Oktober 2019

FOSSILFRITT NORGE

Hvordan fase ut fossil energi innen 2040

Naturvernforbundet

FORORD

Verden opplever stadig oftere ekstremtørke, skogbranner og vannmangel, noe vi også fikk merke tydelig på kroppen her hjemme i Norge og mange steder i Europa sommeren 2018. Året etter sto gamle varmerekorder for fall i flere europeiske land. Dette skjedde omtrent samtidig som det kom nye rapporter fra FNs klimapanel, som viser hvor dårlig tid vi har på oss for å sørge for omfattende utslippskutt – og konsekvensene dersom vi feiler. Kort sagt har klimatrusselen aldri vært mer alvorlig, og aldri før har vi hatt dårligere tid på å unngå den.

Trusselen mot verdens arter og naturmangfold er også økende. Arealendringer og nedbygging av natur er hovedårsaken, men også menneskeskapte klimaendringer er en stadig økende trussel mot naturen, både globalt, nasjonalt og lokalt. Uten robuste og sunne økosystemer vil det være umulig å bremse klimaendringene. Det er derfor helt avgjørende at vi greier å redusere og etter hvert fase ut den fossile energibruken på en måte som sikrer mangfoldet i naturen og fungerende økosystemer. Vi må velge tiltak for å fase ut fossil energibruk i lys av dette. FNs klimapanel og FNs naturpanel har lagt fram tydelige budskap om at det trengs rask og kraftfull handling, både for å kutte klimagassutslipp og for å redde vårt livsgrunnlag og mangfoldet i plante- og dyrelivet.

Likevel økte forbruket av fossil energi i Norge i 2018, og det er langt høyere enn det var i 1990. Bedre blir det ikke – verken for Norges eller for verdens forbruk av fossil energi – når regjeringen setter nye rekorder i tildelinger av områder til oljeindustrien og bygger ut motorveier for økt trafikk.

Samtidig ser vi nå et folkelig engasjement for klima og miljø knapt uten sidestykke. Barn og voksne tar til gatene i byer over hele verden for å kreve klimahandling. Engasjementet for naturen er også stort, noe vi blant annet ser i debatten om vindkraft.

Naturvernforbundet har i flere år pekt på at den fossile energibruken i Norge må reduseres mye og raskt. Med denne rapporten vil vi vise hvordan det vil være mulig for Norge å fase ut bruken innen 2040 – med tilhørende konsekvenser for behovet for fornybar energi. Vi forklarer også hvorfor Norges utvinning av olje og gass må fases ut. Rapporten peker på de store linjene og tiltak som må iverksettes, men ikke hvilke konkrete virkemidler som må brukes for å komme i mål. Rapporten gir ikke noe svar på hvor mye fornybar energi Norge må å produsere, men den forteller oss hvor mye kraft som trengs til å fase ut den fossile energibruken på hjemmebane.

Det er mange som har bidratt til arbeidet med denne rapporten, i form av diskusjoner, innspill, fakta, beregninger, gjennomlesing av tekstutkast og annet. Jeg vil takke alle, men spesielt Ann Christin Bøeng i Statistisk sentralbyrå og Vegard Holmefjord i Statnett, som begge har bidratt velvillig med opplysninger. Også en takk til Oljedirektoratet for informasjonsutveksling.

Holger Schlaupitz, 30. oktober 2019
forfatter av rapporten

ISBN: 978-82-7478-401-7 (nettutgave)
Forsideillustrasjon: Eivind Stoud Platou

INNHOLDSFORTEGNELSE

Sammendrag 4
1. Innledning 6
1.1 Behov for rask utfasing av fossil energi 6
1.2 Flere veier til målet 8
1.3 Andre studier om samme tema 8
1.4 Innenlands forbruk – bare en del av bildet 8
2. Tilgang til fornybar energi 10
2.1 Tilgjengelig kraft uten ny utbygging 10
2.2 Kraftproduksjon 10
2.3 Energieffektivisering som kraftkilde 11
2.4 Bioenergi 13
3. Utfasing av fossil energibruk 14
3.1 Dagens energibruk 14
3.2 Prinsipper for utfasing av fossil energibruk 14
3.3 Sektorvis drøfting 16
3.3.1 Transport 17
3.3.2 Industri 21
3.3.3 Petroleum 22
3.3.4 Bygg og næring 22
3.3.5 Kraft og fjernvarme samt nettap 23
3.4 Forskjeller mellom scenarioene 23
4. Virkninger på total energibruk 25
4.1 Endring i produksjon og forbruk i sum 25
4.2 Virkninger i 2030 25
4.3 Virkninger i 2040 25
4.4 Mer kraftproduksjon? 26
4.5 Sensitivitetsanalyse 27
5. Utfasing av fossil energiutvinning 30
5.1 Eksport av klimagassutslipp 30
5.2 Sammenheng mellom tilbud og forbruk 30
5.3 Redusert utvinning 30
Vedlegg 1: Beregningstekniske forutsetninger 33
Vedlegg 2: Tabeller 44
Sluttnoter og litteraturliste 48

SAMMENDRAG

Det er mulig å gjøre Norges energibruk bærekraftig innen 2040, uten fossil energi eller utvinning av petroleum. Dette kan oppnås uten storstilt utbygging av fornybar energiproduksjon, men det forutsetter massiv satsing på energieffektivisering, redusert energibruk i transportsektoren samt en styrt reduksjon av petroleumssektoren. De beslutningene vi tar i dag og i noen år framover, vil avgjøre om vi lykkes. Det haster med å intensivere arbeidet.

Denne rapporten analyserer hvordan Norges bruk av fossil energi kan mer enn halveres innen 2030 og fases helt ut innen 2040. Rapporten viser også at sjansene for å lykkes med energiomstilling globalt og her hjemme er mye større om vi dessuten trapper ned vår utvinning av fossil energi like mye.

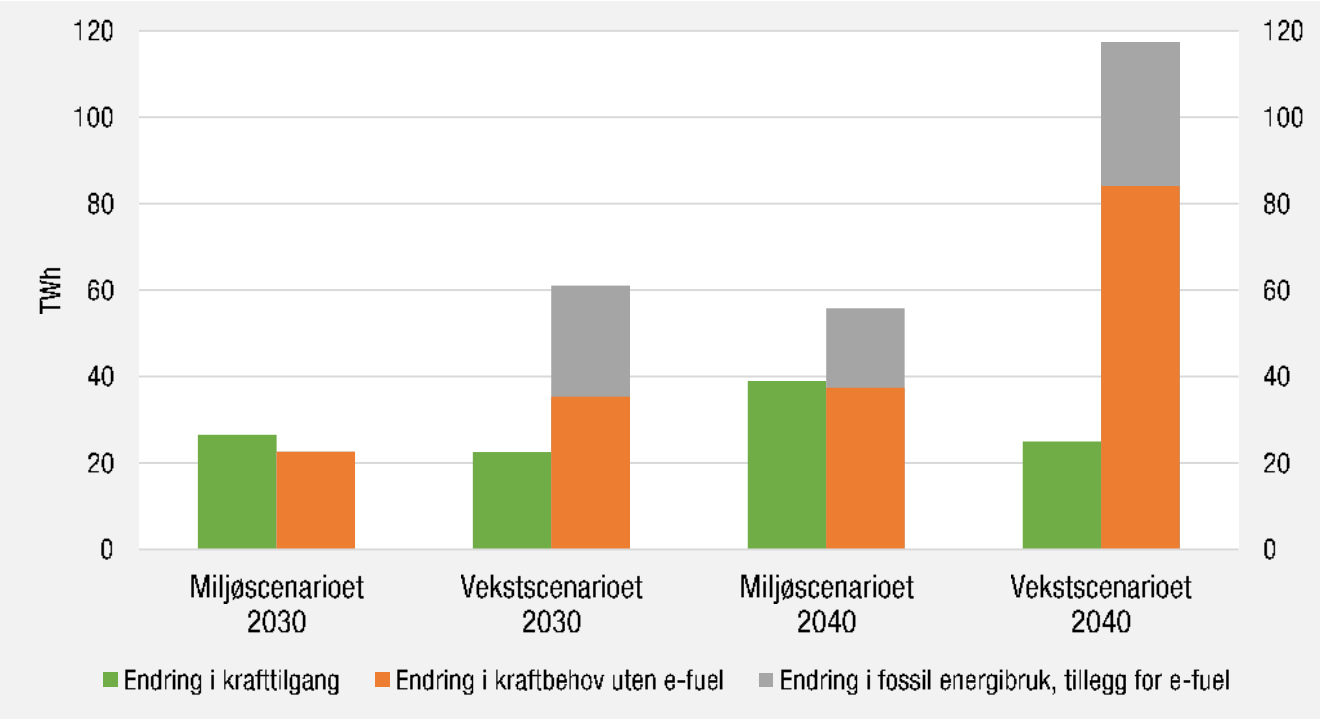
To ulike scenarioer analyseres: *miljøscenarioet* og *vekstscenarioet*. I begge skal vi oppnå like stor reduksjon i fossil energibruk. Men i miljøscenarioet er det større fokus på å redusere strømforbruket i bygningsmassen, for her ligger det et stort potensial for å frigjøre kraft til nye formål, i og med at elektrifisering blir viktig i alle sektorer. I tillegg dempes transportomfanget, og petroleumssektoren trappes raskere ned enn hva regjeringens prognose vil ha det til.

Med miljøscenarioet vil vi i 2030 ha kraft nok til å redusere den fossile energibruken med 55 prosent uten at det igangsettes nye kraftutbygginger. Om vekstscenarioet blir styrende, vil det kreve 41 TWh mer kraft for å oppnå samme reduksjon i fossil energibruk. Dette tilsvarer strømproduksjonen fra 65 Alta-kraftverk eller 3270 vindturbiner av typen som bygges på Fosen. I begge scenarioene må det også satses betydelig på økt produksjon og bruk av biogass.

Fram mot 2040 må innsatsen økes betydelig. Både biogass og hydrogen må tas i bruk i enda større omfang. I miljøscenarioet må vi forsterke arbeidet med energieffektivisering ytterligere, og her oppnår vi en reduksjon i den fossile energibruken på 95 prosent med et ekstra kraftbehov på i overkant av 37 TWh i forhold til 2018. Dette kan vi dekke gjennom kraftig satsing på energieffektivisering av bygg og oppgradering av eksisterende vannkraftverk. For at vi skal bli kvitt den siste resten med fossil energi, trengs det i miljøscenarioet ytterligere 18 TWh kraft til produksjon av syntetisk drivstoff (såkalt e-fuel) til bruk i transportmidler med tradisjonell forbrenningsmotor. Etter hvert som slike motorer fases ut i veitrafikk og skipsfart etter 2040, vil behovet for kraft avta med 5–6 TWh.

I vekstscenarioet er det i 2040 behov for nesten 76 TWh mer kraft enn i miljøscenarioet for å fase ut den fossile energibruken helt. Dette tilsvarer strømproduksjonen fra 115 Alta-kraftverk eller 8880 vindturbiner av typen som bygges på Fosen.

Norges bidrag til globale klimagassutslipp tilsier at landets utvinning av olje og gass må reduseres allerede nå, og petroleumssektoren bør være nedstengt innen 2040. Da kan det ikke gis nye tillatelser til utbygginger på verken nye eller eksisterende olje- og gassfelt, og det trengs en plan for å trappe ned og avslutte virksomheten.



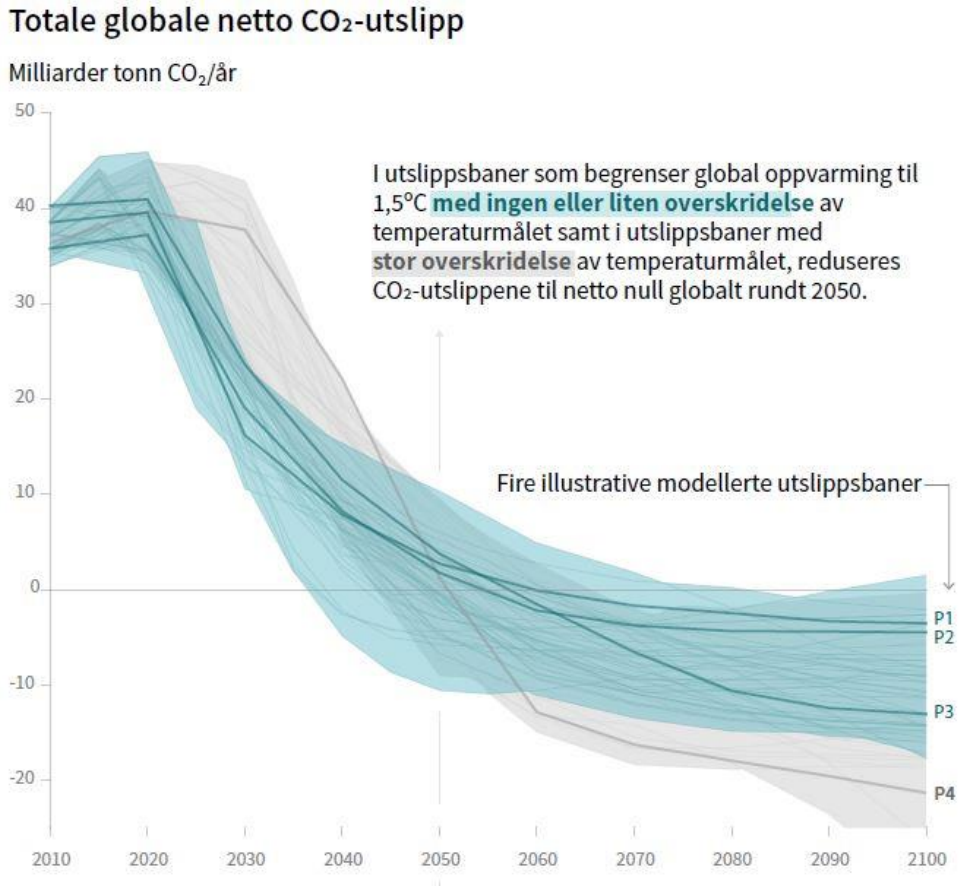
Figur 1: Søylene viser hvor mye kraft som vil være tilgjengelig uten at det legges opp til nye kraftutbygginger, sett opp mot behovet for kraft for å redusere den fossile energibruken med 55 prosent innen 2030 og fase den helt ut innen 2040 for begge scenarioene. I tillegg trengs det noe bioenergi, som ikke er vist i figuren. Grå deler av søylene viser hvor mye av kraftbehovet som skyldes produksjon av energikrevende syntetisk drivstoff (e-fuel). Miljøscenarioet trenger ikke e-fuel i 2030. Uten e-fuel vil vekstscenarioet oppnå en reduksjon i fossil energibruk i 2030 på 49 prosent. I 2040 vil miljøscenarioet uten e-fuel greie en reduksjon i fossil energibruk på 95 prosent, mens vekstscenarioet oppnår 91 prosent – sett i forhold til 2018

1. INNLEDNING

1.1 BEHOV FOR RASK UTFASING AV FOSSIL ENERGI

Fossil energibruk står for mesteparten av verdens og Norges klimagassutslipp. Til tross for at Norges kraftproduksjon er så godt som fri for olje, kull og gass, er vi likevel et land som er sterkt avhengig av fossil energi. Vi bruker årlig om lag 170 TWh av dette, noe som er betydelig mer enn all norsk vann- og vindkraftproduksjon til sammen. I tillegg bruker vi 28 TWh fossil energi som råstoff i industrien.[a] Dette omfattes ikke av denne rapporten, men også her trengs det alternativer til blant annet plastproduksjon. Utover dette kommer vår avhengighet av inntekter fra utvinning av olje og gass, som forsyner verden med energivarer som bidrar til høye klimagassutslipp globalt.

FNs klimapanels spesialrapport om 1,5 graders temperaturstigning[1] viser tydelig at dersom verdens klimagassutslipp ikke nærmest stuper fra 2020, vil det kreve store, negative utslipp om noen tiår – der klimagasser må trekkes ut av lufta og lagres permanent. Det er høyst usikkert om dette er teknisk og politisk mulige å gjennomføre,[2] så det er neppe i tråd med føre-var-prinsippet å skyve så store utslipps-reduksjoner foran seg. Siden fossil energibruk står for mesteparten av verdens klimagassutslipp, er det viktig at vi oppnår store reduksjoner i den fossile energibruken raskt. Fangst og lagring av klimagasser kan bli viktig, men det forsvarer ikke fortsatt brenning av fossil energi i Norge. I denne rapporten argumenterer vi også for at Norges utvinning av olje og gass må trappes ned i tråd med forbruksreduksjonen i forbruket.

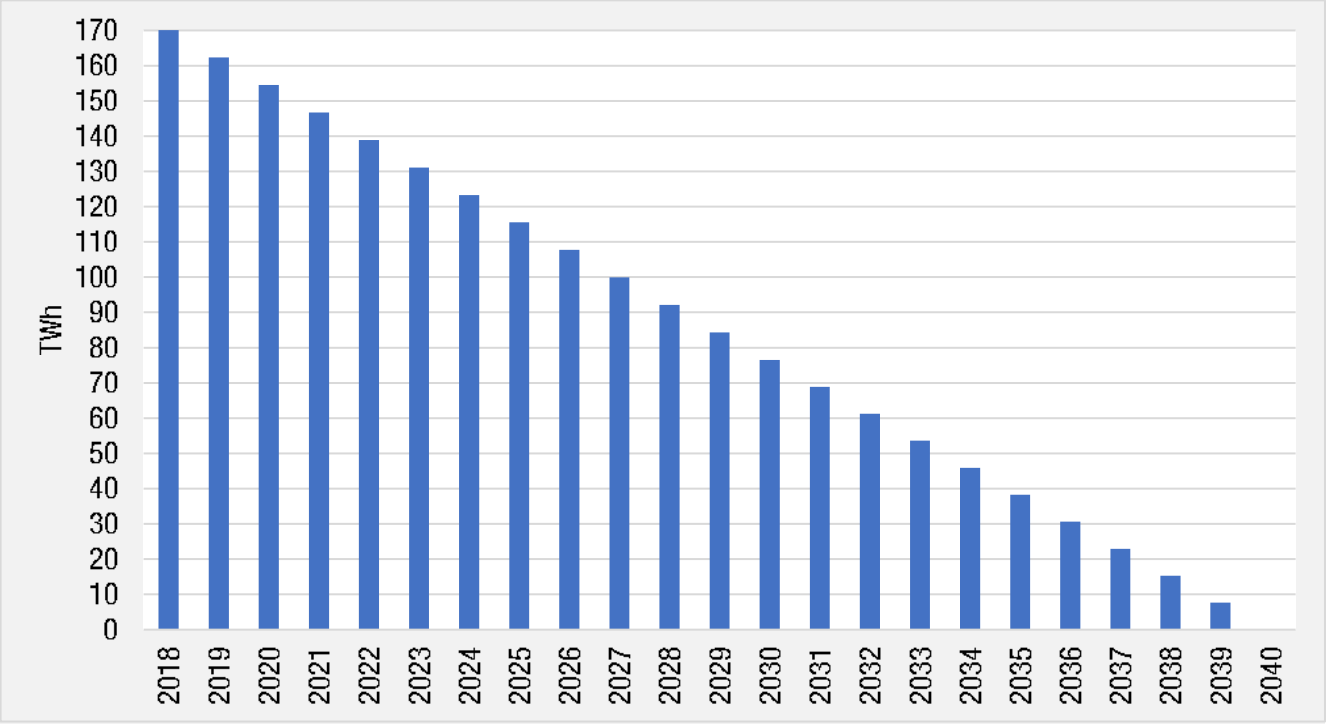


Figur 2: Globale utslippsbaner for å begrense global oppvarming til 1,5 grader.
Kilde: FNs klimapanels spesialrapport om 1,5˚C.[1] Figuren er oversatt av Miljødirektoratet

[a] Dagens energibruk omtales nærmere i kapittel 3. Om ikke annet er nevnt, er våre tall relatert til energibruk tatt fra Statistisk sentralbyrås energibalanse: https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse

Norges bidrag til å redusere bruken av fossil energi må ses i lys av landets historiske utslipp og politiske og økonomiske evne til å oppnå de nødvendige endringene. Rapporten *Norway's fair share of meeting the Paris Agreement*[3] viser at Norge må bidra til kutt i globale klimagassutslipp tilsvarende 430 prosent av egne, nasjonale utslipp innen 2030, og at Norge må kutte sine nasjonale utslipp med 53 prosent fram til 2030 i forhold til 1990-nivå. Ettersom landets utslipp i 2018 var noe høyere enn i 1990, må reduksjonen bli på 55 prosent fra 2018 til 2030 (basert på foreløpig utslippsstatistikk for 2018).

Klimagassutslipp stammer fra flere ulike kilder, men utslipp av CO_2 fra fossil energi er den viktigste bidragsyteren. Det er spesielt viktig å redusere utslipp av CO_2 fordi denne gassen har lang levetid i atmosfæren og gir en oppvarmingseffekt som i praksis er irreversibel innen en rimelig tidshorisont.[4] Vi finner det derfor riktig at vi må kutte fossil energibruk like mye som vi må redusere våre klimagassutslipp – og legger det til grunn i denne rapporten, altså en reduksjon på 55 prosent 2018 til 2030. Behovet for ytterligere kraftige kutt i fossil energibruk – der ressurssterke land som Norge må ta et særlig ansvar – tilsier at vi legger til grunn full utfasing innen 2040. Figuren under viser hvordan bruken av olje, gass og kull må reduseres fra 2018 til 2040 i henhold til våre forutsetninger. Til sammenlikning viser Nasjonalbudsjettet 2020 (s. 89) at dersom dagens politikk videreføres, vil Norges klimagassutslipp reduseres med 15 prosent fra 2018 til 2030.



Figur 3: Behov for nedtrapping av fossil energibruk fram mot 2040

Det er ikke fastsatt noen mål for nedtrapping av fossil energibruk i Norge, ei heller konkrete tall for hva landets klimagassutslipp skal være i 2030. Stortinget har imidlertid slått fast at Norge i 2030 skal sørge for utslippsreduksjoner tilsvarende 40 prosent av landets klimagassutslipp i 1990.[5] Videre skal Norges ikke-kvotepliktige utslipp reduseres med minst 45 prosent, sett i forhold til 2005. Regjeringen har som mål at reduksjonen skjer gjennom innenlandske tiltak og planlegger for dette. Om strengt nødvendig kan fleksibiliteten i EUs rammeverk benyttes. Regjeringen vil ha sektorvise ambisjoner for kutt i ikke-kvotepliktig sektor, herunder halvere transportsektorens utslipp innen 2030, sett i forhold til 2005. Regjeringens ambisjon er også å gjøre Norge til et lavutslippssamfunn i 2050, med 90–95 prosent lavere klimagassutslipp.[6] Ikke-kvotepliktig sektor er i hovedsak transportsektoren, landbruket, husholdningene samt tjenesteytende næringer, mens kvotepliktig sektor er petroleumssektoren, industrien og sivil luftfart innen EU/EØS. For kvotepliktig sektor, som omfatter det meste av industrien, petroleumssektoren og luftfarten, er det ikke satt noen egne mål for Norge. The Climate Action Tracker viser for øvrig at Norge klimamål ikke er i tråd med Parisavtalen.[7]

1.2 FLERE VEIER TIL MÅLET

Når vi skal bli uavhengige av olje, gass og kull, er det viktig at dette gjøres på en måte som tar vare på naturmangfoldet og naturverdiene. Denne rapporten skisserer tiltak som gjør at vi kutter tilstrekkelig i den fossile energibruken, og da er elektrifisering et avgjørende grep. Et viktig spørsmål blir hvor mye kraft som trengs til dette. For å få tilgang til nok «konfliktfri» kraft vil derfor energieffektivisering stå sentralt.

Det er ikke likegyldig hvordan vi faser ut den fossile energibruken. Derfor analyserer vi to forskjellige veier til det samme målet: *miljøscenarioet* og *vekstscenarioet*.

- I miljøscenarioet er det stort fokus på å energieffektive bygningsmassen, noe som gir oss tilgang til mer kraft som kan brukes til å fase ut fossil energibruk. Videre dempes forbruket gjennom en forutsetning om forsert utfasing av petroleumssektoren samt strukturelle endringer i transportsektoren, noe som reduserer transportbehovet og flytter transport til mer energieffektive løsninger. Gjenværende energibruk elektrifiseres, og bruken av biogass øker betydelig.

- Vekstscenarioet skal oppnå samme reduksjon i fossil energibruk, men her regner vi med at prognosene for trafikkutvikling utført for arbeidet med ny Nasjonal transportplan samt Oljedirektoratets prognose for petroleumsutvikling blir innfridd. Til tross for noe mer energieffektivisering av bygg også her, krever vekstscenarioet betydelig mer strøm for å komme i mål.

Utover dette trengs det masse nye teknologi for å kutte fossil energibruk – i begge scenarioene. Det er ingen forskjell mellom scenarioene i bruk av bioenergi.

Rapportens drøfting av energibruk følger avgrensningene i energibalansen til Statistisk sentralbyrå (SSB). Det betyr at all luft- og sjøtransport som tanker drivstoff i Norge, er inkludert, mens trafikken som tanker andre steder, holdes utenom. Det er ikke alltid en direkte sammenheng mellom endringer i fossil energibruk og endringer i klimapåvirkning. Denne rapporten setter søkelyset på energibruken, men klimakonsekvenser kommenteres der dette er særlig relevant.

1.3 ANDRE STUDIER OM SAMME TEMA

Tidligere i 2019 er det publisert to andre norske studier som berører temaet reduksjon av fossil energibruk.

