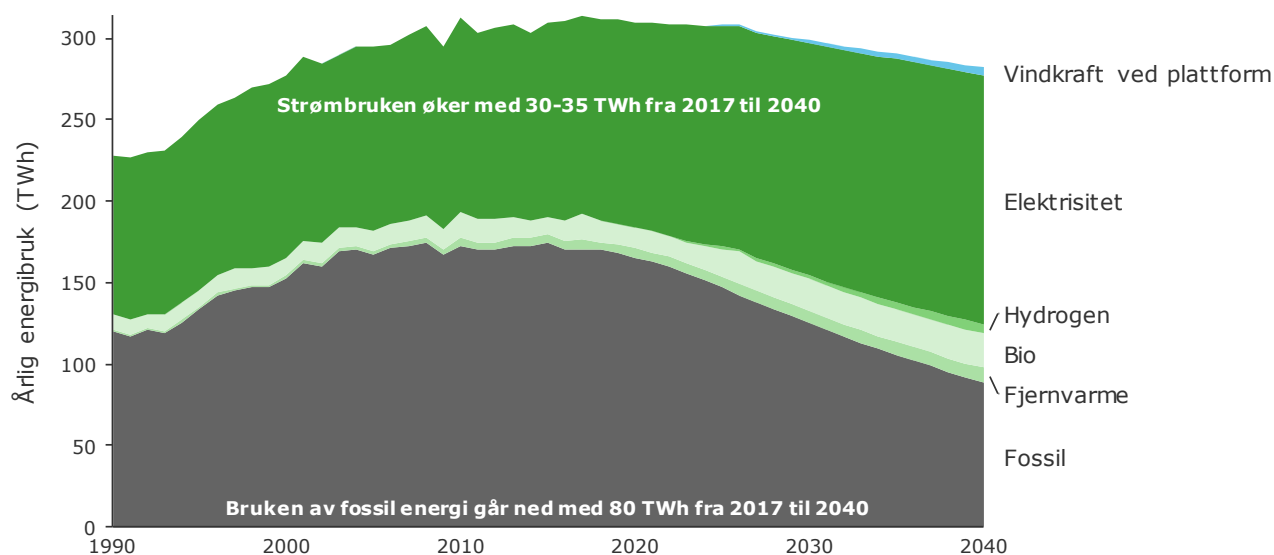
Videre i dette kapitlet gis en beskrivelse av hvordan Norge kan nå et mål om å redusere totale klimagassutslipp med 45 prosent i 2030, sammenlignet med 2010-nivå. Del 2 (kapittel 2 til 6) inneholder en nærmere gjennomgang av de enkelte sektorene og redegjør for utviklingen i energibruk, tiltak, virkemidler og kostnader i hver sektor frem mot 2040.

1.1. Utvikling i energibruk i Norge fram mot 2040 ved en raskere avkarbonisering

Transport, olje- og gassvirksomhet og industri er de sektorene som står for den største andelen av klimagassutslipp i Norge. Fram til omkring 2005 var den langsiktige trenden økende totale utslipp. De siste årene har imidlertid de samlede utslippene avtatt og i 2017 var utslippene kun 2,4 prosent høyere enn i 1990 (Miljødirektoratet, 2018).

Energibruken i Norge har siden 1990 økt med 85 TWh (40 prosent). Olje- og gassnæringen har hatt den største veksten i energibruk, noe som henger sammen med økt utvinning av petroleumsprodukter. I 2017 var samlet energibruk i Norge, inkludert olje- og gasssektoren og prosesser der energi brukes som råstoff, på 310 TWh. Om lag halvparten av dette var basert på fornybare energikilder, hovedsakelig strøm. Bruken av fossile energivarer er jevnt fordelt mellom transport-, industri og petroleumsnæringen. I bygninger er energibruken i all hovedsak basert på elektrisitet, i tillegg noe fjernvarme og bioenergi.

Norge har nær 100 prosent fornybar elektrisitetsproduksjon og allerede i dag et kraftoverskudd, som er forventet å øke når nye vindkraftverk settes i drift de nærmeste årene. Dette legger godt til rette for ytterligere elektrifisering. Utviklingsbanen illustrert i Figur 1-1 viser utviklingen i energibruk i Norge fram mot 2030 og videre mot 2040, gitt et mål om at Norge skal redusere sine klimagassutslipp med 45 prosent i 2030, sammenlignet med 2010-nivå, og være et nær-nullutslipp samfunn i 2050. Banen viser at en slik utvikling innebærer en betydelig elektrifisering, støttet av økt bruk av biobaserte brenslere, hydrogen og fjernvarme. Det er også forventet at det vil etableres noe offshore vindkraftproduksjon i forbindelse med offshore petroleumsvirksomhet. Utviklingen innebærer at den samlede energibruken i Norge reduseres med i overkant av 30 TWh fra 2017 til 2040, drevet av en overgang til mer energieffektive løsninger i transportsektoren og olje- og gassnæringen.



Figur 1-2: Utvikling i samlet energibruk i Norge fra 2017 til 2040, inkludert olje- og gasssektoren og prosesser der energi brukes som råstoff. Kilder SSB/DNV GL

Elektrisitetsbruk øker med 30-35 TWh fram mot 2040

Elektrisitetsbruken i utviklingsbanen øker med 30-35 TWh fra 2017 til 2040. De viktigste bidragene til økt elektrisitetsbruk er elektrifisering av transport, industrivekst og mer bruk av kraft fra land innen petroleumsindustrien.

Norge har allerede kommet langt i elektrifisering av personbilparken. I 2018 var en tredjedel av nybilsalget batterielektriske biler og denne andelen forventes å øke så lenge utvalget av modeller øker, ladeinfrastrukturen blir bedre og fordelene elbiler har opprettholdes.

I andre transportsegmenter skjer det også mye innen elektrifisering. I Stavanger, Bergen, Drammen, Trondheim og Oslo satses det på elektriske bybusser og innen 2021 vil 60 fergestrekker være elektrifisert (Teknisk Ukeblad, 2017). På lengre sikt har Avinor ambisjoner om at innenriks luftfart skal være elektrifisert og varetransport vil der det er egnet foregå ved hjelp av nullutslippsløsninger. Felles for busser, ferger, fly og tyngre kjøretøy er at det er forventet stor utvikling innen batterielektrisk teknologi de neste årene som antas å muliggjøre storskala elektrifisering i et 5-10 års perspektiv.

Med bakgrunn i teknologi- og markedstrender har DNV GL etablert en utviklingsbane for transportsektoren som gir en økning i elektrisitetsbruken på 15 TWh i 2040 sammenliknet med 2017. Personbiler står for det meste av økningen og bilparken er antatt å være fullelektrisk i 2040.

I industrien bidrar vekst til et økt forbruk av elektrisitet på rundt 10 TWh. Det er i utviklingsbanen forventet fullskala utbygging av aluminiumsproduksjon på Karmøy og et forbruk i datasentre i Norge på 3,5 TWh.

I olje- og gassnæringen forventer DNV GL at kraftleveransene fra fastlandet vil øke med 7-8 TWh frem til 2040, noe som er 2-3 TWh høyere enn NVEs framskrivning (NVE, 2018). Den viktigste driveren bak økningen er etablering av kraftforsyning fra fastlandet til Johan Sverdrup-feltet og til olje- og gassfelt på Utsirahøyden. Basert på Equinors planer om å etablere en løsning for kraft fra land til Troll C og Sleipner feltcenter med den tilknyttede Gudrun-plattformen i Nordsjøen, har DNV GL lagt til grunn at disse gjennomføres (Equinor, 2018). Equinor har også planer om å investere i flytende havvind ved Gullfaks og Snorre-feltene. DNV GL forventer at det kan bli etablert flere flytende havvindinstallasjoner tilknyttet olje- og gassfelt framover. I utviklingsbanen er det antatt en gradvis utbygging av havvindproduksjon i forbindelse med olje- og gassfelt tilsvarende 5 TWh i 2040.

Biobruk øker med 8 TWh fram mot 2040

Samlet bruk av bioenergi i utviklingsbanen øker med 8 TWh fram mot 2040. Biodrivstoff spiller en viktig rolle i å redusere utslippene fra tungtransport, luftfart, og sjøtransport. Tilgangen på bærekraftig biodrivstoff er imidlertid begrenset og det forventes dermed at biodrivstoff i hovedsak vil anvendes i næringer der tilgangen på alternative nullutslippsløsninger er begrenset.

Bruk av bioenergi i transportsektoren er antatt å øke med 3 TWh til 2030, for deretter å reduseres mot 2040. Utviklingen henger sammen med en forventning om at elektrifisering av persontransport fortrenger tradisjonelle forbrenningsmotorer, og dermed bruk av biodrivstoff.

I industrien er det antatt en økning i bruk av bioenergi på litt under 10 TWh. Trekull til erstatning for fossilt kull i industrielle prosesser er den viktigste driveren bak veksten i bruk av bioenergi i industrien.

Hydrogen øker med 8 TWh fram til 2040

Hydrogen er en lite brukt energibærer i Norge i dag. Det forventes at bruken vil øke mot 2040 og at økningen vil finne sted innen transport, industri og petroleumsnæringen.

Om lag 75 prosent av energibruk til innenriks sjøtransport gikk i 2013 til passasjertrafikk, offshore supplyskip og fiskerifartøy (DNV GL, 2014). Alle disse skipstypene er egnet for hydrogendrift, men skip har lang levetid og ombygging er kostbart. Det er i utviklingsbanen forventet en gradvis økning i antall hydrogenskip i innenriks sjøtransport. Hydrogen kan også bli et viktig alternativ til fossile drivlinjer i veitransport. I utviklingsbanen er det lagt til grunn at hydrogen kan spille en rolle i å redusere utslippene fra tungtransport og langdistanse busser. Til sammen gir dette en hydrogenbruk på 5 TWh i 2040, hvor litt over halvparten er knyttet til tungtransport.

I industrien er den største driveren bak økt hydrogenbruk erstatning av gass til stasjonær forbrenning med hydrogen, der elektrisitet ikke er et alternativ, og bruk av hydrogen som innsatsfaktor i jernindustrien. I utviklingsbanen er det lagt til grunn at en slik utskifting vil skje. En slik omlegging vil medføre at 2 TWh petroleumsprodukter erstattes med 2 TWh hydrogen innen utgangen av 2040.

I petroleumsnæringen er det teknisk mulig å erstatte bruk av naturgass med hydrogen i forbindelse med utvinning, men dette er både krevende og dyrt. I raffineriene er det imidlertid utsikter for økt hydrogenbehov i forbindelse med prosessering av råolje fra nye felt og fremstilling av biodrivstoff. I utviklingsbanen er det ikke antatt at hydrogen spiller en rolle i forbindelse med oljeutvinning, men at raffinerienes hydrogenbruk øker med rundt 1 TWh til 2040.

Hvordan hydrogen blir fremstilt er svært avgjørende for hvor store utslippsreduksjoner det er mulig å oppnå. Å erstatte naturgass med hydrogen vil i verste tilfelle innebære økte utslipp hvis den fremstilles uten anvendelse av CCS. I denne sammenheng forutsettes det derfor at fremstilling av hydrogen enten vil komme fra fornybar strøm eller naturgass med CCS. Hvilken av disse to metodene som anvendes kommer an på deres innbyrdes konkurranseforhold. Dette bestemmes av en rekke faktorer som lokalisering, tilgang på strøm og naturgass og størrelse på produksjonen. Kostnaden ved å produsere små til moderate produksjonsvolum vil være lavest om det fremstilles ved elektrolyse kontra naturgass med CCS (DNV GL, 2019). Anvendelsene som foreslås i denne sammenheng, det vil si til ulike transportformål og mindre volumer i industrien, er det mest tenkelig faller inn under definisjonen av små til mellomstore volumer. I analysen legges det til grunn totalt 8 TWh hydrogen i 2040, produsert ved elektrolyse forutsetter dette en økt strømproduksjon på rundt 20 TWh.

Fjernvarme øker med 3 TWh

Fjernvarmebruken i Norge har økt med 2 TWh siden 2009, og var 6 TWh i 2017. Infrastrukturen for fjernvarme er i dag godt utbygget, men ikke fullt utnyttet. Økt bruk av det eksisterende fjernvarmenettet vil derfor, i tillegg til videreutvikling av nettet, bidra til vekst i fjernvarmeleveransene til bygg mot 2040. DNV GL har lagt til grunn en økning på 3 TWh til 2040 som følge av bedre utnyttelse eksisterende nett.

Fossilbruk går ned med 80 TWh

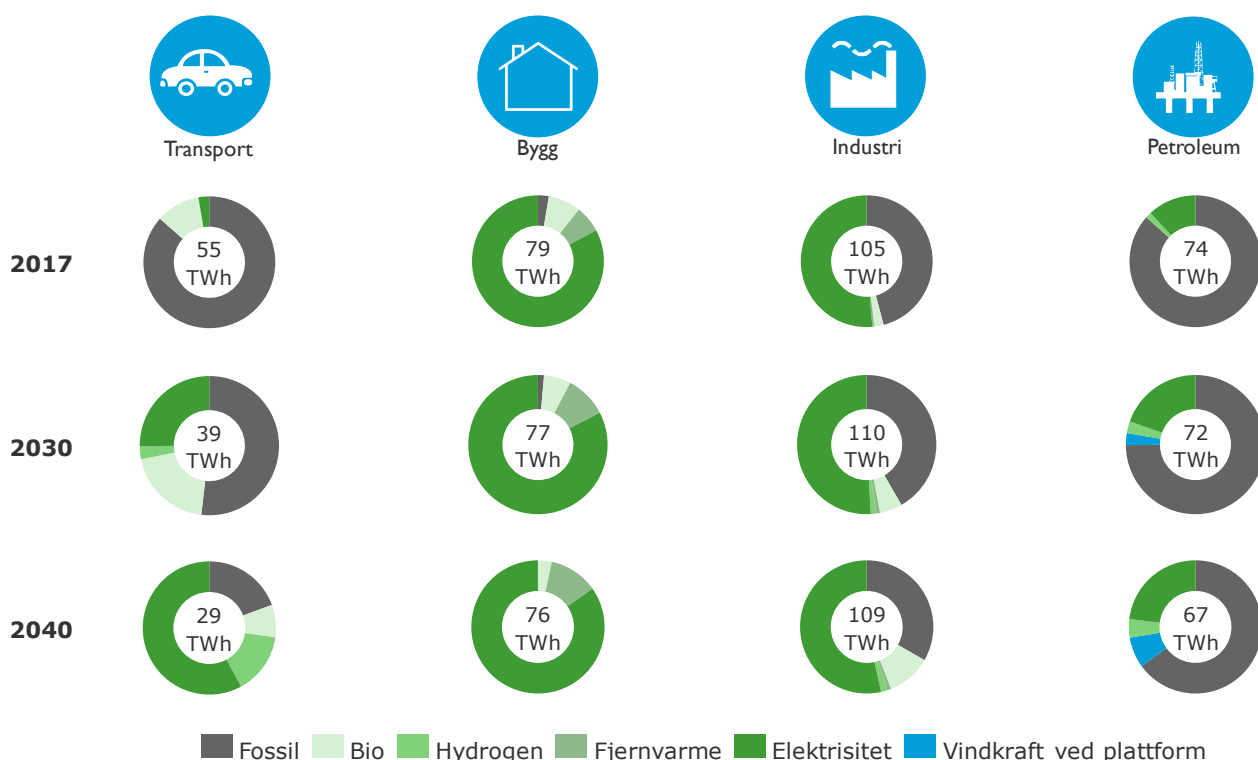
Overgang til lavutslippsløsninger som bioenergi, hydrogen og elektrisitet trekker etterspørselen etter fossile energibærere ned. I utviklingsbanen i rapporten er den fossilbaserte energibruken 80 TWh lavere i 2040 enn i 2017.

Den største reduksjonen i fossil energibruk finner sted i transportsektoren, der alle lette kjøretøy, tog, ferger og innenriks luftfart er antatt å gå på elektrisitet eller hydrogen i år 2040. Nedgangen i fossil energibruk i transportsektoren utgjør 44 TWh. I petroleumssektoren er det i utviklingsbanen lagt til grunn en nedgang i fossil energibruk på 20 TWh på grunn av lavere aktivitetsnivå, mer bruk av kraft fra

land og etablering av vindkraft ved plattformer. Industriens fossile energibruk går ned med 12 TWh, hovedsakelig fordi trekull erstatter fossilt kull i industrielle prosesser.

Det er likevel en betydelig mengde fossil energibruk igjen i den norske energiforsyningen i 2040. Det meste er knyttet til utvinning av olje- og gass (44 TWh) og bruk av fossile kilder som råstoff i industrielle prosesser (36 TWh). Til sammen utgjør disse kildene 90 prosent av gjenværende fossil energibruk.

Figur 1-3 viser en oversikt over utviklingen i sammensetningen av energivarer per sektor fra i dag (2017) og mot 2030 og 2040. Dette danner grunnlaget for utviklingsbanen illustrert i Figur 1-2.



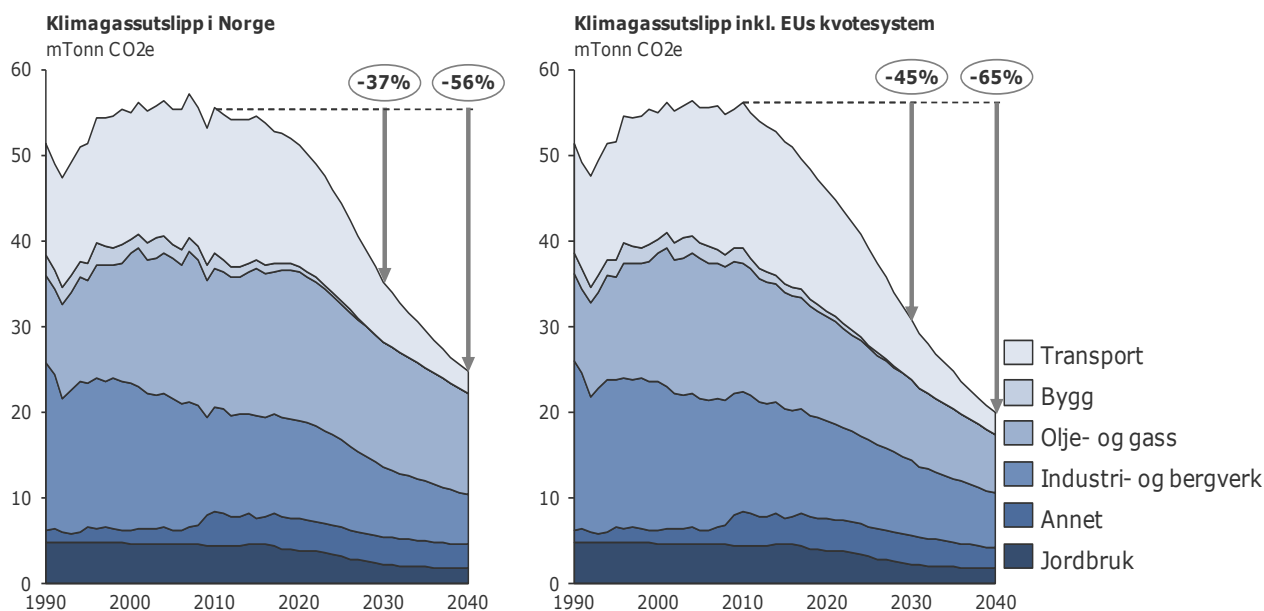
Figur 1-3: Oversikt over sammensetning av energivarer i transport, bygg, industri og olje- og gassnæringen. Kilde: DNV GL

NVE publiserte i oktober 2018 en framskriving av energibruken i Norge fram til 2035 (NVE, 2018). De samme trendene som NVE beskriver er lagt til grunn i utviklingsbanen i denne rapporten. NVE sin framskrivning beskriver imidlertid en forventet utvikling basert på etablert politikk, mens utviklingsbanen i denne rapporten gir en beskrivelse av hvordan man kan nå et mål om å redusere norske klimagassutslipp med 45 prosent i 2030, sammenlignet med 2010-nivå. Den største forskjellen i utviklingen mellom NVEs framskrivning og utviklingsbanen her er at det i denne rapporten er lagt til grunn en betydelig raskere innfasing av nullutslippsløsninger i alle deler av transportsektoren. I NVEs analyse er det antatt en økning i elektrisitetsbruk på 17 TWh fra 2016 til 2035, om lag halvparten av veksten som er lagt til grunn i utviklingsbanen her.

Det gjøres også oppmerksom på at fossil energibruk i NVEs framskrivninger (NVE, 2018) og utviklingsbanen i denne rapporten ikke kan sammenlignes direkte ettersom NVE ikke har inkludert energibruk som benyttes som råstoff eller energibruk i olje- og gassnæringen i sin rapport, mens dette er inkludert i denne rapporten.

1.2. Utvikling i klimagassutslipp i Norge mot 2040

Utviklingen i energibruken som er beskrevet i avsnittet over tilsvarer en reduksjon i Norges klimagassutslipp på henholdsvis 45 prosent i 2030 og 65 prosent til 2040, sammenlignet med 2010-nivå.



Figur 1-4: Norske klimagassutslipp. Historiske tall og utvikling fram mot 2040 i tråd med rapportens målsetning om 45 prosent utslippsreduksjon i 2030, sammenlignet med 2010. Kilder: SSB/ DNV GL

Utslippsreduksjon i sektorer som ikke er med i EUs kvotemarked

Transportsektoren bidrar til den største andelen utslippsreduksjon fram mot 2040 ved at energibruken skiftes fra fossile kilder til elektrisitet, hydrogen og bioenergi. Frem mot 2030 er økt innblanding av biodrivstoff i konvensjonelt drivstoff og at personbilparken elektrifiseres raskt den viktigste driveren bak utslippsreduksjonen. I utviklingsbanen er det lagt til grunn at 100 prosent av nybilsalget er nullutslippsfrie biler før 2025, drevet av at elbiler blir stadig billigere og modellutvalget øker. Etter 2030 fortsetter omstillingen av personbilparken, samtidig som utslippene fra de andre transportsegmentene går betydelig ned.

I landbruk- og fiskerinæringen har DNV GL estimert at utslippene reduseres med 30 prosent i 2030 og 50 prosent i 2040 sammenlignet med 1990. Den største delen av denne reduksjonen kommer fra omlegging fra fossil energibruk til biodrivstoff for maskiner og mer effektiv drift av skog- og jordbruk.

Utslipp fra energibruk i bygninger er beskjedne i dag, og vil falle ytterligere når alle oljefyrer er faset ut innen 2020. I utviklingsbanen for norske utslipp er det antatt at utslippene reduseres ytterligere på 2020-tallet og energibruk i bygg er uten utslipp i 2030.

Samlet går utslippene fra transport, landbruk, fiskeri og bygg ned med 55 prosent fra 2010 til 2030 og 75 prosent til 2040.

Utslppsreduksjon i sektorer som er med i EUs kvotemarked

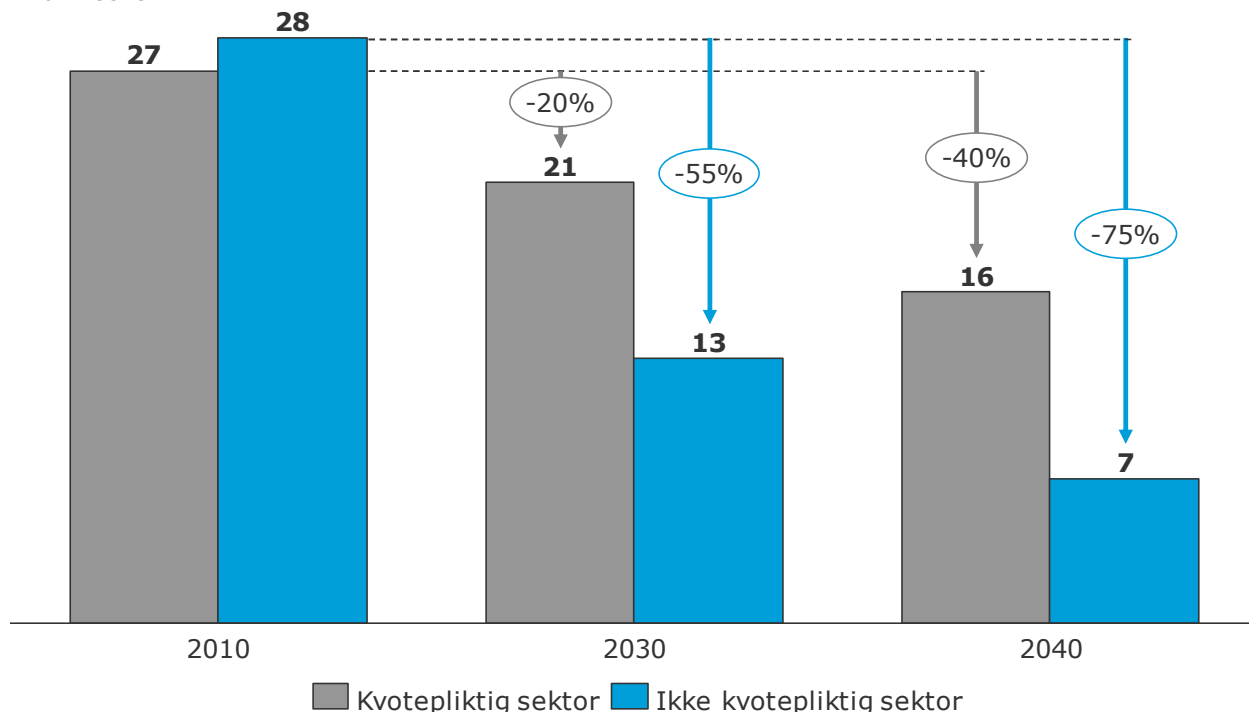
Klimagassutslippene i industri er nærmest halvert fra 1990 til 2017. Det kan dermed legges til grunn at de mest kostnadseffektive tiltakene allerede er gjennomført. Fra 2013 har om lag 90 prosent av klimagassutslippene fra norsk industri vært omfattet av EUs kvotesystem. I utviklingsbanen i denne rapporten er det lagt til grunn at det vil gjennomføres nasjonale tiltak som tilsvarer en utslppsreduksjon på 5 mTonn CO₂e fra 2017 til 2040. Utviklingen er grunnet i at man har sett at mange norske bedrifter velger miljøvennlige løsninger når de investerer i ny teknologi selv når kostnaden for klimagassutslipp har vært lav på grunn av lave kvotepriser. Bakgrunnen for dette er en forventning om en strammere miljøpolitikk, og dermed en høyere kostnad på utslipp av klimagasser framover, samt støtteordninger for teknologiutvikling i industrien (Miljødirektoratet, 2014).

Innen petroleumsnæringen henger utslipp tettere sammen med antall felt i drift enn hvor mye olje- og gassprodukter som utvinnes. Grunnen til det er at energibehovet for å drive et felt er relativt konstant, selv om oljeproduksjonen går ned mot slutten av et felts levetid. Usikkerheten rundt ulike felts levetid er stor, men det er lagt til grunn at utslippene fra olje- og gassproduksjon på sokkelen reduseres mot 2040. Reduksjonen henger sammen med en forventning om økt bruk av kraftforsyning fra land og at vindkraftproduksjon ved plattformer kan supplere naturgass som energikilde til utvinning.

Samlet går utslippene fra industri og petroleumsnæringen ned med 20 prosent fra 2010 til 2030 og 40 prosent til 2040. Utslipp som overgår målsettingene i EUs kvotemarked må norske aktører anskaffe utslppsrettigheter for.

Norske klimagassutslipp

mTonn CO₂e

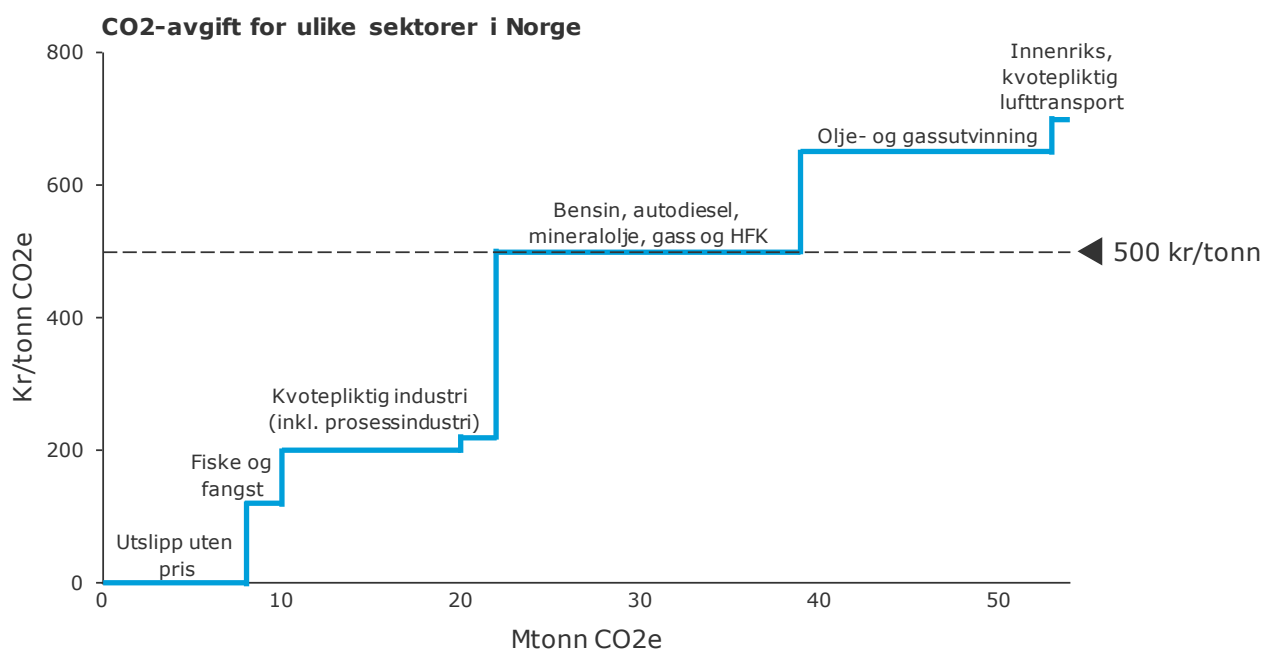


Figur 1-5: Reduksjon i klimagassutslipp fra kvotepliktig- og ikke-kvotepliktig sektor fra 2010 til 2030 og 2040. Kilder: Nasjonalbudsjettet 2019 og DNV GL.

