

Statnett

Et elektrisk Norge – fra fossilt til strøm



Notat

Sak: Et elektrisk Norge – fra fossilt til strøm

Saksbehandler/Adm. enhet:

Vegard Holmefjord / Markedsanalyse

Ansvarlig/Adm. enhet:

Anders Kringstad / Markedsanalyse

Dato: 19.03.2019

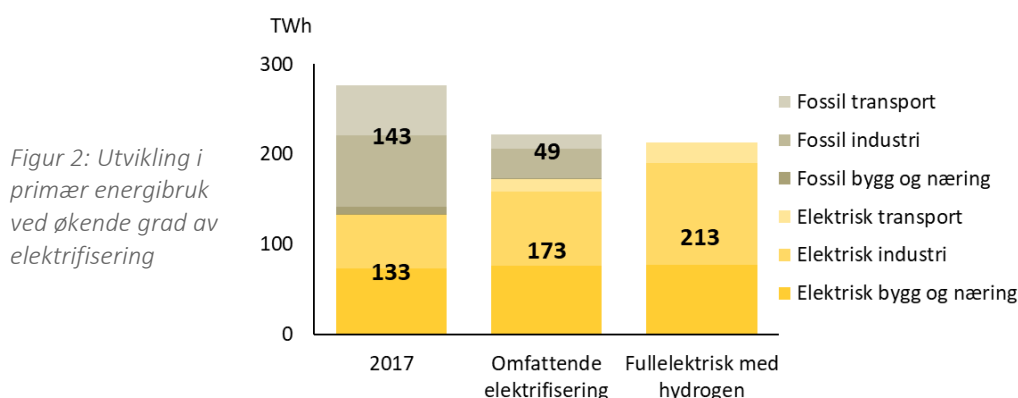
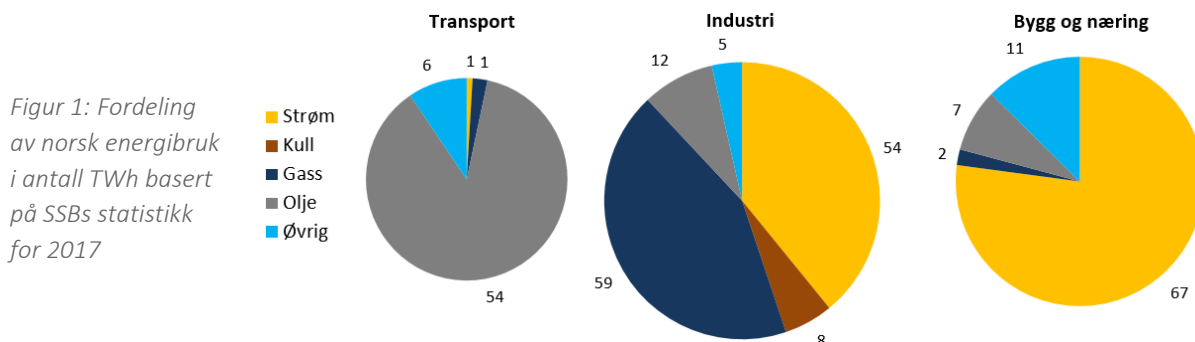
Sammendrag

Elektrifisering er grunnleggende for å få til reduksjoner i norske klimagassutslipp. Erstatte vi det meste av dagens fossile energibruk med elektrisitet, får vi en økning i kraftforbruket på 30-50 TWh per år. Med en tilsvarende vekst i fornybar kraftproduksjon gir dette en halvering av klimagassutslippene i Norge. Konsekvensene for transmisjonsnettet vil trolig være moderate. For å nå nullutslipp i energisystemet kan produksjon av hydrogen føre til ytterligere 40 TWh. Statnett har lenge sagt at fremtiden er elektrisk og den utviklingen vi ser nå viser at elektrifisering går raskere enn noensinne.

Elektrisitet er i seg selv en utslippsfri energibærer. I tillegg er den eksisterende norske kraftproduksjonen tilnærmet utslippsfri, og det er mulig å bygge ut mye ny fornybar produksjon for å dekke opp for nytt forbruk. Elektrifisering innebærer dermed i praksis økt bruk av fornybar energi og lavere klimagassutslipp. Samtidig er bruk av elektrisitet langt mer energieffektivt enn fossil energibruk. Våre estimater tyder på at en overgang til elektrisitet kan gi en samlet reduksjon i norske klimagassutslipp på rundt 25 millioner tonn CO₂-ekvivalenter og en nedgang i primær energibruk på rundt 55 TWh.

Elektrifisering har de siste årene blitt et mye mer attraktivt tiltak, både teknisk og økonomisk, for å kutte klimagassutslipp. Utviklingen innen batterier gjør det mulig å elektrifisere nye formål raskt og i stor skala, særlig innenfor deler av transportsektoren. Her skjer det allerede en overgang fra fossilt til strøm som vil fortsette med stadig billigere og bedre batterier. I tillegg pågår det en teknologiutvikling i retning av mer elektrifisering av ulike industrielle prosesser. Generelt vil mindre støy og luftforurensning også være viktig motivasjon for en overgang til strøm.

Kostnadene for ny vindkraft er nå så lave at det med dagens kraftpriser er lønnsomt å bygge ut ny vindkraft uten subsidier i Norge. Med alle investeringsbeslutningene som nå er tatt ser vi at norsk vindkraftproduksjon vil firedoble seg i løpet av tre år, og bidra til å dekke nytt forbruk som vil komme gjennom elektrifisering. Nytt forbruk vil over tid også gi økonomisk grunnlag for ytterligere utbygging.



Figurene over viser at rundt halvparten av primær energibruk allerede er elektrisk i Norge. Å erstatte dagens fossile energibruk vil kunne gi 30-50 TWh nytt kraftforbruk i scenarioet vi har kalt *Omfattende elektrifisering*. Dette tilsvarer ca. 20-40 % økning fra dagens nivå. Store deler av dette kan komme innen 2040 med en aktiv politikk som tilrettelegger for elektrifisering innen både transport og industri, inkludert petroleum.

Omfattende elektrifisering dekker ikke deler av industrien og tung- eller langdistansetransport hvor direkte elektrifisering vil være krevende å gjennomføre. Her er det mange mulige alternativer og vi ser større grad av konkurranse mellom ulike nullutslippsløsninger som hydrogen, CCS og bioenergi. Dersom hydrogen produsert fra elektrolyse vinner frem vil dette medføre størst økning i kraftforbruket, som vist i scenarioet *Fullelektrisk med hydrogen*. Kraftforbruket fra hydrogenproduksjon trenger ikke å være et uttak fra det norske nettet. Dette kommer av at hydrogenproduksjonen kan foregå langt vekk fra selve forbruket ettersom det vil være en del av et større marked.