Den ene er fra Statnett, som vi også har brukt som kilde i flere av beregningene våre. Statnetts studie ser på forbruket slik det er i dag, uten å forutsette endringer i dette eller energieffektivisering, utover den effektiviseringsgevinsten som oppnås ved å gå fra fossil energibruk til elektrisitet i for eksempel transportsektoren. Studien tar ikke høyde for tida det tar å fase inn ny teknologi og opererer dermed heller ikke med noe årstall for når studiens resultater gjelder for. Statnett konkluderer med at mesteparten av den fossile energibruken i Norge kan erstattes av 30–50 TWh kraft årlig, og med ytterligere 40 TWh gjennom hydrogen kan all fossil energibruk fases ut (Statnett 2019, s. 3).

DNV GL har også utført en studie på oppdrag for Energi Norge, som ser på hva Norge må bidra med for å gjøre sin del av jobben med å innfri målet om maksimalt 1,5 graders temperaturstigning. Den viser hvordan den fossile energibruken fram til 2040 med 80 TWh på årsbasis, noe som blant annet vil øke bruken av strøm med 30 TWh (DNV 2019, s. 1).

1.4 INNENLANDS FORBRUK – BARE EN DEL AV BILDET

Fokuset i denne rapporten er på det innenlandske forbruket. For å unngå at vi skyver problemer over på andre land, forutsetter vi at Norge dekker sitt eget energibehov – uten å svekke kraftbalansen med utlandet. I en verden som vil trenge mye ny fornybar energi til å fase ut den fossile, er det et nærliggende spørsmål hva Norges bidrag kan være til dette, utover omlegging av eget energiforbruk. En slik ekstra innsats kan

gjøres på flere måter, der vi nevner noen utfordringer og muligheter, uten å drøfte dette videre i denne studien:

- Som nevnt sier rapporten *Norway's fair share of meeting the Paris Agreement* noe om Norges økonomiske forpliktelser for å kutte utslipp i andre land. Dette må bety massiv økonomisk bistand for å sikre fornybar og klimavennlig energi og effektiv energibruk i land som trenger hjelp til dette.

- Vi kan også kort nevne at norsk næringsliv bedriver en omfattende aktivitet med store klimagassutslipp i utlandet, som ikke føres på det norske klimaregnskapet. Skipsfarten er den største, der norske rederier i internasjonal trafikk slapp ut nær 12 mill. tonn CO2-ekvivalenter i 2017.[8] Dette tilsvarer 40–42 TWh fossil energibruk, og kun en svært liten andel tankes i Norge. I tillegg kommer den internasjonale flytrafikken som utføres av norske aktører. Det er verd å reflektere over om norske myndigheter bør ta i bruk virkemidler for utfasing av fossil energibruk som også retter seg mot norsk næringsliv som opererer i utlandet.

- Norge kan også bidra med fornybar kraft til omverdenen gjennom krafteksport og ved å eksportere energiintensive varer og tjenester som fortrenger annen og mer forurensende produksjon.

LESEVEILEDNING

Kapittel 2 i denne rapporten drøfter hvor mye fornybar energi vi vil ha tilgjengelig uten nye kraftutbygginger – utover igangsatte prosjekter. Tiltak som effektiviserer strømbehovet i byggsektoren, og dermed frigjør energi til andre formål, drøftes her. I kapittel 3 ser vi på tiltak som trengs for å fase ut den fossile energibruken og hva dette krever av fornybar energi fram mot 2030 og 2040. Deretter ser vi på produksjon og forbruk sammen – i kapittel 4. Behovet for å trappe ned og etter hvert fase ut vår egen utvinning av fossil energi drøftes nærmere i kapittel 5. Vedlegg 1 bringer en mer detaljert beskrivelse av beregningene som omtales i kapittel 3, sammen med kildehenvisninger. I vedlegg 2 har vi plassert detaljerte tabeller.

2. TILGANG TIL FORNYBAR ENERGI

2.1 TILGJENGELIG KRAFT UTEN NY UTBYGGING

Når vi skal fase ut den fossile energibruken, må det gjøres på en måte som ikke reduserer naturens produksjonsevne eller mangfold. All energibruk har negative konsekvenser i form av naturinngrep, ressursforbruk og/eller klimagassutslipp. Den som er opptatt av å ta vare på både klimaet og naturen, må derfor være opptatt av å utnytte energien effektivt og finne løsninger som krever minst mulig energi, også når energibruken er fornybar.

Tabellen under viser hvor mye ekstra energi vi vil kunne ha tilgjengelig i Norge til utfasing av fossil energi, uten å forutsette videre utbygging av ny kraftproduksjon. Vi drøfter dette nærmere i dette kapitlet. Frigjort strøm gjennom energieffektivisering av eksisterende bygningsmasse inngår her.

	Miljøscenarioet		Vekstscenarioet	
	2030	2040	2030	2040
Fornybar kraft under utbygging[1]	12,0	12,0	12,0	12,0
Teknisk fornyelse av gamle kraftverk	2,5	5,0	2,5	5,0
Mer nedbør	3,5	3,5	3,5	3,5
Reviderte konsesjonsvilkår	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
Sum ny produksjon	14,5	17,0	14,5	17,0
Energieffektivisering i bygg før utfasing av fossil energi	12,0	22,0	8,0	8,0
Sum tilgjengelig til utfasing av fossil energi	26,5	39,0	22,5	25,0

Tabell 1: Endringer i krafttilgangen (TWh) som vi har forutsatt i de to scenarioene, sett i forhold til 2018.
[1] Gjelder per 30. juni 2019 og inkluderer idriftsatte anlegg i første halvår 2019 samt Hywind Tampen

2.2 KRAFTPRODUKSJON

NVEs beregninger viser at landets vann- og vindkraftverk ved utgangen av 2018 produserer 140 TWh i et såkalt normalår.[9] I tillegg kommer i overkant av 3 TWh varmekraft. Konsekvensene av endringer i varmekraftproduksjonen er inkludert i den sektorvise analysen av utfasing av fossil energibruk i kapittel 3.

Per 30. juni 2019 var ytterligere 11,6 TWh kraftproduksjon utbygd eller under bygging, utover produksjonen ved årsskiftet 2018/2019.[10] Ved samme dato var det videre gitt konsesjon til ny vann- og vindkraftproduksjon som ikke er under bygging, fratrukket søknader som er til klagebehandling, på 12,4 TWh. Siden mange gitte konsesjoner både er omstridte og muligens heller ikke vil bli realisert av andre grunner, legger vi ikke inn mer kraftproduksjon enn det som er blitt realisert, eller er under bygging. Derimot legger vi inn det flytende vindkraftanlegget Hywind Tampen, med 0,4 TWh, som har fått tilsagn om investeringsstøtte fra Enova,[11] og som Equinor har bestemt seg for å bygge ut.

Videre utbygging av ny vann- og vindkraftproduksjon vil i mange tilfeller bety inngrep i en allerede sårbar natur. I denne studien vil vi derfor se hvor langt vi kommer uten nye utbygginger. Men det ligger et kraftpotensial i å modernisere eksisterende kraftverk. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har estimert at dersom maskin- og elektrotekniske komponenter skiftes i alle kraftverk som ikke har gjennomgått slike tiltak de siste 20 åra, så kan det utgjøre en årlig ekstraproduksjon på rundt 2,5 TWh.[12] I tillegg kommer effekten av andre tiltak, som utbedring av tunneler/rørgater. På et seminar, der flere aktører diskuterte temaet, dreide diskusjonen seg om potensialer fra 1 til 5 TWh.[13] Potensialet er vesentlig større dersom kraftverk utvides til å utnytte en større fallhøyde og/eller mer vann, men dette kan også ha betydelige negative miljøkonsekvenser. Med en politikk som stimulerer modernisering av eksisterende

vannkraftverk, anslår vi at det er mulig å realisere 5 TWh ny produksjon på årsbasis innen 2040 og halvparten av dette innen 2030.

Klimaendringer og økt nedbør vil øke den gjennomsnittlige produksjonen i mange vannkraftverk. NVE mener at mer nedbør tilsier at vi kan regne med 3,5 TWh mer kraftproduksjon i 2019 enn det som til nå regnes som gjennomsnittlig kraftproduksjon i eksisterende vannkraftverk. NVE regner med ytterligere 2,8 TWh fram til 2040, men dette er basert på at den globale temperaturen øker med 4,5 grader fram til 2100,[14] noe som er i strid med Parisavtalen og derfor ikke en forutsetning vi kan dele. Videre pågår det en prosess der gamle vannkraftkonsesjoner skal revideres, der blant annet Naturvernforbundet jobber for bedre vilkår for vassdragsnaturen. NVE og Miljødirektoratet har estimert at økt minstevannføring i 50 prioriterte vassdrag vil gi et årlig tap i kraftproduksjonen på 2,3–3,6 TWh.[15] Det er flere vassdrag som kan trenge miljøforbedring enn disse 50, så krafttapet kan bli større. I sum regner vi med at økt produksjon som følge av mer nedbør utlikner tapt produksjon som følge av vilkårsrevisjonene.

I sum gir dette en kraftproduksjon som i forhold til 2018 er 14,5 TWh høyere i 2030 og 17,0 TWh høyere i 2040. Dette legger vi dermed til grunn som ny tilgjengelig kraftproduksjon i begge scenarioene.

2.3 ENERGIEFFEKTIVISERING SOM KRAFTKILDE

BYGGSEKTOREN

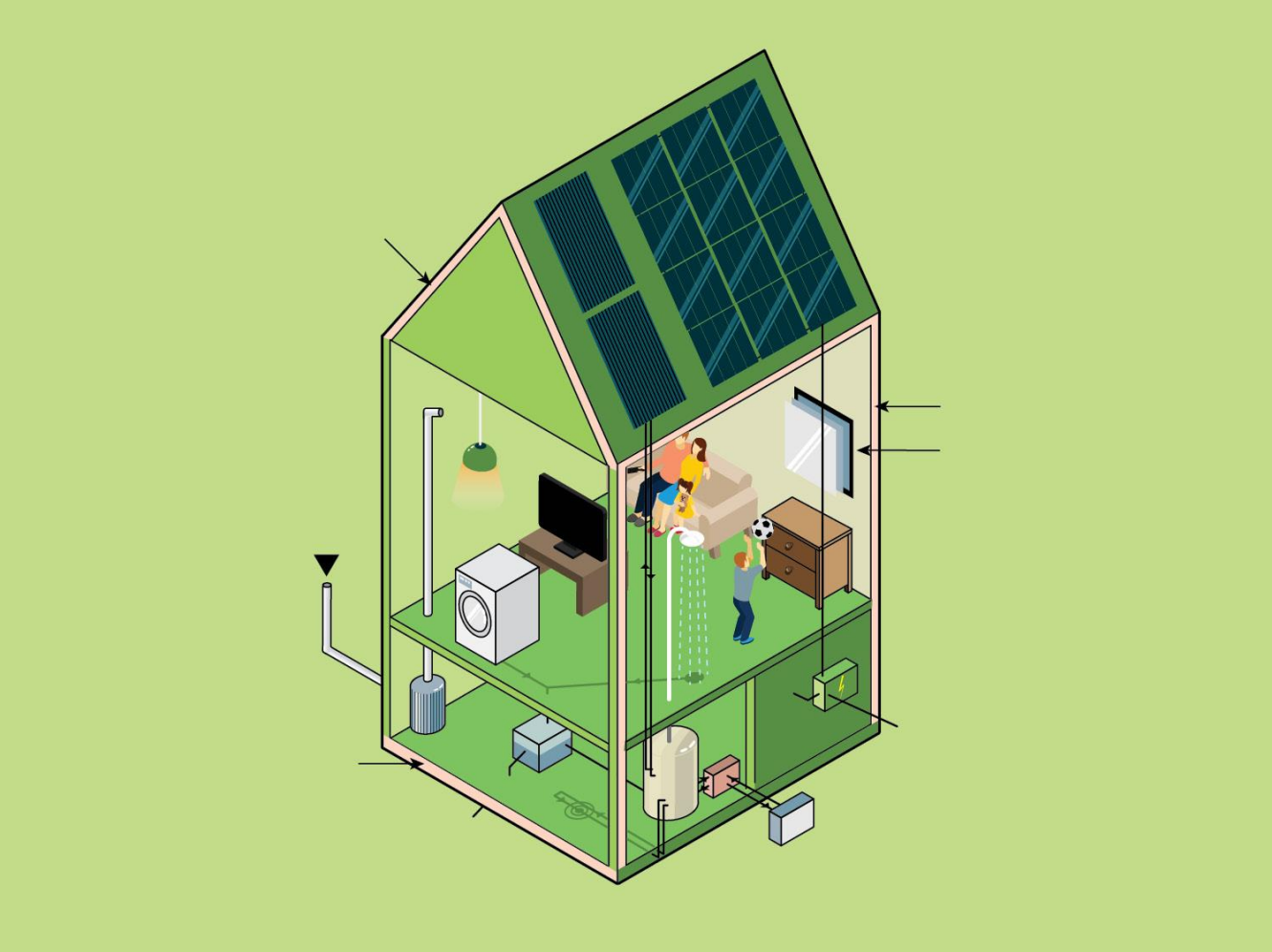
Lavenergiutvalget (2009, s. 30) identifiserte et energieffektiviseringspotensial i byggsektoren på 49 TWh i 2040, sett i forhold til 2007. Men tallet inkluderer også annen energibruk i bygningsmassen enn elektrisitet. Med en elektrisitetsandel på 80 prosent[b] blir dette 39 TWh strøm, som tilsvarer i underkant av 1,2 TWh årlig effektivisering i perioden. En nyere studie fra NTNU viser et energieffektiviseringspotensial i bygg på 39 TWh fra når vi sammenlikner forbruket i 2050 med 2020.[16] Av dette er 31 TWh strøm, med en reduksjon på 9 TWh fram til 2030 og 21 TWh fram til 2040.[17] Det siste tallet inkluderer i underkant av 3 TWh strøm som produseres av solceller på bygg.[18]

I miljøscenarioet velger vi å legge til grunn et energieffektiviseringspotensial i byggsektoren på 1 TWh strøm årlig, som gir 12 TWh tilgjengelig til nye formål i 2030 og 22 TWh i 2040. I vekstscenarioet tar vi utgangspunkt i at Stortingets mål om 10 TWh innspart energi i eksisterende bygningsmasse innen 2030 innfris,[19] uten at vi legger inn noe ytterligere effektivisering etter det. Også her må vi justere tallet for å ta hensyn til at ikke all energibruk i bygningsmassen er elektrisitet, noe som betyr at gevinsten i form av strøm er 8 TWh.

Det er verd å understreke at begge scenarioene er ambisiøse, sett i forhold til innsatsen som gjøres i dag. Og for hver dag som går uten at innsatsen skjerpes, blir det vanskeligere å komme i mål. Miljøscenarioet går vesentlig lenger enn Stortingets mål om energieffektivisering på 10 TWh, og dette målet er heller ikke fulgt opp med en handlingsplan og tiltak for at målet skal nås. Regjeringen har heller ikke implementert EUs direktiver for energieffektivisering.

Bygningsforskriftene som gjelder for nye bygg, har imidlertid bidratt til en svært energieffektiv bygningskropp, men det er mulig å redusere elforbruket ytterligere ved å bruke varmepumper eller fjernvarme til oppvarming. Det er mer krevende å utløse det store potensialet i eksisterende bygningsmasse. Naturvernforbundet har etterlyst økt innsats for å nå dette, blant annet gjennom støtteordninger fra Enova. I tillegg til tiltak som forbedrer bygningskroppen, er det nødvendig med smarte løsninger, som blant annet bedre overvåking og styring, varmepumper, solenergi og varmegjenvinning. Mye av besparelsen kan tas med tekniske installasjoner dersom virkemidlene kommer på plass.

[b] Vi finner dette tallet når vi regner elektrisitetsandelen av total energibruk for privat og offentlig tjenesteyting og private husholdninger i SSBs energibalanse. Vi har imidlertid trukket ut Forsvarets forbruk av drivstoff til militære kjøretøy/fartøy.



Gjennom energieffektiviseringstiltak er bygningsmassen en viktig kilde til frigjøring av elektrisitet, som kan brukes til utfasing av fossil energi. Illustrasjon: Eivind Stoud Platou

INDUSTRI OG ANNEN NÆRINGSVIRKSOMHET

I industrien og annen næringsvirksomhet er det også et betydelig potensial for å effektivisere strømbruken. Men her legger vi til grunn at de innsparte kraftmengdene beholdes i sektoren og brukes til økt aktivitet i grønne næringer.

Petroleumsvirksomheten trappes ned raskere i miljøscenarioet enn i vekstscenarioet. Som et alternativ kan vi få nye grønne industrisatsinger, som gir et ytterligere behov for kraft. Derfor legger vi til grunn at den mengden kraft som frigjøres når petroleumssektoren er nedstengt i 2040, altså 6,5 TWh, brukes i landbasert industri. I 2030 vil halve denne kraftmengden være tilgjengelig.

NVE (2018, s. 4) anslår at strømforbruket i industrien i 2035 vil være 8 TWh høyere enn i 2016 som følge av økt aktivitet, og at det vil bli brukt 3–4 TWh ekstra i datasentre. Lavenergiutvalget (2009, s. 69) anbefalte et politisk mål for industrien og primærnæringene på minimum 20 prosents reduksjon i spesifikk energibruk, altså målt per produserte enhet, utover generell teknologiutvikling innen utgangen av 2020. Dette tilsvarte knappe 17 TWh basert på daværende aktivitetsnivå. Ikke alt er elektrisitet, og det er uklart hvor mye av potensialet som allerede er tatt ut. Det er likevel grunn til å anta at det fortsatt er et betydelig potensial for energieffektivisering i industrien.

Som følge av det vi redegjør for i avsnittet over, er verken det økte forbruket som kan komme av økt aktivitet, eller energieffektivisering av eksisterende strømforbruk, inkludert i våre beregninger for industri og annen næringsvirksomhet. Det er kun utfasing av fossil energi gjennom konvertering til strøm og bioenergi som er med i vår analyse.

2.4 BIOENERGI

Til noen formål er det vanskelig eller lite effektivt å bruke strøm til å erstatte fossile energibærere. Da kan bioenergi være en løsning. Men dette er en knapp ressurs med mange anvendelser utover energiformål, blant annet som byggematerialer, til ulike industriformål, i jordbruket, som mat/fôr og som erstatning for plast. Videre kan uttak av skogbasert biomasse komme i konflikt med behovet for å ivareta naturmangfoldet samt skogens evne til opptak og lagring av karbon. Dette tilsier i sum at vi skal være forsiktige med å forutsette økt bruk av bioenergi til energiformål.

Å utnytte noen typer biologiske avfallsressurser til biogassproduksjon, kan imidlertid være en bærekraftig og klimavennlig løsning. Biogass egner seg godt i tyngre kjøretøy som lastebiler og båter/skip der direkte elektrifisering er vanskelig. I dag produseres om lag ½ TWh biogass i Norge, og en studie anslår at dette kan femdobles fram til 2030.[20] Avfall Norge antyder et større potensial, på hele 5 TWh i 2025–30 og videre opp mot 10–12 TWh.[21] Vi legger i denne rapporten til grunn at vi har 4 TWh mer biogass tilgjengelig i 2030 for utfasing av fossil energibruk og 8 TWh i 2040.

Av skogbasert råstoff som kan egne seg til å erstatte fossile energibærer, og som i mindre grad egner seg til andre formål, er greiner og topper. En studie utført for NVE[22] legger til grunn et potensial på 6–7 TWh fra greiner og topper ved et hogstvolum på 12 mill. kubikkmeter årlig, som er noe mer enn i dag og derfor kanskje et optimistisk anslag. Vi vil også ta ekstra hensyn til nitrogenbalansen og naturmangfoldet, som kan tale for å operere med lavere anslag for uttak av greiner og topper. Videre er dagens forbruk av bioenergi i husholdningene og tjenesteytende næringer, som i all hovedsak går til oppvarming av bygg, på om lag 5 TWh. Energieffektivisering av bygningsmassen vil derfor også kunne frigjøre en del bioenergi, avhengig av scenario og tidsperspektiv. Det kan også være mulig å erstatte bioenergi i fjernvarme med effektive varmepumper, som kan frigjøre bruk av biomasse til andre formål, uten at vi har forutsatt det i de videre beregningene. Vi konkluderer med at det bør være mulig å bruke i overkant av 5 TWh bioenergiressurser til produksjon av energivarer som kan erstatte fossil energi, uten alvorlige konsekvenser for skogøkologien. Biomassen kan blant annet brukes til å produsere biokull, som kan erstatte fossilt kull som reduksjonsmiddel i industrien. Biokullproduksjon gir også noe bioolje som utbytte, som igjen kan oppgraderes til flytende drivstoff.

I denne studien har vi forutsatt at avfall fra fornybare ressurser fortsatt kan brukes til energiformål i det omfanget vi hadde i 2018. Samme år var det i tillegg nærmere 3 TWh ikke-fornybart avfall som gikk til energiformål. Vi ønsker ikke å basere oss på en avfallspolitikk som innebærer et betydelig innslag av ikke-fornybare ressurser som ikke materialgjenvinnes. I en overgangsfase vil det antakelig fortsatt være et innslag av ikke-fornybart avfall som vanskelig lar seg materialgjenvinne, som kan tenkes å utnyttes til for eksempel produksjon av drivstoff, uten at vi legger dette inn i våre beregninger.

Ved å redusere verdens kjøttforbruk betydelig vil landarealer kunne frigjøres til blant annet dyrking av biomasse, som igjen kan brukes til ulike formål. Det kan øke mulighetene for å produsere mer bioenergi og biodrivstoff enn det vi har lagt til grunn i denne rapporten, noe som i så fall vil redusere kraftbehovet noe.

3. UTFASING AV FOSSIL ENERGIBRUK

3.1 DAGENS ENERGIBRUK

Vi forbrenner om lag 170 TWh fossil energi i Norge årlig. Tabellen under viser detaljene i energibruken på norsk område i 2018.

	Elektrisitet	Fjernvarme	Bioenergi og fornybart avfall	*Ikke-fornybart avfall*	*Kull*	*Naturgass*	*Fossile oljeprodukter*	Sum fossil energi	Klimagassutslipp fra fossil energi
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	Mt CO_2e
Sum transport	0,6	0,0	4,5	0,0	0,0	1,7	55,9	57,6	15,7
Sum transport, uten int.	0,6	0,0	4,5	0,0	0,0	1,2	47,2	48,4	13,1
Veitransport	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,1	34,0	34,1	9,2
Banetransport	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
Lufttransport, innenriks	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	4,5	1,2
Lufttransport, int. trafikk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	6,5	1,8
Sjøtransport, innenriks	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,1	8,6	9,6	2,7
Sjøtransport, int. trafikk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,1	2,7	0,8
Sum industri	47,1	0,3	3,3	1,0	7,4	3,2	10,5	22,1	6,4
Metallproduksjon	26,9	0,0	0,1	0,0	3,8	0,5	0,4	4,7	1,6
Bergverk og mineraler	1,4	0,0	0,4	0,6	0,9	0,6	1,5	3,6	0,9
Kjemisk industri	7,7	0,0	0,6	0,3	2,7	1,2	4,5	8,6	2,5
Næringsmiddelindustri	3,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,9	1,5	0,4
Treforedling	4,5	0,1	2,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,5	0,1
Bygg og anlegg	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7	0,8
Øvrig industri	2,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,5	0,1
Sum petroleum	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,2	11,4	78,6	17,4
Offshore	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,2	3,6	53,8	11,6
Landanlegg og raffinerier	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	7,9	20,6	4,9
Kraftvarmeverk (kraft)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	4,2	0,9
Sum bygg og næring	68,3	5,7	5,9	0,2	0,0	0,5	9,0	9,6	2,6
Jordbruk og skogbruk	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	1,6	0,5
Fiske	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4	0,4
Husholdninger	40,5	1,3	5,6	0,0	0,0	0,2	0,7	0,9	0,2
Tjenesteyting og forsvar	25,6	4,4	0,3	0,2	0,0	0,1	5,3	5,6	1,5
Kraft og varme	1,1		4,5	1,6	0,2	0,1	0,3	2,2	0,6
Nettap, 5 prosent	6,2								
Sum	132,3		18,2	2,7	7,6	72,7	87,0	170,1	42,7

Tabell 2: Energi brukt på ulike formål i 2018 fordelt på vår sektorinndeling, omtalt nærmere i dette kapitlet. Grunnlaget for tabellen er SSBs energibalanse. Klimagassutslippet fra den fossile energibruken er estimert av oss basert på utslippsfaktorer vist i vedlegg 1

3.2 PRINSIPPER FOR UTFASING AV FOSSIL ENERGIBRUK

PRINSIPPER OG UTFORDRINGER

Hovedprinsippet må være at mest mulig av energibruken elektrifiseres. Å ta strømmen direkte fra nettet er i utgangspunktet bedre enn via batterier, da vi unngår miljø- og ressursmessige utfordringer relatert til

batteriproduksjonen og -avfallshåndtering og fordi det gir noe høyere energieffektivitet. For stasjonær energibruk til varme og som reduksjonsmiddel i industrien kan biomasse være et godt alternativ til strøm og ikke minst til hydrogen, som er energikrevende å produsere. Biogass egner seg godt til å erstatte den fossile naturgassen og til bruk i motorer i kjøretøy som vanskelig lar seg elektrifisere direkte, men da helst for flåter av kjøretøy som kan nøye seg med få fyllestasjoner. Hydrogen har også mange anvendelsesformer, men den bør reserveres bruksområder der strøm direkte fra nettet eller via batterier ikke er hensiktsmessig.

Det er mulig å bygge om transportmidler til å gå på andre drivstoff, men det blir som regel komplisert, særlig om også motoren må byttes. Bensinkjøretøy kan i stor grad bygges om til å kunne gå på gass, men dette må ses opp mot kostnader og tilgangen til drivstoff rundt i landet. Skip og ferjer kan ombygges til gass- eller elektrisk drift, men det vil neppe skje i stort omfang. Ombygging av ferjene mellom Oslo og Nesodden fra gasselektrisk til batterielektrisk drift er likevel et eksempel på at det er mulig i praksis.