1.3. Virkemidler for å realisere utslippskutt

Utviklingsbanen beskrevet i avsnittene over innebærer gjennomføring av en rekke tiltak. For å stimulere til utviklingen som er skissert i banen, vil det være nødvendig å ta i bruk virkemidler som bidrar til energiomstilling der markedet alene ikke gir rask nok endring.

Det finnes i dag en rekke virkemidler der formålet er å bidra til reduserte klimagassutslipp. Norges deltagelse i det europeiske kvotesystemet og CO₂-avgifter på bruk av fossile energikilder er et viktig virkemiddel. I Norge er over 80 prosent av klimagassutslippene dekket av kvoteplikt og/eller CO₂-avgift (Regjeringen, 2018). Kostnaden for utslipp av CO₂ for ulike sektorer i Norge er illustrert i Figur 1-6.




Figur 1-6: CO₂-avgift (inkludert kvotepris) for ulike sektorer i Norge. Kilde: Nasjonalbudsjettet 2019

Eksempler på andre relevante virkemidler som har som formål å bidra til å redusere klimagassutslippene er støtte til forskning, utvikling og demonstrasjon av klimavennlig teknologi, støtte til etablering av infrastruktur for nullutslippskjøretøy, avgiftsfritak ved kjøp av elektriske biler og hybridbiler og krav om innblanding av biodrivstoff ved salg av bensin og drivstoff i Norge.

For å legge til rette for utviklingen som er skissert i denne rapporten vil det være behov for en videreføring og styrking av dagens virkemiddelbruk. I det videre peker DNV GL på flere aktuelle virkemidler som kan være viktige for å nå målet om å redusere norske utslipp med 45 prosent i 2030, sammenlignet med 2010-nivå.

Innstramning i EU ETS

Det europeiske kvotesystemet er en felles europeisk ordning med mål om minst 43 prosent utslippsreduksjoner innen kvotepliktige sektorer i EU- og EØS-området i 2030, sammenlignet med 2005. Alle EU- og EØS-land har forpliktet seg til å bidra med sin del for å nå det felles målet. Hvordan utslippene fordeler seg nasjonalt er uvesentlig for klimaeffekten og kvotesystemet er derfor utformet for å redusere utslipp der det er mest kostnadseffektivt å gjennomføre tiltak. Det europeiske kvotesystemet omfatter om lag halvparten av Norges klimagassutslipp og inkluderer landbasert industri, petroleumsvirksomhet og intra-EU luftfart (Miljødirektoratet, 2018). Bidraget kommer enten i form av at utslippene reduseres i norske bedrifter, eller at de som forurenser må kjøpe utslippsrettigheter i



kvotemarkedet. Når prisen på CO₂-kvoter er høyere enn hva det koster å redusere utslipp vil det lønne seg for aktørene i markedet å redusere egne utslipp i stedet for å kjøpe kvoter.

Kvotestystemet er designet slik at det setter et tak på utslipp innen kvotepliktige sektorer i EU- og EØS-området fram til 2030. Det vil si at innføring av andre virkemidler innen kvotepliktig sektor i hovedsak kun bidrar til å flytte utslipp ut i tid eller mellom landene som deltar i kvotemarkedet uten å ha en reell effekt på klimagassutslippene. DNV GL mener at virkemiddelbruken bør fokusere på tiltak som bidrar til faktiske utslippsreduksjoner og at virkemidler som kun flytter utslipp ut i tid eller mellom land innen kvotemarkedet bør unngås.

Det mest effektive tiltaket norske myndigheter kan gjøre for å redusere utslippene fra bedrifter som inngår i kvotestystemet er å jobbe for ytterligere innstramminger av kvotemarkedet. Strengere krav til utslippsreduksjoner gir færre kvoter tilgjengelig i markedet og dermed høyere kostnad ved klimagassutslipp. I 2018 bidro innstramminger i kvotemarkedet til at prisen på utslippstillatelser økte fra rundt 5 EUR/tonn til 20-25 EUR/tonn. En økt kostnad for å slippe ut CO₂ vil si at det vil bli bedriftsøkonomisk lønnsomt å realisere flere tiltak.

Samspill mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor

EU har etablert et regelverk, Innsatsfordelingsforordningen, som fastsetter nasjonale utslippsmål for ikke-kvotepliktig sektor for perioden 2021-2030 for de enkelte EU-landene. Hvert land har et bindende utslippsmål på mellom 0 og 40 prosent fra 2005. Norge tar fra 2020 sikte på å delta i denne ordningen. Norske utslipp som ikke er kvotepliktig omfatter i hovedsak transport utenom luftfart, jordbruk, bygg og avfall, samt en liten del av utslipp fra industrien og petroleumsvirksomheten. Norske myndigheter arbeider med å forhandle fram en avtale med EU om Norges bidrag. Det forventes at Norges bidrag vil tilsvare et mål om 40 prosent utslippsreduksjon i 2030, sammenlignet med 2005, i ikke-kvotepliktig sektor. Ordningen åpner for bruk av fleksibilitetsmekanismer for å bedre kostnadseffektiviteten ved gjennomføring av tiltak. Det vil si at de nasjonale målene kan oppfylles på andre måter enn gjennom utslippsreducerende tiltak innenlands, blant annet ved å kjøpe utslippstillatelser i kvotemarkedet (Klima- og miljødepartementet, 2018b).

Basert på samme prinsipp kan en fleksibilitetsmekanisme som åpner for at mål i ikke-kvotepliktig sektor kan møtes ved å gjennomføre tiltak i kvotepliktig sektor, bidra til å øke kostnadseffektiviteten ytterligere. Dette bygger på at det kan finnes tiltak i kvotepliktig sektor som billigere å realisere enn tiltak i ikke-kvotepliktig sektor, samtidig som de er for dyre til å realiseres med dagens kvotepriser. For at en slik mekanisme skal bidra til faktiske utslippsreduksjoner forutsetter det at et gitt antall kvoter, tilsvarende utslippsreduksjonen knyttet til gjennomført tiltak, trekkes ut av kvotemarkedet.

Støtte til forskning, utvikling og demonstrasjon av klimateknologi

Kvotestystemet er et viktig verktøy i klimapolitikken, men det er ikke et tilstrekkelig virkemiddel for å utvikle klimateknologi som trengs for å nå de langsiktige klimamålene (Miljødirektoratet, 2017). Det gjelder særlig i industrien der det kreves lange utviklingsløp for å utvikle ny teknologi som kan bidra til større utslippsreduksjoner. Offentlig støtte til forskning, utvikling og demonstrasjon av teknologi som bidrar til en slik omlegging er derfor viktige virkemidler for å redusere markedssvikten knyttet til utvikling av klimateknologi. For å hente ut potensialet som ligger i utvikling av klimateknologi mener DNV GL at det er viktig med direkte støtte til enkelttiltak. Enova med sitt klima- og teknologiprogram, er i denne sammenheng et viktig virkemiddel.

Det er også viktig at både kunnskap som allerede finnes og som blir utviklet utnyttes og spres på en god måte. Et virkemiddel som kan bidra til spredning av kunnskap er etablering av kunnskapsprogrammer for industrien, hvor formålet er å øke kunnskapsoverføring mellom bedrifter.

Videreføring av støtte til og avgiftslette for nullutslippskjøretøy

Omstillingen av transportsektoren fra fossile til nullutslippsløsninger forventes å bli billigere på sikt ettersom batteriteknologien utvikler seg og markedene blir mer modne. For at den omstillingen som nå er i gang skal fortsette bør de relative fordelene nullutslippskjøretøy har opprettholdes. Ettersom andelen elektriske kjøretøy øker vil det være behov for å redusere avgiftsfritakene og fordelene denne type kjøretøy har. Dette trenger ikke nødvendigvis være til hinder for en rask omstilling i transportsektoren, så fremt en økt beskatning av nullutslippskjøretøy følges av en tilsvarende avgiftsøkning for fossilbiler, slik at det fremdeles lønner seg å velge nullutslippsløsninger.

I bygg og anleggsektoren og i landbruk benyttes en rekke maskiner som i dag går på fossilt drivstoff. Elektrifisering eller utvikling av alternativer basert på hydrogen er en mulighet. Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova har blant annet bidratt med støtte til utvikling av en utslippsfri gravemaskin gjennom Pilot-E programmet. Støtte til denne type tiltak og andre tiltak som legger til rette for å ta i bruk mer klimavennlige alternativer er et viktig virkemiddel for å legge til rette for en overgang til nullutslippsalternativer.

Støtte til etablering av infrastruktur for nullutslippskjøretøy

For å legge til rette for en storstilt omstilling i transportsektoren, både når det gjelder personbiler, større kjøretøy, ferger og etter hvert fly, er tilrettelegging av infrastruktur viktig. Dette gjelder både ladeinfrastruktur for elektriske kjøretøy og fyllestasjoner for hydrogen. Gjennom Enova er det i dag mulighet til å få støtte til etablering av infrastruktur for å lade kjøretøy, ferger, forsyne skip med strøm og til fyllestasjoner for hydrogen. Denne type støtteprogrammer bør videreføres og utvides innen nye segmenter ettersom de kommer til.

Transportfond for næringstransport

Transport i næringslivet er en nøkkelfaktor for å oppnå den ønskede omstillingen som er skissert i denne utredningen. For næringslivet er det viktig at konkurransevne opprettholdes ved en slik omstilling. NHO har pekt på opprettelsen av et CO₂-fond basert på en miljøavtale mellom norske næringslivsorganisasjoner og Klima- og miljødepartementet som et virkemiddel som kan bidra til dette. Thema har utarbeidet en rapport som ser på teknologiutvikling og insentiver for klimavennlig næringstransport – med CO₂-fond som virkemiddel (Thema, 2018). Rapporten viser til at et CO₂-fond kan bli et viktig supplement til de statlige ordningene som er rettet mot å fremme utvikling og utrulling av ny teknologi på transportområdet. Videre pekes det på at det er viktig at miljøavtalen som legges til grunn for et CO₂-fond utformes slik at det blir en god balanse mellom de forpliktelsene som fondet tar på seg og de fordelene som medlemskap innebærer for den enkelte bedrift og for næringslivet som helhet.

Miljøkrav i offentlige anbudsprosesser

For å fremme miljøvennlige alternativer ved innkjøp i offentlig sektor vedtok Stortinget i 2017 at oppdragsgiveren skal legge vekt på å minimere miljøbelastningen og fremme klimavennlige løsninger ved sine anskaffelser, jf. Forskrift om offentlige anskaffelser (anskaffelsesforskriften). Forskriften åpner for at miljø brukes som tildelingskriterium og anbefaler at miljø som hovedregel vektet med minimum 30 prosent. Så langt har det vist seg at miljø bare er blitt brukt som tildelingskriterium i en tredjedel av offentlige anskaffelser i transportsektoren og at det er store regionale forskjeller (Dahl, 2018). Et effektivt virkemiddel for å øke denne andelen er å stille krav om miljøvekting ved offentlige anskaffelser.

Favorisering av energivarer med lave utslipp gjennom skatter og avgifter

Elektrifisering av energibruk er en viktig driver for å redusere norske klimagassutslipp. For å gjøre det gunstig med elektrifisering bør strøm produsert fra fornybare energikilder favoriseres gjennom avgiftssystemet ved at fossile energivarer har en CO₂-avgift, mens elektrisitet kan ha lavere avgiftstrykk, for eksempel gjennom en reduksjon i elavgiften.

Sektorer som i dag slipper CO₂-avgift bør inkluderes i den norske avgiftsordningen for CO₂. Dette gjelder sektorer som landbruk og bygg- og anleggsektoren. Innføring av CO₂-avgifter også i disse sektorene er en effektiv måte å legge til rette for at de mest kostnadseffektive tiltakene for utslippsreduksjon gjennomføres.

1.4. Kostnader ved en raskere avkarbonisering av Norge

Å gjennomføre utslippskutt i tråd med målet i rapporten om 45 prosent utslippsreduksjon i 2030 vil kreve en rask omstilling i flere sektorer, og denne omstillingen vil være forbundet med kostnader. Hvor store kostnadene blir er imidlertid usikkert fordi beregningene hviler på mange usikre forutsetninger. En av disse forutsetningene er hva som legges til grunn av teknologisk utvikling.

For tiltak som involverer umoden teknologi eller der markedet er i ferd med å modnes vil det være stor forskjell på hva tiltakskostnaden beregnes til avhengig av når tiltaket gjennomføres. Et eksempel på det er kostnaden for elektrifisering i innenriks flytransport. Elektriske fly er i dag ikke kommersielt tilgjengelige, men kommer ifølge flyprodusenter på markedet på 2020-tallet. Hva kostnaden for å erstatte fossilfly med elektriske fly blir, er det vanskelig å estimere.

Ved kvantifisering av kostnadene for ulike tiltak har DNV GL i stor grad basert seg på Miljødirektoratets gjennomganger av tiltakskostnader i ulike sektorer (Miljødirektoratet, 2015 og 2018).

Tiltakskostnad for etablering av kraft fra land til olje- og gassfelt er basert på kostnader fra Oljedirektoratet (Oljedirektoratet, 2010). Oljedirektoratet understreker at størrelsene på tiltakskostnadene er svært usikre som følge av at det er store forskjeller mellom felt. Det kreves dermed en grundig teknisk beregning for hvert felt for å finne en mer presis tiltakskostnad.

Oljedirektoratets analyser viser at det ved etablering av kraft fra land til olje- og gassfelt er mulig å redusere utslippene med 3-4 mTonn CO_{2e} for kostnader opptil 3800 kr/tonn. Veksten i kraftforsyning fra fastlandet i denne rapporten er basert på NVEs analyser, hvor kjente elektrifiseringsprosjekter er lagt til grunn. I Oljedirektoratets analyse er ikke kostnaden ved enkeltprosjekter vist, og siden kostnadsgjennomgangen er fra 2010 har forutsetningene for regnestykkene endret seg. Kostnaden ved å øke bruken av kraftforsyning fra fastlandet slik denne rapporten viser, er derfor usikker.

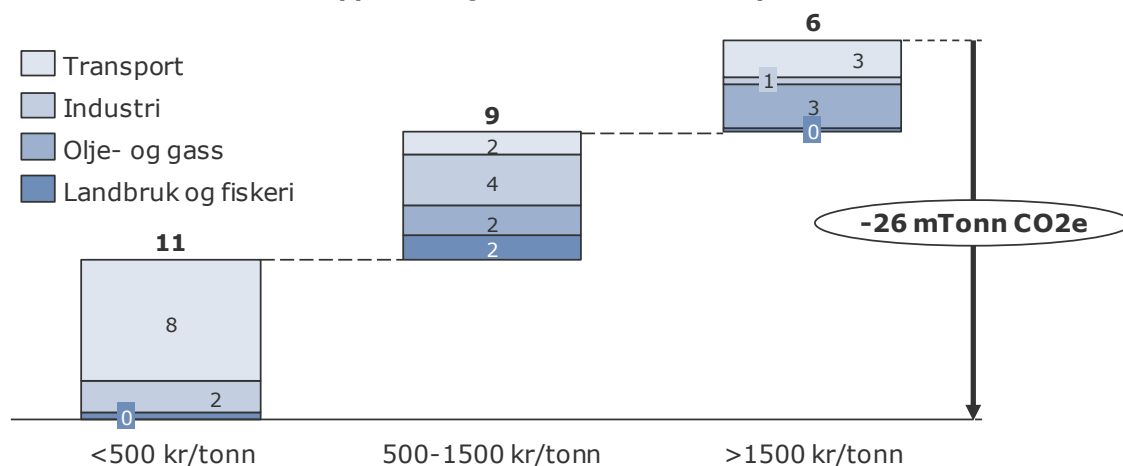
I utviklingsbanen i rapporten er det fram mot 2040 antatt at det vil etableres 5 TWh flytende vindkraft i forbindelse med offshore installasjoner. Antakelsen er basert på at CO₂-utslipp vil bli dyrere i fremtiden og at det vil koste mindre å bygge offshore vindkraft. Til sammen trekker dette i retning av at vindkraft ved plattform kan bli aktuelle løsninger for flere felt på 10-15 års sikt. Hva tiltakskostnaden for flytende vindkraft vil være framover er usikkert grunnet den raske teknologiske utviklingen.

For transportsektoren er det i denne rapporten lagt til grunn at alle tiltak som er kvantifisert av Miljødirektoratet i oppfølgingen av målene i Nasjonal transportplan, gjennomføres. Videre antas det i denne rapporten at endringene skjer raskere enn antatt av myndighetene, slik at utslippene går mer ned mot 2030 enn det som er tilfellet i Nasjonal transportplan. I tillegg er det lagt til grunn i framskrivningene at Avinors ambisjon om fullelektrisk innenriks lufttransport innen 2040 vil realiseres.

Sammenstilling av tiltakskostnader i utviklingsbanen mot 2040

Tiltakene som er inkludert i utviklingsbanen skissert i denne rapporten innebærer en reduksjon i norske klimagassutslipp på 30 mTonn CO₂e i 2040, sammenlignet med 2010. Den største andelen utslippsreduksjoner kan gjennomføres til kostnader under 500 kr/tonn. En viktig grunn til det er DNV GLs forventning om at elbiler er billigere å produsere enn fossilbiler tidlig på 2020-tallet (DNV GL, 2018). Det plasserer elektrifisering av persontransport i den billigste kategorien.

Tiltakskostnader for utslippsreduksjoner inkludert i analysen



Figur 1-7: Kostnader for utslippsreduksjoner som ligger til grunn for DNV GLs fremskriving. Kilder: Miljødirektoratet/DNV GL

Prisen på CO₂-kvoter har i 2018 vært 100-200 kroner/tonn. I Norge er det i tillegg en CO₂-avgift som er forskjellig for ulike sektorer, men innenriks kvotepliktig flytransport har de høyeste CO₂-kostnadene. Der koster utslipp av ett tonn CO₂ i overkant av 700 kroner/tonn.

Figur 1-7 viser at kostnadene for å redusere klimagassutslipp i Norge er høyere enn prisene på CO₂-kvoter i EUs kvotesystem, og den norske kvoteavgiften. Det vil si at det er mer kostnadseffektivt innen ikke-kvotepliktig sektor å redusere utslipp gjennom kjøpt av kvoter enn gjennom lokale tiltak. Nasjonale utslippsreduksjoner vil sannsynligvis kreve økt CO₂-avgift eller andre målrettede tiltak.



2. TRANSPORT

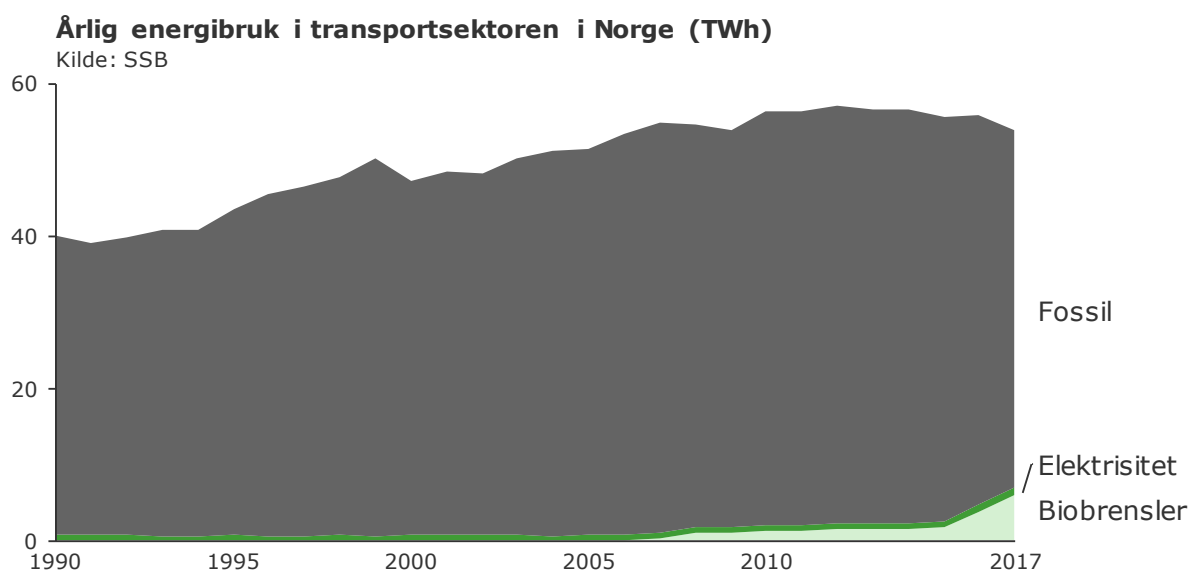
2.1. Energibruk i transportsektoren og muligheter til energiomstilling

I Norge var energibruken til transport 54 TWh i 2017. Det meste av energibruken er knyttet til veitransport, og 90 prosent kommer fra fossile kilder. Det gjør at transportsektoren har 30 prosent av Norges klimagassutslipp.

I Granavolden-plattformen slår Regjeringen fast at den vil jobbe for rask omstilling av transportsektoren i Norge. Måltallene fra Nasjonal transportplan 2018-2029 ligger til grunn for Regjeringens arbeid, noe som innebærer «at alle nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy og alle nye bybusser skal være nullutslippskjøretøy eller bruke biogass i 2025. Videre at innen 2030 skal alle nye tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser og 50 prosent av nye lastebiler være nullutslippskjøretøy samt at varedistribusjon i de største bysentra skal tilnærmet være nullutslipp» (Regjeringen, 2019).

Denne analysen viser at det frem mot 2040 er mulig å fjerne nesten alle klimagassutslipp fra transportsektoren i Norge. Det forutsetter en videreføring av dagens politikk for å fremme nullutslippskjøretøy, rask omstilling innen de ulike transportsegmentene og en modning av markedene for nullutslippsteknologi rettet mot transportsektoren.

Energibruk i transportsektoren omfatter i denne analysen innenlandsk vei-, sjø-, luft- og banetransport. Transport med avgang eller ankomst i andre land enn Norge er ikke med i studien. Det innebærer at flyreiser og sjøfart til og fra utlandet ikke inngår i analysen. Dette er i henhold til rapportering av nasjonale utslippstall.



Figur 2-1: Historisk energibruk til transportformål i Norge. Kilde: SSB

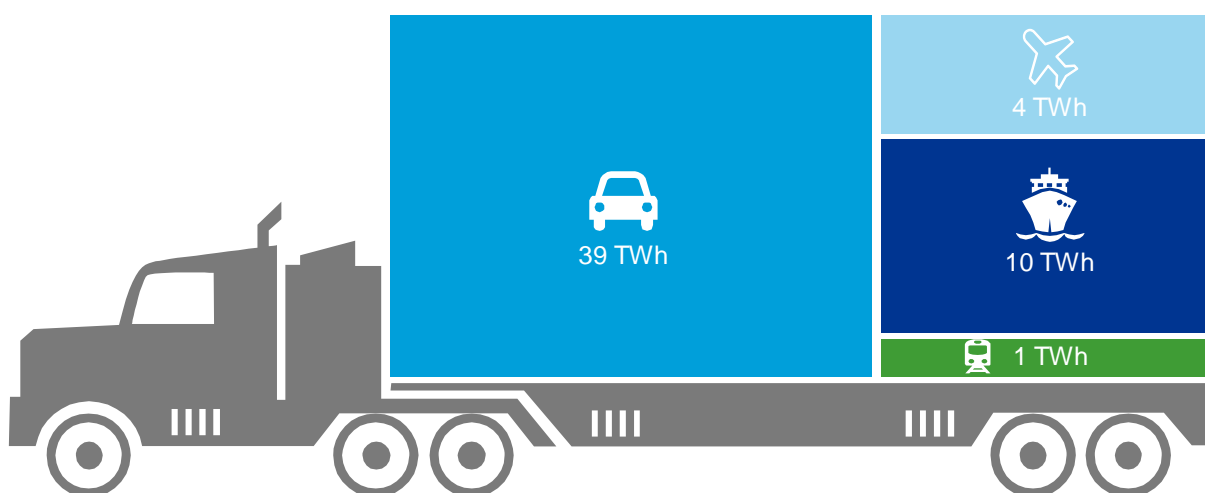
Transportsektoren har tradisjonelt vært avhengig av fossile energikilder. Fra 1990 til 2012 var trenden at energibruk til transport økte for hvert år. Dette skjedde samtidig som motorer ble mer og mer effektive, men økt transportaktivitet og større motorer ga netto vekst i energibruken.

Siden 2012 har veksten i årlig energibruk til transport flatet ut, og i 2017 gikk energibruken ned med 2 TWh (4 prosent) sammenliknet med året før. Elektrifisering av persontransport bidrar til denne

nedgangen. Elektriske kjøretøy er mer energieffektive enn forbrenningsmotorer, noe som gjør at samlet energibruk går ned når elbiler erstatter fossilbiler.

I tillegg til at elektrifisering bidrar til lavere energibruk, har krav om at biodrivstoff skal blandes inn i fossilt drivstoff gitt en betydelig økning i bruk av biobrensler siden 2015. I 2017 ble det brukt 6 TWh biodrivstoff i transportsektoren, mens forbruket i 2015 var under en tredjedel av dette.

Elektrifisering og økt bruk av biodrivstoff har bidratt til at klimagassutslippene fra transportsektoren går ned. Bare fra 2016 til 2017 gikk utslippene ned med 1,2 mTonn CO₂e (8 prosent), men utslipp fra transport utgjør fremdeles 30 prosent av norske klimagassutslipp. Figuren under viser sammensetningen av energibruk i ulike transportsegmenter i 2017



Figur 2-2: Sammensetting av energibruk i vei- luft- sjø og skinnegående transport i 2017. Kilde: SSB

Av den samlede energibruken til transport på 54 TWh gikk 70 prosent til veitransport. Den resterende energibruken fordeler seg på sjøtransport (20 prosent), lufttransport (>10 prosent) og noe til skinnegående transport.


Innen skinnegående transport er det meste av energibruken elektrifiserte jernbanestrekker, trikker og t-bane, men i de resterende sektorene er energibruken dominert av fossile brensler.

Aktuelle nullutslippsløsninger for transportsegmentene

I alle transportsegmenter er det tre nullutslippsløsninger som fremstår som mest aktuelle for omstilling av sektoren:

- Innblanding av biodrivstoff for drift av tradisjonelle forbrenningsmotorer
- Batterielektriske kjøretøy
- Hydrogendrevne kjøretøy

Biodrivstoff har en fordel ved at det kan blandes inn i fossilt drivstoff og dermed gi utslippsreduksjon uten at forbrenningsmotorer er erstattet med nullutslippsløsninger. Ulempen er at bærekraftig biodrivstoff er en knapp ressurs og dyrere enn fossile brensler. Bruken av biodrivstoff som oppfyller kriterier for bærekraft, bør derfor avgrenses til sektorer hvor alternative nullutslippsløsninger er mindre tilgjengelig. Eksempler på slik bruk er tungtransport, luftfart og sjøtransport. I områder hvor lokal



forurensing (NOx-utslipp) er et problem har tradisjonell biodiesel også en utfordring ved at det slipper ut NOx, men dette kan renses.

Batterielektrisk drift er egnet for mindre kjøretøy og for større fremkomstmidler med forutsigbart bruksmønster og mulighet for hyppige ladestopp for eksempel bybusser og ferger. For tyngre kjøretøy, som semitrailere, går tunge batterier og stort ladebehov på bekostning av effektiviteten i driften, og er derfor ansett som mindre aktuelt.

Hydrogenbasert drift er mest aktuelt for tyngre kjøretøy innen veitransport, jernbane og enkelte skipstyper innen sjøtransport. Hydrogen kan også være en konkurrent til biodrivstoff på mellomdistanseflyvninger. Ulempen med hydrogen er lav energitetthet sammenliknet med fossile brensler. Det gjør at hydrogen er lite egnet som drivstoff på store skip fordi drivstofflagrene vil bli for store på lengre seilaser.

Veitransport: Batterielektrisk for mindre kjøretøy og korte bussruter

Batterielektriske personbiler utgjorde 35 prosent av nybilsalget i Norge i 2018 (OFV, 2019). Dette til tross for at markedet for elbiler fremdeles er umodent ved at modellutvalget er begrenset og flere bilprodusenter har lange ventelister.

Utviklingen er drevet frem av kjøps- og bruksfordeler for elbiler gjennom avgiftspolitikken, samtidig som infrastrukturen for lading blir stadig bedre utbygd og standarden på elbiler er blitt så høy at de for de fleste er fullgode alternativer til fossildrevne biler.