Hvordan nytt kraftforbruk vil endre behovet for transmisjonsnett avhenger av blant annet geografisk fordeling, effektprofil over året, prisfølsomhet og hvor raskt utviklingen skjer. Så langt viser våre analyser at forbruksveksten har en moderat virkning på transmisjonsnettet dersom volumet kommer gradvis over lang tid og er spredt geografisk. Dette har vi vist i en rekke områdestudier og kraftsystemutredninger. Økt kraftforbruk fra industrien vil ofte kreve lokale oppgraderinger i transmisjonsnettet, men sjeldent behov for mer kapasitet i transportkanalene mellom landsdelene. Høyere kraftforbruk fra transportsektoren gir i liten grad et økt behov for nettutbygginger i transmisjonsnettet, men kan fremskynde mange investeringer. Konsekvensene er samlet sett større for distribusjonsnettet, der for eksempel hurtigladestasjoner kan føre til høye effektuttak lokalt.

Analysen i dette notatet gir et underlag for å bedre forstå mulighetene og potensialet for vekst i kraftforbruket på grunn av elektrifisering. Dette påvirker blant annet utfallsrommet for den norske kraftbalansen, lønnsomheten av ny produksjon og flaskehalsen i transmisjonsnettet. Elektrifisering er derfor en sentral faktor i Statnetts behovs- og investeringsanalyser. Frem mot neste Kraftsystemutredning (KSU) og Langsiktig markedsanalyse (LMA) vil vi se nærmere på hvordan forbruket fordeler seg geografisk i scenarioer med høy grad av elektrifisering, og hva dette gir av relevante konsekvenser for Statnett og transmisjonsnettet.

Innholdsfortegnelse

	Sammendrag	3
1	Introduksjon	6
2	Elektrifisering av transport	7
3	Elektrifisering av industri	9
4	Elektrifisering av bygg og næringsvirksomhet	11
5	Samlet virkning på energi og utslipp	12
6	Konsekvenser for kraftsystemet	15
7	Referanseliste	17

1 Introduksjon

I dette notatet beregner vi hvor mye kraftforbruket vil øke dersom dagens fossile energibruk blir elektrisk. Vi ser altså på et forenklet scenario hvor elektrisitet vinner fram og blir den foretrukne måten å kutte utslipp på. Som vist av blant annet ETC er elektrifisering et effektivt tiltak for å kutte utslipp fra energisystemet (Energy Transitions Commission, 2018).

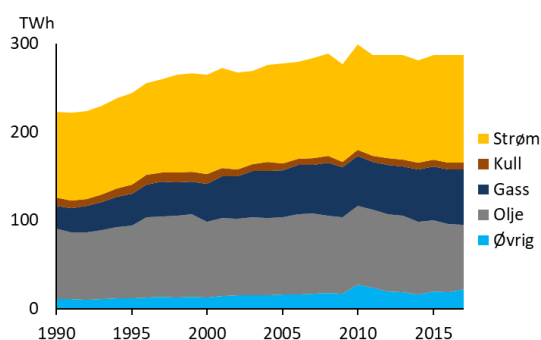
Samlet sett er det mye usikkerhet knyttet til hva det samlede kraftforbruket kan bli ved en høy grad av elektrifisering. For det første er det usikkert hvor mye det er mulig å elektrifisere, og i hvilken grad dette er lønnsomt. Lavere kostnader ved utbygging av ny fornybar kraftproduksjon og forbedringer i batteri- og hydrogenteknologi har gjort det lettere å ta i bruk elektrisitet på flere områder. På den andre siden er det ikke realistisk å elektrifisere all fossil energibruk, og mye av elektrifiseringen vil i realiteten skje over lang tid. Videre vil energibehovet endre seg over tid, blant annet som følge av økt transportbehov og mer energieffektivisering.

Elektrifisering kan skje med ulike tekniske løsninger som også påvirker kraftforbruket. Eksempelvis er det stor forskjell på oppvarming av bygg med varmepumpe og motstandsoppvarming. Dersom elektrisitet blir brukt til å lage hydrogen til bruk i industriprosesser eller transport vil dette kreve rundt 2-3 ganger høyere kraftforbruk enn direkte bruk av elektrisitet. Til sist er det ikke alltid slik at elektrifisering må være et uttak fra det norske nettet.

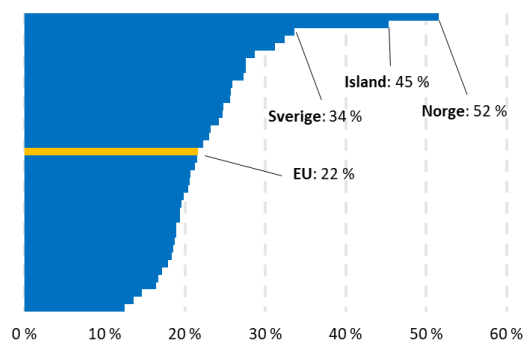
Tallene vi viser gjelder for konvertering av dagens fossile energibruk. Vi presiserer at vi i dette notatet gjør en rekke forenklinger, blant annet ved å basere oss på energibruken slik den var i 2017. Vi tar dermed ikke med effekten av mulig fremtidig vekst i energibruken. Bruk av bioenergi er holdt utenfor regnestykkene. For å beregne kraftforbruket bruker vi to metoder. Den ene baserer seg på dagens primære energibruk og hvilken forbedring i virkningsgrad man kan forvente av å elektrifisere. Den andre metoden er å bruke tall fra kjente erfaringer med elektrifisering. For eksempel kjenner vi forbruket til elbiler målt i kWh/km, omtrentlig årlig kjørelengde og antall biler. Til sammen gir dette oss et tall i TWh årlig kraftforbruk.

Et premiss for beregningene av energibesparelser og utslippsreduksjoner er at økt norsk forbruk gir en tilsvarende økning i fornybar kraftproduksjon. Når det nå er lønnsomt å bygge ut vindkraft uten subsidier i Norge mener vi dette er en realistisk forutsetning. Økningen kan delvis også komme fra andre kilder.

I dette notatet presenterer vi mulige scenarioer med svært høy grad av elektrifisering for å vise hva dette kan gi av økt kraftforbruk. Disse skiller seg fra våre nyeste forbruksprognoser som er mer konservative, og som ble publisert i rapporten Langsiktig markedsanalyse 2018 (Statnett, 2018). I prognosene ligger det til grunn 15 TWh brutto forbruksvekst til 2040 i Norge på grunn av elektrifisering.