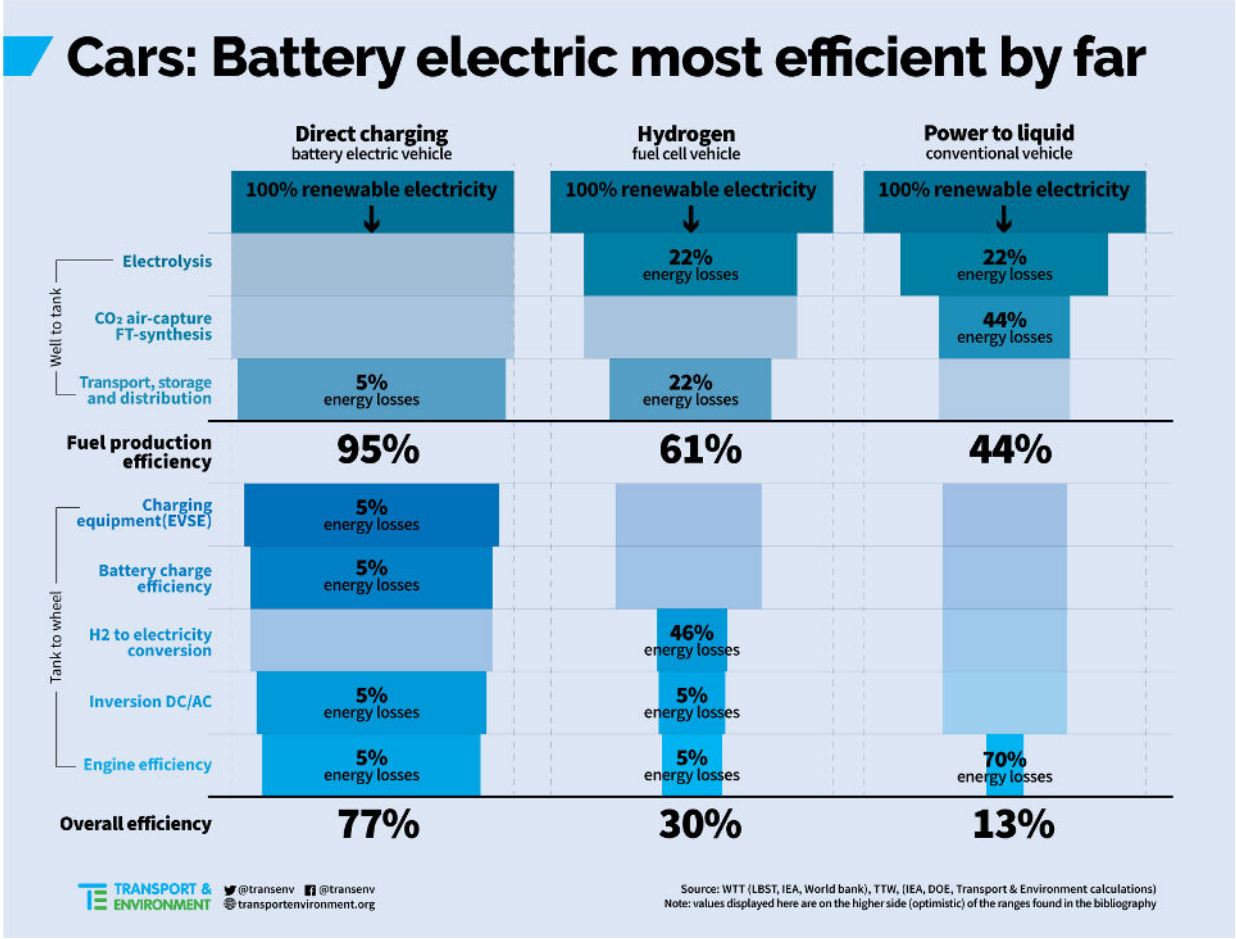
Hydrogen kan brukes direkte i forbrenningsmotorer, men det krever ombygging. Hydrogen vil nok i all hovedsak være aktuelt i kjøretøy som er bygd med brenselceller, som omgjør hydrogenet til strøm, som igjen driver en elektromotor. Det betyr at elektrisitet via batterier eller via hydrogen i all hovedsak vil brukes i nye kjøretøy. Dette skaper utfordringer med å finne klimavennlige løsninger for eksisterende transportmidler som fortsatt vil være i bruk framover. Derfor er det viktig med kraftige virkemidler som sikrer at de minst miljøbelastende transportformene brukes mest mulig.

KLIMAEFFEKTER

Det er verd å understreke at null fossil energibruk i Norge ikke er det samme som at klimafotavtrykket er null. For det første vil omlegging av energibruken kreve infrastruktur og transportmidler som produseres i områder vår studie ikke dekker, der andelen fossil energibruk kan være høy. Særlig batteriproduksjon er utfordrende i så måte. Videre varierer konsekvensene av biodrivstoff veldig, avhengig av råstoffet som brukes og virkningsgraden i produksjonsprosessen. Også skogbaserte råstoff reiser flere spørsmål relatert til klima og naturmangfold – og det er betydelig knapphet på avfallsbasert drivstoff med god bærekraft og klimanytte. Det er også et spørsmål om økt elektrisitetsbruk i Norge øker produksjonen av elektrisitet basert på fossil energi det europeiske kraftmarkedet. Utover dette fører mange aktiviteter relatert til både produksjon og forbruk av energi med seg klimaeffekter som skyldes utslipp av andre klimagasser eller arealbruksendringer. Og for flytrafikken er det viktig å huske på at denne gir en ekstra oppvarmende effekt utover utslipp av CO_2 fra forbrenning av drivstoff.[23] Også fly med elektromotorer kan ha en viss klimaeffekt som følge av at skyer dannes når luft virvles opp. Alt dette er klimaeffekter som vår analyse ikke fanger opp. I denne analysen er bruken av fossil energi lik i miljøscenarioet og i vekstscenarioet, men det betyr ikke at klimaeffekten er den samme.

Som nevnt kan biodrivstoff brukt i stor skala skape flere utfordringer. Derfor er det nødvendig å vurdere alternativer. Syntetisk drivstoff produsert av elektrisitet og CO_2 (såkalt e-fuel) kan bli et relevant drivstoff som kan fylles rett på tanken. Men dette er ennå ikke noen kommersiell teknologi, og produksjon av e-fuel krever mye strøm – over det dobbelte av den energien vi får igjen når drivstoffet forbrennes.[24] I tillegg er klimaeffekten høyst diskutabel, da dette innebærer at CO_2 som fanges, igjen slippes ut når drivstoffet forbrennes. Slikt syntetisk drivstoff vil imidlertid «gjenbruke» klimagassen før den slippes ut. Om alternativet hadde vært å fange klimagassen og så lagre den framfor å lage syntetisk drivstoff av den, så vil syntetisk drivstoff ikke kunne sies å gi noen klimagevinst. Denne typen drivstoff bør derfor kun produseres i tilfeller der CO_2-lagring ikke er et relevant alternativ. Vi har ikke vurdert realismen i dette, men forutsetter at bruk av e-fuel bare er aktuelt som en nødløsning.

Det er også grunn til å stille samme spørsmål ved bruk av bioressurser i industrien og husholdningene. Biomassen har alternative anvendelsesmuligheter, der blant annet skogbasert biomasse kan omgjøres til biokull og pløyes ned i jorda og dermed bidra til økt karbonlagring. Men til gjengjeld vil det i industrien kunne være mulig å fange CO_2 og lagre gassen permanent. Bruk av bioressurser til energiformål og ikke minst som reduksjonsmiddel i prosessindustrien bør primært skje der karbonfangst og -lagring blir aktuelt. Bruk av strøm direkte og via hydrogen kan erstatte bruken av bioressurser i mange sammenhenger.



Figur 4: Virkningsgrader for ulike elektrifiseringsløsninger. Power to liquid = e-fuel. Kilde: Transport & Environment[c]

EFFEKTIV BRUK AV STRØMMEN

Figuren over viser energieffektiviteten til ulike måter å bruke strøm på til å fase ut fossil energibruk. Vi ser at vi for samme strømmengde kan fase ut 2,3 ganger så mye fossil energi ved å bruke batterier framfor hydrogen. Direkte bruk av strømmen fra nettet gir et resultat på linje med batterier, gjerne enda bedre. Til sammenlikning er den totale effektiviteten for bensin- og dieselbiler på om lag 15–20 prosent, hybridbiler på om lag 30 prosent. Også i andre sammenhenger enn transport er det stor forskjell i effektiviteten. Bruker vi strøm direkte i varmekabler eller panelovner til å erstatte parafin eller olje til oppvarming, krever det om lag tre ganger så mye strøm som å bruke varmepumper.

3.3 SEKTORVIS DRØFTING

Videre i dette kapitlet ser vi på hvordan den fossile energibruken i Norge kan fases ut for å tilfredsstille våre to scenarioer, som er omtalt nærmere i kapittel 1 og tabell 9. Det er viktig å understreke at dette kapittelet drøfter nytt behov for fornybar energi for å erstatte den fossile, mens effektene av energieffektiviseringstiltak for å senke strømforbruket er omtalt i foregående kapittel.

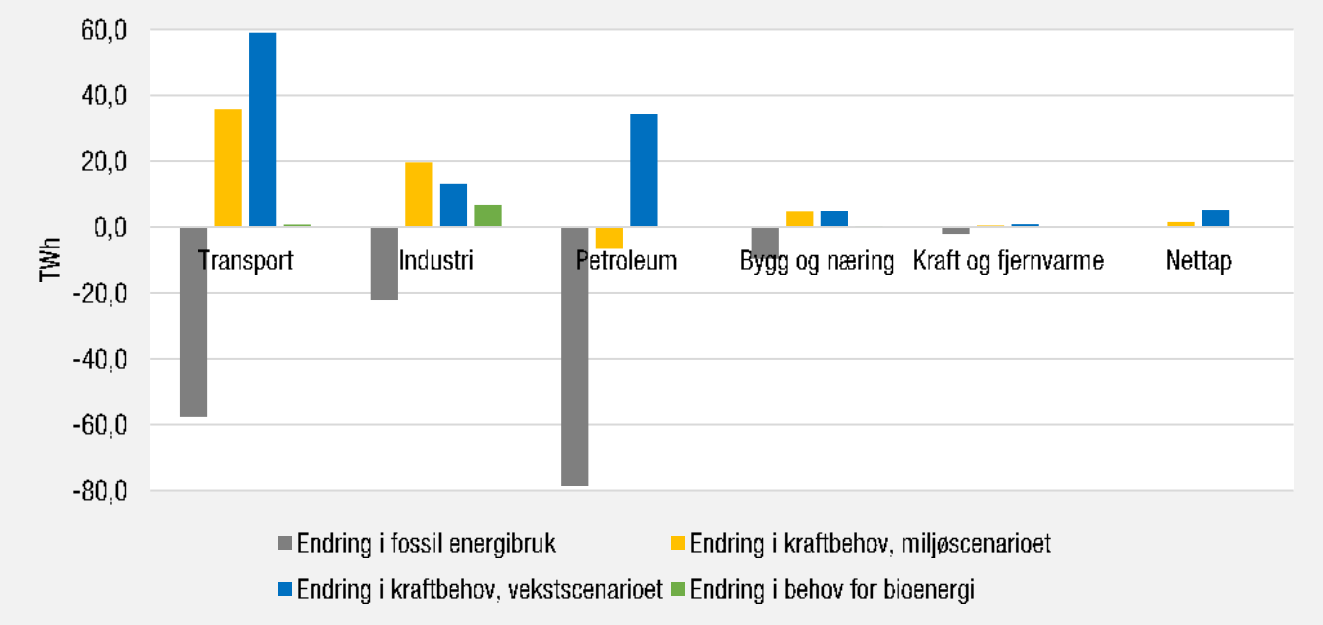
Det er ingen livsløpsanalyse vi presenterer, men en sektorvis gjennomgang som tar utgangspunkt i SSBs energibalanse. Det betyr at vi ikke fanger opp konsekvensene av for eksempel importerte varer og ressurser. Siden vi i scenarioene ikke forutsetter import av for eksempel biodrivstoff, unngår vi også i stor grad problemer med at energibruk ett sted skaper utfordringer andre steder – som ikke dekkes av analysen. Konsekvensene av materialbruk og produksjon av for eksempel elektriske kjøretøy er imidlertid et viktig tema som denne analysen ikke fanger opp.

[c] Transport & Environment er en europeisk paraplyorganisasjon som jobber med transport- og miljørelaterte saker: https://www.transportenvironment.org/

Beregningene viser hvordan fossil energi kan erstattes av elektrisitet og annen fornybar energi, og hvor mye slik energi som trengs. Vedlegg 1 viser de beregningstekniske forutsetningene mer detaljert samt ytterligere kildehenvisninger, mens vedlegg 2 bringer mer detaljerte tabeller med resultater. Transport inkluderer drivstoff som tankes i Norge for internasjonal trafikk, men i enkelte tabeller skilles dette ut.

	2030 Fossil energi	2030 Kraftbehov		2030 Bioenergi	2040 Fossil energi	2040 Kraftbehov		2040 Bioenergi
		Miljø	Vekst			Miljø	Vekst	
Sum alle sektorer	-55 %	22,6	61,1	3,8	-100 %	55,8	117,4	7,8
Transport, inkl. int. trafikk	-47 %	8,5	34,6	0,3	-100 %	35,8	59,0	0,8
Industri, inkl. avsetning	-50 %	8,4	5,1	3,5	-100 %	19,7	13,1	6,7
Petroleum	-63 %	2,9	16,4	0,0	-100 %	-6,5	34,3	0,0
Bygg og næring	-48 %	1,5	1,5	0,0	-100 %	4,8	4,9	0,3
Kraft og fjernvarme	-100 %	0,8	0,9	0,0	-100 %	0,4	0,9	0,0
Nettap		0,5	2,5			1,6	5,2	

Tabell 3: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) til transport i 2030 og 2040, sett i forhold til 2018 (TWh)



Figur 5: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) i 2040, sett i forhold til 2018

3.3.1 Transport

VEITRANSPORT

For å unngå høy energibruk og andre ressurs- og miljøutfordringer fra transport er det viktig at trafikken ikke får fortsette å vokse, men at det heller blir mindre trafikk og færre kjøretøy. Nullvekstmålet for personbilbruken i byene har hatt en stor betydning som premiss for byutvikling og utvikling av transportsystemet. Nullvekst for landet som helhet bør være mulig gjennom god areal- og samfunnsplanlegging og en veipolitikk som ikke stimulerer til og legger til rette for mer reising. Dette i motsetning til dagens politikk, som innebærer omfattende utbygging av motorveier og tilrettelegging for trafikkvekst. Videre må mulighetene for å gå, sykle og reise kollektivt bedres vesentlig, og miljø- og samfunnskostnadene fra transport må gjenspeiles i prisen det koster å forflytte personer og gods.

I miljøscenarioet forutsetter vi null vekst i biltrafikken og i godstransporten på vei på landsbasis, som innebærer redusert transport målt per innbygger, i og med at vi må forvente en fortsatt befolkningsvekst. For personbiltrafikken kan dette i praksis oppnås gjennom en trafikkreduksjon i de større byene og deres omland, noe som gir rom for en viss trafikkvekst i andre deler av landet. Vekstscenarioet tar høyde for den

trafikkveksten som ferske prognoser utført for arbeidet med Nasjonal transportplan (NTP) 2022–2033 viser. Utover dette forutsetter vekstscenarioet at ambisjonen fra NTP 2018–2029 om at 30 prosent av godstransporten med lastebil over 300 km overføres fra vei til bane og sjø,[25] innfris innen 2030. I miljøscenarioet har vi lagt inn en dobbel effekt innen 2030 og det dobbelte av dette igjen innen 2040, men overføringsvolumet er nedjustert relativt sett like mye som godstransporten på vei generelt, sett i forhold til vekstscenarioet. Det vil være svært ambisiøst med nullvekst i godstransporten generelt. Et supplerende tiltak som kan gi en kompenserende effekt, er å utnytte kjøretøyenes lastekapasitet bedre. Reduserte fartsnivå kan også bidra til lavere energibehov veitransporten, men dette er ikke lagt inn.

Omsetningskravet for biodrivstoff i veitrafikken samt avgiftsfritaket på slikt drivstoff har bidratt til en betydelig vekst i bruken av flytende biodrivstoff. I 2018 utgjorde dette 4,2 TWh, som riktignok er 25 prosent mindre enn året før.[26] Nedgangen skyldes økt fokus på å unngå palmeoljebasert biodrivstoff, som kan ha store negative konsekvenser for natur og klima. Det er ellers stor variasjon i bærekraft og klimanytte for ulike typer biodrivstoff, og bruk i transportsektoren kan også ta ressurser fra andre formål med større miljønytte, jamfør tidligere omtale. I begge scenarioene i denne rapporten forutsetter vi derfor at flytende biodrivstoff i transportsektoren trappes ned til 1,5 TWh, som vi fordeler på veitransport, lufttransport og sjøtransport. Denne mengden bør kunne produseres av rester fra biokullproduksjon basert på norsk skogsavfall. Imidlertid vil biogass basert på avfallsressurser være et bærekraftig drivstoff som kan egne seg godt i tyngre kjøretøyflåter, der direkte elektrifisering er vanskelig, og være et alternativ til hydrogen både i transportsektoren og i industrien. Vi faser derfor inn mer biogass, og det er nettoresultatet for bruk av bioenergi som vises i tabellene.

For å legge om energibruken i veitransporten vil imidlertid elektrifisering være det viktigste grepet. NTP 2018–2029 har satt konkrete måltall for innfasing av lav- og nullutslippskjøretøy i veitrafikken, noe som er viktig at innfris.[d] Dette krever kraftige virkemidler, inkludert tilstrekkelig med lade- og fyllestasjoner. Og siden hydrogen som energibærer gir betydelig lavere virkningsgrad enn direkte bruk av elektrisitet, bør dette drivstoffet reserveres kjøretøy som vanskelig lar seg elektrifisere på annen måte. Det bør for øvrig være et mål at bilpolitikken resulterer i at også elbilparken blir så ressurs- og energigjerrig som mulig, uten at vi har lagt inn noen spesielle tiltak i analysen.

For 2030 tar vi i begge scenarioene utgangspunkt i at NTPs mål for nye kjøretøy[27] som et minimum innfris, og i tillegg er vi noe mer ambisiøse på elektrifisering av busser. Vi forutsetter også at motorsykler, mopeder og bobiler gradvis elektrifiseres. Også for 2040 har vi lagt til grunn at NTPs mål oppnås, men er mer ambisiøse når det gjelder busser og lastebiler. For å oppnå samme reduksjon i fossil energibruk i vekst-scenarioet som i miljøscenarioet må en større mengde syntetisk drivstoff (e-fuel) brukes i vekstscenarioet, noe som gir et forholdsvis høyt ekstra energibehov. I 2040 må noe e-fuel brukes også i vekstscenarioet.

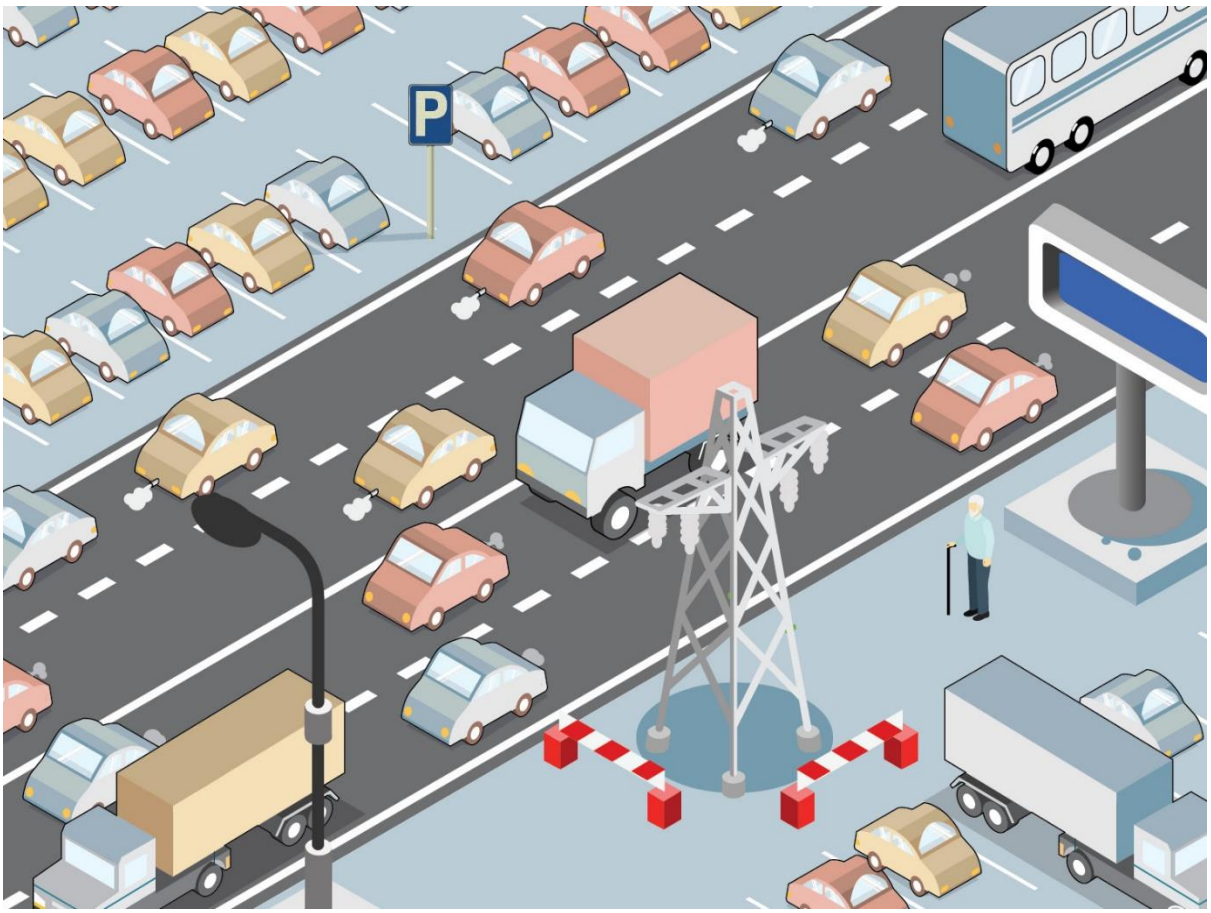
BANETRANSPORT

Banetransport kan ta over betydelige transportmengder, forutsatt at det legges til rette for dette gjennom at kapasiteten på banesystemet økes og togets konkurransekraft styrkes. Det trengs en bevisst arealpolitikk som styrker togets trafikkgrunnlag i persontransporten, og dette bør kombineres med at alle transportmidler må betale for sine reelle miljøkostnader. Vi legger til grunn at 70 prosent av dieseltrafikken kan elektrifiseres innen 2030 og resten innen 2040, enten med tradisjonell kontaktledning eller via batteri- eller hydrogendrift. En kombinasjon av kontaktledning på delstrekninger og batteridrift framstår som særlig interessant for flere strekninger.[28]

Overført trafikk fra lastebil og fly til tog gir noe ekstra strømforbruk i banesektoren utover det som forventes av vekst ellers.

---

[d] Nasjonal transportplan 2018–2029 (s. 217), som definerer følgende måltall:
Alle nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025. Bybusser skal være nullutslippskjøretøy eller bruke biogass. Alle nye tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser og 50 prosent av nye lastebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2030.



Illustrasjoner: Eivind Stoud Platou

LUFTTRANSPORT

Lufttransporten har hatt en sterk vekst gjennom mange år, noe som har bidratt til en fortsatt vekst i drivstofforbruket, til tross for mer energieffektive fly. Det er fortsatt muligheter for mer energieffektive fly, men dersom prognosene for trafikkutvikling innfris, vil mye av gevinsten spises opp – og resultere i en fortsatt vekst i drivstofforbruket i utenrikstrafikken. Små, helelektriske fly er under utvikling og kan muligens tas i bruk på deler av kortbanenettet innen 2030. Hybridteknologi kan bidra til redusert drivstoffbehov på større fly på noe lengre distanser, men det er stor usikkerhet i potensialet og tempoet for eventuell innfasing. DNV (2019b, s. 92) anslår at elektrisitet vil stå for 3 prosent av energietterspørselen for luftfarten globalt i 2050. Tilgangen på bioressurser er knapp, så det er vanskelig å se at det er mulig å produsere store mengder biodrivstoff til bruk i lufttransport på en bærekraftig og klimavennlig måte uten at dette går ut over klimatiltak i andre sektorer.

Det er et potensial for å dempe trafikkveksten og heller oppnå en trafikkreduksjon. Mer bruk av videomøter kan redusere forretningstrafikken, og økt klimabevissthet og dermed større etterspørsel etter bærekraftige ferier gir større fokus på kortreiste turer samt bruk av tog og buss. Veksten i lavpristrafikken med fly har vært sterk. Dette markedet er prisfølsomt, noe som betyr at økte klimaavgifter, bortfall av avgiftsfritak og taxfree-ordningen samt krav om alternative drivstoff som er dyrere å produsere, kan påvirke reiseomfanget betydelig. For å dempe etterspørselen etter flyreiser er det er viktig at miljøavgiftene økes – samtidig med at planer om kapasitetsutvidelser, som en tredje rullebane på Gardermoen, skrinlegges. En fersk studie viser at flytrafikken innenriks vil reduseres med 38 prosent dersom billettprisene økes med 50 prosent.[29]

I miljøscenarioet regner vi med en reduksjon i flytrafikken på 20 prosent innenriks og 10 prosent utenriks innen 2030 og på 30 prosent innenriks og 10 prosent utenriks innen 2040, sett i forhold til 2018. I vekstscenarioet legger vi til grunn at flytrafikken vokser i tråd med ferske framskrivinger som er utført til arbeidet med NTP 2022–2033.