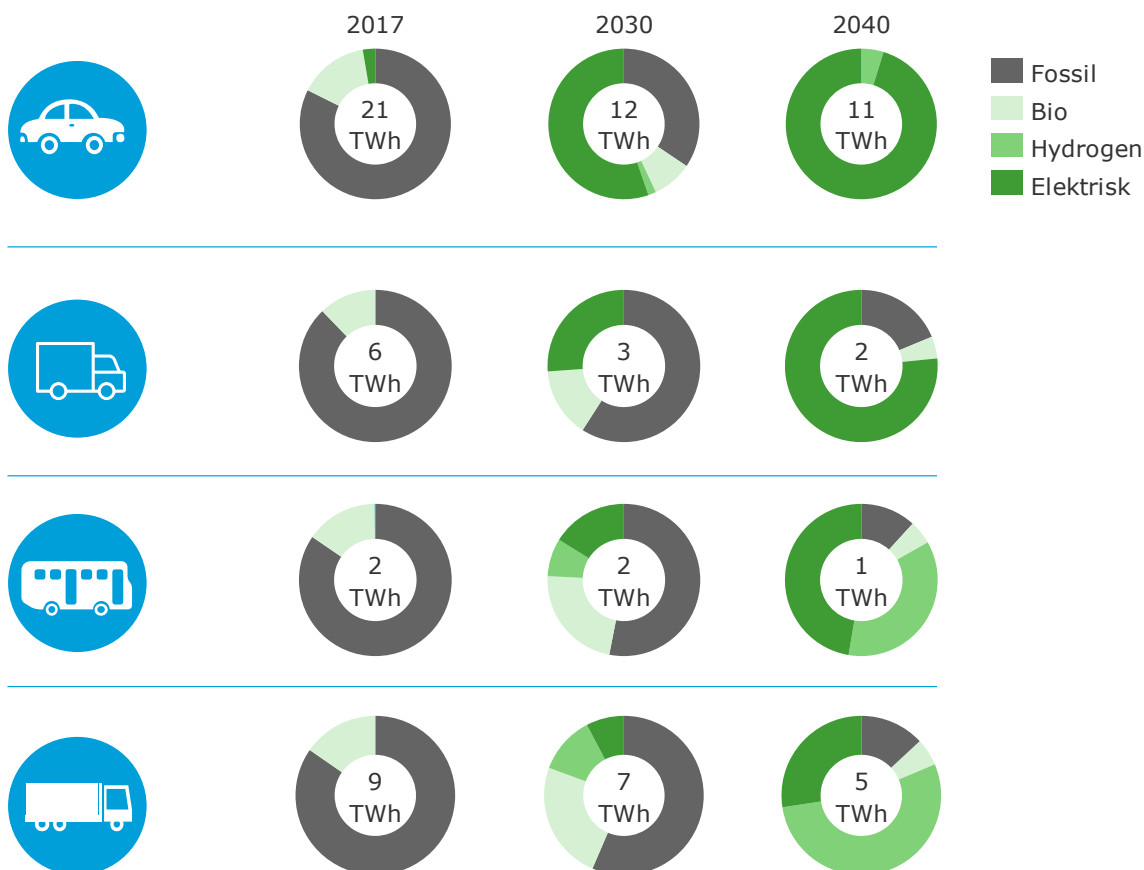
Populariteten til elektriske personbiler viser at elektrifisering av veitransport er mulig, og andre transportsegmenter har begynt å følge etter. Per 2018 er det kun noen få elektrisk drevne busser i Norge, men i løpet av få år vil flere byruter være elektrifisert. I Oslo anskaffer Ruter 70 busser i 2019, og Bergen, Drammen, Stavanger og Trondheim har liknende planer. Slike bussruter er egnet for elektrifisering fordi kjøremønsteret er forutsigbart og det derfor er enklere å bygge ut infrastruktur for lading enn for charterbusser eller langdistanseruter.

Også lette varebiler er egnet for batterielektrisk drift. Markedet her er mindre modent enn for personbiler, men salgstallene for 2018 viser at det kjøpes flere batterielektriske varebiler enn året før. Til tross for en dobling av antall solgte elektriske varebiler fra november 2017 til november 2018, sto disse kun for 5 prosent av nysalget.

Tyngre lastebiler og langdistansebusser er mindre egnet for batterielektrisk drift. For å unngå hyppige ladestopp må disse kjøretøyene ha store batterier, noe som går på bekostning av lastekapasiteten eller hvor raskt kjøretøyene kommer frem til ankomststedet. Hydrogen er derfor mer aktuelt for disse kjøretøytypene. I markedet for store lastebiler er det flere aktører som konkurrerer om markedsandeler. Blant de mest kjente er Nikola, som Tine og Posten har bestilt modeller fra. I tillegg har Asko to hydrogenlastebiler fra Scania. Hyundai satser også på hydrogenlastebiler og skal levere 1000 av disse til Sveits de neste fem årene.

Mulig energiomstilling innen veitransport

I fremskrivningen av energibruk i veitransport til 2040 har DNV GL lagt til grunn en rask omstillingstakt fra fossildominans til overvekt av strøm- og hydrogendrevne kjøretøy. Underveis i omstillingen øker innblanding av biodrivstoff slik at fossilbruken går raskt ned mot 2030. Etter 2030 er andelen batterielektriske og hydrogendrevne kjøretøy så stor at både fossil- og biobruk går ned fram mot 2040.




Figur 2-3: Oversikt over energibruk i for personbiler, lette varebiler, busser og tungtransport.

Innen personbilsegmentet legges det til grunn at det fra 2025 kun selges batterielektriske biler og at utskiftingstakten for personbiler er høyere på 2020-tallet enn den har vært historisk. Med disse antakelsene utgjør nullutslippskjøretøy 40 prosent av bilparken i 2025 og 75 prosent i 2030.

Antakelsene er basert på at batterikostnadene reduseres og økt konkurranse i elbilmarkedet vil gi billigere biler. Etersom personbilmarkedet er sterkt preget av rasjonelle valg (TØI, 2018) og elbiler forventes å bli billigere i både innkjøp og bruk enn fossilbiler, er det forventet en rask omstillingstakt i dette segmentet. Andre forhold som bygger opp under dette er at markeder i endring gjerne følger en S-formet utvikling, der veksten er sterkest når majoriteten av potensielle brukere tar teknologien i bruk. I fremskrivningene er det antatt at elbilmarkedet vil følge en slik trend og at veksten vil være sterkest fra begynnelsen av 2020-tallet til 2030. I tillegg kan økt bruk av bildelingstjenester gjøre elbiler tilgjengelig for husholdninger uten lademulighet i eget hjem, samtidig som profesjonelle aktører styrer kjøretøyflåtene med høyere utskiftingstakt enn privatpersoner.

Lette varebiler antas å følge samme utvikling som personbilsegmentet, men veksten kommer senere. I 2030 er andelen elektriske lette varebiler 65 prosent i analysen og innen 2040 har andelen gått opp til 95 prosent.

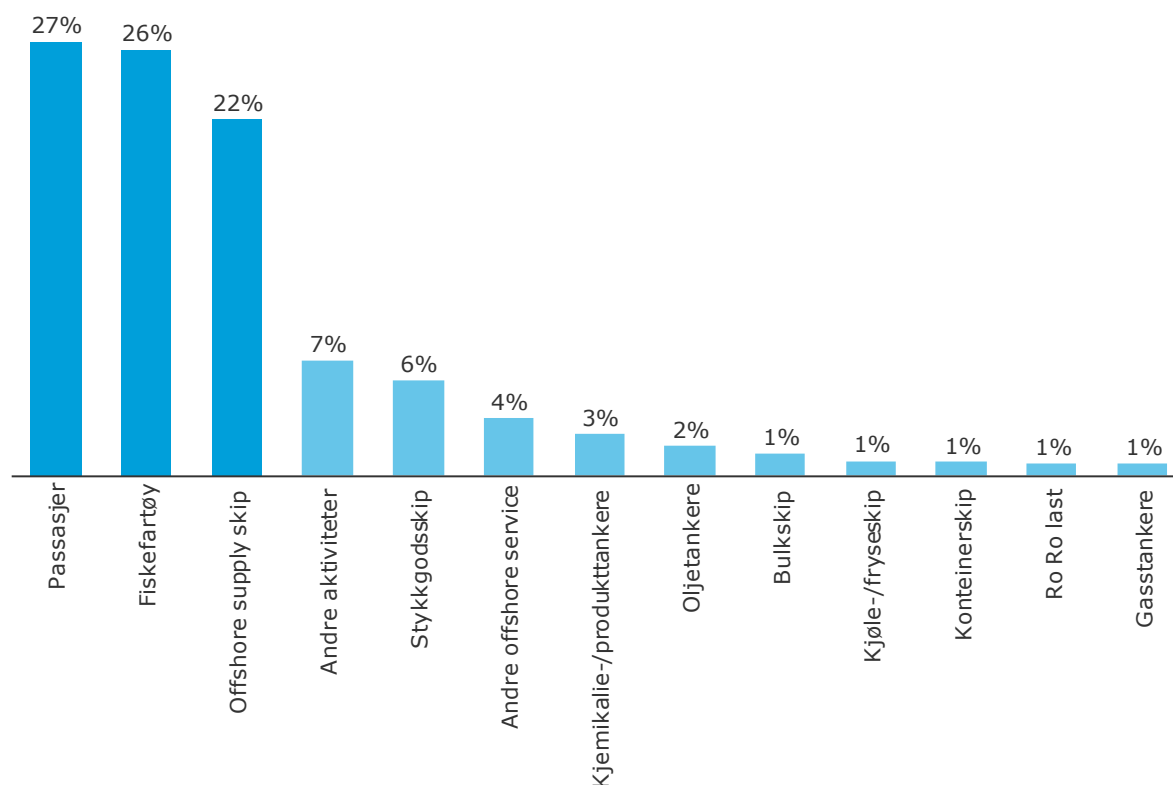


Busser eies i hovedsak av profesjonelle aktører som ønsker effektive flåter. Siden busser gjerne kjører langt per år, har driftskostnader relativt mer å si for de totale kostnader enn for eksempel i personbilsegmentet. Både hydrogen- og batterielektriske busser kommer godt ut på driftskostnader, og dersom investeringskostnaden går ned vil nullutslippsteknologiene konkurrere med fossildrevne busser. Med bakgrunn i dette resonnementet er det i utviklingsbanen lagt til grunn en betydelig vekst i antall nullutslippsbusser mot 2030, hvor andelen antas å være 50 prosent. Denne utviklingen er i tråd med for eksempel Ruters ambisjoner om utslippsfri kollektivtrafikk i Oslo innen 2028 (RUTER, 2018), som innebærer utskifting av Ruters 1150 busser. Mot 2040 legger DNV GL grunn at utviklingen fortsetter og at 95 prosent av bussene er utslippsfrie.

Tungtransport er, som nevnt, mer utfordrende å elektrifisere. Samtidig kan batterielektriske lastebiler være aktuelle løsninger for de mindre lastebiltypene, som trafikkerer faste ruter. For større lastebiler antar DNV GL at en stor andel vil gå på hydrogen, men ikke alle. Gjenværende fossildrevne lastebiler i Norge kan trafikkere ruter som er mindre egnet for hydrogen, eller være utenlandske kjøretøy som transporterer varer til eller fra Norge. I 2030 er andelen nullutslippskjøretøy 35 prosent i analysen, og i 2040 er den 90 prosent. I overkant av halvparten av disse er hydrogenlastebiler.

Sjøtransport

Passasjerskip, offshore supplyskip og fiskefartøy står for om lag 75 prosent av energibruken i innenriks sjøtransport (DNV GL, 2014). Energiforbruket blir i hovedsak dekket av ulike former for marin diesel, men bruk av batterier for elektrisk framdrift eller for effektivisering av energibruken har økt betydelig de siste årene. Fordi skip har lang levetid, opp mot 40 år, og ombygging av gamle skip ofte ikke er lønnsomt, er det en betydelig treghet i utskiftingstakten innen sjøtransport. Energiforbruket i innenriks sjøtransport var til sammen 10 TWh i 2017 (DNV GL, 2015).



Figur 2-4: Energiforbruket i innenriks sjøtransport var i 2017 til sammen 10 TWh. Passasjerskip, fiskefartøy og offshore supplyskip stod i 2013 for 75 prosent av energiforbruket. Kilde: (DNV GL, 2014)

I tillegg til elektrifisering, hydrogen og biodrivstoff kan metanol og ammoniakk representere mulige fossilfrie energibærere innen sjøtransport. Elektrifisering og hydrogendrift er egnet for mindre og mellomstore fartøyer, mens biodiesel og metanol er egnet for alle fartøystyper. Innblanding av førstegenerasjons biodiesel i marin diesel kan gjøres opp til 20 prosent uten behov for ombygging av eksisterende fartøyer, mens med avansert biodiesel kan fartøyer gå utelukkende på fossilfritt drivstoff. I tillegg kan biogass blandes inn i LNG. Hybridelektriske løsninger, med eller uten lademulighet, er mulig å ta i bruk på alle skipstyper.



Figur 2-5: Bruksmønster for fartøystypene som utgjør 75 prosent av energibruken i innenriks sjøfart. Kilde: Kystverket.

Passasjerferger er egnet for fullelektrisk drift på kortere fergestrekker med lademuligheter ved kaier fordi bruksmønsteret er forutsigbart, som kartet i Figur 2-5 viser. På lengre strekker anses hydrogen mer aktuelt. Et eksempel på det er Kystruten Bergen-Kirkenes, som kunne tenkes å driftes med hydrogen, gitt at bunkringsinfrastruktur for drivstoffet var tilgjengelig flere steder langs ruten. DNV GL har beregnet hydrogenbehovet for det strekket til 24 000 tonn hydrogen per år.

Som vist i Figur 2-5 er en del fiskefartøy havgående, mens andre opererer mer kystnært. Siden de som regel ikke opererer etter faste ruter er fullelektrisk drivlinje lite egnet. Hybridelektriske løsninger kan derimot være egnet. Som alternativ til marin diesel kan hydrogen brukes som drivstoff i de fleste fiskefartøy, forutsatt at de opererer kystnært nok til å kunne bunkre tilstrekkelig for å dekke energibehovet. Unntaket er de aller største, men disse utgjorde kun 2 prosent av fiskeflåten i 2017.

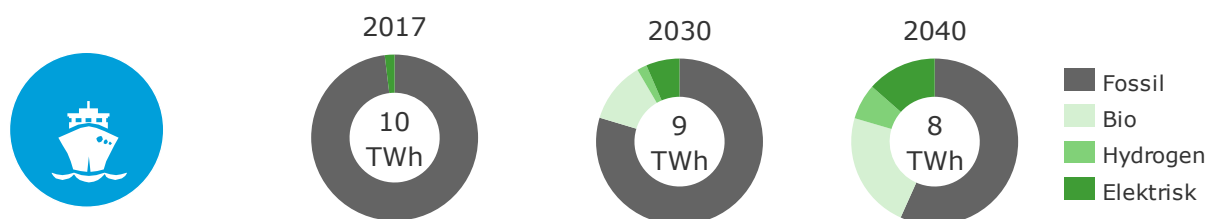
Offshore supplyskip kan ha et forutsigbart bruksmønster, men avstandene mellom fastland og plattformer er så store at fullelektrisk drift er lite egnet. I dag drives fartøyene med marin diesel og med noe bruk av batterier for elektrisk fremdrift. Alternativer til dette kan, som for fiskefartøy, være hydrogen.

Mulig energiomstilling innen sjøtransport

Sektoren blir i stor grad drevet av internasjonal regulering, men også norske reguleringer påvirker energibruken i næringen. Regjeringen vedtok i godkjenningen av Nasjonal transportplan 2018-2029 en ambisjon om at innen 2030 skal 40 prosent av alle skip i nærskipsfart bruke biodrivstoff eller være lav- og nullutslippsfartøy. Et steg på veien mot å nå denne ambisjonen har vært idriftsettelse av fullelektriske ferger. Den første fullelektriske ferger i Norge ble satt i drift i 2015 og innen utgangen av 2020 vil ytterligere 60 elektriske ferger være på plass. Innen passasjersegmentet er utviklingen i hovedsak drevet av myndighetskrav i forbindelse med innkjøp, mens innen offshore fartøy og for fiskefartøy er det energioptimering som er driveren.

I forbindelse med «Klimastrategi for 2030» vedtok Stortinget våren 2018 at det skal implementeres krav og regulering om nullutslipp fra turistskip- og ferger i verdensarvfjordene så snart det er teknisk gjennomførbart, og senest innen 2026 (Meld. St. 41 (2016-2017), *Vedtak 672*). Bergen kommune har et mål om at alle skip skal tilbys landstrøm innen 2020, mens Oslo kommune har mål om å kutte 85 prosent av utslippene i havnen innen 2030 og på sikt bli helt utslippsfri.

I fremskrivingen av energibruk innen sjøtransport forventes det mot 2030 og 2040 en gradvis økning av fullelektriske ferger, mer bruk av hydrogen og innblanding av biodrivstoff i marin diesel.



Figur 2-6: Oversikt over energibruk i innenriks sjøtransport.

Det forventes at alle egnede fergestrekker på sikt blir fullelektrisk eller hydrogenbasert, men det er usikkert når endringen kommer. I tillegg forutsettes det at hydrogendrift testes på fiske- og offshore supplybåter. I denne analysen er det derfor antatt en gradvis økning i bruk av nullutslippsløsninger mot 2040.

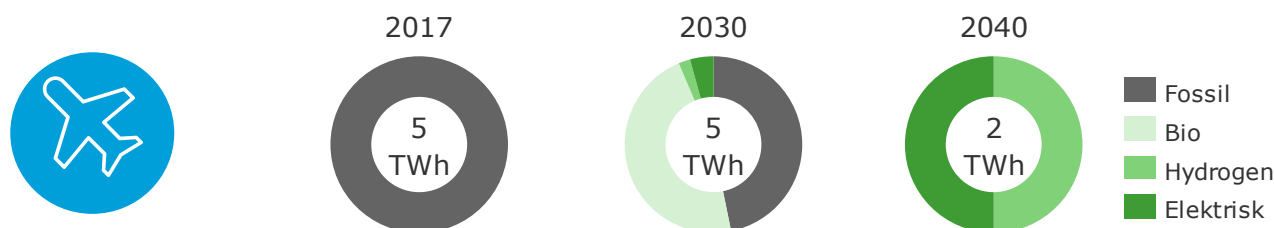
Den største endringen i energibruk i sjøtransport er økt bruk av biodrivstoff mot 2040. Fordi skip ofte har lange levetider tar omstilling i maritim sektor lang tid. I tillegg er null- og lavutslippsteknologi lite utprøvd på de fleste fartøystyper, noe som bidrar til at det kan tid før hydrogen-, metanol eller ammoniakkdrevne skip settes i drift. Økt bruk av biodrivstoff er derfor den mest nærliggende løsningen for å redusere klimagassutslipp fra innenriks sjøtransport.

Samlet gir disse forutsetningene en vridning fra nær 100 prosent bruk av fossile brenslere innen sjøtransport i 2017 til 20-25 prosent fornybar energi i 2030 og 45 prosent i 2040.

Lufttransport

Energibehovet innen luftfart blir i all hovedsak dekket gjennom jett diesel og jetparafin i dag. Konkurransforholdet mellom ulike miljøvennlige drivstoff er svært usikkert på grunn av teknologimodenheten, men på kort sikt virker innblanding av bærekraftig biodiesel som den mest aktuelle løsningen. I Nasjonal transportplan 2018-2029 er målsetningen at innenlands luftfart skal ha et omsetningskrav på 1 prosent bærekraftig biodrivstoff i luftfart fra 2019, med mål om 30 prosent i 2030.

På lengre sikt kan elektriske løsninger bli mer aktuelle for innenriks luftfart. Avinor har en uttalt visjon om at «all innenriks luftfart i Norge skal være elektrifisert innen 2040» (Avinor, 2018). Dette innebærer at både flyvninger på kortbanenettet og langbanenettet blir hybrid, batteri- eller hydrogenelektriske innen 2040. Foreløpig finnes ikke rutefly med elektrisk fremdrift, men de største flyprodusentene tester ulike løsninger. Det mest kjente konseptet er muligens Zunum Aero som i samarbeid med Boeing, har planer om å ta i bruk et hybridelektrisk passasjerfly med 12 sitteplasser og over 1000 km rekkevidde i 2022. Avinor legger i sine vurderinger til grunn at fullelektriske fly er i kommersiell drift innen 2025.



Figur 2-7: Oversikt over energibruk i lufttransport.

I fremskrivingen av energibruk i luftfart er det antatt en betydelig økning i innblanding av biodrivstoff frem til 2030. Noen elektriske fly er satt i drift i kortbanenettet, de fleste av disse med batterielektrisk drift.

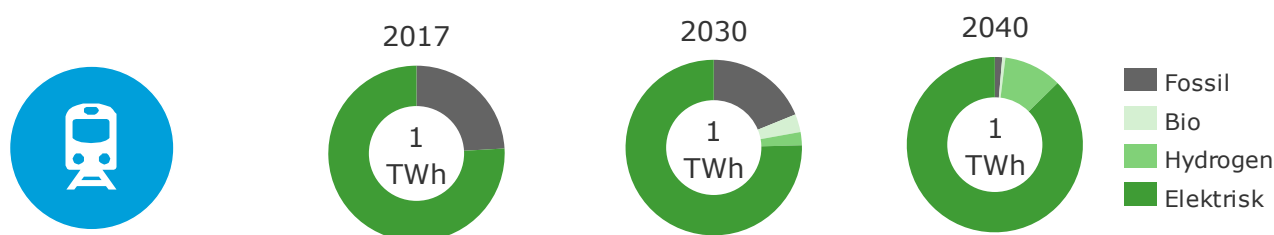
Etter 2030 antas det at alle konvensjonelle fly som trafikkerer innenriksruter i Norge, erstattes med hydrogen- eller batterielektriske fly. Det er knyttet stor usikkerhet til denne antagelsen.

Skinnegående transport

Halvparten av jernbanestrekningene i Norge er elektrifisert ved hjelp av kontaktledning. Likevel er det meste av energibruken strømbasert fordi den største andelen av skinnegående transportarbeid foregår på de elektrifiserte strekningene.

Mulige fossilfrie løsninger for de seks gjenværende ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene ¹ er kontaktledning, batteridrift, hydrogen eller bioenergi.

Kontaktledning er ansett som en dyr og lite aktuell løsning for de jernbanestrekningene som ikke allerede er elektrisert, men vurderes likevel for Trønder- og Meråkerbanen. En kostnadsgjennomgang for ulike løsninger som Sintef foretok i 2016 viser at hydrogen- og batterielektriske løsninger kommer best ut (Sintef, 2016).



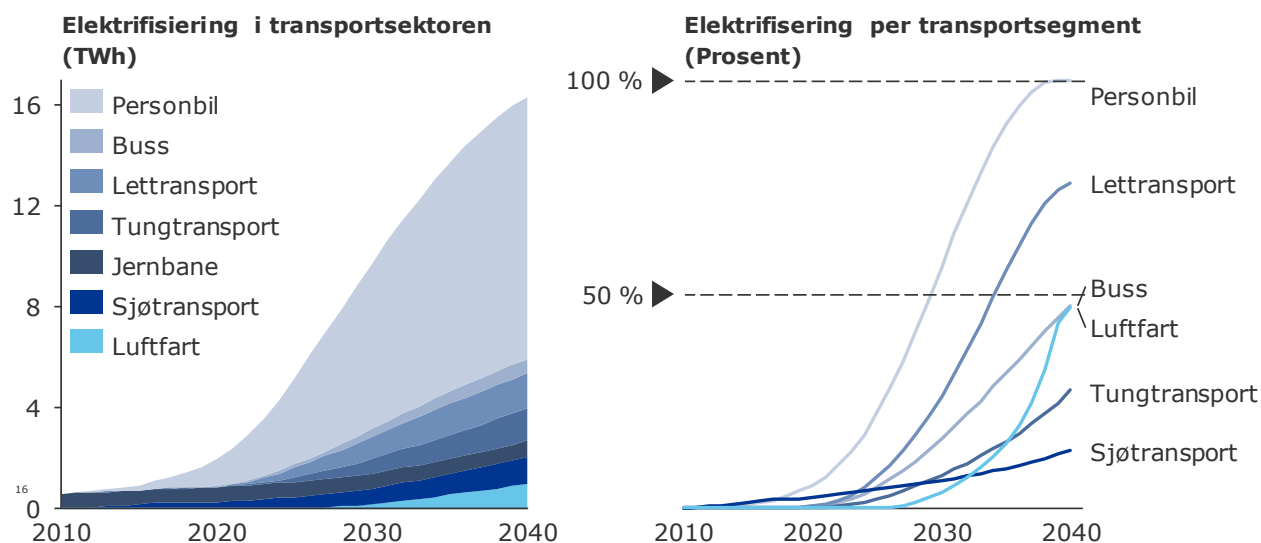
Figur 2-8: Oversikt over energibruk i skinnegående transport.

For de gjenværende ikke-elektrifiserte strekningene er det i utviklingsbanen lagt til grunn en gradvis overgang til hydrogenbasert drift. Sammenliknet med batterielektrisitet kan hydrogen være mer egnet fordi batterier per i dag må være veldig tunge for å kunne forsyne lokomotiver med strøm over lengre strekninger. I Norge har Stortinget vedtatt en anmodning til regjeringen om å vurdere oppstart av forsøk med hydrogentog (Stortinget, 2018).

¹ Solørbanen, Meråkerbanen, Trønderbanen, Nordlandsbanen, Rørosbanen og Raumabanen

2.2. Kvantifiserte energiomstillings- og miljøtiltak

Hoveddriveren bak økt kraftetterspørsel fra transportsektoren er elektrifisering av personbiler. I framskrivningene er persontrafikken helelektrifisert innen 2040, noe som gir et kraftforbruk på i overkant av 10 TWh. Det representerer en betydelig energieffektivisering sammenliknet med dagens forbruk av fossil energi på i overkant av 20 TWh. Samlet øker strømbruken til veitransport med 13 TWh fra 2017 til 2040 i framskrivningene i denne rapporten. Figuren under viser utviklingen i elektrifisering i transportsektoren fram mot 2040.



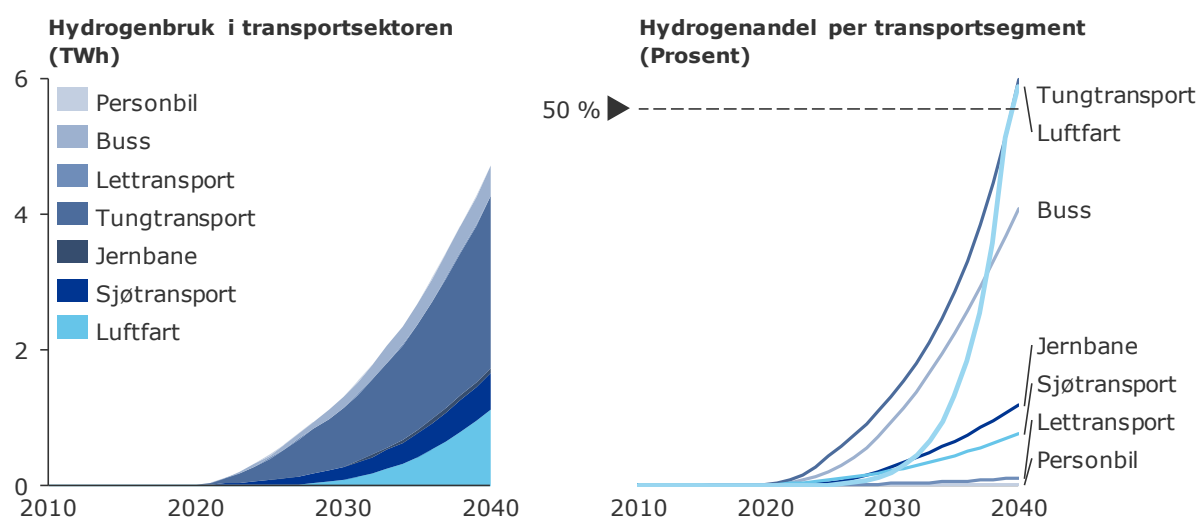
Figur 2-9: Fremskrivningene i rapporten innebærer en økning i kraftbehov for transportsektoren på 15 TWh fra 2017 til 2040.

Forutsetningene om elektrifisert lufttransport i Norge innen 2040 gir en rask stigning i kraftforbruket på 2030-tallet. Samtidig utgjør energibruken til innenriks lufttransport en liten andel av total energibruk i transportsektoren. Det gjør at lufttransport bidrar med en økning i samlet kraftetterspørsel i Norge på rundt 1 TWh.

Innen sjøtransport gir elektrifisering av ferger økt kraftetterspørsel. DNV GL har estimert forbruket til 1 TWh i 2040.

Hydrogenbruken øker med 5 TWh

Hydrogen er et viktig supplement til elektrifisering for transportsegmentene hvor batterier blir for store og tunge til at det er hensiktsmessig med batterielektrisk drivlinje. Eksempler på denne type kjøretøy er tungtransport, busser, mellomstore skip og fly som trafikkerer lengre strekninger. Figuren under viser utviklingen i hydrogenbruk i transportsektoren som er lagt til grunn i framskrivningene i denne rapporten.



Figur 2-10: DNV GL legger til grunn en økning i hydrogenbruken for transportsektoren på 5 TWh fra 2017 til 2040.

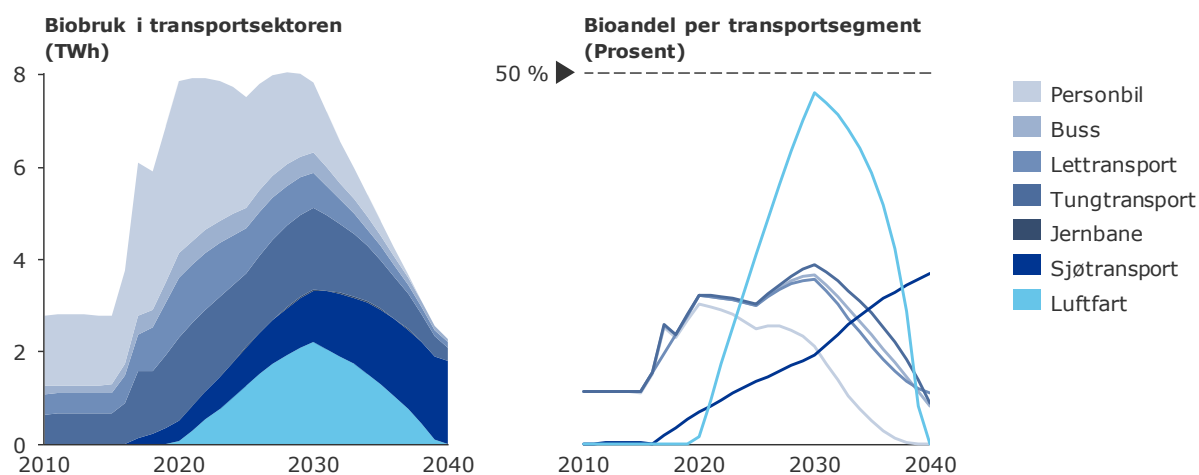
Hydrogenandelen av samlet energibruk øker mest innen tungtransport og luftfart, men fordi det brukes mer energi til tungtransport enn innenriks luftfart blir etterspørselen etter hydrogen også høyere innen tungtransport i 2040.

Samlet hydrogenbruk til transport er i utviklingsbanen 5 TWh i 2040, halvparten av dette går til tungtransport og 25 prosent til luftfart. Antakelsene om hydrogenbruk innen sjøtransport kan synes noe konservative sammenliknet med andre transportsegmenter. Bakgrunnen for det er at trailere har kortere levetid enn skip, noe som bidrar til raskere endring i det segmentet. Innen luftfart er det en stor andel gamle fly som trafikkerer norsk luftrom, omstillingen til lavutslippsteknologi kan derfor gå raskt dersom hydrogen- eller batterielektriske fly blir kommersielt tilgjengelig.