Figur 3: Historisk utvikling innen norsk energibruk



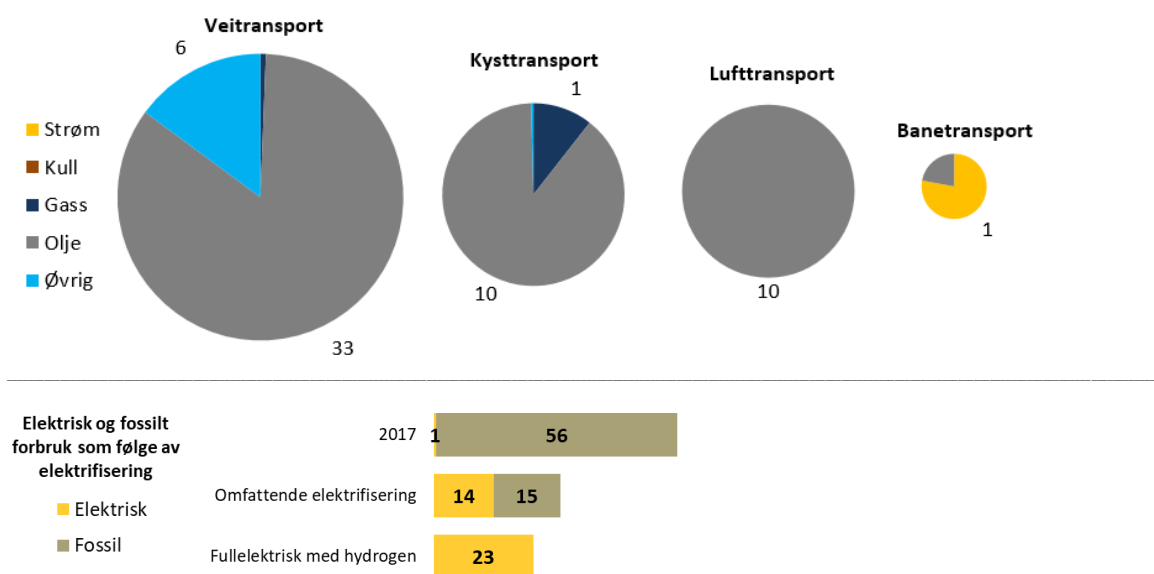
Figur 4: Andel elektrisk av europeiske lands energibruk

2 Elektrifisering av transport

Transportsektoren er per i dag lite elektrifisert. Kun 1 av 62 TWh energibruk var elektrisk i SSBs statistikk for 2017. Våre anslag for en omfattende elektrifisering gir 14 TWh elektrisk forbruk i transportsektoren.

I Langsiktig markedsanalyse 2018 viser våre prognoser et kraftforbruk på 10 TWh innen norsk transport i 2040. Dette kommer av en stor vekst innen elbiler, elektriske ferger, busser og varebiler, men innebærer ikke at hele transportforbruket vil være elektrisk.

NVE har publisert flere rapporter om elektrifisering av transportsektoren (NVE, 2016) (NVE, 2016) (NVE, 2017). NVE har estimert at en omfattende elektrifisering av transportsektoren kunne gi 12 TWh basert på dagens energibruk. Dette tallet inkluderer personbiler, varebiler, busser, lastebiler og motorsykler, men ikke ferger, skip eller fly.



Figur 5: Energibruk i TWh for transportsektoren i 2017 fra SSBs energibalanse og med elektrifisering.

Elbiler og lette kjøretøy

Utviklingen innen elbiler har skjedd raskt, og ved inngangen av 2018 var det over 140 000 elbiler på de norske veiene (SSB, 2018). Batteriene og elbilene blir billigere, og Stortinget har gått inn for et forbud mot nysalg av fossilbiler fra 2025. Dersom alle 2,7 millioner norske personbiler blir erstattet med rene elbiler vil dette gi et kraftforbruk på rundt 6,5 TWh. Dette forutsetter at gjennomsnittsbilen kjører 12 000 kilometer årlig og bruker 0,2 kWh/km.

Forbrenningsmotorer i personbiler har normalt en virkningsgrad på mellom 25 og 40 %, der nye dieselmotorer er mest effektive. Selv med nett-tap, ladetap, batteritap og tap i elmotoren vil energibruken i en elbil være under halvparten av en tilsvarende bil med forbrenningsmotor. Med andre ord vil en overgang til elektriske biler gi mer enn en halvering av den norske primære energibruken.

Lastebiler, varebiler og busser

Billigere drivstoff og dermed lavere driftskostnader er en viktig driver for at også større kjøretøy velger batterielektriske modeller. Utfordringen er at disse ofte enten trenger svært store batterier eller hyppig tilgang for å kunne lade.

I alt kan kjøretøy på vei utenom personbiler gi rundt 5 TWh elektrisk forbruk. NVEs notat om omfattende elektrifisering av transportsektoren estimerer at varebiler kan gi 1,8 TWh kraftforbruk, bybusser 0,5 TWh, øvrige busser 0,2 TWh, andre tunge kjøretøy 1,4 TWh og lette lastebiler 1,0 TWh (NVE, 2016). Dette er basert på statistikk og antagelser om antall kjøretøy, forbruk per kilometer og årlig kjørelengde.

En rapport fra TØI analyserer potensialet for å elektrifisere små godsbiler (TØI, 2018). Mindre kjøretøy har flere gode elektriske alternativer, mens tunge langdistansekjøretøy fremdeles mangler lønnsomme helelektriske modeller. I deres nullutslippbane er 63 % av små godsbiler elektriske i 2030.

Sjø- og banetransport

Fergesamband med batteri- eller hybridløsninger har allerede kommet langt i Norge. I 2015 ble verdens første store helelektriske ferge, Ampere, satt i drift. De neste årene vil en rekke fergestrekninger erstatte diesel med strøm som drivstoff (TU.no, 2017). Mange av Norges 112 fergestrekninger er godt egnet for batterielektriske ferger og man planlegger å bygge om eller erstatte dieselfergene. Miljødirektoratet har beregnet at en elektrifisering av alle norske ferger og passasjerskip vil føre til omtrent 0,8 TWh kraftforbruk (Miljødirektoratet, 2015).

For større skip og båter som kjører lange avstander uten tilgang til lading, er det nært umulig med dagens teknologi å gå over til batterielektrisk. Her fremstår hydrogen som ett av flere mulige løsninger for å kutte utslipp. Hydrogenferger er under utvikling, blant annet for å trafikere Hjelmeland-sambandet. Våre beregninger tyder på at forbruket for å produsere hydrogen med elektrolyse til norsk sjøtransport kan bli opptil 5 TWh.

Landstrøm betyr å koble seg til strømmettet når båter eller skip ligger til kai, og dermed skru av dieselmotorer og aggregat. DNV GL har beregnet at skip bruker rundt 2 TWh drivstoff når de ligger i havn. Mesteparten av dette forbruket kommer fra offshore supplyskip, passasjerskip og lasteskip. Elektrifisering av alt dette ville gi i underkant av 1 TWh elektrisk forbruk (DNV GL, 2015).

Norsk banetransport bruker under 0,2 TWh diesel. Togstrekninger på 1400 km av Bane NORs totale 3900 km går uten elektrisk drift i dag (Jernbanedirektoratet, 2018). For disse kan løsninger med hydrogen, batterielektrisk, hybrider eller kontaktledninger være mulig.

Luftfart

Flytransporten innenlands i Norge slipper ut klimagasser på rundt 3,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter årlig. For å kutte disse utslippene er mer bruk av biodrivstoff eller elektriske fly og mindre bruk av dagens flytyper helt nødvendig. Her har blant annet Avinor startet diskusjonen om å innføre elektriske fly i Norge på lang sikt. Frem mot 2030 vil det være mulig å bruke hybrider eller helelektriske fly i kortbanenettet. I 2040 mener de at all innenlandsk flytrafikk kan være elektrisk.