I begge scenarioene forutsetter vi at andelen elektrisk drift blir på 10 prosent innenriks og 0 prosent utenriks innen 2030, økende til 30 prosent innenriks og 15 prosent utenriks innen 2040. Til sammenlikning sto Widerøes innenrikstrafikk for 12 prosent av drivstofforbruket for fly innenriks og 5 prosent av totalt drivstoffsalg til fly i Norge i 2018.[e] For å oppnå samme reduksjon i bruken av fossil energi som i miljøscenarioet legger vi til grunn at det i 2030 blandes inn e-fuel for å kompensere for den ekstra energibruken som trafikkveksten gir. I 2040 er det i begge scenarioene behov for slikt alternativt drivstoff, men med betydelige større mengder i vekstscenarioet enn i miljøscenarioet.

SJØTRANSPORT

Sjøtransporten kan tilby energieffektiv godstransport, men er samtidig en stor forbruker av fossil energi. Foruten lasteskip inkluderer sjøtransport også cruiseskip, passasjerferjer, bilferjer og fritidsbåter. Stortingets vedtak med krav om nullutslipp fra turistskip og -ferjer verdensarvfjordene seinest innen 2026[30] er viktig for å omstille sjøfarten. Mer riktig prising av internasjonal sjøfart og et eventuelt bortfall av taxfree-ordningen kan bidra til en reduksjon i blant annet cruisetrafikk og utenlandsferjer, uten at vi legger dette inn i beregningene.

Det er et betydelig energieffektiviseringspotensial i sjøtransporten, som må realiseres i begge scenarioene. I tillegg vil elektrifisering gjennom batterier og hydrogen komme gradvis. I 2040 legger vi til grunn at 60 prosent av sjøtransporten drives på elektrisitet direkte eller via hydrogen.

I 2018 var forbruket av fossil naturgass i sjøtransporten som tanker i Norge, på 1,6 TWh. Vi forventer nedtrapping av gassbruken i riksveiferjene, men til gjengjeld satser Hurtigruten betydelig på ombygging til

---

[e] Terje Skram i Widerøe oppgir i e-post fra 16. september 2019 at selskapets CO_2-utslipp fra flygninger i 2018 var på 154 572 tonn innenriks og 31 142 tonn utenriks. Med en utslippsfaktor på 0,269 kg CO_2 / kWh gir dette henholdsvis 0,057 og 0,12 TWh. SSB energibalanse viser at drivstoff solgt i Norge for luftfarten tilsvarte 4,880 TWh for innenlandstrafikken og 6,539 TWh for fly fra Norge til utlandet i 2018.

gassdrift.[31] Vi legger til grunn at naturgass byttes ut med biogass, og at dette forbruket øker til 2,0 TWh innen 2030, og at dette gir en ytterligere reduksjon i fossil energibruk utover det som oppnås med elektrisitet og hydrogen.

For å få bort resten av den fossile energibruk i sjøtransporten innen 2040 må vi i begge scenarioene ta i bruk alternative drivstoff i eksisterende skip og forbrenningsmotorer. Flere løsninger er mulige, og vi har illustrert det ved å legge til grunn at behovet dekkes gjennom e-fuel.

For skip vil redusert fart gi en betydelig energibesparelse. Vi tar dette tiltaket i bruk i miljøscenarioet, som gir ytterligere 15 prosent lavere energibehov i sjøtransporten i både 2030 og 2040. I vekstscenarioet er ikke denne gevinsten tatt ut, og for å kompensere for dette samt et høyere transportomfang som følge av større aktivitet i petroleumssektoren må vi bruke tilsvarende større mengder e-fuel.

	2030	2030		2030	2040	2040		2040
	Fossil energi	Kraftbehov		Bioenergi	Fossil energi	Kraftbehov		Bioenergi
		Miljø	Vekst			Miljø	Vekst	
Sum transport, inkl. int. tr.	-47 %	8,5	34,6	0,3	-100 %	35,8	59,0	0,8
Sum transport, uten int. tr.	-50 %	8,4	27,0	-0,2	-100 %	25,6	40,2	0,3
Veitransport	-48 %	6,7	17,0	-2,5	-100 %	18,7	28,8	-2,0
Banetransport	-70 %	0,6	0,3	0,0	-100 %	0,9	0,4	0,0
Lufttransport, innenlands	-49 %	0,2	2,0	0,5	-100 %	2,9	4,7	0,5
Lufttransport, int. trafikk	-22 %	0,0	5,4	0,0	-100 %	8,5	16,0	0,0
Sjøtransport, innenlands	-55 %	0,9	7,8	1,8	-100 %	3,1	6,4	1,8
Sjøtransport, int. trafikk	-55 %	0,1	2,2	0,5	-100 %	1,6	2,9	0,5

Tabell 4: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) til transport i 2030 og 2040, sett i forhold til 2018 (TWh)

3.3.2 Industri

I industrien handler mye om å elektrifisere direkte eller gjennom hydrogen, men her er det også potensial for å erstatte naturgass med biogass og erstatte andre fossile innsatsfaktorer med bioenergi.

I potensialberegningene har vi brukt Statnett (2019) som primære kilde, og vi har lagt til grunn at 55 prosent av det identifiserte potensialet for erstatning av fossil energi med direktebruk av elektrisitet kan tas ut innen 2030 og alt innen 2040. Vi legger til grunn at potensialet for å bruke hydrogen som erstatning for fossil energi der direkte elektrifisering er vanskelig, lar seg realisere innen 2040. En del av hydrogenet erstatter kull/koks som reduksjonsmiddel i prosessindustrien. Her kan også biokull og biogass brukes. Vi faser derfor inn både biokull og biogass i deler av industrien, noe som demper behovet for hydrogen.

	2030	2030		2030	2040	2040		2040
	Fossil energi	Kraftbehov		Bioenergi	Fossil energi	Kraftbehov		Bioenergi
		Miljø	Vekst			Miljø	Vekst	
Sum industri	-50 %	8,4	5,1	3,5	-100 %	19,7	13,1	6,7
Metallproduksjon	-73 %	0,8	0,8	2,0	-100 %	1,5	1,5	3,0
Bergverk og mineraler	-57 %	1,5	1,5	0,3	-100 %	2,8	2,8	0,3
Kjemisk industri	-47 %	1,8	1,8	1,2	-100 %	5,0	5,0	2,9
Næringsmiddelindustri	-28 %	0,4	0,4	0,0	-100 %	1,0	1,0	0,5
Treforedling	-28 %	0,1	0,1	0,0	-100 %	0,5	0,5	0,0
Bygg og anlegg	-28 %	0,4	0,4	0,0	-100 %	1,9	1,9	0,0
Øvrig industri	-42 %	0,2	0,2	0,0	-100 %	0,5	0,5	0,0
Avsetning grønn næring		3,3				6,5		

Tabell 5: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) til industrien i 2030 og 2040, sett i forhold til 2018 (TWh)

Vi ønsker å ta høyde for at økt satsing på grønne næringer som kompensasjon for miljøscenarioets raskere nedstenging av petroleumssektoren vil kreve ekstra kraft utover det som kan skaffes gjennom energieffektivisering i egen sektor. I miljøscenarioet legger vi derfor inn en buffer for dette tilsvarende den mengden kraft som frigjøres når petroleumssektoren er nedstengt i 2040, sett i forhold til forbruket i 2018. Halve denne kraftmengden setter vi av i 2030 til samme formål.

For industrien er det ellers ingen forskjeller mellom miljøscenarioet og vekstscenarioet.

3.3.3 Petroleum

Denne kategorien består av energibruken som i SSBs energibalanse er plassert under olje- og gassutvinning, oljeraffinerier samt gassdrevne kraftvarmeverk. Sistnevnte omfatter i all hovedsak kraftvarmeproduksjonen på Mongstad og Melkøya, som er integrert med petroleumsvirksomheten. Kraftvarmeverket på Mongstad er planlagt stengt i 2020. Den fossile energibruken relatert til olje- og gassutvinning i Norge har økt betydelig fra 1990 og er i dag den enkeltsektoren med høyest forbruk.

Utgangspunktet for miljøscenarioet er at petroleumssektoren fases ut innen 2040. Dette er viktig for at tilstrekkelige mengder olje og gass skal bli liggende i bakken og ikke brennes, slik at Parisavtalen globalt kan innfris. Kapittel 5 drøfter dette nærmere. I tillegg vil utfasing av denne sektoren også bidra til betydelige kutt i norsk forbruk av fossil energi, som vi drøfter her.

Nasjonalbudsjettet 2020 presenterer en prognose for utvinning av olje og gass fram til 2050.[32] Den viser at utvinningsomfanget vil øke fram til 2023 – som følge av store, nye utbygginger, med Johan Sverdrup som det største – for deretter å avta med 13 prosent i 2030 og nær 36 prosent i 2040, i forhold til 2018. Det er dette vi legger til grunn i vekstscenarioet, men da under forutsetning av at all fossil energibruk i sektoren opphører innen 2040. Dette krever betydelig mengder strøm både til havs og til lands. Det er vedtatt at flere nye og eksisterende vil få kraft fra land, så strømforbruket og andelen som utvinnes med kraft fra land, vil øke. I miljøscenarioet reduseres norsk olje- og gassutvinning med 55 prosent innen 2030 og avvikles innen 2040. Vedtatte felt med kraft fra land vil øke kraftforbruket også i dette scenarioet i 2030. I begge scenarioene fases gasskraftproduksjonen på sokkelen ut innen 2030. Vi understreker at det er stor usikkerhet i beregningene våre over framtidig kraftbehov i denne sektoren, særlig for vekstscenarioet.

Utbygging av flytende havvindanlegg kan bidra til å forsyne petroleumsinstallasjoner med kraft. Men etter at disse stenges ned, vil strømmen kunne brukes til å fase ut annen fossil energibruk i Norge eller nærliggende land, enten via kabler eller i form av for eksempel hydrogenproduksjon.

	2030	2030		2030	2040	2040		2040
	Fossil energi	Kraftbehov		Bioenergi	Fossil energi	Kraftbehov		Bioenergi
		Miljø	Vekst			Miljø	Vekst	
Sum petroleum	-63 %	2,9	16,4	0,0	-100 %	-6,5	34,3	0,0
Offshore	-60 %	3,9	8,5	0,0	-100 %	-3,0	24,7	0,0
Landanlegg og raffinerier	-63 %	-3,5	5,5	0,0	-100 %	-6,0	7,1	0,0
Integrerte kraftvarmeverk	-100 %	2,5	2,5	0,0	-100 %	2,5	2,5	0,0

Tabell 6: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) til petroleumssektoren i 2030 og 2040, sett i forhold til 2018 (TWh)

3.3.4 Bygg og næring

I kategorien bygg og næring er den fossile energibruken forholdsvis liten. For jordbruk og skogbruk, fiske samt tjenesteyting og forsvar legger vi til grunn at 55 prosent av potensialet for direkte elektrifisering som Statnett (2019) har identifisert, lar seg realisere innen 2030 og resten innen 2040. I husholdningene handler det mye om å fase ut fossil oppvarming, noe som påskyndes kraftig av forbudet mot oppvarming med mineralolje, som blir virksomt fra 2020. Vi legger til grunn at all fossil energibruk her er opphørt i 2030. Varmepumper kan erstatte fossil varmeproduksjon, og elektriske motorer erstatter

forbrenningsmotorer. Vi understreker at potensialet for å redusere strømforbruket gjennom energieffektivisering drøftes i kapittel 2.

Innen 2040 faser vi inn noe biogass i jordbruk og skogbruk, som erstatning for det volumet hydrogen Statnett har identifisert et behov for. I underkategorien tjenesteyting og forsvar har vi lagt til grunn at Forsvarets behov for drivstoff til fartøy, kampfly og stridsvogner fra 2040 dekkes gjennom e-fuel, da vi finner det vanskelig å erstatte alt med elektrisitet direkte eller gjennom hydrogen.

	2030 Fossil energi	2030 Kraftbehov		2030 Bioenergi	2040 Fossil energi	2040 Kraftbehov		2040 Bioenergi
		Miljø	Vekst			Miljø	Vekst	
Sum bygg og næring	-48 %	1,5	1,5	0,0	-100 %	4,8	4,9	0,3
Jordbruk og skogbruk	-44 %	0,4	0,4	0,0	-100 %	0,7	0,7	0,3
Fiske	-44 %	0,2	0,2	0,0	-100 %	0,6	0,6	0,0
Husholdninger	-100 %	0,2	0,2	0,0	-100 %	0,1	0,2	0,0
Tjenesteyting og forsvar	-42 %	0,7	0,7	0,0	-100 %	3,3	3,3	0,0

Tabell 7: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) til bygg og næring i 2030 og 2040, sett i forhold til 2018 (TWh)

3.3.5 Kraft og fjernvarme samt nettap

Denne kategorien omfatter fjernvarmeproduksjonen samt øvrige termisk kraftproduksjon, altså den som ikke drives av naturgass og ikke er integrert i petroleumsvirksomheten.

Det brukes fortsatt noe fossil energi i fjernvarmesystemet, både fossilt avfall og fossile brennstoff. Som erstatning for fossil energi i fjernvarmen øker vi bruken av varmepumper. Økt energieffektivisering av bygg vil også redusere behovet for varme noe. Det ligger også et potensial for at fjernvarmeløsninger kan utnytte overskuddsvarme fra industri og annen næringsvirksomhet, som for eksempel fra datasentre,[33] noe som betyr at kraftbehovet kan bli mindre enn vi forutsetter her, eventuelt at bioenergi kan frigjøres til andre formål.

Endringer i kraftforbruket vil også påvirke strømtapet i overføringsnettet. Vi har skjønnsmessig anslått at dette utgjør 5 prosent av netto nytt forbruk.

	2030 Fossil energi	2030 Kraftbehov		2030 Bioenergi	2040 Fossil energi	2040 Kraftbehov		2040 Bioenergi
		Miljø	Vekst			Miljø	Vekst	
Kraft og fjernvarme	-100 %	0,8	0,9	0,0	-100 %	0,4	0,9	0,0
Nettap		0,5	2,5			1,6	5,2	

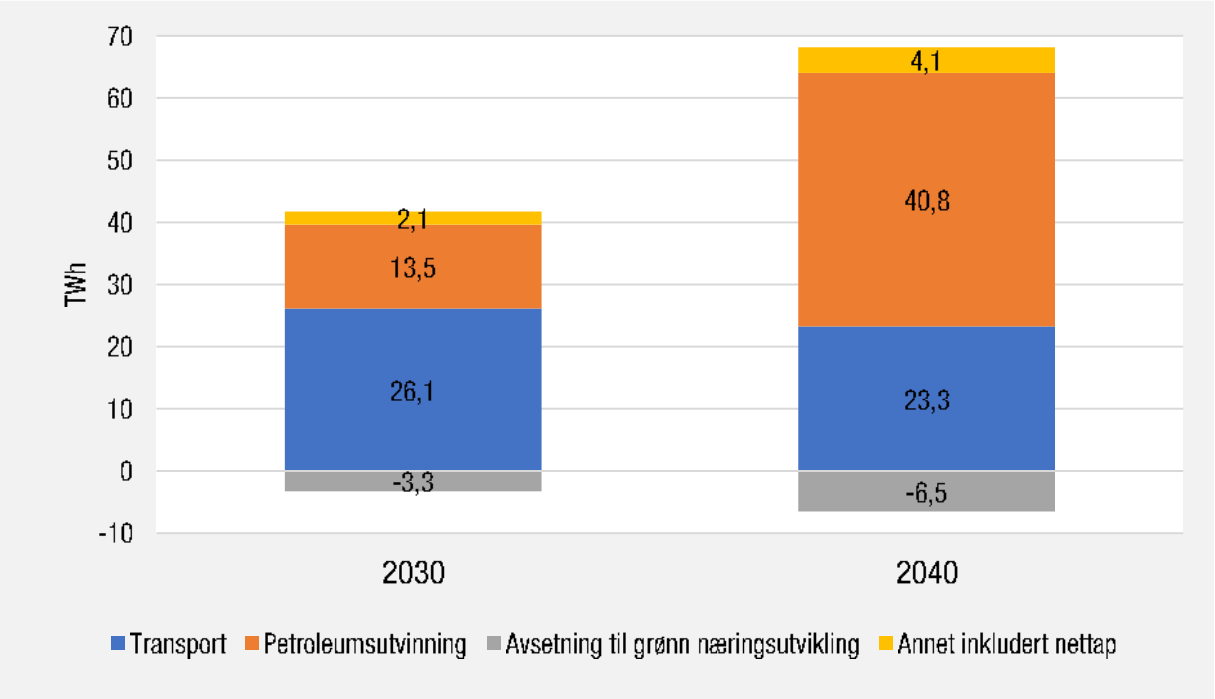
Tabell 8: Endringer i fossil energibruk (likt for begge scenarioene), kraftbehov (varierer mellom scenarioene) og behov for bioenergi (likt for begge scenarioene) til kraft og fjernvarme i 2030 og 2040, sett i forhold til 2018 (TWh)

3.4 FORSKJELLER MELLOM SCENARIOENE

Forskjellene mellom scenarioene i kraftbehov for å trappe ned og etter hvert fase ut den fossile energibruken er oppsummert i tabell 9. Positive tall viser at vekstscenarioet krever tilsvarende større mengder kraft enn miljøscenarioet. I tillegg til forskjellene i forbruk er det også en vesentlig forskjell i tilgangen til elektrisitet, gjennom at miljøscenarioet forutsetter langt mer effektivisering av strømforbruket i byggsektoren, hele 3 TWh i 2030 og 14 TWh i 2040.

	2030	2040
Veitrafikk Vekst i personbiltrafikk og godstransport på vei framfor overføring av gods fra vei til bane samt noe mer busstrafikk	10,2	10,1
Lufttransport Trafikkvekst framfor reduksjon og noe trafikkoverføring til bane	7,3	9,2
Banetransport Mindre banetransport som følge av mindre trafikkoverføring fra lastebil og fly	-0,3	-0,5
Sjøtransport Høyere fart. Noe større transportvolum som følge av høyere petroleumsaktivitet	9,0	4,5
Petroleum Økt utvinningsomfang	13,5	40,8
Industri Avsetning til grønn næringsutvikling	-3,3	-6,5
Husholdninger Større behov for å erstatte fossil oppvarming med elektrisitet som følge av mindre energieffektivisering i byggsektoren	0,0	0,1
Kraft og varme Større behov for å erstatte fossil energi med elektrisitet i fjernvarmen som følge av mindre energieffektivisering i byggsektoren	0,1	0,4
Nettap	2,0	3,6
Sum, forskjeller i kraftbehov inkludert nettap	38,5	61,6

Tabell 9: Differanse i kraftbehov mellom de to scenarioene ved å redusere fossil energibruk i 2030 og fase den ut innen 2040, sett i forhold til miljøscenarioet (TWh)



Figur 6: Differanse i kraftbehov mellom de to scenarioene ved å redusere fossil energibruk i 2030 og fase den ut innen 2040, sett i forhold til miljøscenarioet

4. VIRKNINGER PÅ TOTAL ENERGIBRUK

4.1 ENDRING I PRODUKSJON OG FORBRUK I SUM

I dette kapitlet drøfter vi funn i forrige kapittel og ser dette i sammenheng med konklusjonene om endringer i krafttilgangen i kapittel 2.

4.2 VIRKNINGER I 2030

I miljøscenarioet trengs det nesten 23 TWh elektrisitet for å dekke behovet til å redusere den fossile energibruken med 55 prosent, derav i underkant av 2 TWh til hydrogen for bruk i transportsektoren. Det er ikke behov for noe syntetisk drivstoff (e-fuel).

I vekstscenarioet trengs det til sammen 61 TWh for å redusere den fossile energibruken like mye som i miljøscenarioet. For å oppveie for mer vei- og flytrafikk og høyere fart i sjøtransporten trengs det nesten 26 TWh elektrisitet til produksjon av e-fuel. Det høyere transportomfanget gir også et større ressurs- og klimafotavtrykk globalt samt sterkere bidrag til andre miljøutfordringer lokalt enn i miljøscenarioet. Et høyere aktivitetsnivå i petroleumssektoren krever også betydelig mer elektrisitet både offshore og til landanlegg. Vekstscenarioet innebærer også et høyere bidrag til klimagassutslipp globalt enn i miljøscenarioet som følge av større norsk eksport av olje og gass.

I begge scenarioene øker bruken av biogass med 4 TWh i transportsektoren og industrien, noe som er ambisiøst. Bioenergibruken i industrien øker med 2½ TWh, i form av biokull, og vi forutsetter at det i transportsektoren brukes 1½ TWh flytende biodrivstoff, en betydelig reduksjon fra i dag.

Det ekstra strømbehovet i miljøscenarioet vil kunne la seg dekke uten nye kraftutbygginger, men supplert av den strømmen som frigjøres når Stortingets mål om energieffektivisering av byggsektoren innen 2030 innfris. Vekstscenarioet blir derimot langt mer utfordrende og vil kreve omfattende utbygging av fornybar energiproduksjon, med potensielt store konflikter. Når vi tar hensyn til forskjellene i energieffektivisering, blir merbehovet for kraft i vekstscenarioet sett i forhold til miljøscenarioet på i overkant av 41 TWh i 2030. Dette tilsvarer 65 Alta-kraftverk[f] eller 3270 vindturbiner av typen som etableres på Fosen[g] i Trøndelag.

Det blir svært viktig å intensivere arbeidet med å fase ut den fossile energibruken tidlig. Jo mer som skyves på, desto mer blir det å kutte i framtida. Hvert år framover må det oppnås betydelige resultater. Samtidig trengs det kraftige virkemidler som sikrer at energieffektiviseringspotensialet blir realisert.

4.3 VIRKNINGER I 2040

I miljøscenarioet trengs det nesten 56 TWh elektrisitet for å fase ut den fossile energibruken helt, derav nesten 14 TWh til hydrogen, der 4 TWh brukes i industrien og resten i transportsektoren. Denne sektoren lar seg vanskelig elektrifisere fullt ut i dette tidsperspektivet, særlig luft- og sjøtransport og tungtransport på vei, noe som gjør at det trengs en del flytende drivstoff til bruk i eksisterende motorer. Derfor har vi lagt opp til å bruke i overkant av 18 TWh til produksjon av syntetisk drivstoff (e-fuel). Dette er et betydelig usikkerhetselement og understreker behovet for å maksimere innsatsen for å dempe energibehovet.

I vekstscenarioet trengs det i overkant av 117 TWh for å fase ut den fossile energibruken helt, derav 27 TWh til hydrogen og 33 TWh til e-fuel. Skal petroleumssektoren videreføres med et aktivitetsnivå på linje med

[f] Alta kraftverk har en gjennomsnittlig årsproduksjon på 0,655 TWh: http://bit.ly/2otI8E7

[g] Ifølge Statkraft vil Fosen-anlegget bestå av 277 vindturbiner som er 83 meter høye, som til sammen produserer 3,6 TWh. Det gir en gjennomsnittlig årsproduksjon på 0,013 TWh per vindturbin: http://bit.ly/34fzRmy

prognosene fra Oljedirektoratet, trengs det mer enn 34 TWh ekstra strøm til denne sektoren i forhold til 2018 og hele 41 TWh mer enn i miljøscenarioet i 2040. Forskjellen mellom scenarioene med tanke på ressurs- og klimafotavtrykk globalt, samt forskjellen i bidraget til andre miljøutfordringer i transportsektoren, vil forsterkes ytterligere.

I begge scenarioene faser vi inn ytterligere 4 TWh biogass, noe som er ambisiøst med tanke på produksjon, men det krever også at det bygges et tilstrekkelig antall busser, lastebiler og skip for gassdrift.

Når målet er full utfasing av fossil energibruk innen 2040, vil ikke det økte kraftbehovet i miljøscenarioet kunne dekkes utelukkende med strøm fra eksisterende kraftverk samt omfattende energieffektivisering av bygg. Det trengs om lag 17 TWh ekstra. I vekstscenarioet trengs det mye mer. Når vi tar hensyn til forskjellene i energieffektivisering, blir merbehovet for kraft i vekstscenarioet sett i forhold til miljøscenarioet på nesten 76 TWh i 2040. Dette tilsvarer 115 Alta-kraftverk[f] eller nesten 8880 vindturbiner av typen som etableres på Fosen[g] i Trøndelag.

Dersom ambisjonene for kutt i fossil energibruk fram til 2040 senkes noe, vil vi med miljøscenarioet klare å kutte 95 prosent av den fossile energibruken uten å bruke e-fuel, som er veldig kraftkrevende å produsere. Da vil det nye kraftbehovet for utfasing av fossil energibruk reduseres til i overkant av 37 TWh, som med miljøscenarioets forutsetninger lar seg dekke uten ny kraftutbygging, men med omfattende energieffektivisering av bygg samt modernisering av eksisterende kraftverk.