Biodrivstoff øker først, men blir utkonkurrert av andre løsninger

Biodrivstoff har to viktige funksjoner i overgang til en transportsektor med lave klimagassutslipp: Først i forbindelse med innblanding i konvensjonelt fossilt drivstoff, deretter som løsning for de delene av transportsektoren hvor batterielektriske eller hydrogenbaserte løsninger er mer umodne eller mindre egnede.

Innblanding av biodrivstoff i bensin og diesel har ført til økt bruk i Norge siden 2015. I fremskrivingene av transportsektoren antar DNV GL en fortsatt økning til 2020, utflating på 2020-tallet og deretter en reduksjon på 2030-tallet.



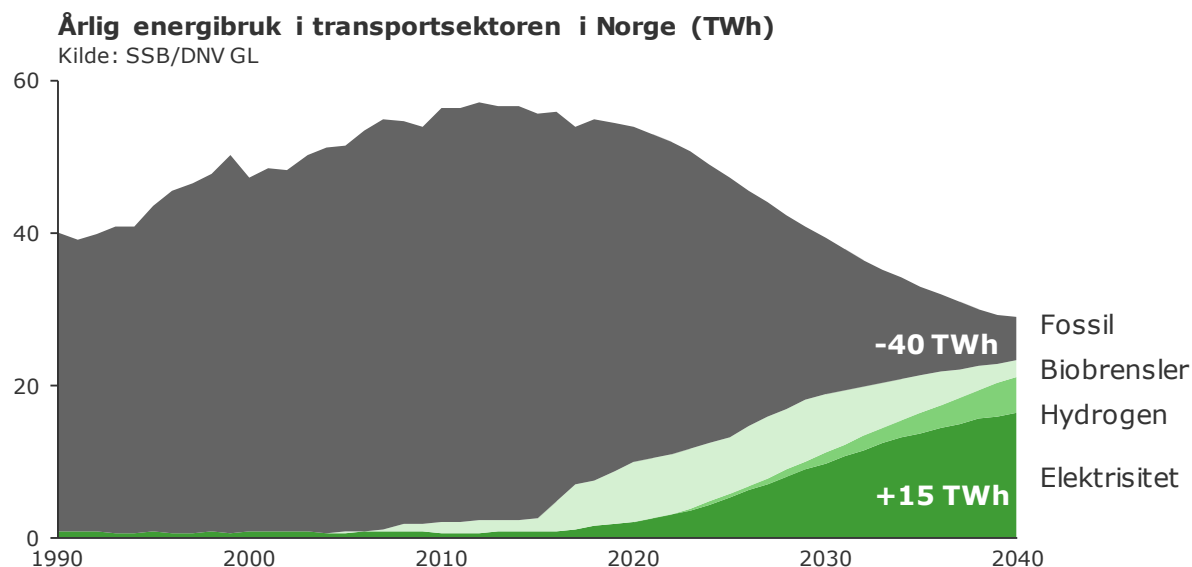
Figur 2-11: Bruk av biodrivstoff i transportsektoren (venstre) og andel biodrivstoff i ulike transportsegmenter (høyre).

I fremskrivningene øker bruken av biodrivstoff samlet sett mot 2020, før den flater ut og utkonkurreres av elektrisitet og hydrogen etter 2030 (Figur 2-11). I veitransport er det lagt til grunn en innblanding av biodrivstoff i bensin og diesel på 20 prosent i 2020, og deretter økende til 30 prosent fra 2025. Etterspørselen etter biodrivstoff blant personbiler er spesielt interessant i figuren over. Biobruken er de første årene sterkt økende, men på begynnelsen av 2020-tallet gjør økende elbilandel at samlet energietterspørsel går ned. Fra 2025 bidrar økt innblandingskrav til at etterspørselen etter biodrivstoff går noe opp igjen, før den faller på 2030-tallet i takt med at personbilparken elektrifiseres.

Norskprodusert bærekraftig biodrivstoff har potensial til å dekke det meste av etterspørselen, men produksjonskapasiteten er ikke tilstrekkelig høy i dag. Om det bygges produksjonsfasiliteter for høykvalitets biodrivstoff i Norge, og etterspørselen nasjonalt går ned som følge av elektrifisering, kan likevel brenslet anvendes internasjonalt i sjø-, luft eller tungtransport.

2.3. Utviklingsbane for energibruk og utslipp

I utviklingsbanen for energibruk i transportsektoren øker bruken av elektrisitet og hydrogen med til sammen 20 TWh fra 2017 til 2040. I samme periode går fossilbruken ned med 40 TWh, og siden tradisjonelle forbrenningsmotorer utkonkurreres av elmotorer reduseres også total bruk av bio fra 2017 til 2040. Samlet går energibruken i transportsektoren ned med 25 TWh frem til 2040.

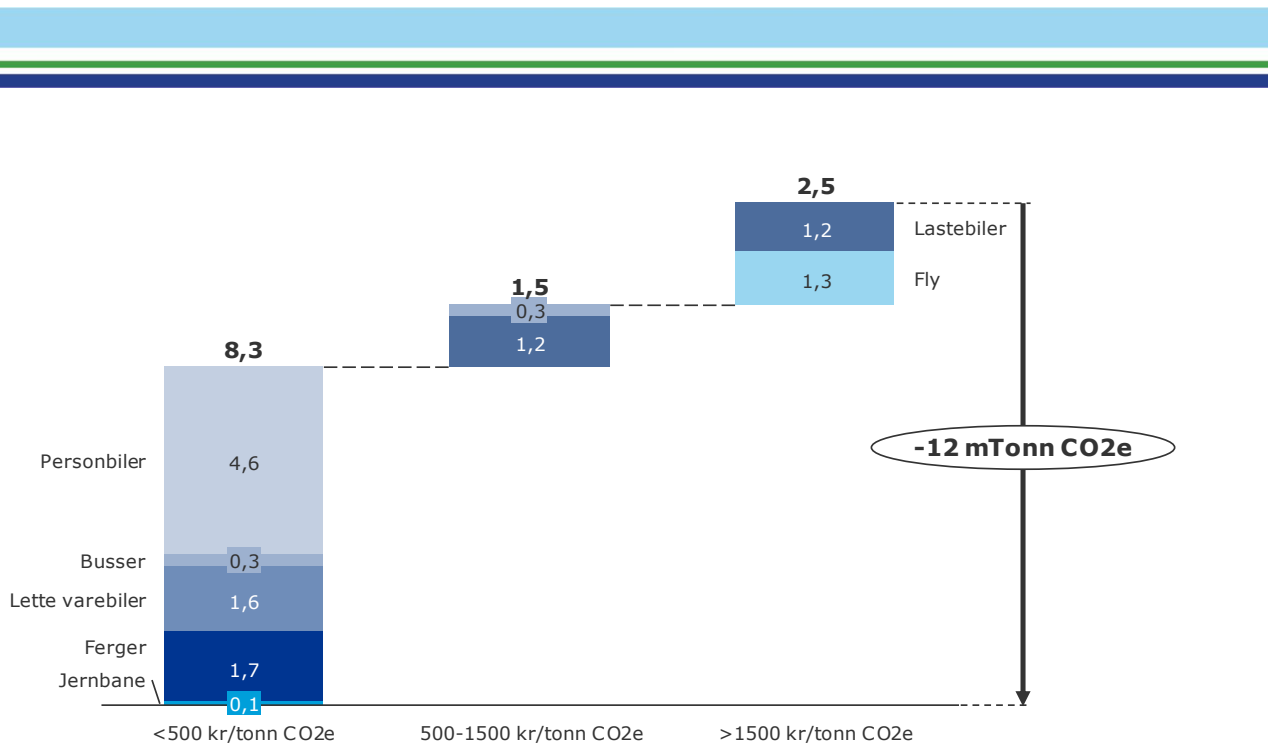


Figur 2-12: I DNV GLs energibruksfremskrivning for transportsektoren øker årlig elektrisitetsbruk med 15 TWh, mens fossil energibruk går ned med 40 TWh.

I utviklingsbanen er alle tiltak i transportsektoren som Miljødirektoratet har kvantifisert i oppfølgingen av Nasjonal transportplan 2018-2029 inkludert, og alle tiltak som er inkludert i underlag for klimapolitikken i Norge på 2020-tallet realiseres. De fleste tiltakene som er lagt inn i analysen er plassert i kostnadsspennet under 500 kr/tonn. Tiltakskostnadene er beregnet av Miljødirektoratet, men fortolket av DNV GL i tilfeller der det ikke er overlapp mellom Miljødirektoratets beregninger og utviklingsbanen i denne rapporten (Miljødirektoratet, 2018).

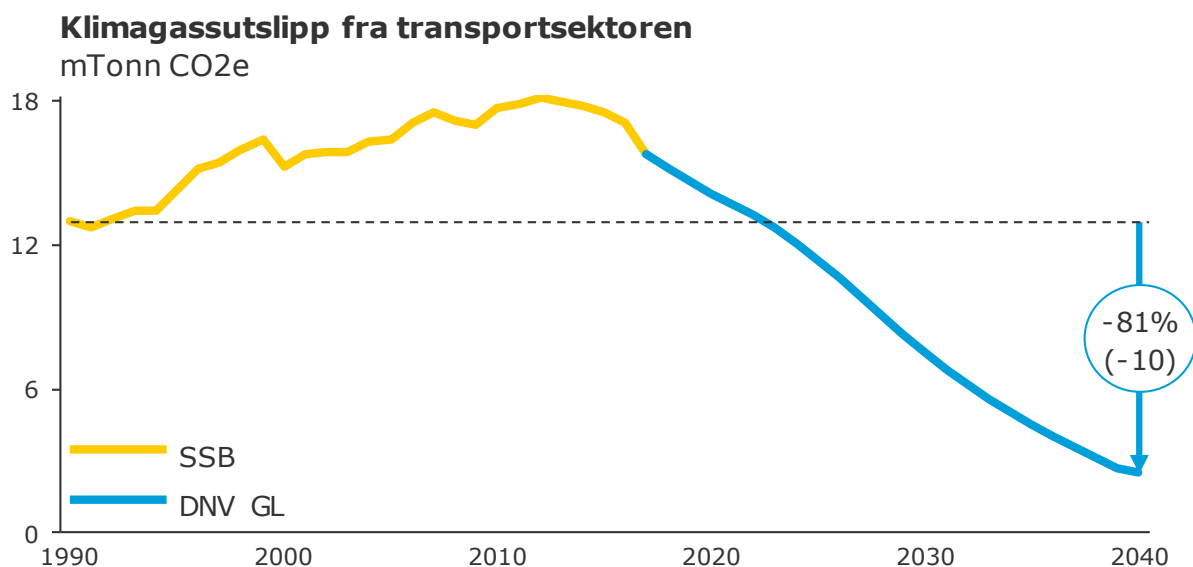
Den største forskjellen mellom inndelingen i denne rapporten og Miljødirektoratets inndeling av tiltak i ulike kostnadsintervaller, er at elektrifisering av personbilparken i denne utredningen er plassert i den laveste kostnadskategorien mens tiltaket er ansett å falle i intervallet 500-1500 kr/tonn CO_{2e} av Miljødirektoratet. Bakgrunnen for denne forskjellen er at beregninger av tiltakskostnader er usikre, og DNV GL forventer at elektriske personbiler på sikt vil være billigere enn fossilbiler, også uten alle avgiftsfordeler bilene har i dag (DNV GL, 2018).

Av Figur 2-13 fremgår det at to tredeler av utslippskuttene fra transportsektoren kan gjennomføres til en tiltakskostnad under 500 kr/tonn. Elektrifisering av persontransport bidrar alene til å redusere norske klimagassutslipp med nesten 10 prosent sammenliknet med utslippstallene for 2017.



Figur 2-13: Oversikt over kostnad på tiltak som ligger til grunn for DNV GLs fremskriving av transportsektoren. Kilde: Miljødirektoratet/DNV GL

Fremskrivingen i denne rapporten viser en reduksjon i klimagassutslipp som tilsier at transportsektoren er nær utslippsfri i 2040, jf Figur 2-14. Sammenliknet med 1990-nivået er utslippene redusert med 80 prosent, og sammenliknet med utslippene i 2017 er reduksjonen 85 prosent.



Figur 2-14: Utviklingen i klimagassutslipp i transportsektoren gitt fremskrivingene av energibruk i denne rapporten.

2.4. Kostnader ved tiltak og nødvendige virkemidler

Utviklingsbanen som er skissert i denne rapporten vil være en krevende bane å følge. En slik utvikling er forventet å kreve regulatoriske virkemidler, omstillingsvilje blant privatpersoner og profesjonelle aktører i transportsektoren og teknologisk utvikling. Dette avsnittet drøfter tiltak som DNV GL anser som viktige for å realisere en utvikling i henhold til framskrivningene skissert i de foregående avsnittene.

Økonomiske virkemidler

Lavere innkjøpspris på nullutslippskjøretøy: Innkjøpspris på kjøretøy utgjør en vesentlig andel av levetidskostnadene for personbiler. For at forbrukere skal velge nullutslippsteknologi må det lønne seg, og da må avgiftssystemet fortsette å favorisere el- og hydrogenbiler fremfor fossilbiler. Etter hvert som elbilandelen øker er det naturlig at også disse kjøretøyene avgiftsbelegges. For å opprettholde det økonomiske incentivet til å velge elektrisk framfor fossil vil det da være viktig at avgiftene for fossile kjøretøy økes ytterligere. Et viktig grep kan være å legge ny målemetode for forurensing fra fossilbiler (WLTP) og dagens avgiftssatser til grunn for beregning av engangsavgift for fossilbiler.

Lavere brukskostnader på nullutslippskjøretøy: All bruk av fossile drivstoff, inkludert avgiftsfri diesel bør avgiftsbelegges. Avgiftene bør suksessivt økes slik at nullutslippsbiler alltid er gunstigere å bruke enn fossilbiler. I tillegg bør elbiler ha en lavere takst enn fossilbiler i bomringer, selv om fritaket for bompengebetaling gradvis fases ut.


Støtte til utvalgte infrastrukturinvesteringer: Infrastruktur for lading av elektriske kjøretøy og fylling av hydrogenkjøretøy er nødvendig for at det skal være attraktivt med en overgang til nullutslippsløsninger. Slike investeringer er kapitalintensive, men kommersielle aktører oppgir at mange ladeinvesteringer kan være lønnsomme uten statlig støtte. Anlegg med lav brukstid kan imidlertid ha støttebehov for å bli realisert. Eksempler på slike anlegg er på steder hvor trafikken er høy i ferieperioder, men lav ellers. Det kan også være behov for støtte til lade- og hydrogenfyllingsinfrastruktur for å legge til rette for nullutslippskjøretøy innenfor tungtransport.

Juridiske og regulatoriske virkemidler

Regulatoriske virkemidler kan styre adferd i ønsket retning når økonomiske virkemidler alene ikke er tilstrekkelig. Dette er de viktigste virkemidlene innenfor transportsektoren.

Miljøkrav ved offentlige innkjøp: Myndighetene har anledning til å sette miljøkrav i sine offentlige innkjøp, inkludert nullutslippskrav. For å fremme miljøvennlige alternativer ved innkjøp i offentlig sektor vedtok Stortinget i 2017 en tilleggsbestemmelse til anskaffelsesforskriften (Forskrift om offentlige anskaffelser) som sier: «Oppdragsgiveren skal legge vekt på å minimere miljøbelastningen og fremme klimavennlige løsninger ved sine anskaffelser og kan stille miljøkrav og kriterier i alle trinn av anskaffelsesprosessen der det er relevant og knyttet til leveransen. Der miljø brukes som tildelingskriterium, bør det som hovedregel vektes minimum 30 prosent» En gjennomgang av anbudene som ble lagt ut innenfor offentlig transport etter innføringen 1. mai og frem til årsskiftet 2018 viser at miljø er brukt som tildelingskriterium i 31 prosent av anbudene, mens 29 prosent av anbudene inkluderer miljøkrav (Dahl, 2018). Gjennomgangen viser store regionale forskjeller. Oslo og Akershus er gode på å sette miljøkrav, mens fylker som Telemark og tidligere Nord-Trøndelag kommer dårlig ut.

I maritim næring, ved utlysning av fergeanbud, har miljøkrav vært brukt aktivt, noe som har bidratt til en rask implementering av nullutslippsalternativ i dette segmentet.



Utslippskrav: Offentlig myndighet kan stille minimumskrav til utslipp fra ulike kjøretøy/motorer. Utslippskravene kan omfatte CO₂, NOX, SOx og partikler.

Legge til rette for landstrøm ved hav/kai: Et tiltak for å forbedre luftkvaliteten og redusere utslippene, er å legge til rette for bruk av landstrøm når skipene er ved havn.

Forskriftskrav om lading: Krav om økende andel ladeplasser på parkeringsplasser, nybygg ol.

Krav innblanding av biodiesel. Gradvis øking i omsetningskrav for biodrivstoff til veitransport. Biodrivstoff som omsettes skal oppfylle bærekraftkriterer og være 2. eller 3. generasjons drivstoff.

3. INDUSTRI

3.1. Energibruk i industrisektoren og muligheter til energiomstilling

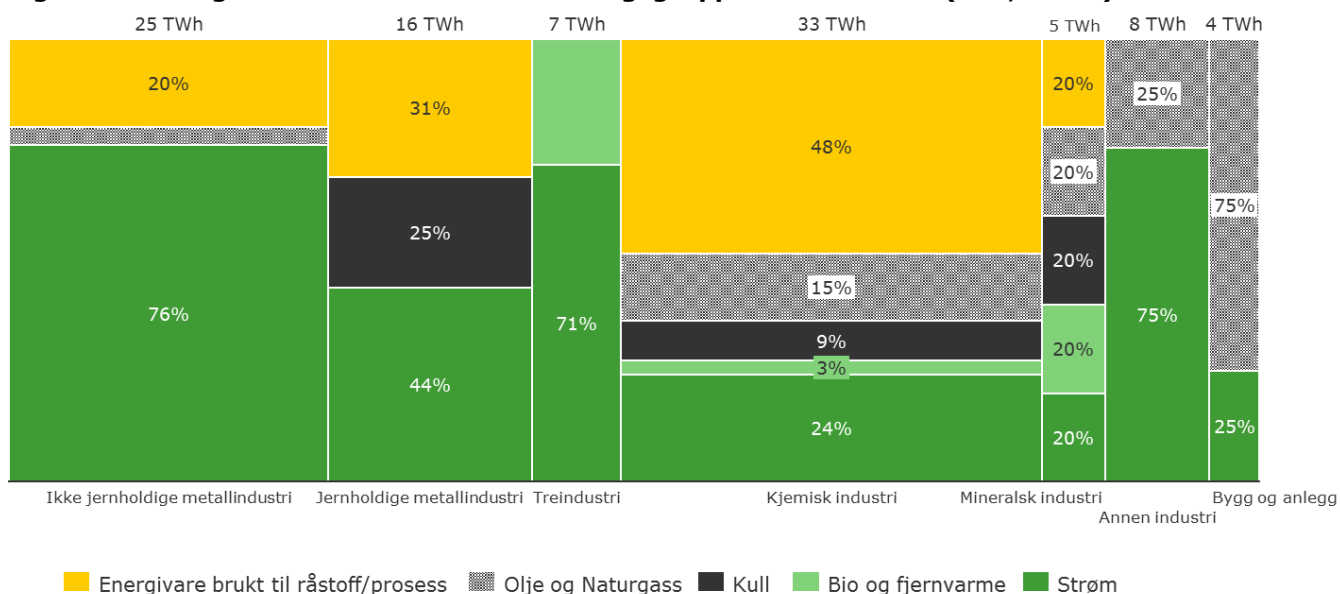
Industrisektoren omfatter en tredjedel av netto innenlands energibruk i Norge. I 2017 var samlet energibruk til innenlandsk industri på 105 TWh, hvorav 28 TWh var knyttet til råstoff i ulike industrielle prosesser. Energibæreren var fordelt 48,2 fossilt, 2,4 TWh biodrivstoff og 0,5 TWh fjernvarme. Resten var strøm (SSB, 2018).


Energibruken i industriene omfatter både bruk av energi som kjemisk innsatsfaktor i industriproduksjon og bruk av energi til stasjonær forbrenning. Energibruken i norsk industri, foruten der den benyttes til kjemisk innsatsfaktor, er preget av en høy grad av elektrifisering. Dette skyldes i stor grad den historiske samlokalisering av kraftkrevendeindustri og tilgang til rimelig kraft. Energivarer brukt til råstoff er per dags dato utelukkende fossile.

Industri i denne analysen omfatter all innenlands industri foruten prosesseringsanlegg i olje- og gassnæringen. Vi har valgt å gruppere næringen i følgende kategorier; Ikke jernholdige metaller, jernholdige metallindustri, kjemisk industri, mineralsk industri, treindustri, annen industri og bygg & anlegg. Energibruken er fremskaffet ved å benytte SSB energibruksstatistikk.

Figur 3-1 viser energibruken i industrien i 2017 fordelt på ulike næringer og energibruk. Kategorien energivarer til råstoff er utelukkende fossile energibærere, med overvekt av kull og naturgass.

Figur 3-1: Energibruk i industrien etter næringsgruppe i 2017. Kilde: (SSB, 2018).





Norsk industri har vært gjennom en nedgangsperiode de siste tiåret. Denne trenden har imidlertid snudd, og Finansdepartementet anslår at veksten i BNP i Fastlands-Norge vil ligge på 2,3 prosent i 2018 og 2,7 prosent i 2019 (Regjeringen, 2018). Norsk industri anslår i deres veikart en moderat vekst i industrien frem mot 2050 (Norsk Industri, 2016). Basert på dette legges det til grunn i fremskrivingene en samlet vekst i industrien på 2 prosent per år. Tross økonomisk vekst og økt produksjon, forventes det at energieffektivisering og prosessoptimalisering i stor grad vil begrense den samlede veksten i energibruken. En nærmere beskrivelse av energiforbruk og utslipp i de ulike næringen frem mot 2040 følger i avsnittene under.

Ikke-jernholdig metallindustri

Den norske ikke-jernholdige metallindustrien omfatter næringene som produserer metallene aluminium, bly, sink og tinn. Per desember 2018 besto sektoren i all hovedsak av fem aluminiumsverk eid av Hydro og Alcoa, samt et sinkproduksjonsanlegg eid av Boliden Odda.

Den samlede energibruken i sektoren var 25 TWh i 2017 - av dette gikk 21 TWh til stasjonær forbrenning og 4 TWh til bruk av energivare som innsatsfaktor. Energibruken til stasjonærforbrenning er i all hovedsak elektrisitet (97 %), mens kull er den dominerende energibæreren til det som går til råstoff. Totalt utgjorde energibruken til disse næringene i underkant av 25 prosent av den samlede etterspørselen fra norsk industri i 2017.

De samlede utslippene fra næringen sto for 2,2 millioner tonn CO_{2e} i 2017, der prosessutslipp utgjorde i overkant av 80 prosent. Prosessutslipp er primært knyttet utslipp ved anvendelse av koksanoder, disse står for ca. 60 prosent av de samlede prosessutslippene (ENOVA, 2017). Selskapet Elysis, et fellesforetak mellom Alcoa og Rio Tinto, lanserte i mai 2018 at de innen 2024 vil lage en fullskala anlegg med inerte anode. For stasjonærforbrenning er potensialet knyttet til erstatning av naturgass med hydrogen eller biogass for oppvarming av kjeler.


Det var en nedgang i næringen på tidlig 2000-tallet. Etterspørselen har imidlertid tatt seg opp de senere årene og det er forventet en vekst i næringen frem mot 2040. Dette drives av økt etterspørsel etter aluminium som følge av at det anvendes i økende grad i både eksisterende og nye bransjer (Norsk Industri, 2016). Av konkrete planer har Hydro startet opp sitt pilotanlegg på Karmøy i januar 2018, med sikte på en fullskala anlegg på plass før utgangen av 2025. Hydro har også besluttet å starte opp igjen linje B i Sørdal innen 2022. DNV GL anslår at veksten vil medføre et økt energiforbruk på 3 TWh frem mot 2040.

Jernholdige metallindustri

Den norske jernholdige metallindustrien omfatter næringene som produserer metallene ferrolegering, jern, stål og titandioksid. Per desember 2018 besto sektoren av ni smelteverk.

Den samlede energibruken var 33 TWh i 2017 - av dette gikk 10 TWh til stasjonær forbrenning og 6 TWh til bruk av energivare som råstoff. Dette fordeler seg i all hovedsak på energibæreren strøm for smelteovnene og bruk av kull som reduksjonsmiddel.

Utslippene fra annen metallindustri sto for i underkant av 3 Mt CO_{2e} i 2017, 5 prosent av de samlede norske utslippene. Potensialet for utslippsreduksjon er relativt beskjedent for det som går på stasjonær forbrenning, men det er et betydelig potensial knyttet til å redusere bruken av fossil reduksjonsmidler (prosessutslipp). I Norsk Industris rapport «Veikart for norsk industri» løftes følgende tre tiltak for å



redusere klimagassutslippene i jernholdig metallindustri: 1) erstatte fossile reduksjonsmidler med trekull (biobasert), 2) Anvende hydrogen som agent for å redusere malm til metall, til erstatning fra dagens fossile (kull) reduksjonsmiddel OG 3) Karbonfangst- og lagring (Norsk Industri, 2016).

Energibruken i jernholdig metallindustri industrien har gått kraftig ned de siste tre tiårene, der dagens energibruk er nesten halvert siden 1990. Dette skyldes både en redusert etterspørsel og ikke minst energieffektivisering av ulike prosesser. Etterspørselen i næringen har tatt seg opp siden finanskrisen i 2008/2009 og i analysen er det anslått en moderat vekst frem mot 2040 i henhold til Norsk Industri sin forventning (Norsk Industri, 2016).

Kjemisk industri

Kjemiske industrier omfatter næringene som produserer ulike former for kjemikalier, kjemiske produkter og farmasøytiske råvarer. Per desember 2018 besto næringen i all hovedsak av tre petrokjemisk anlegg (Noretyl, INOVYN og INOES), et metanolanlegg (Tjeldbergodden) og to produksjonsanlegg for kunstgjødsel (Yara).

Den samlede energibruken var 33 TWh i 2017 – av dette gikk 16 TWh til stasjonær forbrenning og 17 TWh til bruk av energivare som innsatsfaktor. Dette fordeler seg i all hovedsak på energibæreren strøm og fossilt til stasjonær forbrenning og bruk av olje og naturgass som reduksjonsmiddel.

Kjemisk industri inngår i kvotepliktig sektor, og hadde et utslipp tilsvarende 1,9 Mt CO₂e i 2017. Det er flere muligheter til å redusere utslippene fra bransjen, men mange av disse vil være svært kostbare. I en nylig publisert rapport fra (McKinsey&Company, 2018) vurderes mulighetene for dekarborisering av industrielle sektorer, blant annet kjemisk industri. Tiltakene som nevnes er å erstatte brenselet i ovnen med biomasse eller hydrogen produsert med et lavt karbonfotavtrykk. Av andre tiltak nevnes å erstatte hydrogen fra reformert naturgass med CCS eller fra elektrolyse. Miljødirektoratet peker på de samme tiltakene i deres omfattende studie om muligheten for å redusere norske klimagassutslipp.


DNV GL legger til grunn en moderat vekst i bransjen frem mot 2040, med en tilnærmet lik energibruk som i 2017.

Treforedling og skogprodukter

Treindustrien omfatter produsenter av mekanisk tremasse, sulfat- og sulfittcellulose og papp- og papir. Bedriftene innenfor treforedling hadde en samlet energibruk på 7,3 TWh i 2017. Elektrisk kraft utgjorde 4,5 TWh eller 60 prosent av den samlede energibruken i næringen. Treforedling og papp & papir sto for henholdsvis 1,9 TWh og 5,4 TWh av den samlede energibruken.

Treforedlingsindustrien inngår i kvotepliktig sektor, og hadde et utslipp tilsvarende 0,2 Mt CO₂e i 2017. Det er kostbart og teknisk krevende å redusere utslippene fra bransjen, da det er snakk om relativt små volumer av CO₂ som blant annet gjør det utfordrende med CCS. I tillegg er det behov for en åpen flamme slik at elektrifisering er uaktuelt. Tiltak som nevnes for å redusere klimagassutslipp er knyttet til økt bruk av biokarbon til brennere og kjeler.

Treforedlingsindustrien har vært preget av flere nedleggelse de siste årene, og det er ikke ventet vekst de neste årene (Norsk Industri, 2016). En ny næring kan imidlertid vokse frem i Norge, nemlig å produsere biodrivstoff fra skogvirke. Det er fortsatt en del teknologiske utfordringer og et høyt kostnadsnivå som fremstår som barrierene for denne nye næringen, så det er usikkert å anslå et fremtidig energiforbruk fra sektorene. Det er likevel ventet at en slik fabrikk vil ha en begrenset



energibruk i sin prosess. DNV GL legger derfor til grunn null vekst i energiforbruket for treforedlingssektoren frem mot 2040.

Mineralsk industri

Mineralsk industri omfatter næringer som produserer mineralprodukter som glass, sement, kalk og gips. Bedriftene innenfor mineralsk industri hadde en samlet energibruk i på 4,3 TWh i 2017. Elektrisk kraft utgjorde 1 TWh eller 22 prosent av den samlede energibruken i næringen. Både energibruken og elektrifiseringsgraden har ligget relativt stabilt (+/- 5 %) siden 1990. Til tross for den lave elektrifiseringsgraden, er potensialet for ytterligere elektrifisering relativt begrenset utover muligheten til å elektrifisere enkelte av ovnene.

Mineralsk industri inngår i kvotepliktig sektor, og hadde et utslipp på 1,7 millioner tonn CO₂ i 2017. Utslippene stammer hovedsakelig fra produksjon av sement på Norcems to fabrikker i Brevik og Kjøpsvik. I disse produseres klinker, hovedbestanddelen i sement, ved å kalsinering av kalkstein. Biprodukt av prosessen er CO₂, som står for 68 prosent av CO₂-utslippene fra sementproduksjon. Andre utslipp stammer fra stasjonær forbrenning av kull i ovnen. Tiltak for å redusere utslippene fra næringen nevnes hovedsakelig bruk av biobrensel eller el i stasjonær forbrenning og installere CCS.