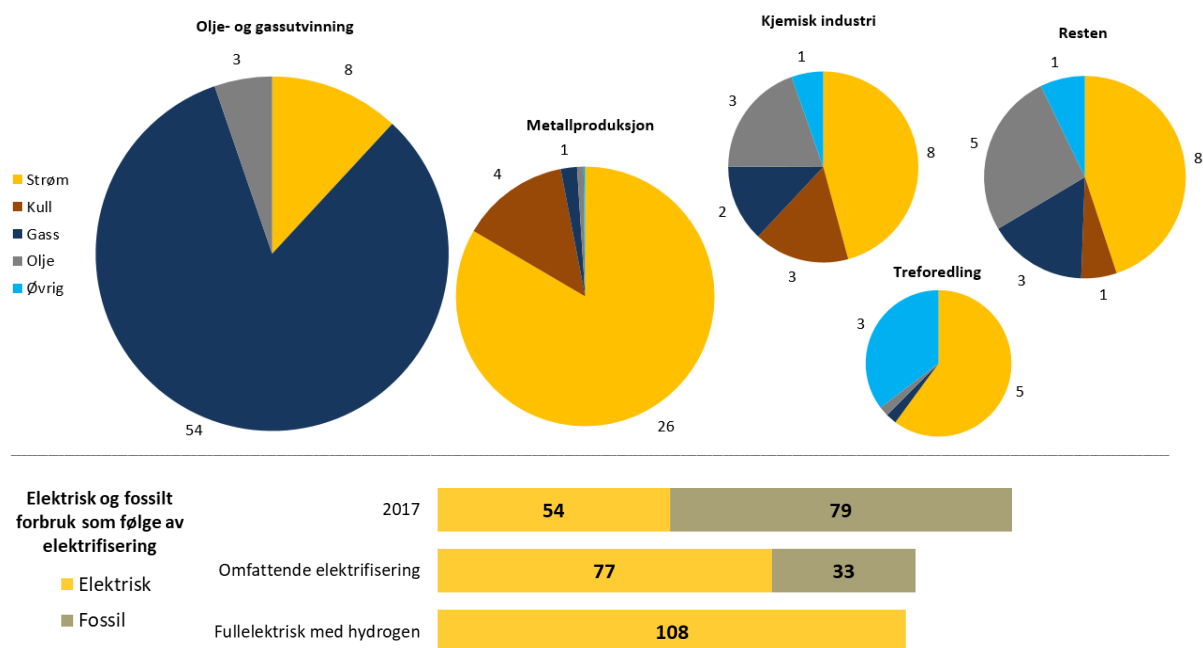
Statistikken for 2017 viser en energibruk på 4 TWh innenlands og 6 TWh for utenlands luftfart. Trafikkmengdene på kortbanenettet utgjør en svært liten andel av den norske flytrafikken, og elektrifisering av denne vil derfor bety en neglisjerbar mengde kraftforbruk.

Ettersom elektriske fly fremdeles har en teknologiutvikling foran seg er det noe usikkert hvor energieffektive de vil bli. Et anslag dersom alle innenlandsflyvninger var elektriske gir i underkant av 2 TWh kraftforbruk. Dette forutsetter en betydelig forbedring i energitettheten til batteriene.

3 Elektrifisering av industri

Industriektoren inkludert olje- og gassutvinning slipper ut ca. 27 Mt CO₂e årlig, der 25 Mt CO₂e av disse er omfattet av EUs kvotemarked (DNV GL, 2018). Våre enkle estimater viser at 13 Mt CO₂e kan kuttes gjennom omfattende elektrifisering. Dette vil også føre til 23 TWh nytt kraftforbruk, og langt mer dersom hydrogen blir brukt for å kutte resterende fossil energibruk.

For mange av industriprosessene finnes det ikke teknologi i dag for å bytte ut fossile brenslere med elektrisitet direkte. Strøm kan likevel bli brukt for å produsere hydrogen eller syntetiske hydrokarboner. Direkte elektrifisering av industri er særlig aktuelt innen varmeproduksjon fra gass- og oljekjeler. I hvor stor grad det er teknisk mulig å elektrifisere andre industriprosesser er usikkert og varierer mye mellom de ulike industrivirksomhetene.



Figur 6: Energibruk i TWh for industri i 2017 fra SSBs energibalanse og med elektrifisering. Merk at SSBs definisjon av industri inkluderer flere næringer som ikke er inkludert i begrepet kraftintensiv industri (KII).

Utvinning av olje og gass

En rekke anlegg på sokkelen er allerede hel- eller deelektrifiserte. Dette gjelder feltene Troll A, Valhall, Gjøa, Goliat og Martin Linge. I 2017 gikk 8 TWh strøm, 54 TWh gass og 3 TWh olje til utvinning av olje og gass. Store deler av gassforbruket kommer av gassturbiner plassert på plattformene. I tillegg stammer noe fra produksjonsskip, gass- eller oljekjeler, motorer, kompressorer og pumper.

Oljedirektoratet har anslått en installert effekt på ca. 3 000 MW gassturbiner på sokkelen (Oljedirektoratet, 2008). Det totale effektbehovet fra land vil være lavere både fordi mange av disse står i reserve og på grunn av tap i gassturbinene. Gassturbiner med varmegjenvinning har rundt 40 % virkningsgrad. Ifølge en rapport fra Unitech ville en helelektrifisering av sokkelen i 2015 utgjøre nesten 1 600 MW, som trolig tilsvarer rundt 12 TWh. Dette tar hensyn til tap i omformere og overføring (Unitech Power Systems, 2007).

Elektrifisering av sokkelen kan også skje ved hjelp av vindturbiner offshore. Dette fører til at mindre av kraftforbruket dekkes fra nettet på land.

Metallindustri

Norsk metallindustri er store kraftforbrukere. Aluminiumsverk er her et godt eksempel, der strøm blir brukt som innsatsfaktor i elektrolysen for å produsere aluminium.

Produksjon av ferrolegeringer bruker i stor grad kull eller koks for å fjerne oksygen. En ombygging ved bruk av hydrogen, gass eller bio som reduksjonsmiddel i metallurgisk industri er ofte teknisk mulig. For eksempel viser HYBRIT-prosjektet i Sverige at jern- og stålindustrien har ambisjoner om å kutte utslipp ved hjelp av hydrogen. Direkte elektrifisering vil trolig ikke lar seg gjennomføre i denne sektoren. Nytt kraftforbruk vil derfor kunne oppstå gjennom produksjon av hydrogen til metallproduksjon.

Kjemisk industri

Kjemisk industri bruker ifølge statistikken til SSB rundt 5 TWh fra fossile kilder jevnt fordelt mellom gass og kull. Denne kategorien inneholder blant annet industrier som produserer industrigasser, kjemikalier, gjødsel, plast og gummi. Deler av det fossile forbruket er knyttet til forbrenning av avgasser og restprodukter, og her er det lite aktuelt å elektrifisere.