4.4 MER KRAFTPRODUKSJON?

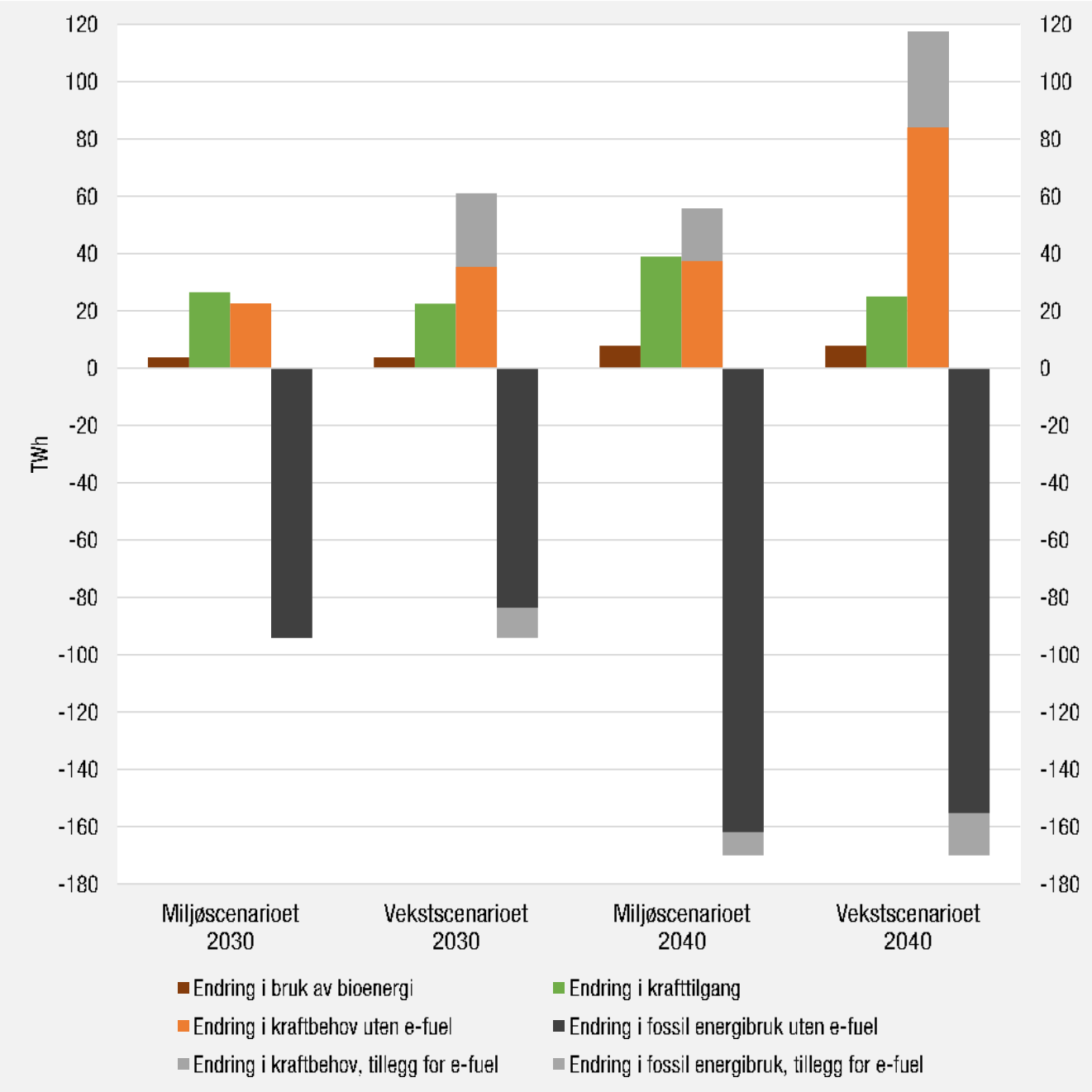
Denne rapporten har ikke som oppgave å drøfte hvilke former for fornybar kraft som eventuelt bør bygges ut. Når behovet overstiger det som er mulig å skaffe gjennom blant annet energieffektivisering, må det søkes løsninger for kraftproduksjon som er skånsomme mot natur og miljø. Da kan det være riktig å vurdere havbasert vindkraft i områder som ikke er sårbare for dyrelivet, satse mer på solenergi, vurdere muligheter for å utvide eksisterende vannkraftverk på en skånsom måte samt se på potensialer for landbasert vindkraft i industrialiserte områder. Nye teknologier kan også bli interessante.

NVE anslår at det vil komme 4–10 TWh solkraft i Norge fram til 2040,[34] men her må vi unngå dobbelttelling, siden dette også kan regnes inn som reduksjon i strømforbruk i bygg, jamfør omtalen i kapittel 2.3. Videre peker en rapport fra NTNU (2019, s. 14) på at det i Nordsjø-regionen vil være et potensial for 217 TWh havbasert vindkraft som basisscenario innen 2050, som kan øke til hele 718 TWh dersom kostnadene blir 30 prosent lavere enn i basisscenarioet. Vi finner det imidlertid riktig at mesteparten av framtidig havvindproduksjon i Nordsjø-regionen bør brukes til å fase ut fossil energibruk i nærliggende land med små potensialer for naturvennlig og fornybar kraftproduksjon. NVE anslår potensialet for havbasert vindkraft i Norge til å være på inntil 7–8 TWh i 2040.[35]

Kraftbehovet i transportsektoren vil kunne avta etter 2040 i miljøscenarioet, der vi forutsetter at trafikken ikke vokser. Dette skyldes at vi i 2040 fortsatt vil ha en del lastebiler og skip som fortsatt drives av forbrenningsmotorer med e-fuel, som vil skiftes ut i etterfølgende år. Nye lastebiler med nye motorteknologier vil fortrenge de gamle. Tilsvarende i sjøtransporten, men her er det også aktuelt å bytte ut motorer i eksisterende skip. En elektromotor som får strøm fra batterier, bruker om lag 85 prosent mindre strøm enn en forbrenningsmotor som drives på e-fuel. For en elektromotor som drives av hydrogen via brenselcelle, oppnås en reduksjon på om lag 65 prosent. Dersom all bruk av flytende drivstoff opphører i vei- og sjøtransporten, og de erstattes av elmotorer med batteri eller brenselceller, vil kraftbehovet i miljøscenarioet reduseres med 5–6 TWh som følge av mindre behov for e-fuel.[h]

---

[h] I dette regnestykket har vi lagt til grunn at alle gjenværende person- og varebiler, busser, motorsykler og mopeder som bruker flytende drivstoff, 50 prosent av gjenværende lastebiler som bruker flytende drivstoff, og 20 prosent av gjenværende skip som bruker flytende drivstoff, erstattes med kjøretøy med elektromotorer – og resten med hydrogenkjøretøy, sett i forhold til miljøscenarioet i 2040. Frigjort flytende biodrivstoff kanaliseres til lufttransport og erstatter e-fuel der. Det gir i sum en reduksjon i kraftbehovet på 5,6 TWh.



Figur 7: Endring i krafttilgang, kraftbehov og behov for bioenergi vises med positive tall. Reduksjon i fossil energibruk vises med negative tall. Krafttilgangen er basert på eksisterende kraftverk og kraftverk under bygging. Grå deler av søylene viser kraftbehovet for produksjon av e-fuel og den reduksjonen i fossil energibruk som bruk av dette vil gi. E-fuel brukes ikke i miljøscenarioet i 2030 og påvirker dermed ikke dette. Uten e-fuel vil reduksjonen i fossil energibruk i miljøscenarioet i 2040 blir noe lavere, på 95 prosent. I vekstscenarioet oppnås en reduksjon i fossil energibruk på 49 prosent i 2030 og 91 prosent i 2040 uten bruk av e-fuel, som er svært energikrevende å produsere

4.5 SENSITIVITETSANALYSE

Scenarioene er basert på mange forutsetninger, og flere av dem er usikre. Gjennom tTabell 10 synliggjør vi konsekvensene for kraftbehov og forbruk av fossil energibruk dersom noen viktige forutsetninger endres, sett i forhold til miljøscenarioet i 2040. I de fleste tilfellene viser vi konsekvenser som betyr både endringer i kraftbehov og endringer i fossil energibruk, noe som har som resultat at full utfasing av den fossile energibruken ikke lar seg realisere. Når det gjelder biogass, kan deler av forbruket også erstattes av elektrisitet via hydrogen, noe som i industrien ville betydd et høyere kraftbehov enn energien i biogassen som erstattes.

Vi minner også om at det er stor usikkerhet i beregningene våre over framtidig kraftbehov i petroleumssektoren for vekstscenarioet.

	Kraftbehov		Forbruk av fossil energi
Energieffektivisering av bygg Forbruket videreføres på 2018-nivå	23,1		
Person- og godsbiler Kjøretøyparken utvikler seg som forutsatt i Nasjonalbudsjettet 2019 og trafikkveksten som prognosene	58,1	eller	21,6
Nedstenging av olje og gass Ingen nedstenging utover prognosen, samme elektrifiseringsomfang som i miljøscenarioet i 2030	2,5	og	18,5
E-fuel Ingen produksjon og bruk	-18,4	og	8,2
E-fuel Erstattes av el- og hydrogendrift i vei- og sjøtransport[h]	-5,6		
Hydrogen Ingen bruk	-13,6	og	10,0
Hydrogen Blir 20 prosent mer energikrevende enn forutsatt	2,7		
Biogass Ingen ekstra produksjon og bruk			8,0
Annen biomasse til industrien Ingen ekstra utnyttelse	3,2	eller	2,5

Tabell 10: Endringer i kraftbehov og/eller fossil energibruk dersom viktige forutsetninger i miljøscenarioet for 2040 ikke slår til (TWh). For kraft er nettap på 5 prosent inkludert

KRITISKE FAKTORER

Energieffektivisering er en nøkkelfaktor for å oppnå utfasing av fossil energibruk på en naturvennlig måte. Det er svært avgjørende at arbeidet med dette intensiveres. Det trengs kraftigere virkemidler som sikrer at det gjennomføres tilstrekkelige tiltak i eksisterende bygningsmasse. Det blir også viktig å sørge for at energipotensialet fra opprusting av eksisterende kraftverk tas ut.

I både miljøscenarioet og vekstscenarioet forutsetter vi som et minimum at NTPs måltall for lav- og nullutslippskjøretøy blir innfridd – og vi går enda lenger når det gjelder busser og lastebiler. Dersom kjøretøyparken isteden utvikler seg i tråd med forutsetningene i Nasjonalbudsjettet 2019[i] – og trafikken samtidig utvikler seg som i vekstscenarioet – vil det gi enten et meget høyt forbruk av strøm til produksjon av syntetisk drivstoff (e-fuel), for å unngå fossil energibruk, eller så vil det gi nesten 22 TWh høyere forbruk av bensin og diesel.

Dette minner oss om at det trengs kraftige virkemidler for å legge om energibruken. Vi må huske på at det i 2019 fortsatt selges omtrent like mange personbiler med bensin- eller dieselmotor som helelektriske biler, til tross for at Stortingets mål sier at salget av personbiler med bensin- eller dieselmotorer skal være nede i null i 2025. Og for andre kjøretøykategorier er det fortsatt svake virkemidler for å fase inn kjøretøy med alternativ motorteknologi. Samtidig er det helt avgjørende at det kommer på plass tilstrekkelig med lade- og fyllestasjoner for kjøretøy med nye motorteknologier. For sjøtransporten er det ekstra viktig å forsterke innsatsen, da skip som anskaffes nå, vil ha flere tiårs levetid og legge føringer i lang tid framover. Å legge om energibruken i industrien i det omfanget vi skisserer, vil med stor sannsynlighet kreve langt sterkere virkemidler enn EUs kvotesystem.

[i] I Nasjonalbudsjettet 2019 er det forutsatt at 75 prosent av alle nye personbiler i 2030 er elbiler og resten ladbare hybridbiler. For varebilene er andelen kjøretøy med bare elmotor halvparten av hva som er forutsatt for personbiler (Fridstrøm 2019, s. 10).

Å stanse trafikkveksten og overføre transport fra vei til sjø og bane og fra luft til bane er en forutsetning i miljøscenarioet. Dette krever sterke virkemidler. Økt kjøpekraft vil gjøre det enda vanskeligere å hindre at transportomfanget øker. Autonome kjøretøy kan også bidra til en ekstra trafikkvekst, som i så fall må møtes med kompenserende mottiltak.[36]

Miljøscenarioet innebærer at utvinningsnivået i petroleumssektoren i 2030 reduseres med 55 prosent i forhold til 2018. Vekstscenarioet innebærer et høyere aktivitetsnivå, der flere nye utbygginger kommer til, samtidig som eldre felt kanskje også holdes lenger i drift. Siden vekstscenarioet skal oppnå samme reduksjonen i fossil energibruk som i miljøscenarioet, vil også eldre felt måtte elektrifiseres. Det er usikkert om dette vil skje i tilstrekkelig omfang. Både miljøscenarioet og vekstscenarioet krever derfor omlegging av politikken. Dersom petroleumssektoren opprettholdes i tråd med prognosene, og det ikke elektrifiseres mer enn det som vi har forutsatt at vil skje i miljøscenarioet, vil den fossile energibruken i sektoren øke med 19 TWh. Da greier vi definitivt ikke å fase ut det fossile forbruket i Norge innen 2040.

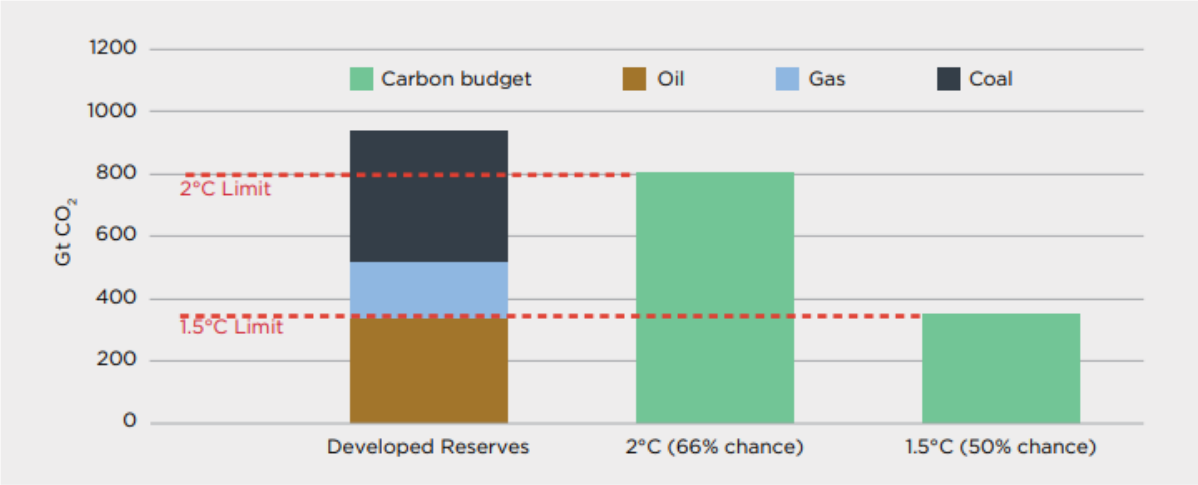
Det er videre verd å merke seg det store volumet av såkalt e-fuel som kreves, særlig i vekstscenarioet. E-fuel er langt fra en kommersiell løsning i dag, og den har klimamessige betenkeligheter, jamfør drøfting i kapittel 3.2. Det er også usikkert om kostnadene ved produksjonen kan bli lave nok til at det i det hele tatt blir aktuelt. Bruk av slikt drivstoff er derfor en betydelig usikkerhetsfaktor. I miljøscenarioet er volumet vesentlig mindre, men det er fortsatt behov for betydelige mengder. Som nevnt tidligere vil behovet for e-fuel reduseres etter 2040, etter hvert som tradisjonell motorteknologi fases ut og mer elektrifisering direkte eller gjennom hydrogen fases inn i lastebiler og skip – med mindre trafikkvekst spiser opp gevinsten.

Den økte produksjonen av biogass krever også kraftige tiltak og virkemidler. Alternativet til biogass vil være fossil naturgass i tilsvarende mengder. Når hydrogen som teknologi modnes, vil dette kunne være et alternativ til biogass. I tilfeller der hydrogen og brenselceller erstatter forbrenningsmotorer, vil energibehovet bli noe lavere. Når det gjelder biokull, vil dette kunne erstattes av hydrogen.

5. UTFASING AV FOSSIL ENERGIUTVINNING

5.1 EKSPORT AV KLIMAGASSUTSLIPP

Norge har i flere tiår eksportert olje og gass som tilsvarer mange ganger eget forbruk. I 2018 eksporterte vi nesten 2166 TWh fossil energi,[j] som er 13–14 ganger vårt eget forbruk. Klimagassene som slippes ut ved forbrenning av den eksporterte fossile energien, tilsvarer 10 ganger det utslippet som føres på det norske klimaregnskapet. Vårt ansvar for globale klimagassutslipp må ses i lys av dette.



Figur 8: Mengden fossil energi målt i CO_2-utslipp som kan brennes for at verden skal greie å hindre 1,5 graders temperaturstigning med 50 prosents sjanse eller 2 grader med 66 prosents sjanse. Kilde: Oil Change International[37]

Ifølge FNs klimapanels femte hovedrapport må mesteparten av alle kjente reserver av fossil energi bli liggende i bakken for at vi skal unngå 2 graders temperaturstigning.[38] Klimapanelets rapport om 1,5 graders temperaturstigning fra 2018 viser at kullforbruket må reduseres med opp mot 80 prosent innen 2030 og opp mot 100 prosent innen 2050. Oljeforbruket må ned med opp mot 40 prosent innen 2030 og opp mot 90 prosent innen 2050. Forbruket av gass må mer enn halveres i de fleste scenarioene innen 2050.[39] Vi har vanskelig for å se at dette ikke skal ha implikasjoner for norsk petroleumspolitikk.

5.2 SAMMENHENG MELLOM TILBUD OG FORBRUK

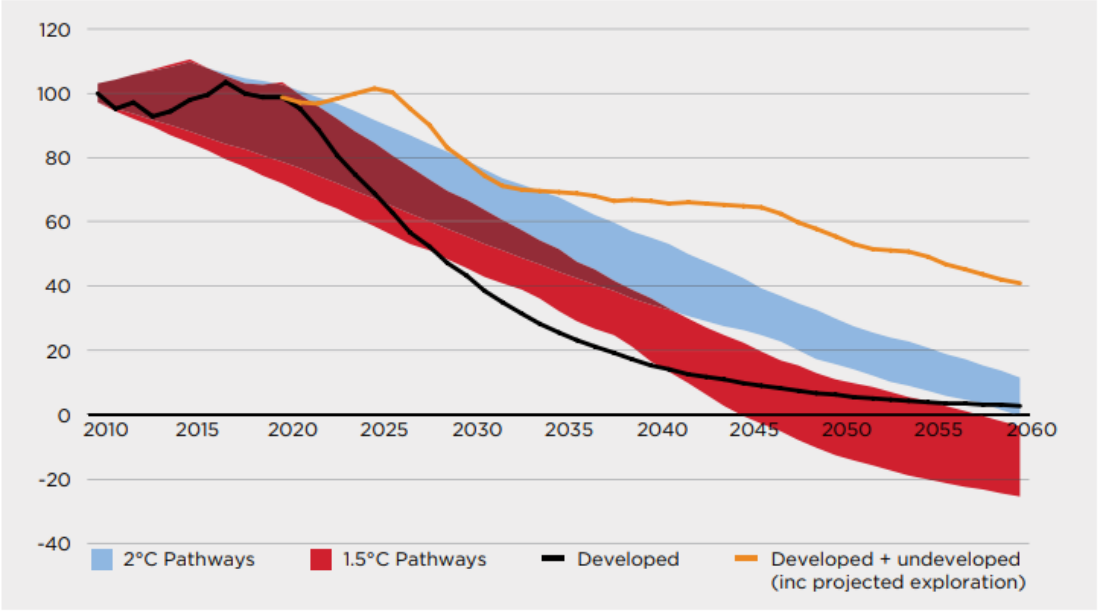
I rapporten *Norsk olje- og gassproduksjon – Effekter på globale CO_2-utslipp og energisituasjonen i lavinntektsland* gjør forfatterne analyser av hvordan endringer i norsk olje- og gassutvinning vil kunne påvirke globale CO_2-utslipp og energisituasjonen i lavinntektsland. Denne studien konkluderer med at redusert norsk oljeutvinning medfører lavere globale CO_2-utslipp, og anslår at utslippene vil falle med om lag 1 million tonn CO_2 for hver prosent norsk oljeutvinning reduseres. Dette skjer til tross for at deler av det reduserte utvinningsomfanget kompenseres av økt utvinning andre steder.[40] Reduksjon av norsk oljevirksomhet vil altså kunne bidra til en nedgang i globale klimagassutslipp.

5.3 REDUSERT UTVINNING

En rapport fra Oil Change International[41] sammenlikner karbonbudsjettet for både 1,5 og 2,0 graders temperaturstigning med Norges olje- og gassutvinning. Rapporten viser at dersom alle de påviste og antatte norske ressursene av olje og gass utvinnes, vil norsk petroleumsutvinning kraftig overstige den reduksjonskurven som trengs globalt fra forbrenning av olje og gass for å innfri Parisavtalens mål om

[j] SSBs energibalanse viser at Norge eksporterte nær 1178 TWh naturgass og nær 989 TWh råolje eller oljeprodukter i 2018.

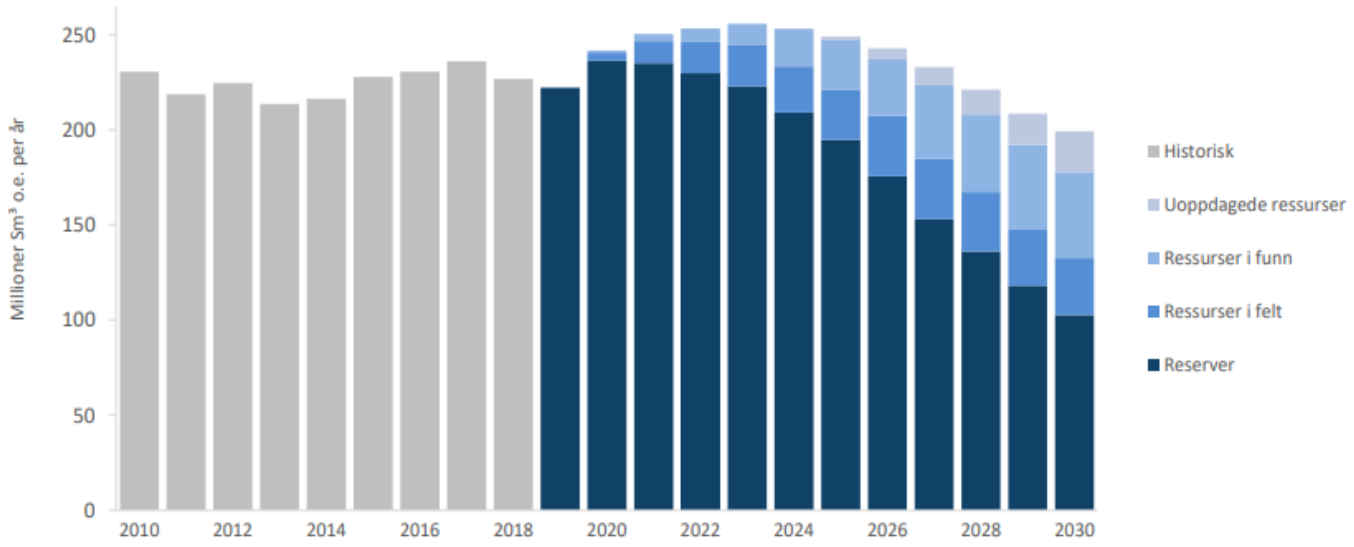
utslippskutt. Beregningene i rapporten er fra 2017 og viser at dersom alle disse ressursene utvinnes og brennes, vil det gi 150 prosent høyere CO_2-utslipp enn om vi bare utvinner og brenner det som er tilgjengelig i operative felt og felt under bygging. Nyere tall viser at forskjellen er minst like stor nå.[42]



Figur 9: Rødt område viser hvordan Norges utvinning av petroleumsressurser må reduseres for å være i tråd med utviklingsbanen for 1,5 graders temperaturstigning med 50 prosents sannsynlighet. Kilde: Oil Change International[41]

Rapporten fra Oil Change International peker på at Norge i ferd med å bruke opp en urettmessig stor del av verdens gjenstående karbonbudsjett. Dette vil frata fattige land muligheter til å utvikle seg, og det svekker Norges posisjon i arbeidet med klima og utvikling. Rapporten konkluderer med at Norge må legge på is nye lisenser eller tillatelser for olje- og gassutvinning og transportinfrastruktur som kan gi insentiver til ytterligere petroleumsutvinning.[43]

Figur 9 viser utviklingsbanen for 1,5 graders temperaturstigning med 50 prosents sannsynlighet (rødt område).[41] Figuren viser også mengden olje og gass som var klassifisert som reserver (oransje strek). Vi ser at utvinningsomfanget må reduseres betydelig for at Norges utvinning skal følge utviklingsbanen for 1,5 graders temperaturstigning. Etter utgivelsen av rapporten som figuren er tatt fra, er det søkt om flere utbygginger og gitt flere nye utbyggingstillatelser. Figur 10 viser Oljedirektoratets prognose for utvinning av olje og gass fram til 2030.[44]



Figur 10: Norske petroleumsreserver og -ressurser (mill. Sm³ oljeekvivalenter). Kilde: Oljedirektoratet[44]

Sett i sammenheng med figur 9 viser figur 10 at klimabudsjettet for brenning av norsk olje og gass vil overskrides fram mot midten av 2020-tallet. Dette må kompenseres med raskere nedtrapping seinere. Vi legger derfor til grunn at nivået for utvinning av olje og gass må reduseres med minst 55 prosent fram til 2030. Dette er samme prosentvise reduksjon som Norge må oppnå i eget forbruk av fossil energi.