Det legges i framskrivningene til grunn en moderat vekst i bransjen frem mot 2040, med en tilnærmet lik energibruk som i 2017.


Datasentre

Digitalisering av samfunnet har ført til et behov for å lagre og prosessere store mengder data. Dette gjøres i såkalte datasentre. Energibruken i datasentrene består hovedsakelig av strøm, i store mengder, og det blir derfor ofte omtalt som «ny kraftkrevende» industri i Norge.

Den samlede energibruken fra næringen utgjorde knappe 0,1 TWh i Norge i 2017 og energibæreren var i all hovedsak strøm.

I dag forbruker datasentre over 3 prosent av verdens strømproduksjon og behovet er forventet å dobles hvert fjerde år (Forbes, 2107). Climate Homes News anslår at verdens IT-industri vil stå for opptil 20 prosent av verdens strømforbruk i 2025 (Climate Homes News, 2017). I våre naboland har det allerede blitt etablert store datasentre. Globale selskaper som Amazon, Google og Facebook har etablert sentre med flere TWh strøm i forbruk per år. Norden er et attraktivt sted for etablering av datasentre på grunn av tilgang til fornybar og rimelig strøm, kaldt klima, stabile demokratier og tilgjengelig infrastruktur (fibernet, stor båndbredde). Norge ligger i antall og størrelse på etableringer litt etter sine naboer. I motsetning til sine naboland er det kun noen mellomstore datasentre i drift per desember 2018, men det er forventet flere større etableringer frem mot 2040. Norge rangeres som nummer to, bak Island, på listen over mest hensiktsmessige steder å etablere nye datasentre (Cushman & Wakefield, 2016).

Det er et stort spenn i framskrivningen av energibruken til datasenteret i Norge frem mot 2035. NVE legger til grunn en fremskriving på 3,5 TWh (NVE, 2018), mens Statnett legger til grunn 4 TWh i sine langsiktige energibruksprognoser (Statnett, 2018). Begge påpeker at det er en betydelig oppside i energiforbruket knyttet til datasentre. Statnett viste blant annet til forespørslers på opptil 61 TWh. Til tross for denne oppsiden legger DNV GL til grunn et konservativt estimat, tilsvarende NVE og Statnett, på 2 TWh i 2030 og 4 TWh i 2040 i denne fremstillingen. Det er flere grunnet til dette. Energieffektiviseringen til datasentre er i utvikling som følge av maskinlæring, og det er ventet at dette



vil være med å begrense veksten i energiforbruk fra næringen. En annen er at konkurransekraften til etablering av datasentre i Norge så langt har vært begrenset som følge av mangel på høyhastighet nett og tilgang til sort fiber. En tredje er at selv om aktører legger seg til Norge, vil det ta tid før energibruken kommer opp i store volumer.

Annen industri og bergverk

Annen industri og bergverk omfatter følgende næringer: produksjon av metallvarer, maskiner og utstyr, produksjon av nærings- og nytelsesmidler, produksjon av tekstiler, klær, lær og lærvarer, bergverk og bergverksdrift og annen industri (produksjon av gummi- og plastprodukter, produksjon av møbler og annen industriproduksjon²).

Samlet energiforbruk innen denne kategorien var i 2017 på 9 TWh. Elektrisitet utgjør over 60 prosent av energiforbruket, mens andelen oljebaserte produkter har siden 1990 blitt redusert betydelig og står i dag for om lag 20 prosent (om lag 1 TWh i 2017). Næringsmiddelindustrien er den største næringen og står for over 50 prosent av energiforbruket i denne kategorien. Næringsmiddelindustrien omfatter mange enkeltanlegg som gjør det utfordrende å identifisere og belyse alle utfordringer. Den største andelen av energiforbruket er knyttet til forbrenning av standardbrensler til energiformål.

Innen næringsmiddelindustrien er fisk, kjøtt og meierier den gruppen som bruker mest energi. Samtlige av disse benytter oljeprodukter og naturgass som energibærere for produksjon av damp inn i produksjonsprosessen. Det mulig å konvertere den delen av energibruken som er knyttet til fossilbasert stasjonær oppvarming til elektrisitet ved bruk av elkjeler. Miljødirektoratet peker også på at det er betydelig potensial knyttet til energieffektivisering (gjenvinning av varme fra prosessen og kjøle- og frysekompressorer) i denne næringen (Miljødirektoratet, 2015). For enkelte aktiviteter i næringsmiddelindustrien er en konvertering til elektrisitet ikke mulig, for eksempel ved produksjon av kjøtt der gass brukes i sviovnene til brenning av pels eller ved brenning av sand og keramikk.

I bergverksnæringen består over 50 prosent av energibruken av anleggsdiesel (0,6 TWh i 2017), resten av forbruket består i hovedsak av elektrisitet. Aktiviteten i denne næringen består i dag i hovedsak av utvinning av industrimineraler, naturstein, pukk, sand og grus. En omlegging fra bruk av anleggsdiesel til elektrisitet eller andre nullutslippsalternativer krever utvikling av anleggsmaskiner basert på elektrisitet eller hydrogen som kan erstatte dagens fossile alternativer. Enkelte elektriske anleggsmaskiner er allerede tilgjengelig i dag. Den svenske leverandør Epiroc er blant selskapene som tilbyr elektriske maskiner til blant gruve- og bergverksdrift. Epiroc har ambisjoner om å elektrifisere hele sitt utvalg av maskiner innen fem år (Cleantechica, 2018).

² Annen industriproduksjon omfatter produksjon av gull- og sølvprodukter, bijouteri og ligenden artikler, produksjon av musikkinstrumenter, produksjon av sportsartikler, produksjon av spill og leker, produksjon av medisinske og tann tekniske instrumenter og utstyr, samt produksjon av andre produkter ikke nevnt andre steder i Standard for næringsgruppering (SN2007)

Bygg & Anlegg

Bygg og anlegg omfatter bruk av maskiner og oppvarming på bygg- og anleggsplasser. Transport til og fra bygge- og anleggsplasser inngår ikke som en del av bygg og anleggsektoren, men er inkludert i del 2 *Transportsektoren*.

Energibruken i bygg- og anleggsektoren kan i hovedsak deles inn i to grupper. Energibruk til oppvarming og energibruk til maskiner. Oppvarmingsbehovet er i hovedsak knyttet til byggeplasser. På anleggsplasser er oppvarmingsbehovet begrenset til teletining.

For oppvarmingsformål benyttes i dag i stor grad varmeaggregater basert på diesel eller propan. I tillegg benyttes elektrisitet i noe grad og vannbårne varmesystemer basert på fjernvarme eller pellets. En omlegging fra fossilbasert oppvarming til elektrisitet eller vannbårne fjernvarmesystemer krever at det etableres nødvendig infrastruktur frem til byggeplassen på et tidligere tidspunkt. Andre fossilfrie alternativer som biodiesel eller vannbårne systemer basert på pellets krever ingen ytterligere tiltak og fungerer med konvensjonell teknologi. Nye, alternative nullutslippsløsninger inkluderer oppvarming basert på elektrisitet med bruk av store mobile batteribanker og bruk av hydrogen. Flere aktører innen bygg- og anleggsektoren har uttrykt en forventning om at hydrogen vil være tilgjengelig som alternativ til oppvarming rundt 2020 (DNV GL, 2018).

Anleggsmaskiner er i dag i hovedsak basert på diesel. De fleste anleggsmaskiner er også godkjent for bruk av biodiesel. Utviklingen innen elektriske anleggsmaskiner har vært stor de siste årene. Tidligere var det kun anleggsmaskiner tilkoblet kraftnettet via en kabel, håndholdt utstyr og mindre maskiner som var tilgjengelig elektrisk, mens det i dag for eksempel er tatt i bruk store, batterielektriske gruvelastere på markedet i USA. I januar 2018 lanserte Pon Equipment en elektrisk 25 tonn graver (Bygg.no, 2018). Aktører i den norske bygg- og anleggsbransjen forventer en bred tilgang på utslippsfrie anleggsmaskiner mot 2030, i hovedsak elektriske-, men også enkelte hydrogenbaserte alternativer (DNV GL, 2018). Entreprenørene uttrykker også at de er klare for å ta disse i bruk så fort maskinene kommer på markedet.

Krav fra byggherre om fossilfrie byggeplasser er blitt benyttet i enkeltprosjekter i Norge og har vist seg som et effektivt virkemiddel for å tvinge aktørene til å ta i bruk alternative løsninger. Med økt fokus på utslipp fra bygg- og anleggsplasser forventer DNV GL mot 2030 at fossil oppvarming på byggeplasser vil erstattes med elektrisitet, hydrogen eller vannbårne løsninger basert på fjernvarme eller pellets. DNV GL forventer også en betydelig økning i tilgang på elektriske anleggsmaskiner mot 2030 og at disse vil tas i bruk så fort de kommer på markedet. Enkelte hydrogenbaserte maskiner, der elektriske alternativer ikke er tilgjengelig forventes også mot 2030.

3.2. Kvantifiserte energiomstillings- og miljøtiltak

Store deler av industrien er i stor grad elektrifisert, over 45 prosent, og den resterende som i dag dekkes av fossilt brensel dekker i hovedsak energibruken til høyvarmeprosesser, ulike oppvarmingsformål eller som råvare i industriprosessene der strøm i liten grad er anvendbar/hensiktsmessig. Vi legger til grunn i denne rapporten at strøm fortsatt vil være lite anvendbar i disse segmentene i analyseperioden. Miljøtiltak i sektoren vil derfor i stor grad handle om utprøving og igangsette ny teknologi, bruk av biokarbon, erstatte naturgass med hydrogen og mulighet for energieffektivisering.

Industrisektoren står for om lag en tredjedel av den fossile energibruken i Norge. Norge er gjennom EØS omfattet av det europeiske kvotesystemet (EU ETS). EUs kvotesystem er et av de viktigste virkemidlene for unionen å redusere klimagassutslippene med 43 pst innen 2030. Kvotesystemet omfatter i overkant av 50 pst av Norges klimagassutslipp innenfor sektorene industri, olje og gass og luftfart. Den kvotepliktige delen av industrisektoren omfatter treforedling, oljeraffinering, kjemisk industri, mineralsk industri, metallproduksjon og annen industri. Kvotepliktige utslipp av klimagasser fra industrisektoren utgjorde 9,1 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2017 av totalt 12,2 millioner tonn fra industrien samlet.

Utslippene til industrielle prosesser utgjorde ca. 25 prosent av de samlede norske utslippene i 2017. For å nå målet om at Norge skal bli verdens første fornybare og fullelektriske samfunn kreves det at utslippene i industrien kuttes ytterligere og forskjellige tiltak er nødvendige for å nå dette målet. Tiltak som er nødvendig for å redusere klimagassutslippene i industrien omfatter energieffektivisering, ytterligere elektrifisering, biobaserte brensler og råstoffer, bruk av hydrogen, karbonfangst og lagring og andre tiltak. I avsnittene under følger en oversikt over de ulike tiltak DNV GL legger til grunn i sin analyse for å redusere klimagassutslipp i industrien frem mot 2040:

Prosess og energieffektivisering:

Norsk industri har allerede oppnådd betydelig forbedringer med hensyn til energieffektivisering. Det resterende tekniske potensialet varierer stort mellom anlegg og næring. Energieffektiviseringstiltakene er i hovedsak lønnsomme, men det har vist seg at de likevel ikke alltid gjennomføres grunnet manglende prioritering, begrenset kunnskap osv. Av energieffektiviserings tiltak som legges til grunn i DNV GLs utviklingsbane innen 2030 og 2040 er følgende:

- Redusert klinkerandel i sement fra 80 prosent til 75 prosent i **sementindustrien**. Tiltaket vil i liten grad påvirke energibruken, men utslippspotensialet er beregnet til 68 000 tonn CO_{2e} årlig. Vi antar en gradvis overgang mot 75 prosent innen 2030.
- Prosessforbedringer i **aluminiumsindustrien**, ved å redusere anodeeffekten i produksjonen. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 187 000 tonn CO_e, som antas gradvis innfris innen 2030. Energibruken er tilnærmet uendret.
- Energigjenvinning i **næringsmiddelindustrien**. Det finnes et betydelig uutnyttet potensial for gjenvinning av energi, blant annet fra avtrekksluft og varmt prosessvann. Denne varmen kan brukes til andre formål og dermed redusere behovet for fossile energikilder. Varme fra kjøle- og frysekompressorer kan også gjenvinnes og for eksempel brukes til forvarming av varmt vann. Endring i energibruken vil medføre at 1,0 TWh fossil olje og gass erstattes med 0,3 TWh biomasse, 0,1 TWh fjernvarme og 0,2 TWh elektrisk kraft. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 210 000 tonn CO_{2e}, som antas gradvis innfris innen 2030.
- Lukking av smelteovn i **silisiumindustrien**. Tiltaket vil i liten grad påvirke energibruken, men utslippspotensialet er beregnet til 5 000 tonn CO_{2e} årlig.

Elektrifisering:

Norsk industri er i stor grad elektrifisert. Hoveddelen av utslippene i industriene er derfor i liten grad forbundet med energibruken i seg selv, men som følge av at fossile brenslere blir brukt som innsatsfaktor. Det er imidlertid en mindre andel, som er knyttet til stasjonær forbrenning. En stor del av disse utslippene kan reduseres ved å erstatte eksisterende fossilbaserte kjeler med ulike typer av elkjeler. Den teknologiske utviklingen har vært stor de siste årene, og det finnes nå elkjeler som kan holde en temperatur på 1500 grader celsius. Investeringskostnadene knyttet til en slik konvertering vil variere fra tiltak til tiltak, men anslås å ligge i størrelsesorden 300 til 700 kroner per tonn CO_{2e} over en tiårsperiode (DNV GL, 2017). Følgende elektrifiseringstiltak legges til grunn i DNV GLs utviklingsbane:

- Erstatning av dagens fossile brenselovner til elektrisk, hybrid eller dual-fuel systemer i **sementindustrien**. Endring i energibruken vil medføre at 0,4 TWh kull erstattes med 0,15 TWh elektrisk kraft. Dette vil kreve en betydelig prosessordning og ombygging av eksisterende infrastruktur. Det legges derfor til grunn at tiltaket først kommer på plass i 2040.
- Bruk av lett fyringsolje innen **annen industri** erstattes gradvis med elektrisitet mot 2030, gjennom en omlegging fra fossilbaserte kjeler til elkjeler. Omleggingen tilsvarer et økt elektrisitetsforbruk i størrelsesorden 0,15 TWh³. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 153 000 tonn CO_{2e}, som antas gradvis innfris innen 2030.
- Bruk av anleggsdiesel i **bygg- og anleggsektoren**⁴ og innen **bergverk** erstattes gradvis med elektrisitet mot 2030 som følge av en omlegging fra dieselbaserte til elektriske anleggsmaskiner. Det er lagt til grunn at 70 prosent av anleggsdiesel som i dag benyttes til i disse næringene erstattes med elektrisitet. Omleggingen tilsvarer et økt elektrisitetsforbruk i størrelsesorden 0,7 TWh⁵.

Biomasse:

Ulike former av biokarbon er løftet som et av de viktigste virkemidlene for å få ned utslipp i industrien, både for å erstatte fossile brenslere i stasjonær forbrenning og som innsatsfaktor. Følgende biomassetiltak som legges til grunn i DNV GLs utviklingsbane:

- Øke bruk av trekull, opp mot 40 prosent, innen 2025 og utelukkende biomasse som reduksjonsmiddel innen 2035 i **ferrolegeringsindustrien**. Tiltakene innebærer at fossilt kull erstattes med biomasse, vi har anslått i størrelsesorden 1,2 TWh innen 2025 og at ytterligere 3,4 TWh innen 2035. Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket vil kunne medføre en reduksjon i utslipp på 1 140 000 tonn CO_{2e} årlig.
- Erstatte fossil koks med trekull som reduksjonsmiddel **silisiumkarbidfabrikken** i Lillesand. Tiltaket innebærer et redusert forbruk av koks med ca. 0,1 TWh og en tilsvarende økning av biomasse. Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket vil kunne medføre en reduksjon i utslipp på 10 000 tonn CO₂-ekv årlig. Vi legger til grunn at tiltaket vil iverksettes før 2025.
- All bruk av spillolje til kalkproduksjon erstattes med biobrensel frem mot 2030. Tiltaket innebærer et redusert forbruk av spillolje med ca. 0,5 TWh og en tilsvarende økning i

³ Antatt virkningsgrad på 30 prosent for fossilbasert kjele. Gjennomsnittlig forbruk av anleggsdiesel 2010-2017 er benyttet som grunnlag.

⁴ Det brukes i dag også en liten mengde lett fyringsolje til oppvarming i bygg- og anleggsektoren, 4 GWh i 2017. Dette er antatt erstattes med en blanding av elektrisitet, biobaserte produkter, hydrogen og naturgass fram mot 2030.

⁵ Antatt virkningsgrad på 30 prosent for dieseldrevne anleggsmaskiner. Gjennomsnittlig forbruk av anleggsdiesel 2010-2017 er benyttet som grunnlag.


biobrenselforbruket. Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket vil kunne medføre en reduksjon i utslipp på 85 000 tonn CO₂-ekv årlig.

- Øke bruken av biomasse i **treforedlingsindustrien**. Tiltakene innebærer at 0.3 TWh fossil olje erstattes med biomasse innen 2030. Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket vil kunne medføre en reduksjon i utslipp på 66 000 tonn CO₂e årlig.
- Bruk av kull erstattes med biobrensel på **sementovnene**. Tiltaket innebærer et redusert forbruk av kull med ca. 0,4 TWh og en tilsvarende økning av biobasert avfall. Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket vil kunne medføre en reduksjon i utslipp på 94 000 tonn CO₂-ekv årlig.
- En mindre andel av anleggsdieselen som benyttes i **bygg- og anleggsektoren** erstattes gradvis med biobasert brensel fram mot 2030. Det legges til grunn at biobasert brensel vil erstatte om lag 10 prosent av den fossile energibruken i sektoren. Omleggingen tilsvarer et økt forbruk av biobaserte brenslere på 0,3 TWh.

Hydrogen:

Størstedelen av alt hydrogen som produseres i verden i dag, rundt 55 millioner tonn, brukes som innsatsfaktor i industrien. Denne produksjonen representerer nesten 3 prosent av verdens energikonsum. I Norge brukes hydrogen som innsatsfaktor i bl.a. ammoniakkproduksjon (Yara, Herøya) og metanolproduksjon (Equinor, Tjeldbergodden). Hydrogen produseres også som biprodukt fra industriprosesser. Hydrogen for disse anvendelsene fremstilles i dag fra naturgass, og utgjør brorparten av all hydrogenproduksjon i Norge. Reformering av naturgass for disse anvendelsene har et betydelig CO₂ utslipp. I SSB statistikker fremgår det ikke at det brukes hydrogen, dette skyldes at de opererer med primærenergikilde som i hydrogenens tilfelle som oftest er naturgass. Følgende hydrogentiltak legges til grunn i DNV GLs utviklingsbane:

- Erstatte hydrogen basert på reformert naturgass til hydrogen basert på elektrolyse i **amoniakkproduksjon**. En full omlegging til elektrolysebasert hydrogenproduksjon vil kreve en veldig betydelig mengde kraft. For eksempel vil en fullstendig omlegging av hydrogenproduksjonen på Herøya kreve over 90 000 tonn hydrogen, tilsvarende 4,5 TWh elektrisk kraft. Foreløpig er kostanden ved fremstilling av hydrogen fra naturgass betydelig rimeligere enn ved elektrolyse. Sett opp imot kostanden for alternative tiltak, som karbonfangst, ventes det at det er kun et begrenset energibrukspotensial vil komme fra hydrogen ved elektrolyse. I analysen legges til grunn at 0,3 TWh naturgass erstattes med 0,2 TWh hydrogen i 2040.
- Erstatte bruk av gass til stasjonær forbrenning med fornybare alternativer i **metallindustrien**. Miljødirektoratet har beregnet at potensialet utgjør en utslippsreduksjon på 280 000 tonn CO₂-ekv årlig. Det gjenstår fortsatt en del analyse for å vurdere hvorvidt det er teknisk mulig og hvilke kostander dette vil kunne medføre. I enkelte prosesser, deriblant hos Elkems silisiumfabrikker, påpekes det at «ovnene har stor oppdrift og eventuell tilført hydrogen vil forsvinne før det har reagert». Videre påpekes det i ulike rapporter at bruk av hydrogen vil kreve betydelige investeringer i infrastruktur for å ombygge dagens prosessutstyr, og en eventuell ombygging ikke vil finne sted før en når levetiden på eksisterende anlegg. I energibruk medfører dette at 2 TWh petroleumprodukter erstattes med 2 TWh hydrogen innen utgangen av 2040.
- Overgang til hydrogen som reduksjonsmiddel på **ilmenittsmelteverkene**. I analysen legger DNV GL til grunn at omleggingen er gjennomførbar. Videre antar vi at overgangen fra kull til



hydrogen skjer gradvis i perioden 2025-2030. Energieffekten av tiltaket innebærer at 1,3 TWh kull erstattes med 0,9 TWh hydrogen (12 000 tonn). Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket har et reduksjonspotensial på 0,24 millioner tonn CO_{2e}

- En mindre del av anleggsdiesel som benyttes i **bygg- og anleggsektoren** og innen **bergverk** erstattes gradvis med hydrogen fram mot 2030. Det er lagt til grunn at 10 prosent av den fossile energibruken i bygg- og anleggsektoren og innen bergverk er hydrogenbasert i 2030. Omleggingen tilsvarer et økt forbruk av hydrogen på i størrelsesorden 0,3 TWh.

Fjernvarme (potensial 0,1 TWh i 2030)

Fjernvarme er i praksis et sentralvarmeanlegg som forsyner en bydel eller flere bygg med energi til varmt tappevann og oppvarming. Fjernvarmeanlegg benytter ulike energikilder, herunder elektrisitet, spillvarme fra industri, spillvarme fra avfallsforbrenning, varmepumper og bioenergi. Tilgangen på fjernvarme i Norge er begrenset og er i hovedsak knyttet til større byer og byområder (Norsk Fjernvarme, 2018).

- Fossil oppvarming i bygg- og anleggsektoren antas erstattet av fjernvarme der fjernvarme er tilgjengelig mot 2030. Det er lagt til grunn at 5 prosent av den fossile energibruken innen bygg- og anlegg erstattes med fjernvarme i 2030. Omleggingen tilsvarer et økt forbruk av fjernvarme på i størrelsesorden 0,1 TWh.

Teknologiutvikling:

Overgang til et lavutslippsamfunn vil innebære en grad av teknologiutvikling mot lavutslippsløsninger i industrien. Det er forbundet med stor usikkerhet hvordan teknologien vil utvikle seg i de ulike industriene. Ser en på historisk utvikling har imidlertid industrien vært gjennom flere store omstillinger, og vi forventer at dette også vil skje frem mot 2040. Følgende teknologiutvikling legges til grunn i DNV GLs utviklingsbane:

- Aluminiumsindustrien står for betydelige utslipp både nasjonalt og internasjonalt. Vi forventer derfor at det her vil komme en teknologiutvikling i form av inerte anoder, eller biokarbon, som vil kunne redusere utslippene i næringen med nærmere 60 prosent. Utvikles inerte anoder vil energibruken som råvare i prosessen reduseres betraktelig. I analysen legger vi til grunn at teknologien blir utviklet og blir kommersiell før 2040. Konsekvensen for energibruken vil være at 5 TWh kull blir erstattes med 2 TWh biomasse frem mot 2040.

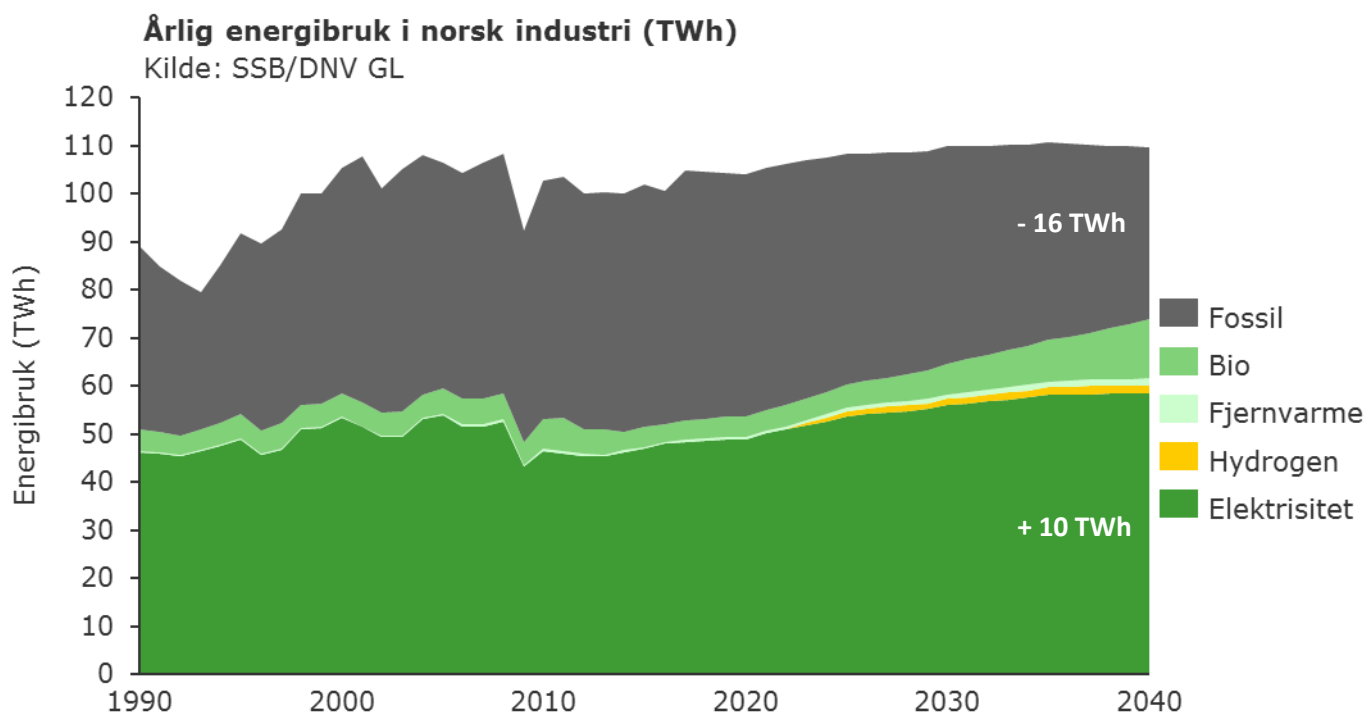
Karbonfangst og lagring;

Karbonfangst- og lagring (ofte omtalt som CCS) kan redusere en betydelig del av utslippene som ikke kan elimineres av andre metoder eller dere andre metoder anses å være betydelig mer kostnadskrevende. Energibruken vil i liten grad bli påvirket av tiltaket, utslippene derimot kan reduseres betydelig. I analysen legger vi til grunn følgende tiltak:

- CCS på fabrikken til Norcem i Brevik og forbrenningsanlegget på Klemetsrud i Oslo (85 prosent reduksjon) innen 2030 og Yara i Porsgrunn (85 prosent reduksjon) innen 2040. Utslippspotensialet er beregnet til å medføre en utslippsreduksjon på 1 250 000 tonn CO₂-ekv årlig. Energibruken antas å være tilnærmet uendret.

3.3. Utviklingsbane for energibruk og utslipp

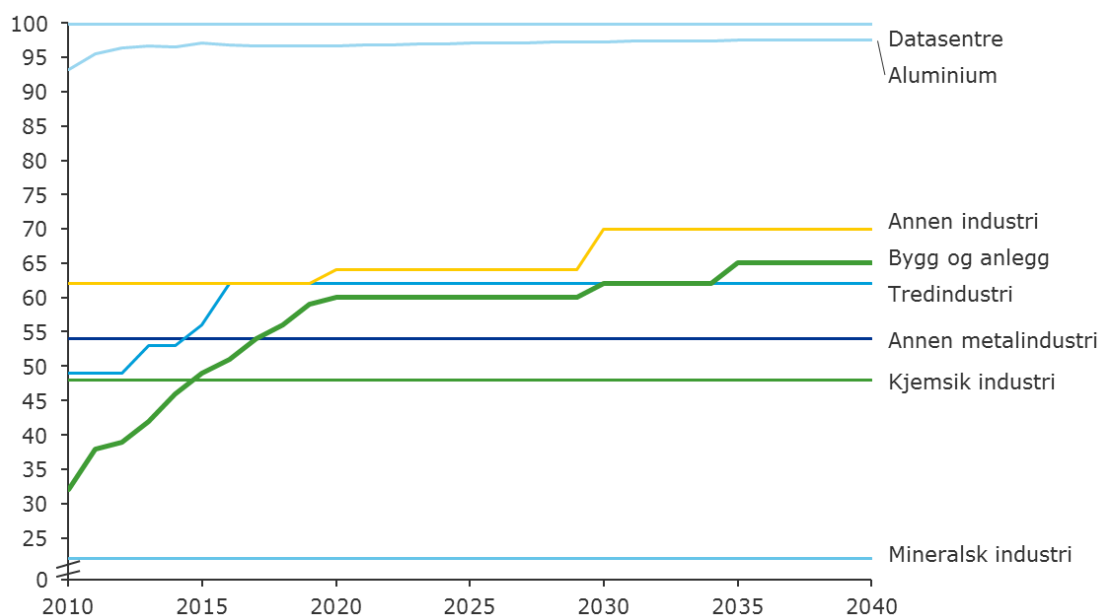
I fremskrivningen av energibruk for landbasert industri forventes samlet energibruk å øke med 4 TWh fra 2017 til 2040. Dette til tross av at fossilt kull og olje går ned med 16 TWh i samme periode, og blir erstattet av ulike typer biomasse, hydrogen og elektrifisering, jf. Figur 3-2. Endringen i sammensetningen av energibruk drives frem av økt aktivitet i kraftkrevendeindustri og en forutsetning om en økt omlegging fra fossil til biokarbon i ulike industrielle prosesser. Dette er i tråd med Norsk Industri sitt veikart.