Produksjon av kunstgjødsel anvender naturgass til produksjon av hydrogen og deretter ammoniakk. En mulig lavutslippsløsning er å produsere ammoniakk ved hjelp av fornybar hydrogen fra elektrolyse.

Bygg og anlegg

Bygg- og anleggsbransjen bruker i dag mange maskiner som går på fossil diesel. Anleggsmaskiner står for rundt 18 % av CO₂-utslippene i Oslo. I tillegg til klimagassutslipp vil elektrifisering gjøre det mulig å redusere støy og ulike typer forurensning. Bruk av oljefyring til byggtørk og varme blir forbudt på norske byggeplasser fra 2022.

Det har allerede blitt utviklet blant annet batterielektriske gravemaskiner, hjullastere, dumpere og betongbiler. I Statnett jobber vi selv med å kutte utslipp fra bygg- og anleggsvirksomheten. Dette arbeidet har demonstrert bruk av strøm til maskiner i tunnelarbeid, for eksempel til boring og injeksjoner. For lastebiler og andre maskiner blir det brukt fornybar, palmeoljefri og ikke-matbasert diesel (Statnett, 2018).

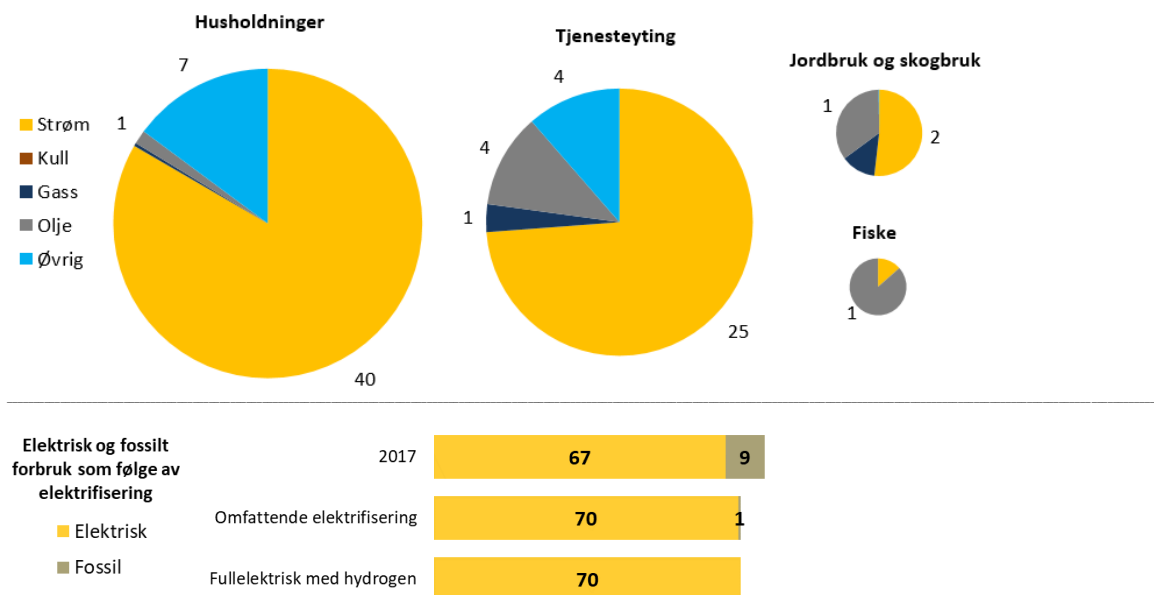
Øvrig industri

Sementprodusenten Norcem i Brevik har startet opp et prosjekt for å undersøke om elektrifisering lar seg realisere. Sementproduksjon slipper ut store mengder CO₂ både gjennom selve prosessen og fra energibruken (Norcem, 2018). En direkte elektrifisering vil dermed kunne kutte deler av utslippene, men ikke alle. Steinullprodusenten Rockwool har nylig besluttet å erstatte bruk av koks til fordel for en ny smelteovn på strøm.

I næringsmiddelindustrien blir særlig gass, på til sammen 1 TWh, anvendt i ulike prosesser innen matproduksjon. Der prosessene bruker gass til å lage åpen flamme er det krevende å bytte ut disse med bruk av strøm direkte. Andre industrigrupper som bruker olje, kull eller gass på totalt over 0,1 TWh inkluderer bryting av stein, treforedlingsindustri, og produksjon av plast, øvrige petroleumsprodukter og glass.

4 Elektrifisering av bygg og næringsvirksomhet

Transport og industri står for de klart største delene av norsk fossil energibruk og klimagassutslipp, men det er noe som gjenstår i de resterende delene. På lang sikt vil jordbruk, skogbruk og fiske øke bruken av elektriske maskiner og utstyr. Husholdninger og tjenesteyting (utenom transport) bruker allerede i dag lite fossil energi og et oljefyringsforbud kutter bruken ytterligere.



Figur 7: Energibruk i TWh for bygg og næringsvirksomhet i 2017 fra SSBs energibalanse og med elektrifisering

Husholdninger og tjenesteyting

Byggsektoren er i stor grad elektrisk ettersom svært lite av oppvarmingsbehovet blir dekket med fossile energikilder. Deler av energibruken til oppvarming er med hjelp av vedfyring eller fjernvarme i hovedsak basert på biomasse, avfall og strøm.

Et forbud mot fyringsolje og parafin til oppvarming fra og med 2020 ble bestemt i 2018. 4,6 TWh oljeprodukter ble brukt av husholdninger og tjenesteyting i 2017. Noe av dette vil trolig konverteres til elektrisk oppvarming på grunn av forbudet. Hvis det blir erstattet med varmepumper vil dette gi rundt tre ganger lavere kraftforbruk enn elektrisk gulvvarme, panelovner, elkjeler eller lignende.

Primærnæringer

I jordbruk og skogbruk blir diesel tilsvarende om lag 3 TWh brukt til traktorer og andre landbruks- eller skogsmaskiner. Biodiesel blir gjerne nevnt som det foretrukne alternativet for å kutte utslipp, men stadig flere batterielektriske varianter har kommet på markedet. Potensialet for elektrifisering er trolig på rundt 1 TWh nytt kraftforbruk.

Opp mot 80 % av produksjonen fra norsk oppdrett lønnsomt å elektrifisere, noe som vil gi om lag 0,1 TWh økt kraftforbruk, ifølge DNV GL (DNV GL, 2018). Dette inkluderer drivstoff til arbeidsbåter, utstyr på båt og utstyr på anleggene. Som annen kysttransport kan disse kobles til landstrøm når de ligger langs land, som nevnt i kapittel 2. En annen rapport publisert av ABB viser til tiltak som kan gi 75 % kutt av både dieselforbruk og klimagassutslipp fra lakseproduksjon (ABB, 2018). Ifølge NELFO kan batteri-hybrider halvere CO₂-utslippene i kystfiskeflåten. Mange av fiskebåtene har høy alder og en elektrifisering vil gi mindre støy, høyere energieffektivitet og lavere driftskostnader (NELFO, 2017). Samlet sett tror vi at en elektrifisering av fiskenæringen vil føre til i underkant av 0,5 TWh kraftforbruk.