I figur 10 er *reserver* definert som ressurser fra felt som er i drift, som er under utbygging, eller som det foreligger utbyggingsplan for (innsendt eller godkjent).[45] Vi ser da at vi fram til 2030 vil kunne oppnå reduksjonen på 55 prosent dersom det ikke gis grønt lys for nye utbygginger på eksisterende eller nye felt. Det vil si at det ikke lenger kan lyses ut eller tildeles nye oljelisenser og heller ikke godkjennes nye utbyggingsplaner på eksisterende felt. Det er imidlertid søkt om nye utbygginger i 2019, som ikke er vist som reserver i figuren. Det kan tilsi at noen felt må stenges ned tidligere enn planlagt også innen 2030.

Av figur 9 kan vi trekke den slutningen at utvinning av olje og gass må opphøre innen en gang mellom 2045 og 2055, gitt at verden greier å oppnå negative klimagassutslipp etter dette. Det er en usikker forutsetning. Føre-var-prinsippet tilsier raskere nedstenging, noe som forsterkes av at figuren tar utgangspunkt i at temperaturmålet skal oppnås med bare 50 prosents sannsynlighet. Videre har Norge lenge tjent enorme summer på utvinning av olje og gass, noe som taler for at Norge bør lede an i arbeidet med å gjøre seg uavhengige av olje og gass. Vi mener derfor det vil være riktig at Norge innstiller seg på at petroleumssektoren stenges helt innen 2040. Dette vil være i tråd med et stadig sterkere fokus på klimaansvaret hos utvinnere av fossil energi, og det bygger videre på nye tiltak for å begrense framtidig utvinning av kull, olje og gass som flere land har innført de siste åra.[46]

Da holder det ikke å bare stanse tildeling av nye utbyggingstillatelser. Vi trenger en nedtrappingsplan for hele sektoren. Den bør peke på hvilke felt som bør stenges når. Viktige kriterier fra et natur- og klimaperspektiv bør være å tidligst mulig stenge felt i sårbare områder og felt med høyt energibehov ved utvinning. Eldre felt har gjerne et høyt energibehov per utvunnet enhet, men også det nye feltet Johan Castberg vil kreve mye energi til utvinning, jamfør omtale i vedlegg 1.

Det er ingen tvil om at det trengs kraftig omlegging av politikken for å komme i mål med nedtrapping og nedstenging av petroleumssektoren. Norske myndigheter har aldri avslått utslippssøknader til prøveboring, med unntak av ett tilfelle ved Røst i 2001, og heller aldri sagt nei til utbyggingen av et drivverdig funn. Med den voldsomme takten i antall lisenser som har blitt tildelt til oljeindustrien de siste åra, står vi i fare for å låse oss til store utslipp i framtida som følge av enorme investeringer, som også risikerer å bli ulønnsomme som følge av strengere klimapolitikk i mange land og lavere kostnader for fornybar energi.

Gjennom 23. og 24. konsesjonsrunde er det blitt tildelt blokker i områder svært langt nord og sørøst i Barentshavet. Flere av de tildelte blokkene ligger i det som er definert som særlig verdifulle områder (SVO), hvor det i dag ikke fins infrastruktur eller en tilstrekkelig oljevernberedskap. Oljevirksomhet i disse områdene kan med andre ord utgjøre både en klimarisiko og en miljørisiko. Naturvernforbundet er en av flere miljøorganisasjoner som hevder at de tildelte oljeblokkene i 23. konsesjonsrunde er i strid med miljøparagrafen i Grunnloven, § 112, og har derfor saksøkt staten for dette, med krav om at lisenstildelingene kjennes ugyldig og trekkes tilbake.

VEDLEGG 1: BEREGNINGSTEKNISKE FORUTSETNINGER

GENERELLE FORUTSETNINGER

HOVEDKILDER OG TALL

Der ikke annet er nevnt, er energibalansen fra Statistisk sentralbyrå (SSB) for 2018 (foreløpige tall) hovedkilden for energibruken. Statnett (2019) er brukt som hovedkilde for nytt kraftbehov som følge av utfasing av fossil energibruk i industrien, unntatt petroleumssektoren, samt i bygg og næring. Statnett har brukt 2017-tall fra energibalansen,[k] men vi opererer med 2018-tall. Derfor har vi skalert kraftbehovet etter endringene fra 2017 til 2018 i den totale fossile energibruken per anvendelsesområde, der vi har beholdt fordelingsnøkkelen mellom direktebruk av strøm versus hydrogen.

Når ikke annet er angitt, gjelder alle oppgitte energistørrelser per år.

OMREGNING AV ENERGIBRUK TIL KLIMAGASSER

Når vi presenterer klimagassutslipp i 2018 fra energibruken i tabell 2, har vi tatt utgangspunkt i utslippsfaktorene i tabellen under ved forbrenning av de forskjellige energibærerne.

Kull: Alle formål	0,360
Gass: Transportformål	0,330
Gass: Industri- og petroleumsformål	0,210
Olje: Industri-, petroleums- og sjøfartsformål	0,285
Olje: Vei-, bane- og lufttransport	0,270
Fossilt avfall	0,280

Tabell 11: Utslippsfaktorer (kg CO_2-ekv. / kWh)

BIOENERGI, HYDROGEN OG E-FUEL

Som nevnt i kapittel 2.4 regner vi med et potensial for økt produksjon av biogass på 4 TWh innen 2030 og 8 TWh innen 2040, og at det er mulig å bruke i overkant av 5 TWh fast biomasse til å produsere energivarer som kan erstatte fossil energi. Gjennom en pyrolyseprosess kan 50 prosent av den faste biomassen bli til biokull og 30 prosent til bioolje.[47] Bioolje kan igjen oppgraderes til flytende drivstoff. Vi regner derfor med at vi har tilgjengelig 2,5 TWh biokull til industriformål og 1,5 TWh biodrivstoff til transportformål som vanskelig lar seg elektrifisere. I 2018 var forbruket av flytende biodrivstoff i transportsektoren på 4,2 TWh, i tillegg til 0,2 TWh biogass. Vi har redusert bruken av flytende biodrivstoff i transportsektoren ned til det nivået som vi kan produsere ved hjelp av ressursene nevnt over og har skjønnsmessig fordelt det med 20 prosent på innenriks sjøtransport, 33 prosent på innenriks lufttransport og resten på veitransport.

Videre legger vi til grunn at gassmotorer i 2030 og 2040 har samme virkningsgrad som dieselmotorer. Statnett (2019, s. 13) forutsetter en virkningsgrad for hydrogen på 60 prosent for bruk i industrielle prosesser og 40 prosent for bruk i brenselceller i transportsektoren, noe Statnett anser som optimistisk. Vi bruker samme forutsetninger. Dette er på linje med det Transport & Environment oppgir for hydrogendrevne biler med brenselceller, jamfør figur 4.

[k] Statnett har i e-post fra Vegard Holmefjord 10. april 2019 gitt oss regneark med tall med flere desimaler, noe som har gjort arbeidet enklere.

Når det gjelder produksjon av syntetisk drivstoff basert på CO_2 og elektrisitet (e-fuel), regner Transport & Environment med en effektivitet på 38 prosent i 2020 og 50 prosent i 2050.[48] Vi regner lineær utvikling i effektiviteten mellom 2020 og 2050, som gir 43 prosent i 2030 og 47 prosent i 2040.

TRANSPORT

VEITRANSPORT

For å finne tall på hvor mye ulike kategorier av biler vil kjøre med de forskjellige energiløsningene (bensin/diesel, direktebruk av elektrisitet samt hydrogen) støtter vi oss på Fridstrøm (2019), som blant annet har estimert effektene av at Nasjonal transportplans måltall for såkalte lav- og nullutslippskjøretøy blir innfridd.[d] Han har også tatt høyde for trafikkvekst, nesten identisk med framskrivingene som er brukt i Nasjonal transportplan (NTP) 2018–2029. I ettertid er det kommet nye framskrivinger fra Transportøkonomisk institutt,[49] som vi korrigerer Fridstrøms tall med. For personbilbruken støtter vi oss til prognosen for utvikling av antall kjøretøykilometer, mens vi for godstransporten opererer med tonnkilometer. Det siste betyr at endring i lastekapasitet og kapasitetsutnyttelse kan variere og dermed påvirke antall kjøretøykilometer.

	2018–2030	2018–2040
Personbil (kjøretøykilometer)	17	27
Godstransport (tonnkilometer)	28	53

Tabell 12: Forutsatt trafikkvekst i vekstscenarioet[49] (prosent)

I miljøscenarioet er trafikken lavere fordi det her er nullvekst i personbiltrafikken og godstransportene, noe Fridstrøm ikke har gjort beregninger for. I en situasjon der nybilsalget vil få et stadig større innslag av elektriske biler, vil andelen elkjøretøy ikke nødvendigvis utvikle seg proporsjonalt med endringer i trafikkomfanget. For dette scenarioet har vi derfor måttet estimere forskjellen i bruken av de ulike energiteknologiene.

For personbiler og varebiler bruker vi i Fridstrøms beregninger over kjørte kilometer med ulike energiteknologier i 2030 og 2040 ukorrigert i vekstscenarioet. I miljøscenarioet trekker vi fra veksten og justerer ned bruken av biler med forbrenningsmotor tilsvarende veksten multiplisert med en faktor på henholdsvis 0,7 og 0,6 i 2030 og 2040 for personbiler og på henholdsvis 0,8 og 0,6 for varebiler.[l] Andelen av personbiltrafikken som utføres med elektriske eller hydrogendrevne kjøretøy, blir da på 66 og 96 prosent i henholdsvis 2030 og 2040 i vekstscenarioet og 1 prosentpoeng lavere i miljøscenarioet begge årstall. For varebiler blir andelene på 42 og 89 prosent i henholdsvis 2030 og 2040 i vekstscenarioet og på 39 og 88 prosent i miljøscenarioet.

For lastebiler og trekkvogner tilsier NTPs måltall et høyt salg av dieselkjøretøy i mange år. Først i 2030 vil halvparten av nybilsalget være el- eller hydrogenkjøretøy. Vi velger å være mer ambisiøse når det gjelder el- og hydrogenlastebiler i sum og antar at det kommer et gjennombrudd midt på 2020-tallet for slike kjøretøy, slik at salget trappes ned til null midt på 2030-tallet. Dette resulterer i at vi reduserer bruken av lastebiler med forbrenningsmotor i forhold til det Fridstrøm har kommet fram til. Faktorene vi multipliserer trafikkveksten med for å finne trafikkmengden som utføres med kjøretøy med forbrenningsmotor i miljøscenarioet, jamfør omtalen av personbiler og varebiler, er på 0,9 i 2030 og 0,8 i 2040.

Fridstrøms analyse gjelder norske kjøretøy. Trafikken på norske veier består også av utenlandske kjøretøy som tanker i Norge. Det utføres et visst omfang av lastebil- og busstransport med utenlandske kjøretøy. For å få den totale energibruken for veitrafikken til å bli like høy som SSBs energibalanse viser for 2018, øker vi derfor Fridstrøms tall for lastebiltransport med 10 prosent i både 2018, 2030 og 2040.

[l] Faktorene har vi funnet ved å gjøre flere alternative modellberegninger med ulike forutsetninger for levetid og sammensetting av kjøretøyparken, og vi har valgt å bruke faktorer som ligger godt under det modellberegningene viser når vi bruker rimelig sannsynlige forutsetninger.

Fridstrøms beregninger viser at hydrogen vil få stor utbredelse blant lastebiler og trekkvogner. Vi ser at batterielektriske løsninger er på offensiven og legger til grunn at dette blir den klart mest brukte teknologien for alt unntatt langtransport. I overkant av en tredel av lastebilenes energiforbruk kommer i dag fra regional/lokal distribusjon, i underkant av halvparten skyldes langtransport, og resten er fra massetransport.[m] I beregningene legger vi til grunn at el- og hydrogenteknologiene blir like store, både i 2030 og i 2040. Med våre korreksjoner vil disse to teknologiene i sum stå for 25 og 85 prosent av kjørte kilometer lastebil i henholdsvis 2030 og 2040 i vekstscenarioet, mens de i miljøscenarioet ligger 1 prosentpoeng lavere begge årstall.

Det er verd å merke seg at Fridstrøm regner med en stor vekst i andelen av de tyngste lastebilene, noe som gjør at antall kjørte kilometer ikke endrer seg proporsjonalt med endringene i lastebilbestanden, noe som gjør det mer komplisert å vurdere et scenario uten vekst opp mot et scenario med vekst. Økt bruk av de tyngste lastebilene reduserer energiforbruket per transporterte enhet, men det styrker også lastebilens konkurransekraft i forhold til toget og kan gjøre godsoverføring til bane og sjø vanskeligere. Batterielektriske lastebiler vil imidlertid kunne bli tyngre, uten at transportkapasiteten øker.

Ifølge Fridstrøm (2019, s. 19) vil NTPs måltall bety at nesten 55 prosent av bussene fortsatt går på diesel i 2030. Her ser vi et større potensial. Ruter (2018, s. 14), har estimert at all busstrafikk i Oslo og Akershus kan drives batterielektrisk eller med hydrogen i 2028. Det er verre for langdistanse- og turbusser, men vi ser likevel at det bør være mulig å tredoble bruken av elektrisk drevne busser innen 2030 og øke den med 50 prosent innen 2040 i forhold til Fridstrøms anslag. Andelen av busstrafikken som drives elektrisk, blir da på 37 prosent i 2030 og 69 prosent i 2040. Eneste forskjellen mellom scenarioene er at vi i miljøscenarioet regner med at busstrafikken er 15 prosent større i 2030 og 20 prosent større i 2040 enn det Fridstrøm har forutsatt, som følge av nullvekst i personbiltrafikken i dette scenarioet.

Omfanget av bobiltrafikk lar vi følge Fridstrøms framskrivinger i begge scenarioene. Verken bobiler, motorsykler eller mopeder omfattes av NTPs måltall, men vi legger skjønnsmessig til grunn at 40 prosent av trafikken foregår batterielektrisk i 2030 og 80 prosent i 2040.

I våre beregninger har vi ikke tatt med ladbare hybridbiler som en egen kategori, men fordelt dem med 40 prosent på elektrisitet og 60 prosent på bensin/diesel. Det er også verd å nevne at Fridstrøms tall for kjøretøybestanden gjelder ved utgangen av hvert år. Det kan bety at vi overestimerer effektene av siste års endring noe, uten at vi har korrigert for det.

Miljøscenarioets utgangspunkt om null vekst i trafikken kan nås gjennom en differensiert politikk overfor personbilbruken. Ifølge Vegdirektoratet[50] foregår om lag halvparten av personbiltrafikken i Norge i de ni største byområdene. Det betyr at nullvekst fram til 2030 er oppnåelig for eksempel med en kombinasjon av 10 prosents trafikkreduksjon i de største byene og ellers en trafikkvekst i tråd med befolkningsframskrivingene i resten av landet. Videre til 2040 holder det at dette kombineres med at bilbelegget i hele landet øker fra gjennomsnittlig 1,55[51] til 1,58 personer om bord i bilene.

For godstransportene legger miljøscenarioet til grunn at godsmengden ikke øker, noe som forutsetter lavere materielt forbruk. Om dette ikke lar seg innfri fullt ut, vil økt lastebilbelegg også være et tiltak som kan gi en tilsvarende effekt.

I analysen er overføring av gods fra vei til bane og sjø lagt inn som et tiltak som reduserer godstransport med lastebil ytterligere. Målet fra NTP 2018–2029 om å flytte 30 prosent av alt godset over 300 km fra lastebil til sjø og bane tilsvarer 2,6 mrd. tonnkilometer (i 2013).[25] Vi legger dette til grunn i vekstscenarioet for både 2030 og 2040. I miljøscenarioet har lagt inn en dobbel effekt innen 2030 og det dobbelte av dette

[m] Dette har vi kalkulert på grunnlag av omtrentlige tall i notatet *Elektrifiseringsmuligheter for lastebiler* til seminaret *Klimakur 2030 – Reduserte utslipp fra lastebiler* i regi av Miljødirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen 9. oktober 2019.

igjen innen 2040, men overføringsmengden er nedjustert relativt sett like mye som godstransporten på vei generelt, sett i forhold til vekstscenarioet. For enkelthets skyld regner vi med at alt overføres til elektrisk drevet jernbane. Andelen av godstransportarbeidet med lastebil som overføres til tog, blir på 4–6 prosent i vekstscenarioet, mens det i miljøscenarioet blir på 11 prosent i 2030 og nærmere 17 prosent i 2040. I disse beregningene legger vi til grunn at en lastebil i konkurranse med toget frakter i gjennomsnitt 16 tonn last. Reduksjonen i lastebiltransport med forbrenningsmotor som følge av godsoverføring regner vi med følger samme mønster som vi har brukt for å beregne forskjellen mellom vekstscenarioet og miljøscenarioet. Den resterende andelen reduserer bruken av batteri- eller hydrogenelektriske lastebiler, fordelt med en tredel på førstnevnte type og resten på sistnevnte.

	2018	2030	2040
Personbiler: forbrenningsmotor	0,60	0,60	0,60
Personbiler: elmotor	0,20	0,20	0,20
Personbiler: hydrogendrift	0,45	0,45	0,45
Busser: forbrenningsmotor	3,25	3,23	3,04
Busser: elmotor	1,63	1,61	1,52
Varebiler: forbrenningsmotor	0,85	0,81	0,81
Varebiler: elmotor	0,28	0,27	0,27
Lastebiler og trekkvogner: forbr.motor	4,11	4,34	4,38
Lastebiler og trekkvogner: elmotor	-	2,17	2,19
Lastebiler og trekkvogner: hydrogendrift	-	4,88	4,93

Tabell 13: Energibruksfaktorer for ulike kjøretøy med ulike energiteknologier (kWh/kjøretøykm). Lade- og batteritap er inkludert

For å finne endringene for de enkelte energibærerne må vi multiplisere trafikkendringene med energibruksfaktorer. Disse er vist i tabellen over. Tall for personbil og varebil med forbrenningsmotor er satt marginalt høyere enn det vi finner når vi bruker SSBs klimastatistikk (for 2017, da nyere detaljert statistikk ikke foreligger) og statistikken over kjørelengder for samme år, korrigert for biodrivstoff. Vi regner ingen effektivisering for personbilparken som følge av sterkt redusert salg. Vi regner med at varebilparken effektiviseres med 5 prosent innen 2030, deretter ingen endring. Dieselforbruket for busser og lastebiler er estimert ved hjelp av Fridstrøms trafikktall og totalt energiforbruk. Økt forbruk per kjørte kilometer skyldes at Fridstrøm regner med at de største lastebilene vil utgjøre en større andel av lastebilparken. For bobiler har vi ikke gjort beregninger med energibruksfaktorer, men bare tatt utgangspunkt i totalt energiforbruk som oppgitt av Fridstrøm. Energibehovet for motorsykler og mopeder har vi estimert på bakgrunn av SSBs statistikk over klimagassutslipp (2017) og brukt dette videre, uten verken effektivisering eller trafikkvekst. For bobiler, motorsykler og mopeder regner vi med at de elektriske variantene bruker en tredel av energien til dagens kjøretøy, målt per kjørte distanse. Fridstrøm regner ikke med at hydrogen vil bli brukt av varebiler eller busser.

Når det gjelder energibruken til elbiler, har vi estimert gjennomsnittet av de fire mest solgte bilmodellene i 2018 i Norge[n] basert på salgstall samt gjennomsnittlig energiforbruk ifølge Electric Vehicle Database[52], der vi igjen bruker gjennomsnittet av kombinert kjøring i både kaldt og mildt vær. Det gir et direkte forbruk på 0,179 kWh/km. I tillegg kommer energitap fra lading og batterier, som ifølge en tysk studie om lastebiler[53] utgjør et tillegg på 10 prosent. Det gir et forbruk på 0,20 kWh/km, som vi legger til grunn i alle årstall. Det er ikke utenkelig at elbilparken kan bli mer energieffektiv, men det er også sannsynlig at økende grad av elektrifisering vil resultere i at elbilene i gjennomsnitt blir større, noe som i tilfelle gir en motsatt effekt.

Den nevnte tyske studien viser at en batterielektrisk lastebil uten lade- og batteritap bruker 55 prosent mindre energi enn en diesellastebil i 2015, synkende til 46 prosent i 2030. Siden den tyske studien forutsetter vesentlige forbedringer i diesellastebilens effektivitet, velger vi å bruke forholdstallet for 2015, og det for alle tyngre transportmidler i denne studien. Med batteri- og ladetap inkludert betyr dette at et

[n] Dette var Nissan LEAF, VW e-Golf, BMW i3 og Tesla Model X, ifølge Norsk Elbilforening: http://bit.ly/2MTZCTs. Disse utgjorde 66 prosent av alle nye elbiler i 2018, inkludert bruktimport.

tyngre kjøretøy bruker strøm tilsvarende halvparten av energiforbruket i et tilsvarende dieselkjøretøy. For hydrogenkjøretøy må vi i tillegg ta høyde for at hydrogenproduksjon, -distribusjon og -omforming til strøm i brenselceller har en virkningsgrad på 40 prosent.

I begge scenarioene legger vi til grunn at det fases inn 1,0 TWh biogass for tyngre kjøretøy i veitransporten innen 2030 og 1,5 TWh innen 2040 – utover dagens forbruk på 0,2 TWh biogass. Dette krever ytterligere omstilling av kjøretøyparken. Om dette ikke lar seg gjøre innen 2030, kan industrien bruke mer biogass. For begge årstall bruker vi 0,7 TWh flytende biodrivstoff og tar resten av den nødvendige reduksjonen i fossil energibruk gjennom bruk av e-fuel, med størst behov i vekstscenarioet.

Veitrafikkens strømforbruk er i SSBs statistikk ført på den sektoren der strømuttaket tilhører. I vår analyse er endringene oppført i transportsektoren.

	2018	Miljø 2030	Vekst 2030	Miljø 2040	Vekst 2040	Sensitiv. 2040
Personbil						
Flytende/gass	19,5	7,5	8,3	1,0	1,2	5,3
Elektrisitet direkte	0,7	4,7	5,5	6,7	8,2	7,0
Elektrisitet til hydrogen	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
Buss						
Flytende/gass	1,9	1,4	1,2	0,7	0,6	0,6
Elektrisitet direkte	0,0	0,4	0,3	0,7	0,6	0,6
Bobil, motorsykkel, moped etc.						
Flytende/gass	1,0	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2
Elektrisitet direkte	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3
Varebiler						
Flytende/gass	5,5	3,2	4,0	0,6	0,9	4,4
Elektrisitet direkte	0,0	0,7	1,0	1,5	2,5	1,0
Lastebiler, trekkvogner etc.						
Flytende/gass	10,5	7,0	9,1	1,6	2,5	13,5
Elektrisitet direkte	0,0	0,5	0,8	2,0	3,5	0,1
Elektrisitet til hydrogen	0,0	1,0	1,6	4,0	7,6	0,2
Sum						
Elektrisitet direkte	0,7	6,4	7,7	11,4	15,2	9,0
Elektrisitet til hydrogen	0,0	1,0	1,6	4,2	7,8	0,2
Elektrisitet til e-fuel	0,0	0,0	8,3	3,8	6,5	46,2
Sum elektrisitet	0,7	7,4	17,6	19,4	29,4	55,3
Sum biogass	0,0	1,9	1,9	2,4	2,4	2,4
Sum fossil energi	38,4	17,8	17,8	0,0	0,0	0,0

Tabell 14: Energibruk til ulike kjøretøytyper for miljøscenarioet og vekstscenarioet i 2030 og 2040 samt alternativet i sensitivitetsanalysen i 2040 (jamfør kapittel 4.5) (TWh). Merk at dette er totaltall og ikke endringer i forhold til 2018

BANETRANSPORT

Vi støtter vi oss til Statnett (2019) og antar at 70 prosent av elektrifiseringspotensialet kan realiseres innen 2030 og resten innen 2040. I miljøscenarioet legger vi inn et økt strømforbruk på 30 prosent innen 2030 og 40 prosent innen 2040 fordi nullvekst i personbiltrafikken vil gi mer skinnegående transport. I sistnevnte scenario legger vi i tillegg inn et økt strømforbruk som følge av overført trafikk fra lastebil og fly til tog. Energibruks- og avstandsfaktorene som er brukt i disse beregningene, er tatt fra Schlaupitz (2014, s. 17).

LUFTTRANSPORT

I miljøscenarioet regner vi med en reduksjon i flytrafikken på 20 prosent innenriks og 10 prosent utenriks innen 2030 og på 30 prosent innenriks og 10 prosent utenriks innen 2040, sett i forhold til 2018. Deler av trafikkreduksjonen innebærer en netto reduksjon i reiseomfanget, mens vi regner med at 5 prosent av

dagens innenrikstrafikk overføres til tog innen 2030 og 10 prosent innen 2040, som tilsvarer snaut 0,4 mrd. passasjerkilometer ekstra med tog i 2030, økende til 0,7 mrd. passasjerkilometer ekstra i 2040. I vekstscenarioet regner vi med at trafikken utvikler seg i tråd med prognosene. Transportøkonomisk institutt har nylig oppdatert prognosene for innenrikstrafikken og justerer ned vekstforventningene, da veibygging forventes å styrke bilens konkurransekraft i forhold til flyet.[49] Deres framskriving vil gi en vekst fra 2018 på i underkant av 6 prosent fram til 2030 og i underkant av 9 prosent fram til 2040. Avinor og transportetatene (2019, s. 62) har også nedjustert forventningene til vekst i utenrikstrafikken noe og forventer nå i underkant av 3 prosent årlig fram mot 2040. I vekstscenarioet regner vi derfor med at utenrikstrafikken vokser med 40 prosent fram til 2030 og 80 prosent fram til 2040, sett i forhold til 2018.