Figur 3-2: Energibruksbanen for industrisektoren frem mot 2040 viser et tydelig skift i bruken av ulike energibærere. Kilde: SSB og DNV GL

Utviklingen i sammensetningen av energibærere i industrien frem mot 2040 er vist i figuren over. Den overordnede trenden viser en økt bruk av biokarbon og økt bruk av strøm som drives frem av vekst i kraftkrevende industrier. Det som ikke fremgår like tydelig er at det er betydelige forskjeller innad i de ulike næringene. En måte å studere dette er å se på utviklingen i elektrifiseringsgraden for de ulike næringene, vist i Figur 3-3.

Elektrifiseringsgraden i norsk industri er samlet sett relativt høy og det meste av potensialet er allerede tatt ut. Dette gjør det utfordrende med en ytterligere elektrifisering av industrisektoren i energibruksframskrivingen. Figur 3-3 viser at det i bygg og anleggsnæringen, annen industri og treforedling fortsatt er noe potensial for ytterligere elektrifisering.



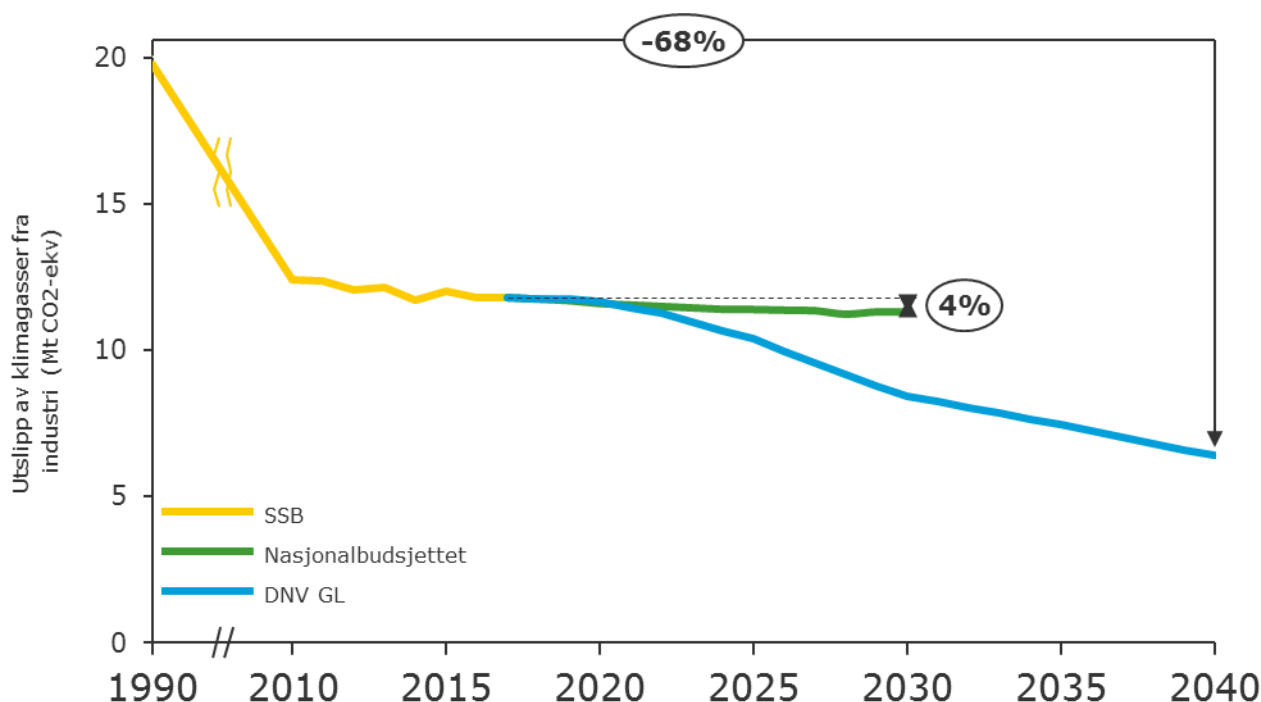
Figur 3-3: Utviklingen i elektrifiseringsgraden til 2040 for ulike næringene lagt til grunn i framskrivningene i denne rapporten.

Effekt på klimagassutslipp

Industrien sto for et samlet utslipp på 11 millioner tonn CO₂e i 2016, dette utgjorde i overkant av 20 prosent av de samlede norske klimagassutslippene. Til tross for en betydelig andel av norske klimagassutslipp, har industrien kuttet sine egne utslipp med rundt 40 prosent sammenlignet med 1990-nivået. Hoveddelen av disse utslippsreduksjonene kommer fra reduksjon i prosessutslipp og skyldes reduksjon i andre kilder en CO₂, som blant annet metan, fluor og nitrogen.

Utslipp til stasjonær forbrenning og prosessutslipp sto for hhv. 30 prosent og 70 prosent av de samlede utslippene til industri i 2016. Det største potensialet for utslippsreduksjon ligger derfor i å avkarbonisere prosessutslippene. Det er samtidig et lite utslippsreduksjonspotensial i stasjonær forbrenning, hovedsakelig ved en overgang fra fossile til fornybare energibærere. Begge vil innebærer endringer i industrielle prosesser, noe som kan by på utfordringer i implementeringsfasen.

Basert på framskrivning av energibruk i denne rapporten er det forventet at klimagassutslipp fra industrien vil reduseres med 57 prosent i 2030 og 68 prosent i 2040, sammenlignet med 1990. Den største delen av denne reduksjonen kommer fra reduksjon av prosessutslipp. Utviklingen følger myndighetenes framskriving frem til 2022, men fra 2022 til 2030 er utslippsreduksjonene noe høyere enn hva som legges til grunn i Nasjonalbudsjettet 2019. Den viktigste grunnen til forskjellen er at det i rapporten er lagt til grunn en svak nedgang i bruk av fossile brenslere i stasjonær forbrenning og økt bruk av biokarbon som råvare i industrielle prosesser fra 2023. Dette er i tråd med veikart for Norsk Industri der det legges til grunn at prosessindustrien skal være utslippsfri innen 2050 (Norsk Industri, 2016). Denne utviklingen samsvarer også i stor grad med tidligere analyser fra Miljødirektoratet der de legger til grunn tiltak med en kostnad under >1500 kr/tonn.

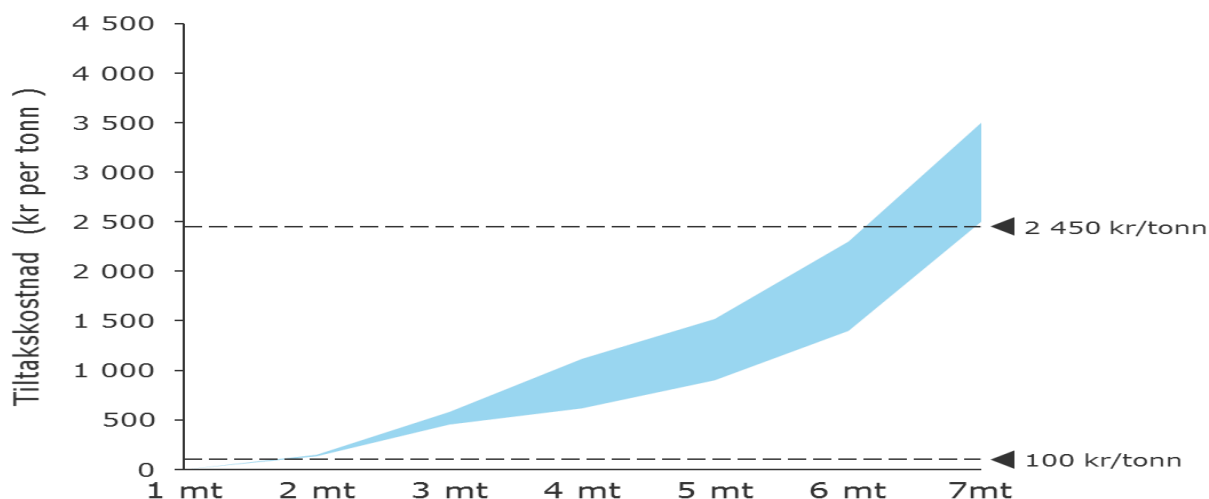


Figur 3-4: Estimerte utslipp fra industri i Norge. Statistikk fra SSB, DNV GLs framskriving og Nasjonalbudsjettet 2019⁶. Kilder SSB/Nasjonalbudsjettet 2019/DNV GL

⁶ Framskrivningene i Nasjonalbudsjettet dekker kun kvotepliktige utslipp innen industri og ikke kvotepliktige innen landbruk. For å gjøre utslippsbanene sammenliknbare er det lagt til 0.7 mTonn CO₂e for ikke-kvotepliktige utslipp i industrien.

3.4. Kostnader ved tiltak og nødvendige virkemidler

Det anses som krevende oppnå tiltakene som ligger inne i fremskrivingen av energibruken i industrien fra delkapittel 0. Det skyldes i hovedsak at det er relativt kostbart å gjennomføre identifiserte tiltak samtidig som det er høy konkurranse i de globale markedene som industrien operer i. Dersom man ønsker å realisere nasjonale utslippskutt i industrien må det i økende grad legges til rette for bruk av biobaserte produkter og hydrogen til industrielle applikasjoner. Disse tiltakene vil imidlertid kunne medføre betydelig omstillingskostnader. I Figur 3-5 vises de estimerte kostnadene forbundet med tiltakene foreslått i kapittel 4.2.



Figur 3-5: Tiltakskostnad for å fjerne CO₂ utslipp fra norsk industri. Kilde: (Miljødirektoratet, 2015), (Miljødepartementet, 2018) og (ENOVA, 2017).

Virkemidler

Norske industribedrifter produserer et stort mangfold av produkter som har ulikt potensial for å kutte klimagassutslipp og de fleste konkurrerer på det globale markedet. Dette gjør mulighetene begrenset til å innføre særnorske særskatter og andre påbud, fordi det vil medføre en øket risikoen for nedleggelse og karbonlekkasje. Virkemidler for å redusere klimagasser bør derfor innrettes slik at de ikke svekker konkurransekraften internasjonalt. I dette avsnittet drøfter vi hvilke tiltak som anses som mest effektive i denne sammenheng:

Økonomiske virkemidler

Øke satsingen og støtte til infrastrukturinvesteringer: Omstilling av industrien krever ofte betydelig kostnader ved at en må investere i ny infrastruktur eller omstillinger av eksisterende prosesser. For å få økt fremdrift i denne omstillingen bør risikoen reduseres ved at en gir støtte til «first-mover».

Tilpasse «virkemiddel» til spesifikk næring: En rekke tiltak i industrien krever målrettede virkemidler mot den aktuelle næringen. Det er derfor et stort behov for å tilpasse virkemidlene til å oppnå størst mulig effekt.

Pedagogiske virkemidler

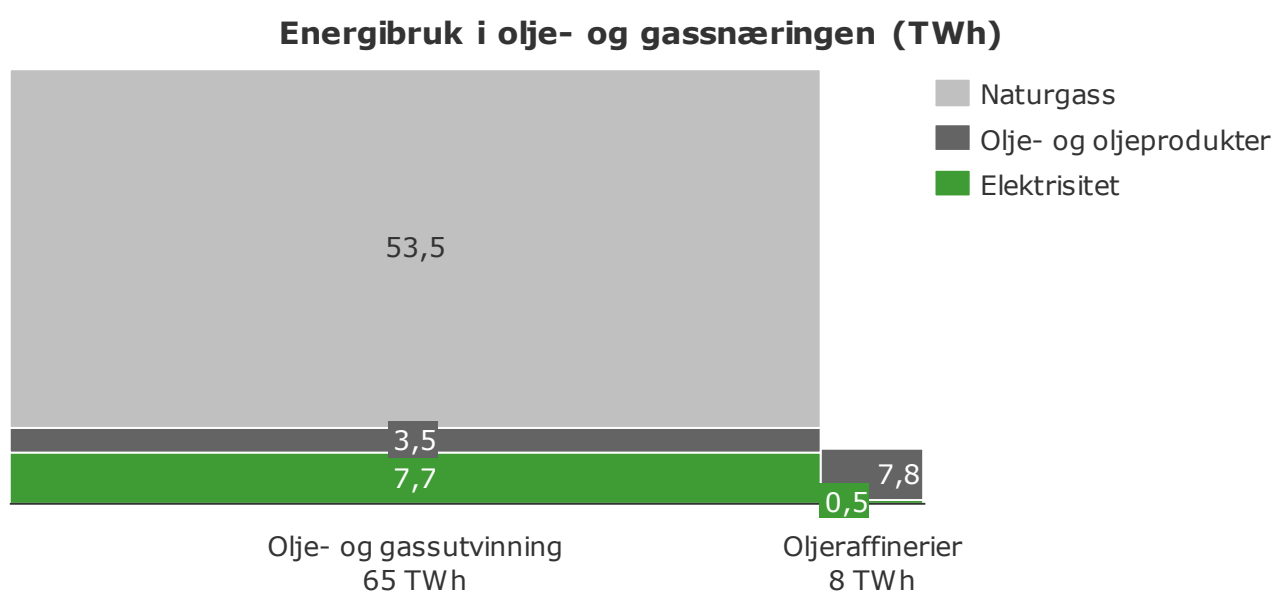
Økt kunnskapsdeling på tvers av bedrifter og næringer: Det foregår en rekke forsknings- og utviklingsprogrammer i industrien, men kunnskapen som kommer frem blir ikke nødvendigvis delt mellom selskaper eller på annen måte gjort kjent. Her finnes det et betydelig potensial for å bli klar over hvilke lav- og nullutslippsløsninger som finnes. For å få til dette kan det innføres en direkte pengestøtte fra Enova – der bedrifter kan søke om midler til å øke sin kompetanse ved samarbeid på tvers av næringer.



4. OLJE- OG GASS

4.1. Energibruk i olje- og gasssektoren og muligheter til energiomstilling

Energi er en viktig innsatsfaktor i utvinning av olje og gass. I 2017 brukte olje- og gassnæringen rundt 73 TWh energi, mens produksjonen av olje og gass var over 2000 TWh. Energibruken går først og fremst til utvinning (65 TWh), mens raffineriene på Mongstad og Slagentangen brukte 8 TWh. Rundt ti prosent av energibruken i næringen er elektrisitet, resten er basert på fossile energikilder der naturgass er dominerende innen olje- og gassutvinning. I raffineriene er gass og avbrent koks de viktigste energikildene. Begge energivarene fremstilles som biprodukter fra raffineriprosessen.



Figur 4-1: Energibruk i olje- og gassnæringen er i hovedsak basert på naturgass og går til olje- og gassutvinning. Figuren viser fordeling av energibruk i 2017. Kilde: SSB

Hvor mye energi som må til for å utvinne og raffinere én enhet olje avhenger av hvor tilgjengelig oljen er i feltet den utvinnes fra og kvaliteten på oljen som hentes opp. Energien som brukes til utvinning av olje går til å (IPIECA, 2013):

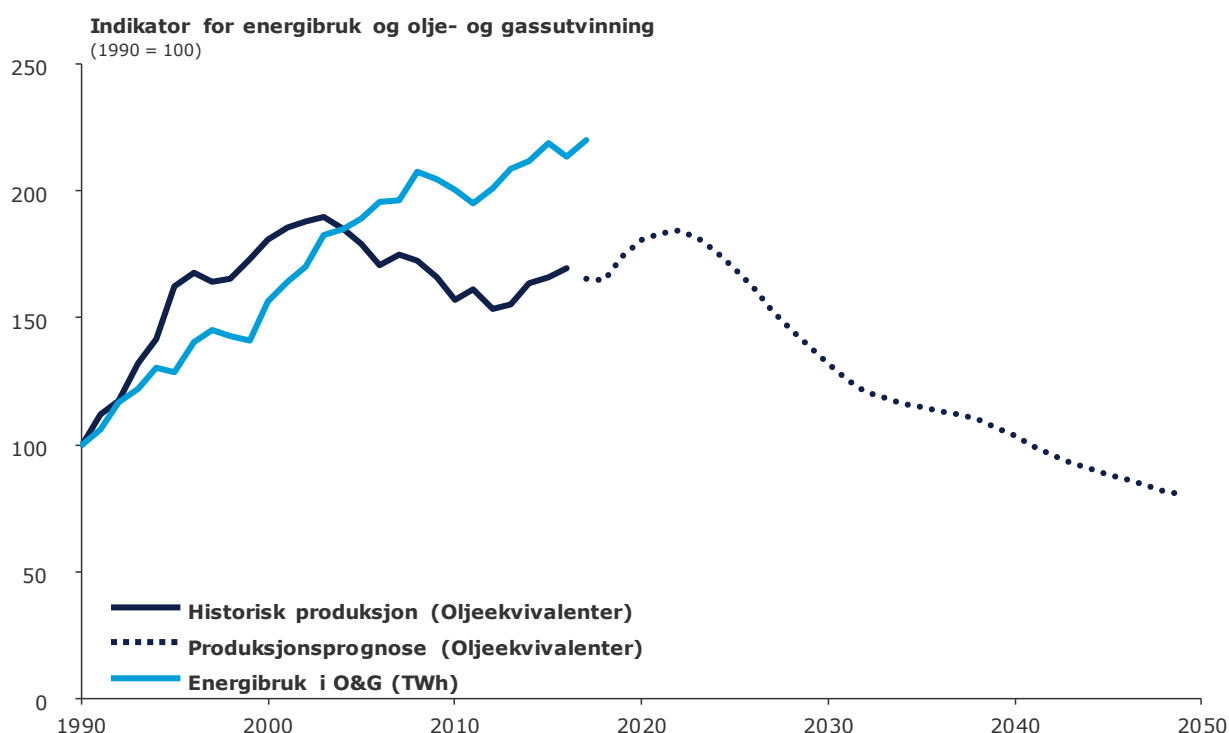
- Drive pumper som henter ut hydrokarboner og injiserer vann i feltet
- Oppvarming av produksjonsstrømmen for å skille ut vann fra olje og gass som hentes opp
- Dampproduksjon til trykkstøtte for å forlenge levetiden i et felt
- Drive kompressorer og pumper for transport av olje og gass gjennom rørledninger til prosesseringsanlegg
- Produksjon av elektrisitet og varme som trengs på plattformen

I et felts levetid er energibehovet per produsert enhet størst mot slutten. Det henger sammen med at det kreves like mye eller mer energi for drive plattformen, samtidig som oljeinnholdet i produksjonsstrømmen blir lavere jo mindre olje som er igjen i feltet.

Energibruk i norsk olje- og gassproduksjon

Oljedirektoratet publiserer prognoser for norsk olje- og gassproduksjon. Disse viser at produksjonen vil gå ned mot 2030 fordi flere store felt nærmer seg slutten av levetiden. Av de største feltene på norsk sokkel er det Ekofisk, Statfjord, Gullfaks og Sleipner Vest og Draugen som har hentet ut den største andelen av de opprinnelige ressursene (Oljedirektoratet, 2018). Samtidig har levetiden til flere felt blitt utvidet underveis i driftsperioden. På 1990-tallet var det for eksempel forventet at Gullfaks skulle legges ned tidlig på 2000-tallet, men reinvesteringer i feltet har utvidet levetiden. Nå er det forventet at Gullfaks kan være i drift til rundt 2040 (Sysla, 2018).

I sum forventer Oljedirektoratet at olje- og gassproduksjonen på norsk sokkel vil øke frem til begynnelsen av 2020-tallet, før produksjonen går ned med 25 prosent til 2030.



Figur 4-2: Utvikling i energibruk, olje- og gassutvinning og Oljedirektoratets prognose mot 2050. Kilder: SSB og Nasjonalbudsjettet 2019.

Uten tiltak for energieffektivisering eller utslippsreduksjoner på andre måter vil klimagassutslippene fra norsk olje- og gassutvinning gå opp per produsert enhet mot 2030. I avsnittene under følger en oversikt over aktuelle og mulige tiltak for å redusere utslippene.



Kraft fra land

Samlet energibruk til olje- og gassutvinning går som regel ned hvis felt forsynes med kraft fra land i stedet for lokal produksjon. Det henger sammen med at virkningsgraden i gassturbiner på plattformer gjerne er lav.

Høye kostnader og grad av teknisk egnethet er imidlertid en vesentlig barriere for å koble felt til kraftnettet på fastlandet. De mest egnede feltene er nyetablerte felt med selvstendig innretning og mulighet for kraftoverføring via vekselstrømforbindelser. Med unntak av Johan Sverdrup, er det ikke forventet mange slike utbygginger de neste årene. Felt med havbunnsinnretning, som Johan Castberg, er svært dyre og teknisk uegnet til å drives med kraft fra land og derfor lite aktuelle (Miljødirektoratet, 2015).


Høye kostnader til tross har kraftforbruket på norsk sokkel økt betydelig de siste ti årene og myndighetene forventer videre vekst. NVE legger til grunn at kraftforbruket stiger fra dagens nivå rundt på 8 TWh til i overkant av 10 TWh i 2020 og 13 TWh i 2025 (NVE, 2018). De viktigste driverne bak historisk vekst og forventninger om videre økning er at flere plattformer de siste årene har erstattet naturgass med elektrisitet fra land, som energiforsyning. Feltene Ormen Lange, Snøhvit, Troll A, Gjøa, Goliat, og Valhall drives i dag alle med kraft fra land. Når Martin Linge og Johan Sverdrup kommer i produksjon vil de også ha kraftforsyning fra fastlandet, og det skal etableres en områdeløsning for Utsirahøyden senest innen 2022. Da skal feltene Edvard Grieg, Ivar Aasen og Gina Krog koble seg på. Landanleggene Kårstø, Kollsnes, Melkøya LNG og Nyhamna får også helt eller delvis kraft fra strømmettet, se Figur 4-3. I tillegg til disse anleggene, har Equinor varslet at de vurderer elektrifisering av Troll C og Sleipner feltcenter med den tilknyttede Gudrun-plattformen i Nordsjøen (Equinor, 2018).



Figur 4-3: Oversikt over installasjoner på norsk sokkel som får kraftforsyning fra land. Kilde KonKraft

Kraftforsyning fra lokalt produsert vind

Etablering av vindkraft nær en plattform er et alternativ til å hente kraft fra land. Lokalt produsert vindkraft kan bidra til den generelle energiforsyningen på en plattform, eller som skissert i det DNV GL-ledede industrisamarbeidet WIN WIN, bidra direkte med vanninjeksjon i felt. Fordelen med dette konseptet er at behovet for regulær kraftforsyning er lavere for vanninjeksjon enn generelt på en plattform.



Equinor utreder også muligheten for å forsyne Gullfaks og Snorre-feltene med kraft fra flytende havvindturbiner. Løsningen som vurderes består av 11 turbiner med 8 MW installert effekt. Disse vil dekke 30-40 prosent av feltenes energibehov (Equinor, 2018).

CCS offshore og hydrogen

Kombinasjonen av karbonfangst og -lagring (CCS) og hydrogen er en potensiell nullutslippsløsning for olje- og gassutvinning. En slik løsning kan bestå i fangst av CO₂ på plattformer og lokal lagring, eller at hydrogen fremstilles med CCS på fastlandet og transporteres til plattformene. Det er også teknisk mulig å benytte hydrogen som brenngass i gasturbiner offshore. Hvor høy innblandingsgrad som er mulig varierer mellom turbinteknologiene som er i bruk, men opptil 75-85 prosent lar seg gjennomføre.

Det er imidlertid flere ulemper med en slik løsning. I KonKrafts gjennomgang av alternative energiløsninger for norsk sokkel listes disse punktene som ulemper (Konkraft, 2016):

- Vekt og størrelse på nødvendig utstyr gjør det kostbart å fange CO₂ lokalt på installasjonen
- De fleste felt er små i forhold til energiforbruk og CO₂ utslipp
- Feltene ligger spredt noe som gjør logistikken knyttet til transport av CO₂ eller hydrogen fra og til installasjonen krevende
- For eksisterende felt i drift vil en lokal CO₂ fangstløsning sannsynligvis kreve at man bygger en ny plattform ved siden av den eksisterende.

Energibruk i raffinerier

Det er to oljeraffinerier i Norge, Mongstad og Slagentangen. Førstnevnte er det største og også det største punktutslippet for klimagasser i Norge. Raffineriet eies av Equinor og er gjennom rørledninger direkte knyttet til felt på sokkelen, råoljeterminalen på Sture og gassprosesseringsanlegget på Kolsnes. Når Johan Sverdrup settes i drift i 2019 skal oljen leveres til Mongstad. Mongstads prosesskapasitet er 12 millioner tonn råolje per år. Slagentangen eies av Exxon mobil og har en årlig prosesskapasitet på 6 millioner tonn råolje.

Aktuelle nullutslippsløsninger i raffinerier

Energibehovet i raffineriene er først og fremst varme til prosessen med å omdanne råolje til ulike petroleumprodukter. I forbindelse med Klimakur 2020 utredet Oljedirektoratet muligheten for bruk av elektrisitet i prosessen, men konkluderte med at det var lite hensiktsmessig. Det er imidlertid potensial for delelektrifisering av raffineriene, noe som ville redusert klimagassutslippene (Oljedirektoratet, 2010).

Hydrogen produseres i dag i forbindelse med raffineringprosessen. På sikt kan det være behov for mer hydrogen på Mongstad, noe som gjør det aktuelt å etablere produksjon av hydrogen på stedet. Produksjonen kan da komme fra naturgass med eller uten CCS, eller via elektrolyse.

4.2. Kvantifiserte energiomstillings- og miljøtiltak

Klimagassutslippene knyttet til olje- og gassutvinning utgjorde i 2017 en fjerdedel av norske utslipp. Som omtalt over er utslippene knyttet til energibruk i utvinningsprosessen. Kilden til denne energien er i stor grad gass som utvinnes i feltet. Nærliggende løsninger for utslippsreduksjoner er energieffektivisering, å erstatte gass med kraftforsyning fra fastlandet eller å etablere fornybar kraftproduksjon nær plattformen.

Utslippene per MWh anvendt fossil energi på sokkelen er omtrent 0,25 tonn CO_{2e}. For at et utslippsreducerende tiltak skal være lønnsomt må CO₂-avgift, kvoteprisen og inntekter for økt fremtidig gassalg være høyere enn investeringskostnaden for tiltaket.

Med dagens priser og avgifter kan grensen for lønnsomme tiltak røft anslås til 300 kroner per sparte MWh fossil energibruk⁷. Hvilke forutsetninger som legges til grunn for energipris, CO₂-utgifter, diskonteringsrente og hvor lang tid det er til gassalget kan øke påvirker lønnsomhetsgrensen.

For energibruken i olje- og gassektoren peker DNV GL i denne rapporten på aktuelle tiltak for å redusere klimagassutslippene.

Energieffektivisering (Potensial: Ikke kvantifisert)

Miljødirektoratet har beskrevet rammevilkårene og potensialene for energieffektivisering i olje- og gassutvinning. Der angis det at gjennom forurensingsloven stilles det krav om kontinuerlig, systematisk og målrettet vurdering av tiltak som kan bidra til en mest mulig energieffektiv produksjon og drift av olje- og gassinstallasjoner. Miljødirektoratet følger opp kravet gjennom tilsyn med virksomhetene.

Miljødirektoratet har anslått at energieffektivisering kan redusere klimagassutslippene med rundt 1 million tonn CO₂-ekvivalenter fra 2020 til 2030. Det ville tilsvart en nedgang i utslippene på 5-10 prosent og redusert energiforbruk på i underkant av 4 TWh. Miljødirektoratet understreker selv at anslaget er grovt, og at det er nødvendig med en grundigere utredning for å finne de faktiske potensialene for energieffektivisering i sektoren.

Oljedirektoratet, som har ansvar for fremskrivinger av klimagassutslipp i olje- og gassektoren, legger til grunn en teknologjustering i sine utslippsprognoser. Det innebærer at en viss grad av effektivisering allerede er lagt til grunn i myndighetenes utslippsbaner (Miljødirektoratet, 2015).


På grunn av usikkerheten rundt Miljødirektoratets anslag og hva Oljedirektoratet legger til grunn i sine utslippsfremskrivinger har DNV GL ikke kvantifisert effektiviseringspotensialet på norsk sokkel.

Kraftforsyning fra fastlandet (Potensial: 7-8 TWh)

Antakelsene i utviklingsbanen for olje- og gassnæringen om kraftforsyning fra land er basert på NVEs fremskriving frem til 2025. Etter det synker kraftforbruket i NVEs fremskriving noe mot 2030, mens det i denne rapporten forutsettes kraftforbruket vil øke svakt mot 2040.

NVEs fremskriving er basert på produksjonsprognoser for sektoren, fremskrivinger fra Gassco og direkte kontakt med aktører i næringen. Produksjonsprognosene er basert på kjent informasjon om levetiden til eksisterende felt, og sier at flere felt skal legges ned på 2020-tallet. Det gir redusert energibehov og

⁷ Gitt en gasspris på 250 NOK/MWh, kvotepris på 200 NOK/tonn og CO₂-avgift på 500 NOK/tonn.



lavere kraftbruk. Ofte forlenges imidlertid levetiden ved at det gjøres investeringer rettet mot å hente ut mer av de kjente olje- og gassressursene, noe som gir en senere nedgang i energibruken.

Utviklingsbanen i denne rapporten er basert på at kraft fra land er en kjent og utprøvd løsning for å redusere klimagassutslippene fra olje- og gassnæringen. Om Norges ambisjoner om å bli et lavutslippssamfunn skal oppfylles må utslippene fra olje- og gassutvinning reduseres. Med bakgrunn i dette er det ikke utenkelig med en viss økning i kraftforbruket på sokkelen innen 2040. Hvilke felt som er mest egnet for kraft fra land er ikke konkretisert i denne analysen.

I tall er det forutsatt en dobling av kraftbruken i petroleumsnæringen fra 2016 til 2040. Det innebærer en økning fra dagens nivå på 8 TWh til 15 TWh i 2040, noe som er 2,5 TWh høyere enn NVEs bane.

Kraftforsyning fra lokal produksjon (Potensial: 5 TWh)

Equinor planlegger investeringsbeslutning på Tampenprosjektet i 2019. Med 88 MW vindkraft kan dette bidra med rundt 0,5 TWh årlig kraftproduksjon. Equinor oppgir at prosjektet kan gi en reduksjon i CO₂-utslipp på 200 000 tonn per år, og investeringskostnaden er antatt å være rundt 5 milliarder NOK. Kostnaden per tonn reduserte CO₂-utslipp avhenger av levetiden på feltene Tampenprosjektet skal forsyne, men kan med disse estimatene konkurrere med tiltakskostnadene knyttet til kraftforsyning fra land. Tilsvarende utbygginger kan i fremtiden bli aktuelle også i forbindelse med andre felt. Oljeselskaper kan anse vindkraft ved plattform som interessante nye forretningsområder, at det har en strategisk verdi å forsyne feltene med fornybar energi eller at det investeres i flere pilotanlegg. DNV GL har skjønnsmessig anslått potensialet for vindkraftproduksjon ved plattform til 5 TWh i 2040.