5 Samlet virkning på energi og utslipp

Elektrifisering gir mange fordeler. Vi går her inn på hva det gir av økt kraftforbruk, lavere energibruk, reduserte utslipp av klimagasser og påvirkning på transmisjonsnettet. I *Omfattende elektrifisering* er 95 av 143 TWh fossil energibruk erstattet med strøm. For å vise effekten av å kutte de resterende delene, der vi anser direkte elektrifisering som uoppnåelig, regner vi også på *Fullelektrisk med hydrogen*.

Tabellen under viser resultatene av en forenklet analyse basert på statistikken over energibalanse (målt i TWh) og klimagassutslipp (målt i Mt CO₂e). Produksjon og bruk av hydrogen gir høyere energitap, men kan erstatte bruk av fossile brensler i blant annet deler av metallindustri, kjemisk industri, petroleumsindustri, luftfart og sjøfart.

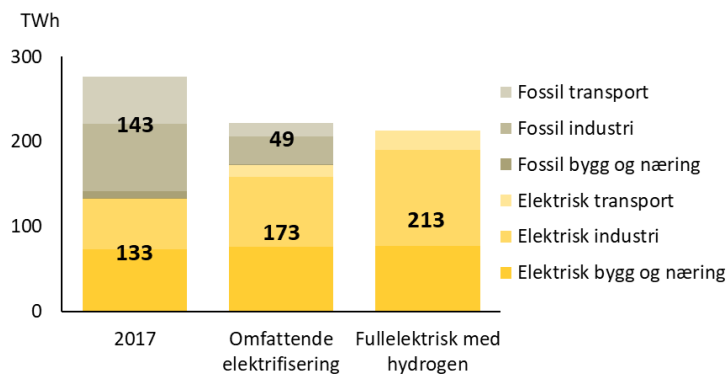
Forbruksgruppe	Energibruk 2017					Klimagass- utslipp 2017	Omfattende elektrifisering			Fullelektrisk med hydrogen
	Strøm	Kull	Gass	Olje	Øvrig	Totalt	Nytt kraft- forbruk	Energi- besparelser	Kutt i utslipp	Nytt kraft- forbruk
Transport	1	0	1	54	6	17	13	27	11	22
Veitransport	0	0	0	33	6	9	11	23	9	11
Banetransport	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lufttransport	0	0	0	10	0	4	1	1	1	5
Sjøtransport	0	0	1	10	0	4	2	3	1	7
Industri	54	8	59	12	5	26	23	22	12	54
Metallproduksjon	26	4	1	0	0	5	2	0	1	6
Bergverk og mineraler	1	1	1	1	1	1	2	0	0	2
Kjemisk industri	8	3	2	3	1	2	3	1	0	8
Næringsmiddelindustri	3	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Treforedling	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Bygg og anlegg	1	0	0	3	0	1	1	1	1	2
Olje- og gassutvinning	8	0	54	3	0	15	15	20	9	33
Øvrig industri	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Bygg og næring	67	0	2	7	11	8	3	5	2	3
Jordbruk og skogbruk	2	0	0	1	0	6	1	1	2	1
Fiske	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Husholdninger	40	0	0	1	7	1	0	1	0	0
Tjenesteyting	25	0	1	4	4	1	2	4	0	2
Sum Norge	121	8	63	73	7	51	40	55	25	80

Omfattende elektrifisering gir 30-50 TWh nytt forbruk

Potensialet for nytt kraftforbruk på grunn av direkte elektrifisering av dagens fossile energibruk er ifølge våre beregninger rundt 40 TWh. Vi sier likevel 30-50 TWh for å understreke at det er et utfallsrom basert på at ikke alt lar seg like enkelt elektrifisere, at elektrifisering ikke alltid er det beste tiltaket for å kutte utslipp og at sluttenergiforbruket vil endre seg over tid. I tillegg er svaret følsomt for hvilke forutsetninger vi legger til grunn.

Når vi ser på regnestykket for hva en fullstendig utfasing av fossil energibruk fører til, erstattes den siste delen med for eksempel hydrogen. I *Fullelektrisk med hydrogen* har vi blant annet antatt at deler av petroleumssektoren og utenlands sjøfart og luftfart vil strekke seg lengre for å nå nullutslipp. Lav virkningsgrad fører til ytterligere 40 TWh kraftforbruk i forhold til *Omfattende elektrifisering*.

I figuren under viser vi kun tall fra fossil og elektrisk energibruk. Bruk av bio er altså utelukket, ettersom vi her ser på elektrifisering av fossil energibruk. Merk også at vi regner som om forbruket alltid dekkes gjennom uttak fra det norske nettet, noe som ikke nødvendigvis stemmer. Hydrogen kan for eksempel bli produsert i Norge selv om den blir brukt i andre land. Produksjon uten tilknytning til nettet er også aktuelt.



Figur 8: Primær energibruk i 2017 fra fossile kilder eller strøm, og endring gjennom elektrisering

Elektrifisering gir store energibesparelser

Tabellen på forrige side viser at *Omfattende elektrifisering* gir 40 TWh nytt kraftforbruk som erstatter 95 TWh fossil energi, og dermed blir energibesparelsen 55 TWh. Konvertering fra fossil til elektrisk energi gir altså betydelige reduksjoner i primær energibruk på grunn av forskjellene i virkningsgrad.

Dette forutsetter at økningen i kraftforbruk fører til ny fornybar kraftproduksjon innenlands. Dette mener vi er en realistisk forutsetning da det nå er lønnsomt å bygge ut vindkraft uten subsidier. Deler av økningen kan likevel oppstå fra andre kilder enn vindkraft, for eksempel vannkraft og solkraft. Mer forbruk vil isolert sett heve kraftprisene og støtte opp om lønnsomheten av ny fornybar produksjon.

For hver av de ulike kategoriene energibruk har vi antatt virkningsgrader for olje, gass, kull og strøm. Dette forteller oss hvor stort det elektriske forbruket blir og hvor mye produsert energi som blir spart. For de fleste industriprosesser har vi forutsatt rundt 75 % fossil virkningsgrad, mens for transport antar vi at denne er mellom 25 % og 40 %. Vi har antatt en elektrisk virkningsgrad tett opp mot 100 % unntatt deler der oppvarming med varmepumpe er mulig.

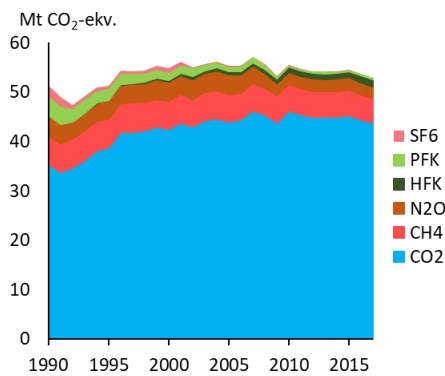
Fornybar hydrogen gir klart mindre energibesparelser enn direkte elektrifisering, ettersom energi går tapt i produksjon gjennom elektrolyse, kompresjon, lagring og bruk av hydrogen. Vi har forutsatt en optimistisk total virkningsgrad på 60 % til bruk i industrielle prosesser og 40 % til transport med brenselceller. Dette avhenger av en rekke forutsetninger, og det er derfor usikkert hvor godt disse

tallene vil stemme i praksis. I våre beregninger har vi begrenset bruken av hydrogen til områder der direkte elektrifisering fremstår uoppnåelig.