Transport & Environment (2018, s. 21) bruker en årlig energieffektiviseringsrate på 1,2 prosent, mens Avinor[54] anslår 1,5 prosent. DNV (2019b, s. 171) regner med hele 2,0 prosent globalt. Effektivisering skyldes både nye fly, oppgradering av fly og operasjonelle forbedringer. Vi bruker Avinors forutsetning i vekstscenarioet, men regner med at trafikkreduksjon vil gi færre nye fly og dermed noe mindre effektivisering – og bruker derfor 1,2 prosent i miljøscenarioet. Dette gir en reduksjon i drivstofforbruket i vekstscenarioet på 17 prosent innen 2030 og 28 prosent innen 2040 og i miljøscenarioet på henholdsvis 13 og 23 prosent. Vi regner at denne gevinsten tas ut for hele flytrafikken, og at den elektrifiserte delen halverer energibruken ytterligere. Andelen elektrisk drift forutsetter vi at blir på 10 prosent innenriks og 0 prosent utenriks innen 2030, økende til 30 prosent innenriks og 15 prosent utenriks innen 2040. For begge årstall bruker vi 0,5 TWh flytende biodrivstoff i innenrikstrafikken og tar resten av den nødvendige reduksjonen i fossil energibruk gjennom bruk av e-fuel, med størst behov i vekstscenarioet.

Vi legger til grunn dagens utnyttelsesgrad av kapasiteten. Virkemidler for å dempe trafikk og redusere fossil energibruk kan resultere i at setebeleggsprosenten øker. Det kan i så fall føre til at reduksjonen i fossil energibruk blir enda større, alternativt at trafikken ikke trenger reduseres like mye som forutsatt for å oppnå samme reduksjon i fossil energibruk.

SJØTRANSPORT

DNV (2018, s. 4) viser en referansebane for utslipp fram til 2030 og hva som skal til for å oppnå halverte utslipp i forhold til referansebanen. 40 prosent av reduksjonen skyldes energieffektivisering. Vi er litt mer ambisiøse og regner med at energieffektivisering vil bidra til 25 prosents reduksjon i fossil energibruk fram til 2030. Resten av utslippsreduksjonen forutsetter DNV at kommer gjennom overgang til del- og helelektrifisering, hydrogendrift og biodrivstoff. Vi legger til grunn at direkte elektrifisering gir 10 prosents reduksjon i fossil energibruk innenriks, mens hydrogendrift gir 5 prosent både innenriks og utenriks. Videre legger vi til grunn at 2,0 TWh biogass erstatter 1,6 TWh naturgass som sjøtransporten brukte i 2018, og at bruken av biogass øker til 2,0 TWh i 2030, der det meste brukes innenriks. Om avsetningen der blir for liten, kan ressursen isteden brukes i industrien.

Statnett (2019, s. 13) legger til grunn at direkte elektrifisering vil bidra til 40 prosent og hydrogendrift 60 prosent av sjøfartens utfasing av fossil energibruk som tankes i Norge. For 2040 beholder vi dette og antar at 60 prosent av potensialet kan tas ut innen 2040. All direkte elektrifisering tilskrives imidlertid innenrikstrafikken. Energieffektiviseringsgevinsten øker vi til 35 prosent, sett i forhold til 2018. Vi beholder samme mengde biogass som i 2030, men avser noe av det til utenrikstrafikken, da vi forventer at elektrifisering vinner fram på ferjer og annen trafikk over kortere distanser – og dekker det gjenværende energibehovet med e-fuel.

Sjøtransporten er en betydelig underleverandør til norsk petroleumsvirksomhet gjennom å transportere olje og gass og ikke minst forsyne petroleumsinstallasjonene til havs med nødvendig utstyr. Sjøtransportens framtidige omfang påvirkes derfor av aktiviteten i petroleumssektoren. Ifølge DNV (2019, s. 22) står offshore-supplyskip, andre offshore-service-skip, oljetankere og gasstankere for til sammen 29 prosent av energibruken fra innenriks sjøtransport. Vi forenkler og antar at sjøtransportens omfang totalt sett, både innenriks og utenriks, vil utvikle seg i tråd med prognosene for godstransportarbeidet på norsk område.[55] I miljøscenarioet tar vi utgangspunkt i DNVs anslag over andelen av energibruken i sjøfarten som kan

tilskrives petroleumsaktiviteten og trekker fra dette i tråd med hvor mye utvinningsomfanget i petroleumssektoren reduseres i forhold til vekstscenarioet. Våre forutsatte endringer i trafikkomfanget blir som vist i tabellen under.

	2018–2030	2018–2040
Miljøscenarioet, innen- og utenriks	5	9
Vekstscenarioet, innen- og utenriks	18	27

Tabell 15: Forutsatte endringer i trafikkomfanget fra 2018 (prosent)

DNV (2016, s. 62) anslår at redusert fart for skip kan redusere drivstoffbehovet med 5–30 prosent. DNV (2019c, s. 89) peker på en reduksjon at 30–35 prosent dersom farten senkes med 20 prosent, og med 60–67 prosent dersom farten halveres. I miljøscenarioet legger vi til grunn at fartsreduksjon tas i bruk som et tiltak som gir 20 prosent lavere energibehov i sjøfarten i både 2030 og 2040. For begge årstall bruker vi 0,3 TWh flytende biodrivstoff i innenrikstrafikken og tar resten av den nødvendige reduksjonen i fossil energibruk gjennom bruk av e-fuel, der behovet er størst i vekstscenarioet.

For å finne energibehovet for elektrisk drift og hydrogendrift sett i forhold til tradisjonell motorteknologi bruker vi samme forholdstall som for lastebiler, nemlig 55 prosents reduksjon ved overgang til batteridrift uten ladetap og 50 prosent med ladetap, og at hydrogendrift bruker 2,5 ganger så mye strøm som batteridrift uten ladetap. Dette er noe høyere enn hva Statnett har lagt til grunn.

INDUSTRI

Vi regner med at det identifiserte potensialet i Statnett (2019) for erstatning av fossil energi med direktebruk av elektrisitet kan tas ut med lineær innfasing, som betyr at vi realiserer 55 prosent av effekten i 2030 og alt innen 2040. Vi legger til grunn at potensialet for å bruke hydrogen som erstatning for fossil energi der direkte elektrifisering er vanskelig, lar seg realisere innen 2040. I Statnetts studie går en del av hydrogenet til å erstatte kull/koks som reduksjonsmiddel i prosessindustrien. Her kan også biokull og biogass brukes. Innen 2030 faser vi inn til sammen 1,0 TWh biogass i metallproduksjon og kjemisk industri, mens volumet øker til hele 4,2 TWh i hele sektoren innen 2040, både metallproduksjon, kjemisk industri og næringsmiddelindustri. Biogassen erstatter naturgass samt kull/koks som reduksjonsmiddel. Vi faser også inn 2,5 TWh biokull som erstatning for kull/koks i metallproduksjon, bergverk og mineraler samt kjemisk industri innen 2030.

Vi regner med at både biogassen og biokullet kommer istedenfor hydrogen med tilhørende strømbehov på linje med gjennomsnittet av det Statnett har funnet per enhet fossil energi som fases ut i de enkelte industrikategoriene. I stor grad prioriterer vi å bruke biogassen og biokullet der det kreves mye strøm for å fase ut en enhet fossil energi.

For industrien er det ingen forskjeller mellom scenarioene, bortsett fra at vi i miljøscenarioet legger inn et ekstra kraftforbruk til grønn næringsutvikling, som erstatning for at petroleumssektoren fases ut.

PETROLEUM

AVGRENSING AV SEKTOREN OG TOTALT ENERGIFORBRUK

Denne kategorien består av energibruken fra olje- og gassutvinning, oljeraffinerier samt gassdrevne kraftvarmeverk som i SSBs energibalanse er plassert under *eget forbruk i energiproduserende sektor*.[o] Gassdrevne kraftvarmeverk omfatter i all hovedsak kraftvarmeproduksjonen på Mongstad og Melkøya, som er integrert med petroleumsvirksomheten. Kraftvarmeverket på Mongstad er planlagt stengt i 2020.

[o] I tillegg har vi lagt til et gassforbruk på 0,4 TWh og 1,3 TWh, som er ført på transformasjon (henholdsvis kombinerte kraftvarmeverk og annen transformasjon) i SSBs energibalanse, men som brukes av gassdrevne kraftvarmeverk.

Nasjonalbudsjettet 2020 presenterer gjeldende prognose for utvinning av olje og gass fram til 2050.[32] Den viser at utvinningsomfanget vil øke fram til 2023 – som følge av store, nye utbygginger, med Johan Sverdrup som det største – for deretter å avta med 13 prosent i 2030 og nær 36 prosent i 2040, begge i forhold til 2018 – da utvinningsomfanget var på 229 mill. Sm^3 oljeekvivalenter. Dette legger vi til grunn i vekstscenarioet, men da under forutsetning av at all fossil energibruk i sektoren opphører innen 2040, noe som krever betydelige mengder strøm både til havs og til lands. I miljøscenarioet reduseres norsk olje- og gassutvinning med 55 prosent innen 2030, ned til 103 mill. Sm^3 oljeekvivalenter, og fases ut innen 2040. Vedtatte felt med kraft fra land vil øke kraftforbruket også i dette scenarioet. I begge scenarioene fases gasskraftproduksjonen ut innen 2030.

Vi estimerer den totale fossile energibruken i denne sektoren til å være 78,6 TWh i 2018. SSBs energibalanse bringer ikke detaljene, men ved hjelp av SSBs statistikk over klimagassutslipp for 2017 (da nyere tall ikke er klare) fordeler vi forbruket og finner at det til havs var på 53,8 TWh, i landanlegg på 9,5 TWh og i oljeraffinerier og gassdrevne kraftvarmeverk på 13,4 TWh. Energibruken til skip og helikoptre som opererer for petroleumssektoren, er kategorisert under transportsektoren. Brenning av gass som det ikke er mulig å utnytte til noe annet på plattformene til havs, såkalt fakling, er ikke inkludert i denne studien, men energiinnholdet i fakkelgassen utgjorde 3,7 TWh i 2018.

ENERGIBEHOVET OFFSHORE

I 2018 var det seks petroleumsfelt som fikk kraft fra land, nemlig Gjøa, Goliat, Ormen Lange, Troll A og Valhall – i tillegg til Snøhvit, som får kraft fra kraftvarmeverket på Melkøya. Ifølge NVE fikk Gjøa, Goliat, Troll og Valhall 2,4 TWh kraft fra land i 2018.[56] Ormen Lange er integrert med landanlegget Nyhamna, som hadde et kraftforbruk på 1,5 TWh i 2018.[57] En del av dette brukes på Ormen Lange. Vi anslår derfor at sokkelen i 2018 fikk 3 TWh kraft fra det offentlige nettet. Flere petroleumsfelt med kraft fra land er tatt i bruk eller vedtatt utbygd, som Martin Linge, Troll fase 3, Duva samt Johan Sverdrup og tilstøtende felt. Ifølge Oljedirektoratet (2019, s. 50) vil 44 prosent av utvinningsomfanget i 2023 komme fra felt med kraft fra land. Vi anslår derfor at behovet for kraft fra land øker med 4 TWh fram til 2023. I tillegg kommer planene om delelektrifisering av Gullfaks og Snorre gjennom havvindanlegget Hywind Tampen (0,4 TWh).

Når kraft fra land erstatter bruken av gassturbiner for kraftproduksjon, legger vi til grunn en gjennomsnittlig virkningsgrad for gassturbinene på 40 prosent, som inkluderer varmegjenvinning.[58] For kraft fra land må vi i tillegg regne med et tap på om lag 10 prosent i kraftoverføringsnettet fra land. Eventuelle nye utbygginger basert på gassturbiner regner vi med får en virkningsgrad på 60 prosent.[p]

Det framtidige energibehovet på sokkelen påvirkes ikke bare av utvinningsomfanget og effektiviseringstiltak. Energibehovet for enkeltfelt holder seg noenlunde konstant i driftsperioden, men siden utvinningsomfanget etter noen år som regel faller mye og så flater ut, vil det spesifikke energibehovet – altså energibehovet per utvunnet enhet – som regel være rimelig konstant i noen år, før det stiger betydelig, for så å flate ut. Det er utfordrende å estimere hvordan dette slår ut.

I miljøscenarioet skal utvinningsnivået reduseres med 55 prosent, og da er det ikke rom for nye utbygginger. Det kan til og med være behov for å stenge ned noen felt før planen, for å få utvinningsnivået ned på forutsatt nivå. I så fall er det naturlig at dette blir felt med høyt spesifikt fossilt energibehov i utvinningsfasen. Videre anslår vi at halvparten av all olje og gass utvinnes på felt med kraft fra land eller fra havvind i 2030. Siden det ikke er rom for nye utbygginger i dette scenarioet, legger vi heller ikke til grunn at det legges nye kabler med kraft fra land. Eksisterende infrastruktur kan imidlertid utnyttes av tilstøtende felt når gamle felt med kraft fra land eller havvind tas ut av drift, der dette er relevant. Behovet for kraft fra land anslår vi til 6,5 TWh i 2030 i dette scenarioet – pluss 0,4 TWh vindkraft til havs. I vekstscenarioet skal bruken av fossil energi ikke overstige forbruket i miljøscenarioet. Her er det derfor behov for betydelig mer

[p] Konsekvensutredningene for Johan Castberg (Statoil 2017, s. 40) og for Luno II (seinere Solveig) (Lundin 2011, s. 58) oppgir virkningsgrader for gassturbinene inkludert varmegjenvinning på henholdsvis 63 og 60 prosent.

elektrifisering, og det er andelen av utvinningsomfanget som kommer fra felt med kraft fra land eller havvind, som blir variabelen for å få den fossile energibruken offshore ned på nivået i miljøscenarioet.

Vi har brukt ulike kilder til å anslå hvordan det spesifikke energibehovet vil utvikle seg. Vi har tatt utgangspunkt i utslippsframskrivingene i Nasjonalbudsjettet 2020 (s. 89) og metodebeskrivelsen i Perspektivmeldingen 2017 (s. 85), vi har gjort egne vurderinger basert på dagens energibruk per felt[59] og vår antakelse av levetida på disse, og vi har sett på utslippstall og utvinningsanslag presentert i planer for utbygging av drift av petroleumsfelt.

Basert på forutsetningen om at 25 prosent av det totale utvinningsomfanget i 2018 kommer fra felt med kraft fra land, finner vi at det gjennomsnittlige behovet for fossil energi er på om lag 325 kWh/Sm^3. Utslippsframskrivingene i Nasjonalbudsjettet 2020 er basert på at i overkant av 30 prosent av utvinningsomfanget kommer fra felt med kraft fra land. Når vi regner om fra klimagasser til energibruk (for 2017, da nyere tall for klimagasser ikke er klare) og fordeler dette på den framskrevne mengden utvinning fra felt uten kraft fra land, finner vi at det spesifikke behovet for fossil energi i 2030 vil være på 325–350 kWh/Sm^3, gitt omfanget av elektrifisering som er lagt til grunn i Nasjonalbudsjettets framskriving. Høyere grad av elektrifisering vil antakelig gjøre at andelen nyere felt med lavere spesifikt energibehov vil være lavere, som igjen vil gi et høyere gjennomsnittlig spesifikt fossilt energibehov.

Basert på dagens forbruk av gass og diesel på eksisterende felt – og egne antakelser om hvilke som fortsatt vil være i drift i 2030, basert på de tillatelsene som er gitt – anslår vi at det spesifikke behovet for fossil energi vil være på 300–500 kWh/Sm^3. Til sammenlikning finner vi ved hjelp av informasjonen i planen for utbygging og drift for Johan Castberg[60] at dette feltet vil ha et spesifikt fossilt energibehov på om lag 110 kWh/Sm^3 kort tid etter idriftsettelse, økende til om lag 385 kWh/Sm^3 i 2030 og om lag 1200 kWh/Sm^3 i 2040. Dette er imidlertid ikke noe typisk felt, da varmebehovet her er særlig høyt. Dersom vi ser på prosjektet Ærfugl, som er under utbygging som en utvidelse av Skarv-feltet, estimerer vi at det spesifikke energibehovet her vil ligge på i underkant av 200 kWh/Sm^3 i 2021 og på om lag 550 kWh/Sm^3 i 2030, to år før planlagt nedstenging.[61]

Når det gjelder kraftbehovet for felt som drives med kraft fra land, anslår vi at Goliat og Valhall i 2018 lå på om lag 175 kWh/Sm^3.[q] Med informasjon i plan for utbygging og drift av Johan Sverdrup[62] kan vi estimere at dette feltet vil få et kraftbehov på om lag 30 kWh/Sm^3 kort tid etter idriftsettelse, økende til om lag 50 kWh/Sm^3 i 2030 og om lag 220 kWh/Sm^3 i 2040. Dersom Johan Castberg ville hatt kraft fra land, kan vi estimere et kraftbehov her på om lag 280 kWh/Sm^3 i 2030 og 880 kWh/Sm^3 i 2040.

At et felt får kraft fra land, betyr ikke at all fossil energibruk opphører. Basert på den nevnte statistikken over energibruk per felt og utvinningsomfang ser vi at Goliat og Valhall i sum har et slikt tillegg på 25–30 kWh/Sm^3. Basert på planen for utbygging og drift anslår vi at Johan Sverdrup vil ligge på om lag 5 kWh/Sm^3 i 2030.[63]

Med utgangspunkt i informasjonen over velger vi å bruke tall for spesifikk energibruk relatert til kraftbehovet på sokkelen som vist i tabellen under, som også tar hensyn til energieffektiviseringsgevinster.

	Felt med gassturbiner	Felt med kraft fra land	Felt med kraft fra land (gass og
2030: Eksisterende og vedtatte installasjoner	400	125	20
2030: Ekstra utvinning i vekstscenarioet	120	75	20
2040: Gjennomsnitt for all utvinning	-	150	0

Tabell 16: Forutsatt spesifikt energibehov for å dekke kraftbehovet på sokkelen (kWh/Sm^3). Tallet for ekstra utvinning i vekstscenarioet på felt med gassturbiner brukes kun i sensitivitetsanalysen i kapittel 4.5

[q] Regnestykket er basert på at 80 prosent av strømtilførselen på henholdsvis 70 og 78 MW utnyttes, og at utvinningsomfanget var som oppgitt på Oljedirektoratets nettside, der vi regner salgbart volum: http://factpages.npd.no/

For at den fossile energibruken til havs skal være på samme nivå som i miljøscenarioet, må 77 prosent av utvinningsomfanget i vekstscenarioet i 2030 komme fra felt som drives med kraft fra land eller andre fornybare kilder. For å oppnå dette er det mulig at noen flere eldre felt må elektrifiseres i vekstscenarioet innen 2030. Innen 2040 skal all fossil energibruk opphøre, og da må alle felt elektrifiseres. For enkelte felt kan hydrogendrift bli løsningen. Og siden også den gjenværende delen av fossil energibruk på felt med kraft fra land må bort, vil også hydrogen måtte brukes. Vi legger derfor, helt skjønnsmessig, til grunn at 20 prosent av energibehovet på sokkelen vil dekkes av hydrogen og resten med kraft fra nettet.

Vi understreker at beregningene av framtidig energibehov offshore er svært usikre, da de baserer seg på flere faktorer med stort utfallsrom.

LANDANLEGG

Denne delen av energibehovet i petroleumssektoren legger vi til grunn at skaleres ned i tråd med utvinningsomfanget. Vi regner imidlertid med at forbruket av både fossil energi og kraft kan effektiviseres med 5 prosent fram til 2030. For at den fossile energibruken i landanlegg skal være på samme nivå som i miljøscenarioet, må betydelig deler av energibruken over på elektrisitet i vekstscenarioet i 2030. I 2040 må alt forbruk elektrifiseres. Ved overgang fra fossil energi til bruk av kraft fra nettet legger vi til grunn at energibehovet reduseres med 10 prosent gjennom en ytterligere effektivitetsgevinst.

OLJERAFFINERIER OG GASSDREVNE KRAFTVARMEVERK

I begge scenarioene legger vi til grunn at gassdrevne kraftvarmeverk stenges for kraftproduksjon, som gir et tap i strømproduksjonen på om lag 2,5 TWh, som i tabellene synliggjøres som et økt forbruk. Siden varmebehovet ikke forsvinner, vil reduksjonen i fossil energibruk begrenses til 4,2 TWh som følge av dette.

Også her legger vi til grunn at det gjenværende energibehovet skaleres ned i tråd med utvinningsomfanget, at energibruken effektiviseres med 5 prosent fram til 2030, og at det ved overgang fra fossil energi til bruk av kraft fra nettet blir en ytterligere reduksjon i energibehovet på 10 prosent.

For at den fossile energibruken i oljeraffinerier skal være på samme nivå som i miljøscenarioet, må betydelig deler av energibruken over på elektrisitet i vekstscenarioet i 2030. I 2040 må alt forbruk elektrifiseres.

BYGG OG NÆRING

Som for industrien regner vi også for jordbruk, skogbruk og fiske at 55 prosent av potensialet for direkte elektrifisering som Statnett (2019) har identifisert, lar seg realisere innen 2030 og resten innen 2040. For husholdningene regner vi med at hele potensialet kan tas ut innen 2030, da det her i hovedsak handler om fossil energibruk til oppvarming. Innen 2040 faser vi også inn 0,3 TWh biogass i jordbruk og skogbruk, som erstatning for det volumet hydrogen Statnett har identifisert et behov for.

Behovet for elektrisitet i framtida for å dekke dagens fossile energibruk i husholdningene vil reduseres som følge av energieffektivisering av bygg. Også behovet for fjernvarme vil reduseres som følge av dette. Vi regner med at denne reduksjonen i miljøscenarioet er på 15 prosent innen 2030 og 30 prosent innen 2040 og i vekstscenarioet på 10 prosent begge årstall.

I underkategorien tjenesteyting og forsvar har vi gjort noen korrigeringer i forhold til Statnett (2019). SSBs energibalanse viser at denne underkategorien har et forbruk av anleggsdiesel på 3,9 TWh. Det er mulig at større deler av dette er vanskelig å elektrifisere direkte. De eneste korrigeringene vi imidlertid har gjort, gjelder forbruket av drivstoff til fartøy, kampfly og stridsvogner, som vi ikke uten videre regner med at kan elektrifiseres. Dette dreier seg om 0,9 TWh fossil energibruk.[64] Vi legger til grunn at dette dekkes med e-fuel innen 2040, men også hydrogen kan alternativt brukes til noen formål.

KRAFT OG FJERNVARME SAMT NETTAP

Her ser vi på fjernvarmeproduksjonen samt øvrig termisk kraftproduksjon, altså den som ikke drives av naturgass og ikke er integrert i petroleumsvirksomheten.

SSBs energibalanse gir oss en oversikt over energiressursene som mates inn i kraft- og varmeproduksjonen, og hva som leveres av elektrisitet og varme. SSBs fjernvarmestatistikker[65] viser også hvor mye fjernvarme som brukes i fjernvarmenettet, og vi finner også at det brukes noe spillvarme. En studie fra 2011 kom fram til at fornybarandelen av avfallet basert på energiinnhold var på 52 prosent.[66] Vi legger derfor til grunn at halvparten av avfallet er fossilt og dermed må erstattes med noe annet.

Fjernvarme produseres i kraftvarmeverk og i egne fjernvarmeverk. I tillegg brukes noe spillvarme fra industrien. Kraftvarmeverk produserer både kraft og varme. Disse drives i all hovedsak av avfall og annen biomasse. Her må det ikke-fornybare avfallet fases ut. Også i fjernvarmeverk brukes det avfall og biomasse, men også noe fossil energi. Vi legger til grunn at mengden avfalls- og andre bioressurser tilgjengelig til kraftvarmeverk og fjernvarme ikke endres, men at det er mulig å omdisponere fornybart avfall og biomasse fra fjernvarmeverk til kraftvarmeverk, slik at produksjonen ved sistnevnte kan videreføres uten endringer. Det betyr at det blir noe knapphet på brensel i fjernvarmeanlegg, siden de fossile energiressursene skal fases ut.

For å dekke det gjenværende fjernvarmebehovet legger vi til grunn at vi har tilgjengelig 4,3 TWh bioenergi og fornybart avfall, tilsvarende det kraft- og fjernvarmeverk brukte i 2018, i tillegg til 0,2 TWh spillvarme. Egenforbruket i fjernvarmesektoren beholder vi som i 2018. Vi regner med at den varmeproduksjonen som ikke kan dekkes av den tilgjengelige mengden bioenergi, fornybart avfall og spillvarme, dekkes gjennom varmepumper. Vi legger til grunn en virkningsgrad på 75 prosent ved forbrenning av bioenergi og fornybart avfall. Basert på SSBs statistikk regner vi med at varmepumper kan erstatte den fossile energibruken med et strømbehov som er nesten 70 prosent lavere. Vi finner da at vi trenger 1,0 TWh strøm for å dekke det gjenværende varmebehovet, slik at vi kommer opp i 6,5 TWh levert fjernvarme, som i 2018. Når vi tar hensyn til energieffektivising i bygg fram til 2030 og 2040, vil også behovet for fjernvarme avta, som vi forutsetter slår ut i form av redusert behov for strøm til varmepumper i fjernvarmesystemet.

Den eneste kraftproduksjonen som er verd å nevne, er kraftvarmeverket på Svalbard, som drives av kull. Det diskuteres ulike løsninger her.[67] Vi har for enkelthets skyld forutsatt at denne produksjonen kan erstattes med kraft fra fastlandet. Kraft- og varmebehovet er uansett så lavt (0,1 TWh) at valg av løsning ikke har noen praktisk betydning i denne studien.

Endringer i kraftforbruket vil også påvirke strømtapet i overføringsnettet. Vi har skjønnsmessig anslått at dette utgjør 5 prosent av nettoendringene i forbruket, som vi beregner på bakgrunn av nytt forbruk fratrukket energieffektiviseringsomfanget som er beskrevet i kapittel 2.3. Dette er en veldig enkel måte å beregne tapet på, som ikke tar hensyn til at for eksempel energieffektivisering kan oppstå langt unna der det nye forbruket vil finne sted, med tilhørende økt behov for forflytting av kraft.