Hydrogen (Potensial: 1-2 TWh)

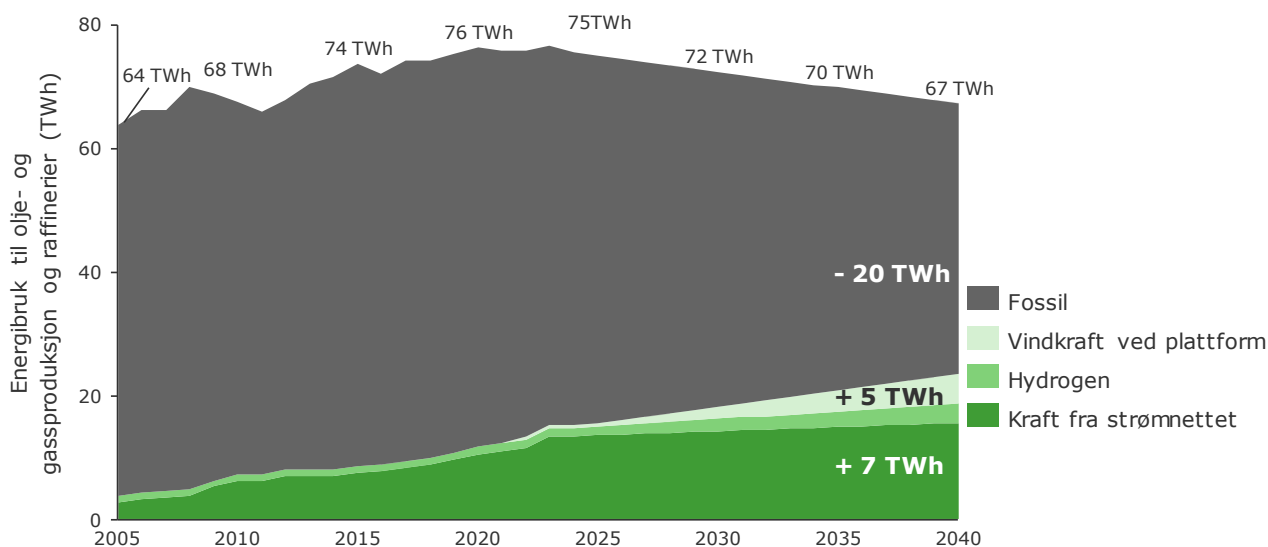
Hydrogen utvinnes og brukes i raffineriprosesser og kan være en erstatning for naturgass som energikilde i forbindelse med olje- og gassproduksjon.

I utviklingsbanen er det lagt til grunn at hydrogenbehovet i raffineriene øker på 2020-tallet. Økningen henger sammen med at det skal legges til rette for raffinering av olje fra nye felt og at fremstilling av biodrivstoff er hydrogenkrevende prosesser.

I dag anvendes rundt 1 TWh hydrogen i raffineriene, og i utviklingsbanen er det anslått at bruken innen olje- og gassnæringen øker til 3 TWh innen 2030. Dersom hydrogen fremstilles ved hjelp av elektrolyse kan økningen i kraftetterspørselen anslås til 3-5 TWh.

4.3. Utviklingsbane for energibruk og utslipp

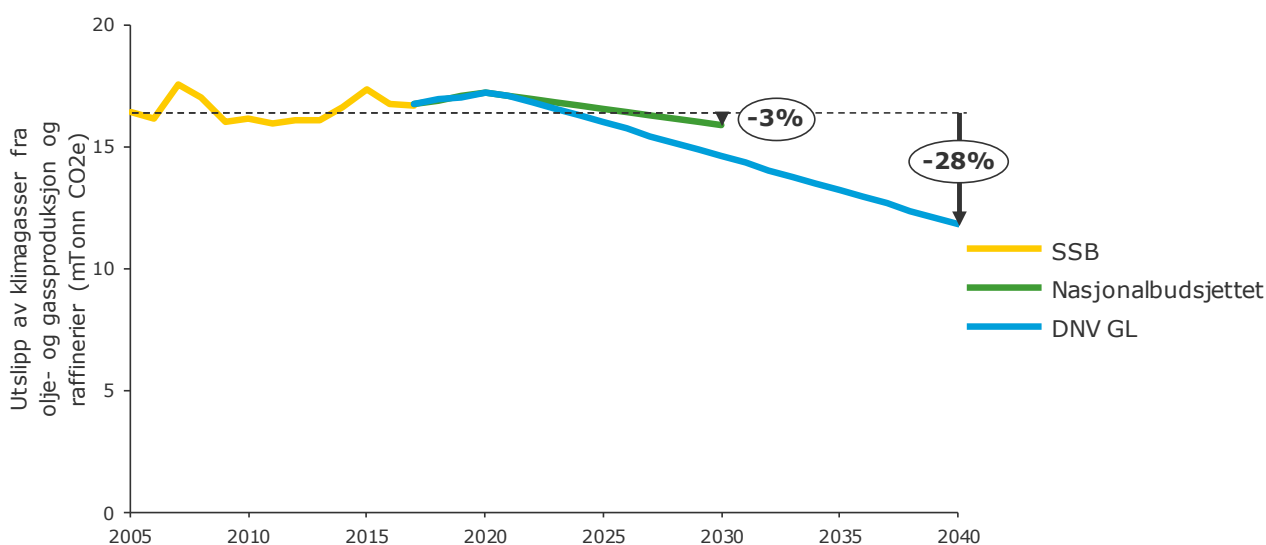
I utviklingsbanen for energibruk i olje- og gassnæringen går samlet energibruk ned med 6 TWh fra 2017 til 2040. Bruken av fossil energi går ned med rundt 20 TWh, mens kraftforbruket øker 12 TWh. Endringen i sammensetningen av energibruk drives frem av økt bruk av kraft fra land og forutsetning om mer vindkraftproduksjon i forbindelse med plattformer.



Figur 4-4: DNV GLs fremskriving for energibruk knyttet til olje- og gassutvinning og raffinerivirkosomhet. Tallene til høyre i figuren viser endring i energibruk fra 2017 til 2040 for de enkelte kildene.

Energibruksbanen påvirker utslippene fra olje- og gassnæringen i Norge. De siste årene har klimagassutslippet vært rundt 16-17 mTonn CO₂e fra olje- og gassutvinning og raffineriene. Myndighetenes utslippsfremskriving tilsier en svak økning i de kvotepliktige utslippene fra olje- og gassutvinning frem til 2020, men at de deretter vil gå svakt ned mot 2030. Nedgangen i utslipp på 2020-tallet henger sammen med økt bruk av kraftforsyning fra fastlandet og nedgang i produksjonsvolumet.

Utviklingsbanen i rapporten følger myndighetenes fremskriving frem til 2020, men utslippsreduksjonen er noe høyere fra 2020 til 2030 enn hva som legges til grunn i Nasjonalbudsjettet 2019. Den viktigste grunnen til forskjellen er at det i denne rapporten forutsettes en svak nedgang i bruk av naturgass i forbindelse med oljeutvinning fra 2020. Naturgass erstattes av kraftforsyning fra land og etterhvert fornybar energi fra vindkraft produsert i tilknytning til plattformene. NVE legger til grunn at kraftuttaket fra fastlandet er 13 TWh i 2030, mens det i utviklingsbanen er antatt et kraftforbruk fra land og lokalprodusert vindkraft som er 2-3 TWh høyere. Gitt at denne elektrisiteten erstatter naturgass og ikke kommer i tillegg til eksisterende bruk, kan forskjellen forklare at utviklingsbanen i rapporten har omtrent 1,5 mTonn CO₂e lavere utslipp enn fremskrivingen fra Nasjonalbudsjettet 2019.



Figur 4-5: Estimerte utslipp fra olje- og gassnæringen i Norge. Statistikk fra SSB, DNV GLs fremskriving og Nasjonalbudsjettet 2019⁸. Kilder SSB/Nasjonalbudsjettet 2019/DNV GL

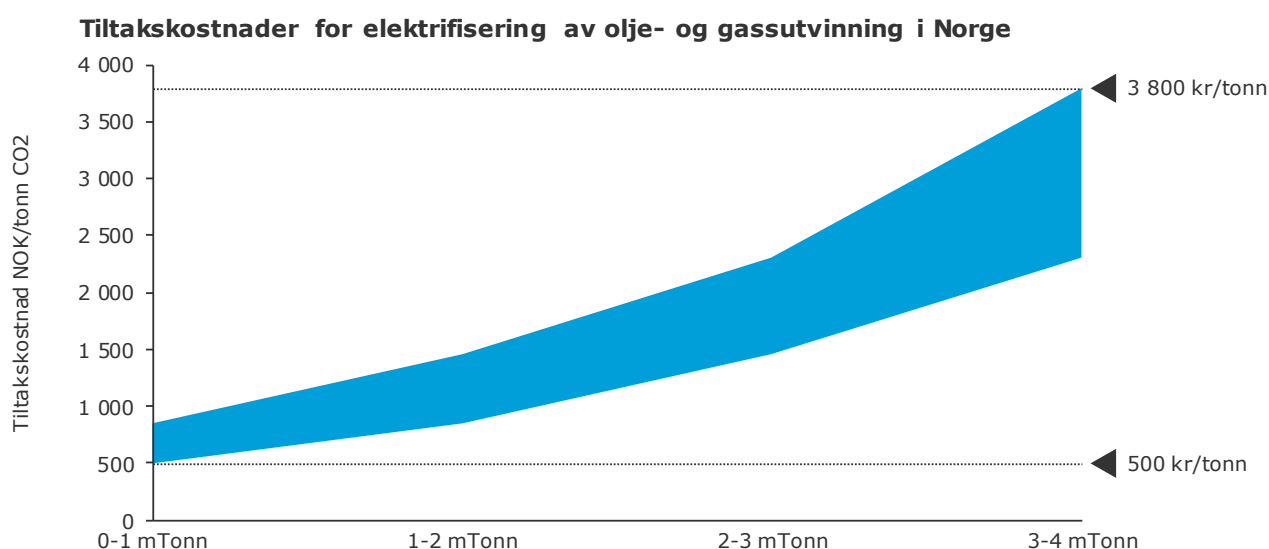
Mot 2040 har DNV GL lagt grunn videre utbygging av vindkraft ved plattformer. Det gir til sammen 5 TWh vindkraftproduksjon ved olje- og gassfelt, og er den sterkeste bidragsyteren til utslippsreduksjoner på 2030-tallet.

⁸ Fremskrivingene i Nasjonalbudsjettet dekker kun kvotepliktige utslipp innen olje- og gassproduksjon. For å gjøre utslippsbanene sammenliknbare er det lagt til 1 mTonn CO₂e for ikke-kvotepliktige utslipp i olje- og gassproduksjon og 2 mTonn CO₂e for utslipp fra raffineriene.

4.4. Kostnader ved tiltak og nødvendige virkemidler

Anslagene for hvor mye det koster å elektrifisere olje- og gassutvinning spriker. For olje- og gassektoren må utslippskostnaden gjennom den norske CO₂-avgiften og det europeiske kvotemarkedet være høyere enn tiltakskostnaden for at elektrifisering skal være bedriftsøkonomisk lønnsomt.

I 2018 er avgiftsatsen satt til 1,06 kroner per standardkubikkmeter gass eller liter olje eller kondensat. For naturgass som forbrennes vil dette tilsvare 453 kroner per tonn CO₂ (Norsk Petroleum, 2018). Prisen på utslippsrettigheter gjennom det europeiske kvotemarkedet har i 2018 variert mellom 100-200 kroner/tonn, som gir en samlet CO₂-utgift for oljenæringen på 6-700 kr/tonn CO₂. Oljedirektoratet har anslått kostnadene for elektrifisering til å være fra 500-3800 kr/tonn.



Figur 4-6: Tiltakskostnad for å fjerne CO₂ utslipp fra norsk sokkel gjennom å forsyne feltene med kraft fra land. Kilde: Oljedirektoratet

Tiltakskostnaden for vindkraftutbygginger ved plattform er usikre fordi teknologien aldri er blitt testet ut. Inntektssiden i slike prosjekter er representert ved at reduserte CO₂-utslipp gir lavere avgiftstrykk, samtidig som gass som ellers ville blitt brukt til å drifte utvinningen kan selges på markedet. Kostnaden ved å etablere flytende havvind ved plattformer er derimot usikker, men per i dag er den betydelig høyere enn de isolerte inntektene knyttet til slike prosjekter.

Virkemidler

Olje- og gassnæringen er underlagt EUs kvotesystem. I tillegg står næringen overfor en CO₂-avgift på utslipp som i dag tilsvarer en kostnad på utslipp i størrelsesorden 600-700 NOK/tonn. Næringen anses å stå overfor sterke insentiver for å redusere sine utslipp.

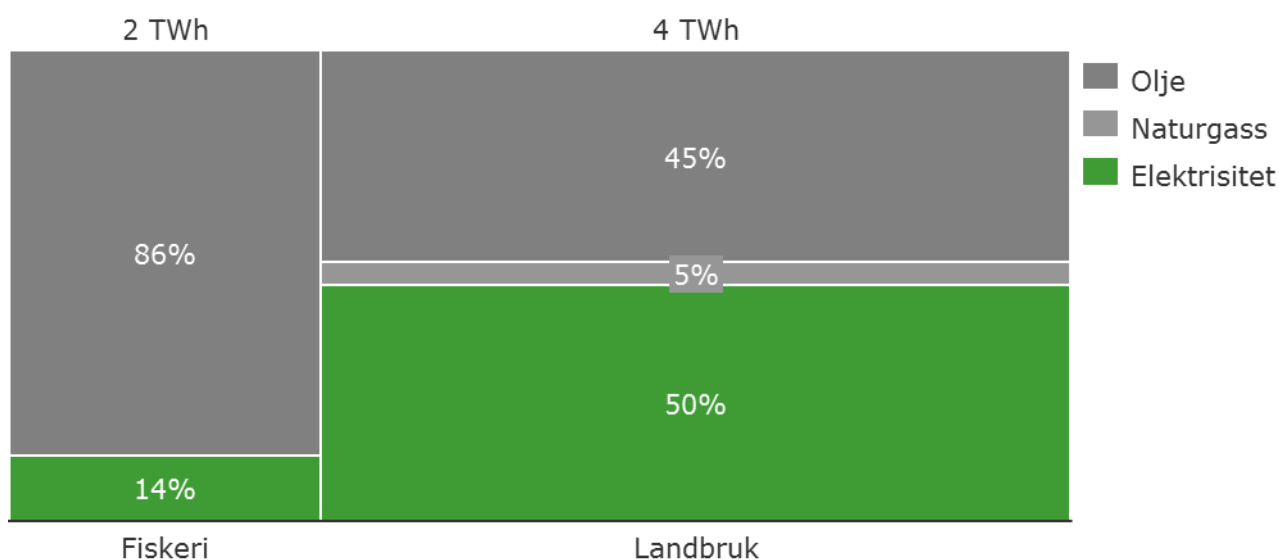


5. LANDBRUK OG FISKERI

5.1. Energibruk i fiskeri- og landbruksnæringen og muligheter til energiomstilling

I 2016 var samlet energibruk til næringen på 5,1 TWh. Dette tilsvarer i underkant av 2 prosent av det samlede energiforbruket i Norge. Til tross for et relativt begrenset energiforbruk sto næringen for omtrent 10 prosent, rundt 7 M tonn CO_{2e}, av de samlede norske klimagassutslippene i samme periode.

Landbruks og fiskerinæringen i denne rapporten omfatter all energibruk til landbruk og fiskerinæringen, inkludert drivstoff til nærtransport (traktorer, fiskeoppdrettsfartøy). Dette er i henhold til SSBs avgrensning av landbruks og fiskerisektoren som benyttes i fremstillingen av historiske energiforbruket i fastlands-Norge (SSB, 2018). En nærmere beskrivelse av energiforbruk og utslipp følger under figuren som viser fordelingen av energibruk i landsbruks- og fiskerinæringen i 2017.




Figur 5-1: Energibruk i landbruks- og fiskerinæringen i 2017. Kilde: SSB, 2018.

Landbruk

Energibruk i landbruk er knyttet til planteformering og vekster, husdyrhold, dyrkning av mark og skogbruk. Bedriftene innenfor landbruket hadde en samlet energibruk i på 3,4 TWh i 2017, der elektrisk kraft utgjorde 52 prosent. Den resterende energibruken ble i all hovedsak dekket av ulike oljeprodukter. I veikart for norsk landbruk fremheves også ambisjonene om et klimasmart landbruk, nullutslipp fra transport knyttet til sektoren og økt utnyttelse av bærekraftig biomasseproduksjon i 2050 (Norsk Landbrukssamvirke, NHO og Norges Bondelag, 2018).

Norsk landbruk har vært gjennom en stagnasjonsperiode de siste tiårene. Antall årsverk, og gårder, har blitt drastisk redusert mens den samlede produksjonen har i stor grad blitt opprettholdt. Denne trenden forventes å avta, og at antall gårder holder seg stabilt rundt dagens nivå. Etterspørselen etter produkter fra norsk landbruk blir i stor grad styrt av befolkningsvekst, matvaner og preferanser. Befolkningsvekt fører til, alt annet likt, en økt etterspørsel på anslagsvis 0,8 – 1 prosent per år frem mot 2050 (Norsk Landbrukssamvirke, NHO og Norges Bondelag, 2018). Økt fokus på klimagassutslipp kan føre til at vi ser et skift fra rødt til hvitt kjøtt, og fra kjøtt til mer grønnsaker. Alt dette vil ha en innvirkning på energiforbruket i sektoren. I fremskrivingene for denne næringen legges det til grunn at energibehovet i



næringen i liten grad vil bli preget av økt etterspørsel, da energieffektivisering og prosessoptimalisering i stor grad vil kompensere for økt produksjon. Utslippene vil derimot i stor grad avhenge av hvilke produkter som blir produsert. Landbruksdirektoratet anslår i deres miljøprogram en begrenset vekst i landbruket utover dagens nivå frem mot 2030 (Landbruksdirektoratet , 2018).

I 2017 tilsvarte utslipp fra jordbrukssektorene 6 millioner tonn CO₂e, av dette utgjorde utslipp knyttet til tarmgass fra husdyr 2,3 Mtonn, gjødsel 1,5 Mtonn, transport 0,5 Mtonn og andre utslipp 0,8 Mtonn (Miljøstatus, 2018; Norsk Landbrukssamvirke, NHO og Norges Bondelag, 2018). Landbruksdirektoratet legger i sitt miljøprogram for 2019-2022 til grunn tre tiltak for å redusere utslippene fra norsk landbruk: 1) Redusere utslipp av ammoniakk fra jordbruket, 2) Redusere klimagassutslippene fra jorder og 3) Øke opptak av karbon i jord (Landbruksdirektoratet , 2018).

Fiske

Energibruk i fiske er knyttet til tradisjonelt fiske og fiskeoppdrett, og utgjorde i underkant av 1,5 TWh i 2017 (SSB, 2018).

Fiskeri og fiskeoppdrett har vært raskt voksende næringer i Norge de senere årene (SSB, 2017). Prisen per tonn fisk har nesten firedoblet seg på ti år, noe som har ført til økt aktivitet i næringen (SSB, 2017). DNV GL forventer at veksten fortsetter, men avtar noe i størrelse, da veksten i stor grad har vært drevet frem av høyere markedspriser. Det er i fremskrivingene lag til grunn en samlet vekst i næringen på 1 prosent per år. Tross økonomisk vekst og økt produksjon, forventes det at energieffektivisering og elektrifisering i stor grad vil begrense den samlede veksten i energibruken.

Utslippene fra fiskeri sto for 0,3 Mt CO₂e i 2017. Potensialet for utslippsreduksjon er knyttet til elektrifisering og biomasse. Det meste av utstyret ute på anleggene kan elektrifiseres ved å koble til landstrøm og oppdrettsnæringen er godt i gang med å elektrifisere lokaliteter. Omlag 50 prosent av anleggene i dag er tilknyttet landstrøm, og DNV GL har i tidligere arbeid beregnet at opp mot 80 % av produksjonen ved norske oppdrettslokaliteter kan elektrifiseres lønnsomt eller til en relativt lav kostnad (DNV GL, 2018). Et tilsvarende potensial finnes ved å legge om drivstoffet til bio på fiskefartøy i oppdrettsnæringen. Reduksjon av klimagassutslipp kan enklest gjøre via følgende tre tiltak: 1) Elektrifisering av oppdrettsanleggene, 2) Elektrifisering av fiskeflåten og 3) Skifte ut fossilt med biogass/biodiesel som drivstoff til flåten

5.2. Kvantifiserte energiomstillings- og miljøtiltak

Landbruksnæringen, sammen med avfall, er den største enkeltnæringen som ikke er omfattet av det europeiske kvotesystemet. Regjeringen vurderer å innføre CO₂-skatt for næringen og skal etter planen ha et rammeverk på plass før utgangen av 1 kvartal 2019 (Regjeringen, 2018). I rapporten Landbruk og Klimaendringer fra 2016 (Klimautvalget, 2016) fremkommer det at det er et betydelig potensial for utslippskutt i norsk landbruk. Det anslås at samfunnsøkonomiske lønnsomme tiltak alene utgjør opptil 20 prosent utslippskutt i sektoren i 2030 sammenlignet med nivået i 2016 (Landbruksdirektoratet, 2018). I avsnittene under følger en oversikt over aktuelle tiltak som er lagt til grunn i fremskrivingene for landbruk- og fiskerinæringen.

Effektivisering:

Utslippene fra norsk landbruk har ligget stabilt rundt 4-5 Mt CO₂e siden starten av 1990. Utslippene til fiskerinæringen har imidlertid økt, som følge av økt aktivitetsvekst. Enkelte næringer inn under landbruk og fiskeri har oppnådd betydelig forbedringer med hensyn til energieffektivisering. Det resterende tekniske potensialet varierer stort mellom anlegg og næring. Energieffektiviseringstiltakene er i hovedsak lønnsomme, men det har vist seg at de likevel ikke alltid gjennomføres grunnet manglende prioritering, begrenset kunnskap osv. Følgende elektrifisering- og energieffektiviseringstiltak er lagt til grunn i fremskrivingene mot 2030 og 2040:

- Effektiv kunstgjødning av **jordbruksjord**. Mer effektiv gjødning i kornområder og grasmarker via stiespredning, gjødselplan etc. Klimautvalget har beregnet at tiltaket medfører et utslippspotensial på 140 000 tonn CO₂e årlig (Klimautvalget, 2016). Energibruken antas å være tilnærmet uendret.

Elektrifisering:

- Elektrifisering og effektivisering i **landbruket**. Utsifting av maskiner og annet material, samt effektivisering av driften, vil føre til et redusert energibehov i landbruket mot 2040. Endring i energibruken vil medføre at 0,5 TWh olje erstattes med 0,2 TWh elektrisk kraft. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 50 000 tonn CO₂e, som antas gradvis innfris innen 2040.
- Elektrifisering i **fiskeoppdrett**. DNV GL har gjennomført en kartleggingsstudie der en ser på potensialet for elektrifisering av oppdrettsnæringen (DNV GL, 2018). Resultatet av analysen viste til at 80 prosent av produksjonsanleggene kunne elektrifiseres, til en kostnad på under 650 kr per tonn CO₂e. Omleggingen vil føre til en endring i energibruken, som medføre at 0,3 TWh olje erstattes med 0,1 TWh elektrisk kraft. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 250 000 tonn CO₂e, som antas gradvis innfris innen 2030.
- Elektrifisering av **fiskebåter**. Omleggingen vil føre til en endring i energibruken, som medføre at 0,6 TWh olje erstattes med 0,2 TWh elektrisk kraft. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 250 000 tonn CO₂e, som antas gradvis innfris innen 2040.

Biomasse:

Ulike former av biokarbon er løftet som et av de viktigste virkemidlene for å få ned utslipp innen landbruk både for å erstatte fossile brenslere i stasjonær forbrenning og som innsatsfaktor. Følgende biomassetiltak er lagt til grunn i fremskrivingene for landbruk- og fiskerinæringen:

- Mineralolje og oljekjeler for reservelast blir erstattet med bioolje i **veksthusnæringen**. Tiltaket medfører at 50 GWh olje erstattes med biobasert olje. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 20 000 tonn CO_{2e}, som antas gradvis innfris innen 2040.
- Øke bruk av biogass/bioolje til erstatning for fossil olje i **landbruket**. Tiltakene innebærer at maskiner, reservelast og annet utstyr bygges om, evt. erstattes, med utstyr som kan benytte bio. Vi har anslått i størrelsesorden 0,2 TWh innen 2030 og at ytterligere 0,5 TWh innen 2040. Videre har vi beregnet at tiltaket vil kunne medføre en reduksjon i utslipp på 150 000 tonn CO_{2e} årlig i 2030 og 500 000 tonn CO_{2e} i 2040.
- Økt bruk av biodiesel på fiskefartøyene i **oppdrettsnæringen**. Det vil være svært kostbart å ombygge alle fartøyene til elektrisk drift, derfor er det anslått at enkelte av farkostene heller vil benytte biodiesel. Det er lagt til grunn at 0,85 TWh fossil olje vil bli erstattet med bio innen 2040. Utslippsreduksjonen som følge av dette tiltaket er estimert til 50 000 tonn CO_{2e} i 2040.
- Erstatning av naturgass med biogass i **veksthusnæringen**. Tiltaket medfører at 150 GWh naturgass erstattes med biogass. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial på 46 000 tonn CO_{2e}, som antas gradvis innfris innen 2040.
- Stans i nydyrking av myr. Miljødirektoratet har beregnet at tiltaket vil medføre et utslippsreduksjonspotensial tilsvarende 131 000 tonn CO_{2e} årlig.

Fjernvarme:

En liten andel gårder og gartnerier er i dag tilknyttet et fjernvarmeanlegg. Vi anslår at denne andelen kan øke frem mot 2040. I fremskrivingene er det lagt til grunn at 0,13 TWh olje til oppvarmingsformål erstattes med 0,1 TWh fjernvarme innen 2040. Tiltaket innebærer et reduksjonspotensial årlig på 40 000 tonn CO_{2e}

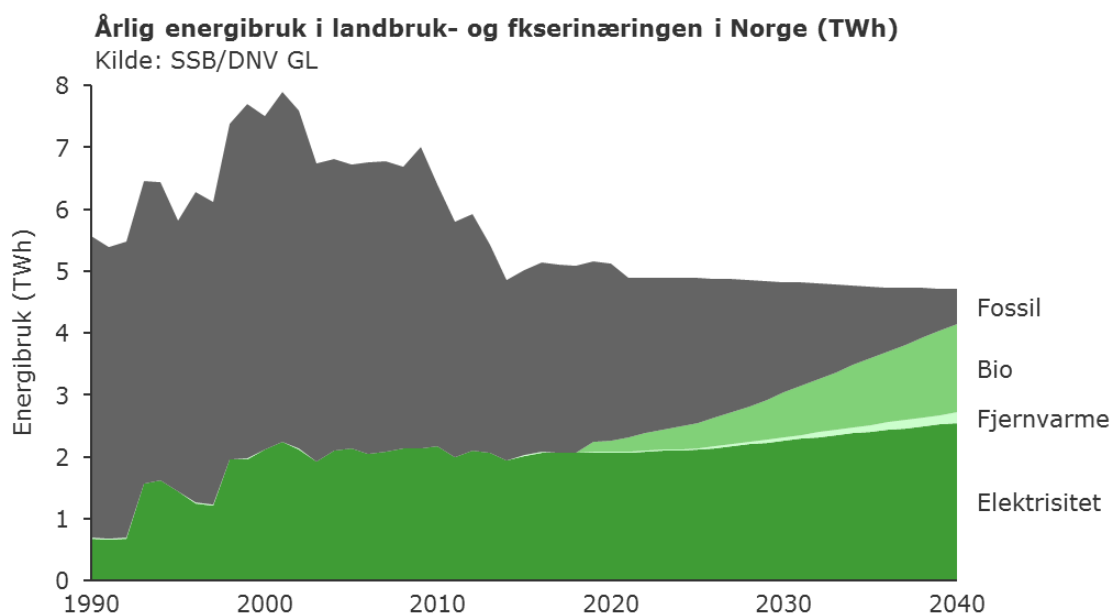
Planting og gjødsling av skog:

Den norske skogen har de siste årene i gjennomsnitt tatt opp 20-25 Mt CO_{2e} årlig. Dette bidrar til å redusere den totale konsentrasjonen av klimagassutslippet i atmosfæren. Tiltak for å øke opptaket av CO₂ har blitt foreslått, spesielt med tanke på å utslipp i landbrukssektoren, for å redusere det totale norske utslippet av CO₂ utslipp. Følgende biomasseplantingstiltak er lagt til grunn i fremskrivingene:

- Økt planting i **skogen**. Miljødirektoratet har beregnet av tiltaket har et utslippspotensial på 138 000 tonn CO_{2e} årlig. Energiforbruket antas å være tilnærmet ulikt.
- Gjødsling av **skog**. Miljødirektoratet har beregnet av tiltaket har et utslippspotensial på 240 000 tonn CO_{2e} årlig. Energiforbruket antas å være tilnærmet ulikt.