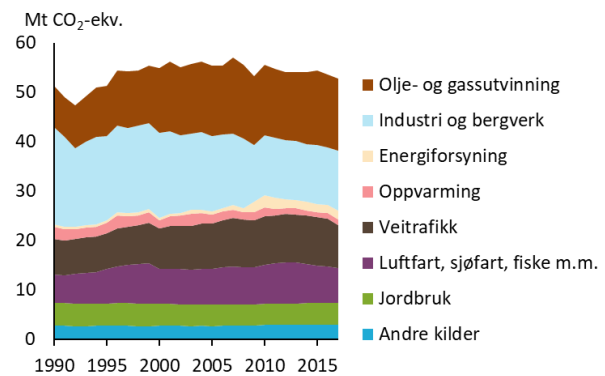
Utslipp av norske klimagassutslipp kan gå betydelig ned

Norsk kraftproduksjon er nærmest utslippsfri. Det meste av de norske CO₂-utslippene kommer derfor fra industri, transport og annen næringsvirksomhet. I 2017 var norske innenlandske klimagassutslipp 52,7 Mt CO₂e. Inkludert utslipp fra utenriks sjøfart og luftfart estimerer SSB at totalen er på 67,3 Mt CO₂e (SSB, 2018).

I *Omfattende elektrifisering* er det totale utslippskuttet på 25 Mt CO₂e, som tilsvarer nesten halvparten av innenlandske klimagassutslipp. 11 Mt CO₂e av disse er fra transportsektoren og 7 Mt CO₂e fra olje- og gassutvinning. Disse beregningene er riktignok usikre estimater for å gi et inntrykk av størrelsene. Som nevnt tidligere antar vi ingen økning i utslipp fra kraftproduksjon som følge av det økte forbruket.



Figur 9: Utslipp av ulike klimagasser 1990-2017



Figur 10: Klimagassutslipp fordelt på kilde 1990-2017

6 Konsekvenser for kraftsystemet

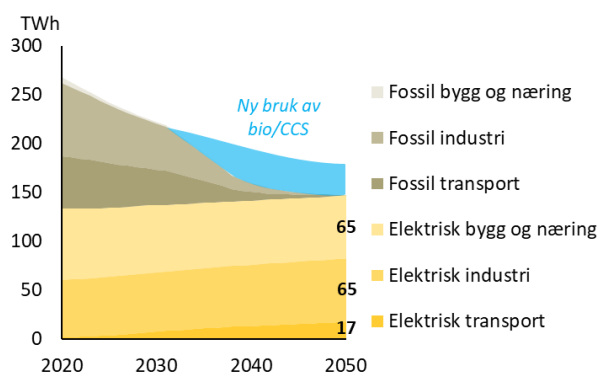
En utvikling slik vi skisserer i scenarioet omfattende elektrifisering vil trolig gi moderate konsekvenser for transmisjonsnettet. Dette skyldes både god geografisk spredning på det nye forbruket og at utviklingen skjer over tid. Utfordringene vil være større i distribusjonsnettene.

Elektrifisering vil skje gradvis over tid

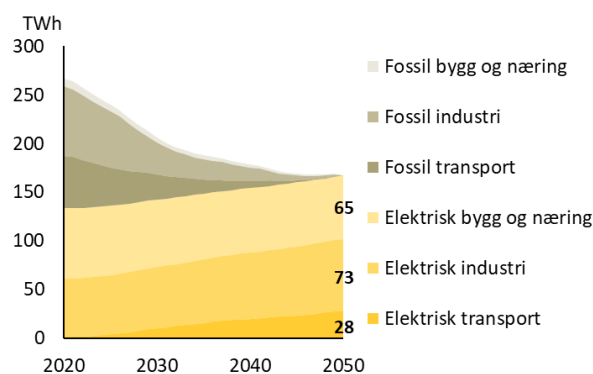
Et sentralt spørsmål er hvor raskt omstillingen mot et mer elektrisk samfunn vil skje. Vi vet at det allerede skjer en rask utfasing av oljefyring og fergesamband med diesel. Elbiler tar gradvis over bilparken, og etter hvert blir elektriske alternativer gjeldende i større grad også i andre sektorer.

Notatet har hittil sett på elektrifisering uten å ta hensyn til øvrige fremtidige endringer. For eksempel er befolkningsvekst, byggkvalitet, industriaktivitet og nye datasentre viktige drivere for fremtidig utvikling i kraftforbruk. Betydelig energieffektivisering av eksisterende forbruk kan bidra til at netto forbruksvekst blir lavere enn 30-50 TWh. På den andre siden vil økt bruk av hydrogen fra elektrolyse i Norge trekke opp forbruket.

I Figur 11 og Figur 12 skisserer vi to ambisiøse baner mot et utslippsfritt energisystem i 2050. Disse illustrerer en situasjon hvor kutt i fossil energibruk skjer raskt i transportsektoren og hvordan andre drivere kan påvirke det langsiktige bildet. Vekst i transportarbeidet bidrar i dette eksemplet til ytterligere 4-6 TWh kraftforbruk for potensialet i 2050. Figuren til venstre representerer en rask og omfattende elektrifisering, men der bioenergi eller CCS gjør det norske energisystemet klimanøytralt til 2050. Til høyre blir vanskelige utslippskutt dekket med hydrogen, noe som gir en større vekst i kraftforbruk. Totalt kraftforbruk i 2050 er i disse scenarioene henholdsvis 147 og 166 TWh. Energieffektivisering og andre drivere gir altså en mindre økning enn i beregningene basert på 2017-tall for fossil energibruk.



Figur 11: Fossil og elektrisk primær energibruk mot 2050 for Omfattende elektrifisering



Figur 12: Fossil og elektrisk primær energibruk mot 2050 for Fullelektrisk med hydrogen

Tidligere analyser har vist moderate konsekvenser for transmisjonsnettet

Hvordan nytt kraftforbruk endrer behovet for transmisjonsnett avhenger av en rekke faktorer:

- Geografisk fordeling og samspill med vekst i produksjonen
- Effektprofil over året og temperaturavhengighet
- Følsomhet for endringer i kraftpris
- Hvor raskt utviklingen skjer og forutsigbarhet

Generelt kan vi si at konsekvensene av økt kraftforbruk er størst i distribusjonsnettet. Lokale begrensninger i distribusjonsnett og utjevning av lokale effekttopper fører til at effektutfordringene ikke får like store konsekvenser på høyere spenningsnivå. Det betyr ikke at det alltid er plass til nytt forbruk

i transmisjonsnettet uten noen form for nett-tiltak. Økt kraftforbruk fra industri og petroleumsvirksomhet vil ofte kreve lokale og i noen tilfeller mer regionale oppgraderinger i transmisjonsnettet. Dette innebærer investeringer i både stasjoner og ledninger.