VEDLEGG 2: TABELLER

	Elektrisitet totalt	Elektrisitet til hydrogen	Elektrisitet til e-fuel	Biogass	Annen bioenergi	Gjenværende fossil energibruk	Fossil energibruk
Sum transport	8,5	1,6	0,0	3,0	-2,7	30,7	-47 %
Sum transport, uten tanking for int. trafikk	8,4	1,5	0,0	2,5	-2,7	24,4	-50 %
Veitransport	6,7	1,0	0,0	1,0	-3,5	17,8	-48 %
Banetransport	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-70 %
Lufttransport, innenriks	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5	2,3	-49 %
Lufttransport, tanking i Norge for int. trafikk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	-22 %
Sjøtransport, innenriks	0,9	0,5	0,0	1,5	0,3	4,3	-55 %
Sjøtransport, tanking i Norge for int. trafikk	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	1,2	-55 %
Sum industri	8,4	0,0	0,0	1,0	2,5	11,1	-50 %
Metallproduksjon	0,8	0,0	0,0	0,5	1,5	1,3	-73 %
Bergverk og mineraler	1,5	0,0	0,0	0,0	0,3	1,5	-57 %
Kjemisk industri	1,8	0,0	0,0	0,5	0,7	4,6	-47 %
Næringsmiddelindustri	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	-28 %
Treforedling	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-28 %
Bygg og anlegg	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-28 %
Øvrig industri	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-42 %
Avsetning til grønn næringsutvikling	3,3						
Sum petroleum	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	-63 %
Offshore	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	-60 %
Landanlegg og raffinerier	-3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	-63 %
Integrerte kraftvarmeverk (kraftdelen)	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Sum bygg og næring	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	-48 %
Jordbruk og skogbruk	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	-44 %
Fiske	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	-44 %
Husholdninger	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Tjenesteyting og forsvar	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	-42 %
Kraft og varme	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Nettap	0,5	0,1	0,0				
Sum endringer i energiforbruk	22,6	1,7	0,0	4,0	-0,2	76,0	-55 %
Energieffektivisering av bygg (strøm)	-12,0						
Sum endring i kraftforbruk	10,6						
Ny kraftproduksjon	14,5						
Sum endring i kraftbalansen	3,9						

Tabell 17: Miljøscenarioet 2030: Endringer i energibruk i forhold til 2018 samt gjenværende fossil energibruk i 2030 (TWh)

	Elektrisitet totalt	Elektrisitet til hydrogen	Elektrisitet til e-fuel	Biogass	Annen bioenergi	Gjenværende fossil energibruk	Fossil energibruk
Sum transport	34,6	2,3	24,5	3,0	-2,7	30,4	-47 %
Sum transport, uten tanking for int. trafikk	27,0	2,1	17,0	2,5	-2,7	24,1	-50 %
Veitransport	17,0	1,6	8,3	1,0	-3,5	17,8	-48 %
Banetransport	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-70 %
Lufttransport, innenriks	2,0	0,0	1,8	0,0	0,5	2,3	-49 %
Lufttransport, tanking i Norge for int. trafikk	5,4	0,0	5,4	0,0	0,0	5,1	-22 %
Sjøtransport, innenriks	7,8	0,5	6,9	1,5	0,3	4,3	-55 %
Sjøtransport, tanking i Norge for int. trafikk	2,2	0,1	2,1	0,5	0,0	1,2	-55 %
Sum industri	5,1	0,0	0,0	1,0	2,5	11,1	-50 %
Metallproduksjon	0,8	0,0	0,0	0,5	1,5	1,3	-73 %
Bergverk og mineraler	1,5	0,0	0,0	0,0	0,3	1,5	-57 %
Kjemisk industri	1,8	0,0	0,0	0,5	0,7	4,6	-47 %
Næringsmiddelindustri	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	-28 %
Treforedling	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-28 %
Bygg og anlegg	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-28 %
Øvrig industri	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-42 %
Avsetning til grønn næringsutvikling							
Sum petroleum	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	-63 %
Offshore	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	-60 %
Landanlegg og raffinerier	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	-63 %
Integrerte kraftvarmeverk (kraftdelen)	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Sum bygg og næring	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	-48 %
Jordbruk og skogbruk	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	-44 %
Fiske	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	-44 %
Husholdninger	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Tjenesteyting og forsvar	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	-42 %
Kraft og varme	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Nettap	2,5	0,1	1,2				
Sum endringer i energiforbruk	61,1	2,4	25,7	4,0	-0,2	76,0	-55 %
Energieffektivisering av bygg (strøm)	-8,0						
Sum endring i kraftforbruk	53,1						
Ny kraftproduksjon	14,5						
Sum endring i kraftbalansen	-38,6						

Tabell 18: Vekstscenarioet 2030: Endringer i energibruk i forhold til 2018 samt gjenværende fossil energibruk i 2030 (TWh)

	Elektrisitet totalt	Elektrisitet til hydrogen	Elektrisitet til e-fuel	Biogass	Annen bioenergi	Gjenværende fossil energibruk	Fossil energibruk
Sum transport	35,8	7,0	15,6	3,5	-2,7	0,0	-100 %
Sum transport, uten tanking for int. trafikk	25,6	6,4	6,4	3,0	-2,7	0,0	-100 %
Veitransport	18,7	4,2	3,8	1,5	-3,5	0,0	-100 %
Banetransport	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Lufttransport, innenriks	2,9	0,0	2,5	0,0	0,5	0,0	-100 %
Lufttransport, tanking i Norge for int. trafikk	8,5	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	-100 %
Sjøtransport, innenriks	3,1	2,2	0,1	1,5	0,3	0,0	-100 %
Sjøtransport, tanking i Norge for int. trafikk	1,6	0,6	1,0	0,5	0,0	0,0	-100 %
Sum industri	19,7	3,8	0,0	4,2	2,5	0,0	-100 %
Metallproduksjon	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	-100 %
Bergverk og mineraler	2,8	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	-100 %
Kjemisk industri	5,0	1,7	0,0	2,2	0,7	0,0	-100 %
Næringsmiddelindustri	1,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,0	-100 %
Treforedling	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Bygg og anlegg	1,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Øvrig industri	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Avsetning til grønn næringsutvikling	6,5						
Sum petroleum	-6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Offshore	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Landanlegg og raffinerier	-6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Integrerte kraftvarmeverk (kraftdelen)	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Sum bygg og næring	4,8	2,2	1,9	0,3	0,0	0,0	-100 %
Jordbruk og skogbruk	0,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	-100 %
Fiske	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Husholdninger	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Tjenesteyting og forsvar	3,3	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	-100 %
Kraft og varme	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Nettap	1,6	0,6	0,9				
Sum endringer i energiforbruk	55,8	13,6	18,4	8,0	-0,2	0,0	-100 %
Energieffektivisering av bygg (strøm)	-22,0						
Sum endring i kraftforbruk	33,8						
Ny kraftproduksjon	17,0						
Sum endring i kraftbalansen	-16,8						

Tabell 19: Miljøscenarioet 2040: Endringer i energibruk i forhold til 2018 (TWh)

	Elektrisitet totalt	Elektrisitet til hydrogen	Elektrisitet til e-fuel	Biogass	Annen bioenergi	Gjenværende fossil energibruk	Fossil energibruk
Sum transport	59,0	12,0	29,8	3,5	-2,7	0,0	-100 %
Sum transport, uten tanking for int. trafikk	40,2	11,1	12,5	3,0	-2,7	0,0	-100 %
Veitransport	28,8	7,8	6,5	1,5	-3,5	0,0	-100 %
Banetransport	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Lufttransport, innenriks	4,7	0,0	4,2	0,0	0,5	0,0	-100 %
Lufttransport, tanking i Norge for int. trafikk	16,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	-100 %
Sjøtransport, innenriks	6,4	3,3	1,9	1,5	0,3	0,0	-100 %
Sjøtransport, tanking i Norge for int. trafikk	2,9	0,9	2,0	0,5	0,0	0,0	-100 %
Sum industri	13,1	3,8	0,0	4,2	2,5	0,0	-100 %
Metallproduksjon	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	-100 %
Bergverk og mineraler	2,8	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	-100 %
Kjemisk industri	5,0	1,7	0,0	2,2	0,7	0,0	-100 %
Næringsmiddelindustri	1,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,0	-100 %
Treforedling	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Bygg og anlegg	1,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Øvrig industri	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Avsetning til grønn næringsutvikling							
Sum petroleum	34,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Offshore	24,7	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Landanlegg og raffinerier	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Integrerte kraftvarmeverk (kraftdelen)	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Sum bygg og næring	4,9	0,3	1,9	0,3	0,0	0,0	-100 %
Jordbruk og skogbruk	0,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	-100 %
Fiske	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Husholdninger	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Tjenesteyting og forsvar	3,3	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	-100 %
Kraft og varme	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100 %
Nettap	5,2	1,3	1,6				
Sum endringer i energiforbruk	117,4	27,3	33,3	8,0	-0,2	0,0	-100 %
Energieffektivisering av bygg (strøm)	-8,0						
Sum endring i kraftforbruk	109,4						
Ny kraftproduksjon	17,0						
Sum endring i kraftbalansen	-92,4						

Tabell 20: Vekstscenarioet 2040: Endringer i energibruk i forhold til 2018 (TWh)

SLUTTNOTER OG LITTERATURLISTE

SLUTTNOTER

[1] IPCC (2018)
[2] Fuss mfl. (2014)
[3] Kartha, Holz og Athanasiou (2018), s. 21
[4] Solomon mfl. (2009) og Collins mfl. (2013)
[5] Nettside hos Klima- og miljødepartementet: *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*: https://bit.ly/2AVDjWw
[6] Granavolden-plattformen: Politisk plattform for en regjering utgått av Høyre, Fremskrittspartiet, Venstre og Kristelig Folkeparti, 17. januar 2019: https://bit.ly/31XSN8n
[7] The Climate Action Tracker: http://bit.ly/2Wj9tp3
[8] Statistisk sentralbyrås statistikk 09288: *Klimagasser fra norsk økonomisk aktivitet*: https://bit.ly/35gw8Gy
[9] Nyhetssak fra NVE 30. januar 2019: https://bit.ly/2LXGi7b
[10] Notat fra NVE: *Ny kraft: Endelige tillatelser og utbygging – andre kvartal 2019*: https://bit.ly/2LVPUzw
[11] Pressemelding fra Enova 22. august 2019: https://bit.ly/2nscmGV
[12] Veie mfl. (2019), s. 11
[13] Zero-frokost: *Mer strøm fra gammel vannkraft*, 8. januar 2019: https://bit.ly/2orcl6x
[14] Veie mfl. (2019), s. 12
[15] Sørensen mfl. (2013), s. 11
[16] Sandberg, Brattebø og Gustavsen (2019)
[17] E-poster fra Nina Holck Sandberg 10. og 11. oktober 2019
[18] E-post fra Nina Holck Sandberg 23. oktober 2019
[19] Innst. 318 S (2016–17)
[20] Presentasjonen *Potensial og produksjonskostnader av norskprodusert biogass* fra Carbon Limits 23. september 2019: https://bit.ly/316JSQT
[21] Nettside fra Avfall Norge: https://bit.ly/2MrGfzt
[22] Melbye (2014), s. 11
[23] Lund mfl. (2016)
[24] Transport & Environment (2018), s. 21
[25] Nasjonal transportplan 2018–2029, s. 190
[26] Miljødirektoratets nettside om biodrivstoff: https://bit.ly/2ZSp2FD
[27] Nasjonal transportplan 2018–2029, s. 232
[28] Svingheim (2019)
[29] Madslien, Hulleberg, Hovi og Steinsland (2019)
[30] Stortingsvedtak 672 til Meld. St. 41 (2016–2017), Innst. 253 S (2017–2018), *Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*: https://bit.ly/30ZVo0e
[31] Stensvold (2018)
[32] Statsbudsjettet for 2020. *Tallene bak figurene: Figur 2.9B Produksjon av petroleum på norsk sokkel*: https://bit.ly/30YiHHZ
[33] Oftebro (2019)
[34] Veie mfl. (2019), s. 21
[35] Veie mfl. (2019), s. 16
[36] Transport & Environment (2019), s. 34
[37] McKinnon, Muttitt og Trout (2017), s. 9
[38] IPCC (2014), s. 64
[39] Bjørnæs og Arnslett (2018)
[40] Fæhn, Hagem og Rosendahl (2013), s. 3
[41] McKinnon, Muttitt og Trout (2017), s. 12

[42] Estimat basert på ressursregnskapet per 31. desember 2018, norskpetroleum.no: http://bit.ly/2JsOvig
[43] McKinnon, Muttitt og Trout (2017), s. 2–3
[44] Figur fra presentasjonen Sokkelåret 2018, oljedirektør Bente Nyland, 19. januar 2019: http://bit.ly/2qRo2EC
[45] Oljedirektoratets ressurskvalifikasjonssystem 2016: http://bit.ly/34a9G0l
[46] Erickson, Lazarus og Piggot (2018) og Le Billon og Kristoffersen (2019)
[47] Miljødirektoratet (2014), s. 187
[48] Transport & Environment (2018), s. 26
[49] Madslien, Hulleberg og Kwong (2019)
[50] E-post fra Oskar Andreas Kleven i Vegdirektoratet 29. september 2019
[51] Reisevaneundersøkelsen 2013/14, Transportøkonomisk institutt: http://bit.ly/36ePjAO
[52] Electric Vehicle Database – Energy consumption of full electric vehicles: http://bit.ly/2opiEaV
[53] Kühne, Hacker og Götz (2018), s. 33
[54] Notatet *Beregninger av luftfartens CO_2-utslipp 2016-2040* fra Jon Inge Lian i Avinor 5. mai 2017
[55] Madslien, Hulleberg og Kwong (2019)
[56] E-post fra Dag Spilde i NVE 11. september 2019
[57] Nyhamna prosessanlegg på Norske utslipp: https://bit.ly/2pUicBL
[58] Oljedirektoratet mfl. (2008), s. 13
[59] E-post fra Rune Hult i Oljedirektoratet 13. august 2019
[60] Statoil (2017), 92
[61] Aker (2017), s. 11–12 og 19
[62] Statoil (2014), s. 32 og 56
[63] Statoil (2014), s. 32 og 99
[64] Utstøl mfl. (2019), s. 33
[65] SSB-statistikk *Forbruk av brensel til bruttoproduksjon av fjernvarme* (04730) samt *Nettoproduksjon av fjernvarme* (09469)
[66] Marthinsen (2011), s. 36
[67] THEMA Consulting Group og Multiconsult (2018)

LITTERATURLISTE

Aker (2017): *Vedlegg til søknad om godkjenning av oppfylt utredningsplikt*, vedlegg til brev fra Aker BF til Olje- og energidepartementet 31. januar 2017 med tittelen *Vedrørende Snadd feltutbygging – oppfyllelse av utredningsplikt Vedlegg til søknad om godkjenning av oppfylt utredningsplikt – konsekvensutredning*

Avinor, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier og Statens vegvesen (2019): *Nasjonal transportplan 2022–2033: Oppdrag 2 – Utviklingstrekk og framskrivninger*. Svar til Samferdselsdepartementet 13. september 2019: http://bit.ly/2JvTRcu

Beisland, Christina, Henriette Birkelund, Harald Endresen, Ingjerd Haddeland og Martin Andreas Vik (2015): *Et væravhengig kraftsystem - og et klima i endring*. NVE-rapport 85/2015: https://bit.ly/2MwKl9Q

Bjørnæs, Christian og Astrid Arnslett (2018): *1,5 grader er mulig, men svært krevende*. Nytt fra CICERO 8. oktober 2018: https://bit.ly/2OxnYDx

Collins, Matthew, Reto Knutti, Julie Arblaster mfl. (2013): Long-Term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Red.: Thomas F. Stocker mfl.

DNV GL (2016): *Teknologier og tiltak for energieffektivisering av skip*. Rapport skrevet for Enova: http://bit.ly/2Bn5s9r

DNV GL (2018): *Analyse av tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk*. Rapport skrevet for Miljødirektoratet: http://bit.ly/2MW80At

DNV GL (2019): *1,5°C – Hvordan Norge kan gjøre sin del av jobben*: Rapport skrevet for Energi Norge: http://bit.ly/35Ol8QZ

DNV (2019b): *Energy Transition Outlook 2019 – A Global and Regional Forecast to 2050*: http://bit.ly/2W0meV9

DNV GL (2019c): *Maritime Forecast to 2050 – Energy Transition Outlook 2019*: http://bit.ly/2J2R0Ye

Erickson, Peter, Michael Lazarus og Georgia Piggot (2018): Limiting Fossil Fuel Production as the next Big Step in Climate Policy. *Nature Climate Change* 8: 1037–1043: https://go.nature.com/2MwFfu7

Fridstrøm, Lasse: *Framskriving av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019*. TØI-rapport 1689/2019: http://bit.ly/36mrMhJ

Fæhn, Taran, Cathrine Hagem og Knut Einar Rosendahl (2013): *Norsk olje- og gassproduksjon – Effekter på globale CO_2-utslipp og energisituasjonen i lavinntektsland*. SSB-rapport 31/2013: https://bit.ly/2VmPuoX

Fuss, Sabine, Josep G. Canadell og Glen P. Peters mfl. (2014): Betting on Negative Emissions. *Nature Climate Change 4*: 850–53: https://go.nature.com/2G5QF8h

Innst. 318 S (2016–17): *Innstilling fra energi- og miljøkomiteen om Representantforslag om en sterkere satsing på arbeidet for å nå målet om 10 TWh energieffektivisering*. Komiteens tilråding: https://bit.ly/2nrkgQQ

IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: http://bit.ly/32RNiZm

IPCC (2018): *Summary for Policymakers* – i 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, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty: Originale dokumenter: https://www.ipcc.ch/sr15/. Norske oversettelser av hovedfunn og figurer: https://bit.ly/2Vmx8UQ

Kartha, Sivan, Christian Holz og Tom Athanasiou (2018): *Norway's fair share of meeting the Paris Agreement*. Rapport for Naturvernforbundet, Regnskogfondet, Forum for utvikling og miljø og Kirkens Nødhjelp https://bit.ly/2GcO7VZ

Kühne, Sven, Florian Hacker og Wolf Götz (2018): *Oberleitungs-LKW im Kontext weiterer Antriebs- und Energieversorgungsoptionen für den Straßengüterfernverkehr*: http://bit.ly/2SGfN8x

Le Billon, Philippe og Berit Kristoffersen (2019): Just Cuts for Fossil Fuels? Supply-Side Carbon Constraints and Energy Transition. *Environment and Planning A* 2019, 0308518X18816702: https://bit.ly/2VzckcR

Lund, Marianne, Borgar Aamaas, Terje K. Berntsen og Jan S. Fuglestvedt (2016): *Luftfart og klima - En oppdatert oversikt over status for forskning på klimaeffekter av utslipp fra fly*. Cicero-rapport 5/2016: http://bit.ly/31NzA8s

Lundin (2011): *Plan for utbygging, anlegg og drift av Luno – Del 2 – Konsekvensutredning*: https://bit.ly/2IC6WR1

Madslien, Anne, Nina Hulleberg og Chi Kwan Kwong (2019): *Framtidens transportbehov. Framskrivinger for person- og godstransport 2018-2050.* TØI-rapport 1718/2019: http://bit.ly/2T3Crtp

Madslien, Anne, Nina Hulleberg, Inger Beate Hovi og Christian Steinsland (2019): *Framtidens transportbehov. Følsomhetsberegninger av transportframskrivinger og transportutvikling i korridorer.* TØI-rapport 1722/2019: http://bit.ly/37L3aih

Martinsen, Jarle (2011): *Fornybarandel i avfall til norske forbrenningsanlegg*. Rapport skrevet for NVE og Avfall Norge: http://bit.ly/2N8T8Pi

McKinnon, Hannah, Greg Muttitt og Kelly Trout (2017): *The Sky's Limit Norway*. Oil Change International i samarbeid med Greenpeace, Kirkens Nødhjelp, Natur og Ungdom, Naturvernforbundet og WWF: https://bit.ly/2pW7x9O

Melbye, Anne Marit (2014): *Bioenergi i Norge*. NVE-rapport 44/2014. Rambøll på vegne av NVE: https://bit.ly/2M08t5r

Miljødirektoratet (2014): *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*: http://bit.ly/2NjHqlk

Nasjonalbudsjettet 2020: Meld. St. 1 (2019–2020): http://bit.ly/35QhKVw

Nasjonal transportplan 2018–2029: Meld. St. 33 (2016–2017): https://bit.ly/2UQ8VV6

NTNU (2019): *Havvind – en industriell mulighet*: http://bit.ly/2qsM60l

NVE (2018): *Strømforbruk i Norge mot 2035 – Fremskrivning av strømforbruk i Fastlands-Norge*. Dag Spilde, Synne Krekling Lien, Torgeir Blikseth Ericson, Ingrid H. Magnussen: https://bit.ly/2MrDDBW

Oftebro, Ida (2019): *Netflix-seing kan varme opp leiligheten din*. Teknisk Ukeblad 23. oktober 2019: http://bit.ly/31C1Nix

Oljedirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Petroleumstilsynet og Statens forurensningstilsyn (2008): *Kraft fra land til norsk sokkel*: https://bit.ly/2oXI0wp

Oljedirektoratet (2019): *Ressursrapport funn og felt 2019*: https://bit.ly/2OzzYEz

Perspektivmeldingen 2017: Meld. St. 29 (2016–2017): http://bit.ly/2MVOyE3

Ruter (2018): *Utslippsfri kollektivtransport i Oslo og Akershus – versjon 10*: http://bit.ly/2MwieZD

Sandberg, Nina Holck, Helge Brattebø og Arild Gustavsen (2019): *Energieffektive bygg er avgjørende i det grønne skiftet*. Forskersonen.no 18. august 2019: https://bit.ly/2M77Ln5

Schlaupitz, Holger (2014): *Klimakonsekvenser av prioriteringer på banenettet*. Naturvernforbundet: http://bit.ly/2MXtezv

Solomon, Susan, Gian-Kasper Plattner, Reto Knutti og Pierre Friedlingstein (2009). Irreversible Climate Change Due to Carbon Dioxide Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: https://bit.ly/2Mv3yZm

Statnett (2019): *Et elektrisk Norge – fra fossilt til strøm*: https://bit.ly/2Vqndhm

Statoil (2014): *Johan Sverdrup-feltet – PUD II – Konsekvensutredning*: https://bit.ly/33jV6TM

Statoil (2017): *Johan Castberg – PUD II – Konsekvensutredning*: https://bit.ly/2IC6br9

Stensvold, Tore (2018): *- Den største miljøoppgraderingen i Hurtigrutens historie*. Teknisk Ukeblad 20. april 2018: http://bit.ly/2nGxfya

Svingheim, Njål (2019): *Batteridrevne tog er nærmere enn du tror*. Jernbanemagasinet 1. oktober 2019: https://bit.ly/2mP6Ei1

Sørensen, Jan, Eilif Brodtkorb, Ingrid Haug, Jakob Fjellanger, Jo Halvard Halleraker, Martine Bjørnhaug, Roy Malvin Langåker og Odd Kristian Selboe (2013): *Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022. Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering*: NVE-rapport nr. 49/2013 sammen med Miljødirektoratet: https://bit.ly/33lQNHf

THEMA Consulting Group og Multiconsult (2018): *Alternativer for framtidig energiforsyning på Svalbard*. THEMA-rapport 2018/09: https://bit.ly/2p0npaO

Transport & Environment (2018): *Roadmap to decarbonising European aviation*: https://bit.ly/2RDVtmv

Transport & Environment (2019): *Less (cars) is more: how to go from new to sustainable mobility*: https://bit.ly/2ldHBnY

Utstøl, Simon og Jostein Gohli, Tove Engen Karsrud og Petter Prydz (2019): *Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap for 2018*. FFI-rapport 19/00520: https://bit.ly/2M43l0j

Veie, Carl Andreas, Maria Sidelnikova, Seming Skau, Valentin Johannes Koestler, Nikolai Yde Aksnes, Jarand Hole, Fredrik Arnesen og Christine Birkeland (2019): *Analyse og framskrivning av kraftproduksjon i Norden til 2040*. NVE-rapport 43/19: http://bit.ly/2VUD5sB

- Norge kan bli fossilfritt i 2040 uten storstilt utbygging av fornybar energi. I denne rapporten viser vi hvordan det lar seg gjøre. Men for å få til det trengs det et taktskifte i energi- og klimapolitikken.

- Vi analyserer to ulike scenarioer: miljøscenarioet og vekstscenarioet. I begge skal vi oppnå like stor reduksjon i fossil energibruk. I miljøscenarioet er behovet for ny kraft vesentlig mindre, da vi her i større grad enn i vekstscenarioet legger vekt på energieffektivisering i byggsektoren. I tillegg legger vi i miljøscenarioet til grunn raskere nedstenging av petroleumssektoren.

- Naturvernforbundet ble grunnlagt i 1914 og er Norges eldste natur- og miljøvernorganisasjon. Vi er en demokratisk medlemsorganisasjon med over 30 000 medlemmer og rundt 100 fylkeslag og lokallag i hele landet.

- I over hundre år har Naturvernforbundet vist at naturvern nytter. Som medlem bidrar du til å ta vare på naturen og stanse klimaendringene. Bli medlem!

- **Vipps #13042 eller send SMS med NATUR til 2377**

Naturvernforbundet
Mariboes gate 8
0183 Oslo
Tlf.: 23 10 96 10
E-post: naturvern@naturvernforbundet.no

Naturvernforbundet
Friends of the Earth Norway