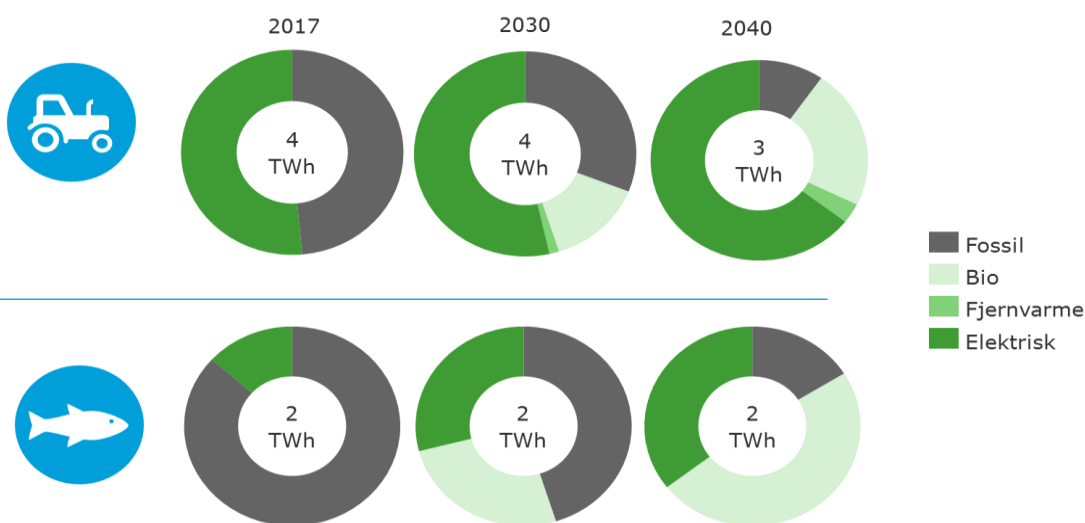
5.3. Utviklingsbane for energibruk og utslipp

DNV GL anslår at energibruken i landbruk og fiskeri har en moderat nedgang fra 5,1 TWh i 2017 til 4,7 TWh i 2040. Dette skyldes at fossil gass og olje blir erstattet av elektrisitet med høyere virkningsgrad. Endringen i sammensetningen av energibruk drives frem av økt aktivitet i fiskeindustri og en økt omlegging fra fossil til biokarbon og elektrisitet i landbruket.



Figur 5-2: DNV GLs fremskriving for energibruk knyttet til landbruk og fiskerinæringen. Tallene til høyre i figuren viser endring i energibruk fra 2017 til 2040 for de enkelte kildene.

Utviklingen i energibruk innen landbruk og fiskeri frem mot 2040 fremgår av figuren under. Begge næringene vil gjennomgå en betydelig endring i sine energibærere, og begge vil ha en stor vekst i bruken av biodrivstoff.



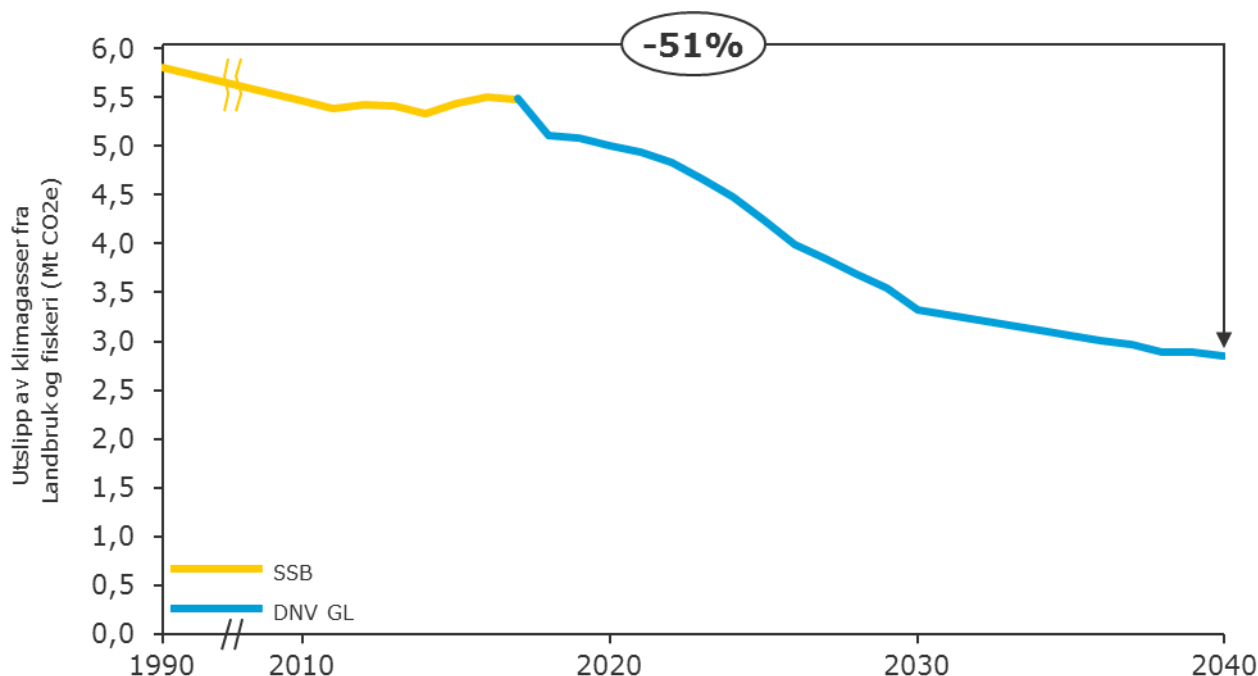
Figur 5-3: Oppdeling i energibruk per næringen frem mot 2040. Kilde: DNV GL.

Effekt på klimagassutslipp (1990-2040)

Landbruks- og fiskerinæringen sto for et samlet utslipp på 7 millioner tonn CO₂e i 2017. Dette utgjorde i overkant av 10 prosent av de samlede norske klimagassutslippene. Utslippene stammer hovedsakelig fra bruk av fossilt drivstoff, metan fra husdyr og nitrogen fra kunstgjødsel.

Klimagassutslippene til jordbrukssektoren har gått ned med 5,4 prosent fra 1990 til 2016, som i første rekke skyldes et redusert aktivitetsnivå. Hoveddelen av disse utslippsreduksjonene kommer fra reduksjon i antall husdyr. Regjeringen Solberg utnevnte i 2018 en arbeidsgruppe med mandat å utarbeide mål og virkemidler for å redusere klimagassutslipp fra jordbrukssektoren frem mot 2030. I mandatet til gruppen fremkommer følgende målsetning for landbruket; «*klimagassutslippene skal reduseres med 5 mill. tonn CO₂-ekvivalenter til sammen i perioden 2021 – 2030*» (Regjeringen, 2018). Jordbrukets innsats mot klimautslipp kan innebære å redusere direkteutslipp fra jordbruket, øke karbonlageret i jord eller ved å substituere for mer utslippsintensive produkter i andre sektorer (Klimautvalget, 2016). Det er store utfordringer knyttet til å redusere utslippene fra husdyrhold og bruk av gjødsel, da utslippene er utgjort av mange små punktutslipp fra ulike naturlige prosesser.

I framskrivningen av klimagassutslipp er det anslått at utslippene fra landbruks- og fiskerinæringen vil reduseres med 30 prosent 2030 og 50 prosent i 2040 sammenlignet med 1990. Den største delen av denne reduksjonen kommer fra omlegging fra fossilt- til biodrivstoff. Dette er i tråd med veikart for Norsk Industri, der de har ambisjonen om å kutte drivstoffutslipp med 50 prosent innen 2030 og fullstendig innen 2050 (Norsk Landbrukssamvirke, NHO og Norges Bondelag, 2018). Fremskrivningene forutsetter et ambisjonsnivå i mandatet for regjeringens tekniske arbeidsgruppe (Regjeringen, 2018) og nasjonalt miljøprogram (Landbruksdirektoratet, 2018) realiseres. Figuren under viser utviklingen i utslippsreduksjoner i landbruk- og fiskerinæringen fram mot 2040 gitt overnevnte forutsetninger.

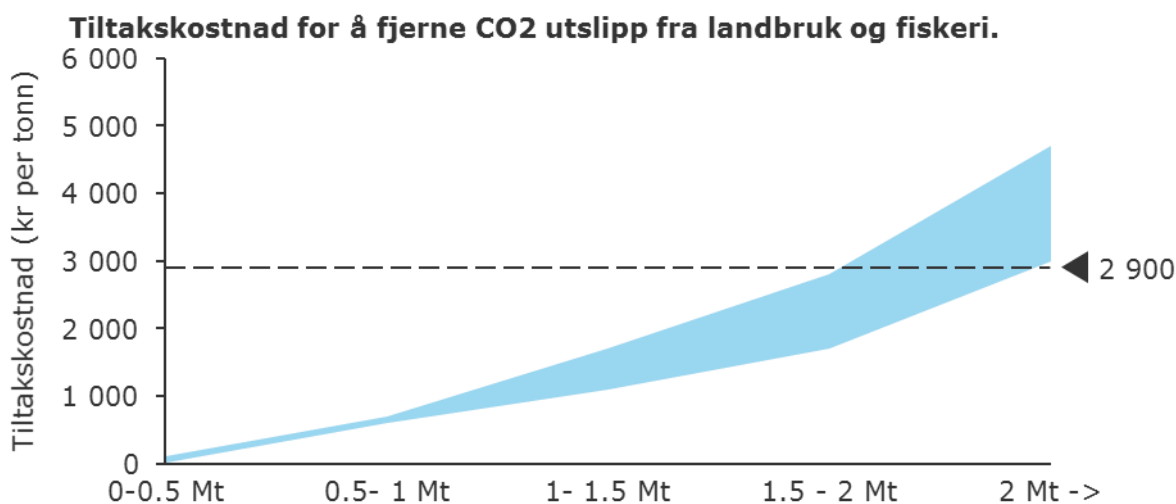


Figur 5-4: Estimerte utslipp fra landbruks- og fiskerinæringene i Norge. Statistikk fra SSB, DNV GLs fremskriving⁹. Kilder SSB/ DNV GL.

⁹ Fremskrivningene i Nasjonalbudsjettet dekker kun kvotepliktige utslipp innen industri og ikke kvotepliktig innen landbruk. For å gjøre utslippsbanene sammenliknbare er det lagt til 0.7 mTonn CO₂e for ikke-kvotepliktige utslipp i industrien.

5.4. Kostnader ved tiltak og nødvendige virkemidler

Tiltakene som er lagt til grunn har en kostnad i størrelsesorden 0 til 2900 kr per tonn CO₂e per år. DNV GL har anslått at det vil komme på plass et nasjonalt rammeverk innenfor sektorene innen utgangen av 2022, der klimagassutslipp vil få en kostnad. Dette vil bidra til at de rimeligste tiltakene (<500 kr per tonn) blir realisert innen 2030.



Figur 5-5: Tiltakskostnad for å fjerne CO₂ utslipp fra landbruk og fiskeri. Kilde: (Klimautvalget, 2016) , (DNV GL, 2017), (Landbruksdirektoratet , 2018) , (Miljødepartementet, 2018).

Virkemidler

Utviklingsbanen skissert i denne rapporten vil være en krevende bane å følge. Det antas at en slik utvikling vil kreve regulatoriske virkemidler, omstillingsvilje blant privatpersoner og profesjonelle aktører. I tillegg må det legges til rette for en utvikling mot et mer klimasmart landbruk og fiskeri. Dette avsnittet drøfter tiltak DNV GL anser som viktige for å realisere en klimagassreduksjon som skissert i de foregående avsnittene.

Økonomisk virkemidler

Øke satsingen og støtte til infrastrukturinvesteringer: Støtte til infrastruktur for elektrifisering av fiskeoppdrettsanlegg og etablering av biogasstasjoner til landbruket er nødvendig for at det skal være attraktivt med en overgang til nullutslippsløsninger. Slike investeringer er kapitalintensive, og dette kan være utfordrende for mindre aktører som selvstendig næringsdrivende (bønder). Spesielt vil anlegg som må lokaliseres langt unna eksisterende infrastruktur ha størst behov for direkte tilskudd for å bli realisert. Enova er her en viktig ressurs for å sikre finansiering og legge til rette for kunnskapsdeling.

Juridiske og regulatoriske virkemidler

Kostnad ved utslipp: Landbrukssektoren er verken omfattet av EUs kvotesystem eller den særnorske CO₂-avgiften. Et viktig steg på veien mot å kutte utslipp i jordbruket er å innføre et system der det innføres en kostnad ved utslipp. Her er CO₂ avgift et viktig virkemiddel.

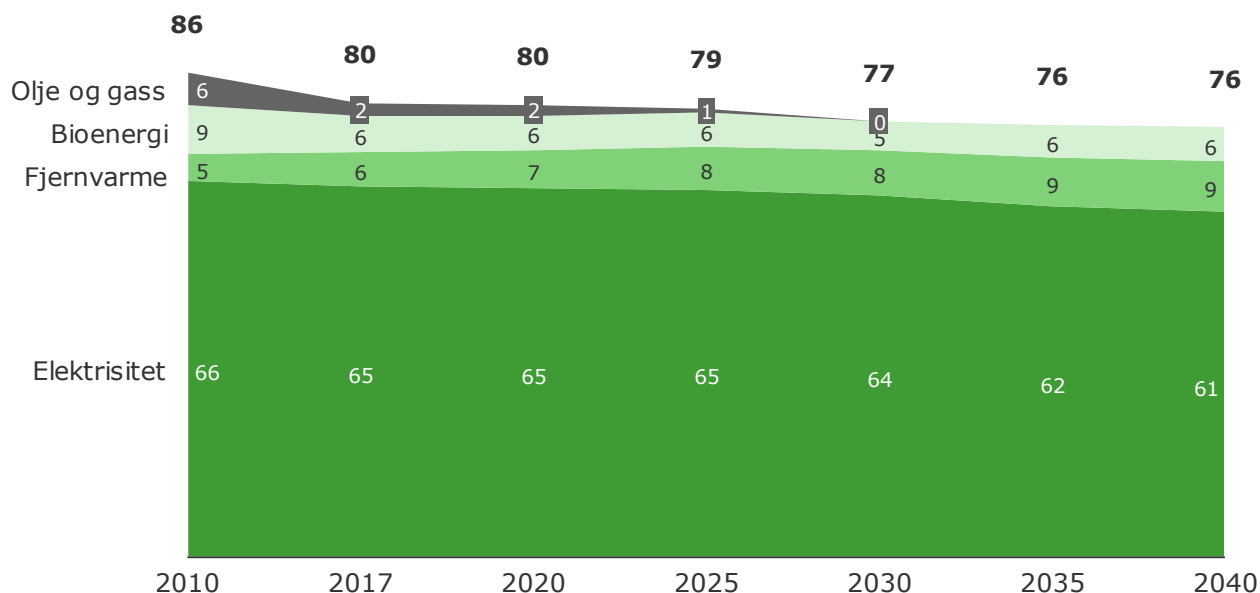


6. BYGG

Rundt to tredjedeler av energibruken i husholdninger er knyttet til oppvarming. I tjenesteytende næringer er andelen noe lavere (NVE, 2017). NVEs fremskriving viser at det innen oppvarming er særlig to trender som påvirker energibruken (NVE, 2018):

- **Strengere bygningstekniske krav** øker kvaliteten på hus og bygninger. Det reduserer energibehovet, og bidrar til at energietterspørselen ikke øker selv om befolkningstallet går opp.
- **Forbud mot bruk av mineralolje** og parafin i oljefyrer innføres fra 2020. Som følge av forbudet erstattes eldre oljefyrer med mer effektive oppvarmingsløsninger. Det gjør både at etterspørselen etter fossile brensler til oppvarming går ned, og at den samlede energibruken reduseres.

Figur 6-1 viser fremskriving av energibruk i bygg fram mot 2030 og 2040. Mer energieffektive bygninger og produkter gjør at energibehovet ikke øker selv om bygningsarealet går opp på grunn av befolkningsvekst.

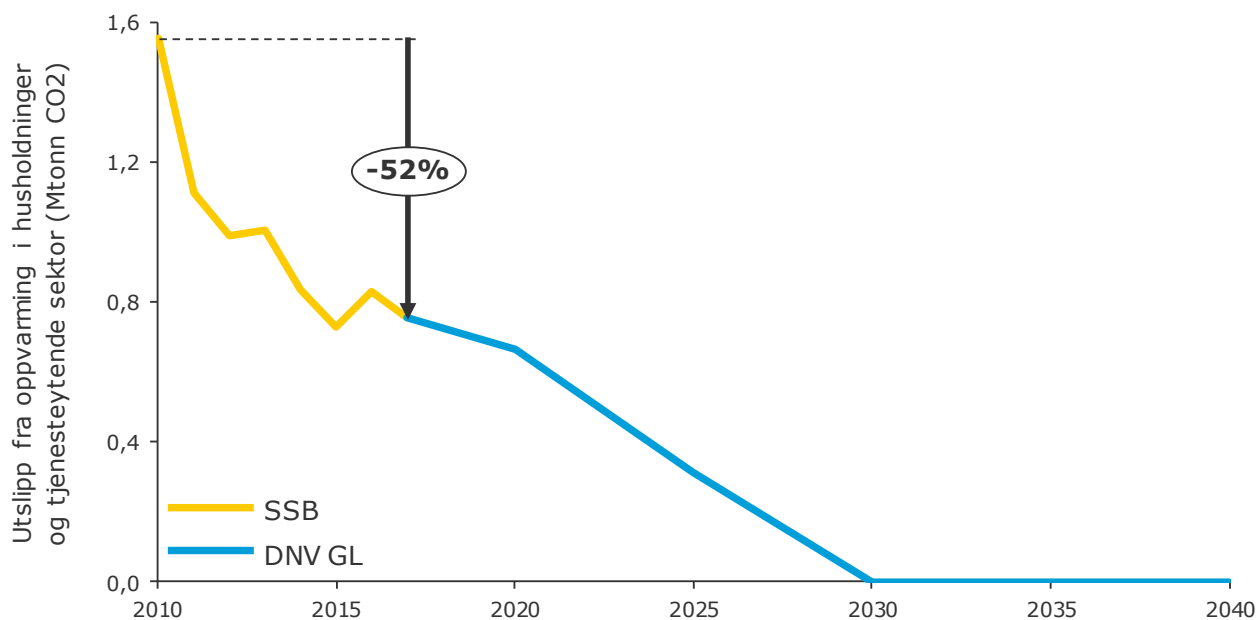


Figur 6-1: Fremskriving av energibruken i bygg til 2040. Kilde: SSB/DNV GL.

Oppvarming av bygg skjer gjennom bruk av panelovner, varmepumper, fjernvarme, vedovner eller olje/elkjeler. I denne fremskrivingen legger DNV GL til grunn at oljekjeler fases ut og bruken av panelovner og bioenergi reduseres. Fjernvarme og varmepumper erstatter de mindre effektive løsningene, og bidrar til redusert bruk av fossile brensler og elektrisitet.

Fjernvarme er antatt å øke fra dagens nivå på 6 TWh/år til 9 TWh/år i 2040. Veksten kan forklares med at det er mulig å øke utnyttelsesgraden av dagens fjernvarmeinfrastruktur ved å koble til flere bygninger. Fjernvarme spiller også en viktig rolle i å gjøre overgangen fra fossile energivarer til elektrisitet i andre sektorer så billig som mulig. Ved å øke bruken av fjernvarme til oppvarming, frigjøres kapasitet i distribusjonsnettene. Det åpner for elektrifisering av veitransport med potensielt reduserte nettkostnader.

Klimagassutslippene fra energibruk i bygg utgjør en liten andel av norske utslipp. Det henger sammen med at det meste av energibruken kommer fra elektrisitet, fjernvarme eller bioenergi. Når i tillegg bruk av fossile produkter i oljefyrer blir forbudt fra 2020, vil det gjøre byggsektoren nær utslippsfri.




Figur 6-2: Historiske utslipp fra oppvarming i husholdninger og tjenesteytende og forventet utvikling fram til 2040 Kilde: SSB/DNV GL

REFERANSER

- Avinor. 2018.** <https://avinor.no>. *Elfly i Norge* . [Internett] 2018. [Sisert: 31 10 2018.] <https://avinor.no/konsern/miljo-og-samfunn/elfly/elektriske-fly>.
- Bygg.no. 2018.** *Pon lanserer elektrisk CAT-graver på 25 tonn- veidekke har kjøpt den første maskinen*. [Internett] 2018. [Sisert: 12 11 2018.] <http://www.bygg.no/article/1341086>.
- Cleantechnica. 2018.** *Swedish Mining Equipment Manufacturer Will Be 100% Electric In 5 Years*. [Internett] 2018. [Sisert: 23 11 2018.] <https://cleantechnica.com/2018/11/20/swedish-mining-equipment-manufacturer-will-be-100-electric-in-5-years/>.
- Climate Homes News. 2017.** *Data centres of the world will consume 1/5 of Earth's power by 2025*. [Internett] 12 12 2017. <http://www.climatechangenews.com/2017/12/11/tsunami-data-consume-one-fifth-global-electricity-2025/>.
- Cushman & Wakefield. 2016.** *Data center risk report 2016* . s.l. : Cushman & Wakefield, 2016.
- Dagens Næringsliv. Løvås, Jostein og Martiniussen, Erik. 2014.** s.l. : Kraftkampen, 2014.
- Dahl, Kjetil. 2018.** *Grønne offentlige anskaffelser i transportsektoren*. 2018.
- **2018.** *Grønne offentlige anskaffelser i transportsektoren*. 2018.
- DNV GL. 2017.** *Kartlegging av muligheter for reduksjon av ikke-kvotepliktig utslipp gjennom elektrifisering i utvalgte sektorer*. [Internett] 2017. https://www.energinorge.no/contentassets/b3ab9d6e117e497ab414e11deb7f382/endelig-rapport---ikke-kvotepliktige-utslipp-i-utvalgte-sektorer-rev-0.1._.pdf.
- **2018.** *Energy Transition Outlook*. s.l. : DNV GL, 2018.
- **2018.** *Fullelektrisk fiskeoppdrett*. s.l. : Energi Norge og Sjømat Norge , 2018.
- **2019.** *Produksjon og bruk av hydrogen i Norge* . s.l. : Olje- og Energidepartementet, Klima og miljødepartementet, 2019. 2019-0039 .
- **2018.** *Rapport utslippsfrie byggeplasser*. s.l. : Oslo Kommune, 2018.
- **2014.** *Sammenstilling av grunnlagsdata om dagens skipstrafikk og drivstofforbruk*. 2014.
- Elkem. Personlig kommunikasjon.**
- Energi og Klima. 2018.** www.energiogklima.no. *Offshore vind – snart rasende billig!* [Internett] 30 Mai 2018. <https://energiogklima.no/blogg/offshore-vind-snart-rasende-billig/>.
- ENOVA. 2017.** *Norsk industri mot lavutslippssamfunnet*. 2017.
- Equinor. 2018.** *Ser elektrifiseringsmuligheter på norsk sokkel*. [Internett] 11 Juni 2018. https://www.equinor.com/no/news/11jun2018-electrification.html?utm_source=newssubscription&utm_medium=email.
- **2018.** *Utreder vindpark på Snorre og Gullfaks*. [Internett] Equinor, 28 August 2018. <https://www.equinor.com/no/news/27aug2018-hywind-tampen.html>.
- Forbes. 2107.** *Why Energy Is A Big And Rapidly Growing Problem For Data Centers*. [Internett] 12 2107. [Sisert:] <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2017/12/15/why-energy-is-a-big-and-rapidly-growing-problem-for-data-centers/#3a22473f5a30>.
- IPCC. 2018.** *Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways*. s.l. : Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.
- IPIECA. 2013.** *Saving energy in the oil and gas industry*. 2013.
- Klima- og miljødepartementet. 2018b.** *Innsatsfordelingsforordningen*. *Regjeringen.no*. [Internett] 23 10 2018b. [Sisert: 5 12 2018.] <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2016/sep/innsatsfordelingsforordningen/id2517921/>.
- Klimautvalget. 2016.** *regjeringen.no. Landbruk og klima- utredning fra arbeidsgruppe*. [Internett] 2016. <https://www.regjeringen.no/contentassets/416c222bde624f938710ff36751ef4d6/rapport-landbruk-og-klimaendringer---rapport-fra-arbeidsgruppe-190216.pdf>.
- Konkraft. 2016.** *Klima - norsk sokkel i endring*. 2016.
- Landbruksdirektoratet . 2018.** *Nasjonalt miljøprogram 2019-2022*. [Internett] 19 11 2018. https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/nasjonalt-miljoprogram/_attachment/72385?_ts=1674092d198&download=true.
- McKinsey&Company. 2018.** *Decarbonization of industrial sectors*. [Internett] 2018. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability%20and%20resource%20productivity/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.a>.
- Miljødepartementet, Klima- og. 2018.** *regjeringen.no*. [Internett] 4 10 2018. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/biodrivstoff-i-luftfarten/id2613122/>.
- Miljødirektoratet. 2015.** [Internett] 2015. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>.

- **2015.** Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030. Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. [Internett] 2015. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/>.
- **2018.** Klimakvoter. http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/klima/CO2_kvoter/. [Internett] 2018. [Sisert: 10 12 2018.]
- **2018.** *Klimatiltak i 2018-rapportering om Norges klimalov.* 2018.
- **2014.** *Konsekvenser av lave kvotepriser i EU ETS.* 2014. CL-2014-01, M-151/2014.
- **2017.** *Kunnskapsgrunnlag for utforming av klimapolitikk for industrien.* 2017. Rapport M-680.
- **2018.** Norske utslipp av klimagasser. *Miljøstatus.no* . [Internett] 10 09 2018. [Sisert: 10 12 2018.] <http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/>.
- Miljøstatus. 2018.** *Klimagassutslipp fra jordbruk* . [Internett] 2018. [Sisert: 03 12 2018.] <http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/klimagassutslipp-jordbruk/>.
- Norsk Fjernvarme. 2018.** *Fjernvarme.* [Internett] 2018. <http://www.fjernvarme.no/index.php?pageID=30&openLevel=3>.
- Norsk Industri. 2016.** *Veikart for prosessindustrien. Økt verdiskapning med nullutslipp i 2050* . [Internett] 2016. https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-sammendrag_web.pdf.
- **2016.** Veikart for Industrien. [Internett] 2016. https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-sammendrag_web.pdf.
- Norsk Landbruksamvirke, NHO og Norges Bondelag. 2018.** *Veikart 2050- fra landbruk, mat og drikkenæringen til utvalg for grønn konkurransekraft* . 2018.
- Norsk Petroleum. 2018.** *Utslipp til luft.* [Internett] 2018. [Sisert: 19 November 2018.] <https://www.norskpetroleum.no/miljo-og-teknologi/utslipp-til-luft/>.
- Norwegian. 2018** . Norwegian.no. [Internett] 30 10 2018 . <https://www.norwegian.no/om-oss/var-historie/flyene/>.
- NVE. 2014.** Bioenergi i Norge. [Internett] 2014. <http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/2014/>.
- **2017.** *Energibruk i Fastlands-Norge.* s.l. : NVE, 2017.
- **2018.** *Energibruk i Norge mot 2035.* Oslo : NVE, 2018. 978-82-410-1756-8.
- **2018.** *Kraftmarkedsanalyse 2018 - 2030.* s.l. : NVE, 2018.
- **2018.** *Strømforbruk i Norge mot 2035.* s.l. : NVE, 2018. ISBN: 978-82-410-1696-7.
- OFV. 2019.** *Bilsalget i 2018.* s.l. : Opplysningsrådet for veitrafikken (OFV), 2019.
- OFVAS. 2018.** *www.ofvas.no.* [Internett] Opplysningsrådet for Veitrafikken AS, 2018. <http://www.ofvas.no/bestselgerne-trendene-bilsalget-2017/tredje-storste-bilsalgsaret-i-historien-article775-752.html>.
- Oljedirektoratet. 2018.** Faktasider. *Oljedirektoratet.* [Internett] 30 November 2018. <http://factpages.npd.no/factpages/Default.aspx?culture=nb-no>.
- **2010.** *Klimakur 2020: Sektoriell tiltaksanalyse petroleumssektoren.* 2010.
- Regjeringen. 2018.** *Nasjonalbudsjettet 2019.* [Internett] 2018. <https://www.regjeringen.no/contentassets/b09f08d81c134eea92830aba435850db/no/pdfs/stm201820190001000dddpdfs.pdf>.
- **2018.** *Mandat for en teknisk arbeidsgruppe – jordbruk og klima.* [Internett] 2018. <https://www.bondelaget.no/getfile.php/13873434-1538639056/MMA/Bilder%20NB/Mat/Mat-%20og%20landbrukspolitikk/Milj%C3%B8%2C%20energi%20og%20klima/Klimaforhandlinger/Mandat%20for%20en%20teknisk%20arbeidsgruppe%20-%20jordbruk%20og%20klima.pdf>.
- **2019.** *Granavolden-plattformen.* 2019.
- **2018.** *Jeløya-plattformen.* 2018.
- **2017.** Nasjonal transportplan 2018–2029. [Internett] 2017. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/>. Meld. St. 33 (2016–2017).
- SSB. 2018** . *Produksjon og forbruk av energi, energibalanse.* [Internett] 2018 . <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse>.
- **2017.** *Nytt rekordår for oppdrettslaks* . [Internett] 2017. [Sisert: 03 12 2018.] <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/nytt-rekordar-for-oppdrettslaks>.
- Statnett. 2018.** *Langsiktig markedsanalyse - Norden og Europa 2018–2040.* [Internett] 2018. <https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/langsiktig-markedsanalyse-norden-og-europa-2018-40.pdf>.
- Stortinget. 2018.** *stortinget.no.* [Internett] 2018. [Sisert: 31 10 2018.] <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=73545>. Dokument 8:21 S (2018–2019).
- Sysla. 2017.** *I denne fabrikk vil de erstatte kull med hydrogen.* [Internett] 2017. <https://sysla.no/gronn/i-denne-fabrikk-vil-de-erstatte-kull-med-hydrogen/>.



—. **2018.** Sysla. *Equinor forlenger Gullfaks C-levetiden med nesten 20 år.* [Internett] 24 Mai 2018. [Sisert: 14 Desember 2018.] <https://sysla.no/offshore/torsdag-equinor-forlenger-gullfaks-c-levetiden-til-2036/>.

Teknisk Ukeblad. 2017. www.tu.no. *I 2021 vil Norge ha 60 ferger med batterier. Nå må Vegdirektoratet finne en standardløsning for lading.* [Internett] 29 Desember 2017. <https://www.tu.no/artikler/i-2021-vil-norge-ha-60-ferger-med-batterier-na-ma-vegdirektoratet-finne-en-standardlosning-for-lading/414997>.

Thema. 2018. *Teknologiutvikling og incentiver for klimavennlig næringstransport– med CO2-fond som virkemiddel.* 2018.

Transportøkonomisk institutt. 2014. *Vegen mot klimavennlig transport.* Oslo : Transportøkonomisk institutt, 2014. 0808-1190.





Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.