Hvor forbruksveksten skjer har mye å si for behovet for transmisjonsnett. Elbiler vil i hovedsak føre til mange relativt små punktforbruk spredt rundt i nærheten av tettsteder, eller langs hovedfartsårene. Denne typen forbruksvekst har derfor lite å si for de overordnede flytmønstrene. Samtidig er elektrisk transport en av flere årsaker til at vi forventer en langsiktig forbruksvekst i Norge, og kan i mange tilfeller fremskynde nettinvesteringer. For andre typer elektrifisering kan forbruket bli mer ujevnt fordelt over landet. Fiskebåter er for eksempel mer konsentrert i Nord-Norge, og petroleumsindustri mest på Vestlandet. Hvilke forbruksgrupper som blir elektrifisert først kan derfor ha stor betydning for nettbehovet.

I dette notatet summerer vi opp årlig kraftforbruk ved en overgang til elektrisitet. Hvordan dette forbruket er fordelt over året, og særlig hvordan effektbruken i topplast ser ut, er av stor betydning for nettbehovet. For eksempel vil nettoppgradering være nødvendig tidligere hvis alle hurtiglader samtidig enn hvis lading kun foregår om natten eller i perioder med stort kraftoverskudd. Elektrifisering gir et økt tilbud av forbrukerfleksibilitet, for eksempel fra elbiler som kan styre lading etter prissignaler eller skip på landstrøm som har aggregatreserver om bord. Disse egenskapene kan utsette nettoppgraderinger.

Våre tidligere analyser viser at elektrifisering ikke er en vesentlig driver for økt kapasitet i transportkanalene mellom landsdelene. For eksempel viste våre analyser til Kraftsystemutredningen 2017 at en økt andel elbiler gir liten påvirkning på de overordnede flytmønstrene i transmisjonsnettet. Geografisk spredning og gunstig ladeprofil bidrar til dette.

Vi vil studere nærmere konsekvensene av en omfattende elektrifisering

Elektrifisering er et viktig tema som vi vil se nærmere på i videre analyser. Dette innebærer blant annet å implementere scenarioer med svært høy grad av elektrifisering inn i våre nett- og markedsmodeller for å se nærmere på virkningene, som for eksempel behovet for nettkapasitet. Mot neste Kraftsystemutredning og Langsiktig markedsanalyse vil vi derfor analysere nærmere hvordan forbruket fordeler seg geografisk i scenarioer med høy grad av elektrifisering, og hvordan dette påvirker konsekvenser for transmisjonsnettet.

7 Referanseliste

- ABB. (2018). *Laks på landstrøm sparer utslipp tilsvarende 180 000 biler*. Hentet fra https://new.abb.com/docs/librariesprovider50/media/abb---bellona---gr%C3%B8nt-skift-i-havbruk-med-laks-p%C3%A5-landstr%C3%B8m.pdf?sfvrsn=38238a14_4
- DNV GL. (2015). *Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlig drivstoff*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/cffd547b30564dd9a2ae616042c22f26/vurdering_av_tiltak_og_virkemidler_for_mer_miljovennlige_drivstoff_i_skipsfartnaringen.pdf
- DNV GL. (2018). *Fullelektrisk fiskeoppdrett*. Hentet fra https://www.energinorge.no/contentassets/ef7f99cb7a954aa99393156203f764ad/fullelektrisk-fiskeoppdrett_endeligversjon.pdf
- DNV GL. (2018). *Kartlegging av muligheter for reduksjon av ikke-kvotepliktig utslipp gjennom elektrifisering i utvalgte sektorer*. Hentet fra https://www.energinorge.no/contentassets/b3ab9d6e117e497ab414e11debf7f382/endelig-rapport---ikke-kvotepliktige-utslipp-i-utvalgte-sektorer-rev-0.1..._.pdf
- Energy Transitions Commision. (2018). Hentet fra http://www.energy-transitions.org/sites/default/files/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf
- Jernbanedirektoratet. (2018). *Jernbanestatistikk 2017*. Hentet fra https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/e71b740c9f5d4583aed0c193c11faec7/jernbanestatistikk_2017.pdf
- Miljødirektoratet. (2015). *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>
- NELFO. (2017). *Elektrifisering av kystfiskeflåten - Slik kan 3000 båter halvere sine utslipp*. Hentet fra https://nelfo.no/Documents/NELFO/Bibliotek/Rapporter/FINAL_Elektrifisering_av_kystfiskefl%C3%A5ten_PDF.pdf
- Norcem. (2018). *Norcem starter innovasjonsprosjekt om elektrifisering av sementproduksjonen*. Hentet fra <https://www.norcem.no/no/ELSE-elektrifisering-sementproduksjon>
- NVE. (2016). *Hva betyr elbiler for strømmettet?* Hentet fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_74.pdf
- NVE. (2016). *Hvordan vil en omfattende elektrifisering av transportsektoren påvirke kraftsystemet?* Hentet fra <https://www.nve.no/Media/4117/nve-notat-om-transport-og-kraftsystemet.pdf>
- NVE. (2017). *Har strømmettet kapasitet til elektriske biler, busser og ferger?* Hentet fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_77.pdf
- Oljedirektoratet. (2008). *Kraft fra land til norsk sokkel*. Hentet fra <http://www.npd.no/Global/Norsk/3%20-%20Publikasjoner/Rapporter/PDF/Kraft%20fra%20land%20rapport.pdf>
- SSB. (2018). *Over 140 000 elbiler i Norge*. Hentet fra <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/over-140-000-elbiler-i-norge>
- SSB. (2018). *Utslipp til luft*. Hentet fra <https://www.ssb.no/statbank/table/08940/>
- Statnett. (2018). *Fossilfritt anleggsarbeid*. Hentet fra <https://www.statnett.no/her-bygger-vi/region-ost/nettplan-stor-oslo/smestad-sogn/Nyhetsarkiv/fossilfritt-anleggsarbeid/>
- Statnett. (2018). *Langsiktig markedsanalyse – Norden og Europa 2018–2040*. Hentet fra <https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/langsiktig-markedsanalyse-norden-og-europa-2018-40.pdf>
- TU.no. (2017). *I 2021 vil Norge ha 60 ferger med batterier. Nå må Vegdirektoratet finne en standardløsning for lading*. Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/i-2021-vil-norge-ha-60-ferger-med-batterier-na-ma-vegdirektoratet-finne-en-standardlosning-for-lading/414997>
- TØI. (2018). *Små godsbiler: Bruksområder, transportytelser og potensiale for elektrifisering*. Hentet fra <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=48747>
- Unitech Power Systems. (2007). *Elektrifisering av Norsk sokkel - Transmisjonssystem fra land og distribusjon til plattformer*. Hentet fra http://www.npd.no/Global/Norsk/3%20-%20Publikasjoner/Rapporter/PDF/Grunnlagsmateriale%20Kraft%20fra%20land/Unitech_rapport.pdf