



Høringsversjon

Revidert Energi21-strategi 2022

Dato: 8.4.22

Forord

Energi21 ble etablert av Olje- og Energidepartementet i 2008 og har som formål å bidra til økt verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiresursene. Denne strategien er den femte i rekken og hensikten er å bidra til et mer samordnet og økt engasjement i næringslivet knyttet til forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av klimavennlig energiteknologi for stasjonære formål og transport.

Energisektoren har gjennomgått store strukturendringer i Norge og resten av verden gjennom den perioden Energi21 har eksistert og opplevd en vekst innen nye og fornybare energiteknologier som ingen trodde var mulig på begynnelsen av 2000-tallet. Samlede investeringer globalt innen fornybar kraftproduksjon er ifølge IEA de siste tre årene om lag tre ganger høyere enn fossil kraftproduksjon og er drevet av aktiv politikk med sikte på reduksjon av lokale utslipp samt klimagasser i henhold til etablerte klimaavtaler. Dette har igjen ført til sterkt fallende teknologikostnader, noe som akselererer omstillingstakten ytterligere.

Samtidig blir vi gjennom siste rapport fra FNs klimapanel minnet på omstillingen ikke går raskt nok for å nå 1,5-graders målet. Omstillingen må akselereres ytterligere. Vi opplever også at globale forsyningskjeder, også innen energisegmentet, er sårbare og lite transparente, samt at geopolitisk uro og en pågående energikrise i Europa henger sammen. Samlet sett fører dette til økt behov for regionale leverandørkjeder og ønske om mindre avhengighet av energiimport til Europa.

Analyser fra Statnett viser at kraftforbruket kan komme opp i 220 TWh i 2050. Dette tilsvarer en økning på om lag 50% fra dagens forbruk og veksten forventes i stor grad å komme fra havvind, en teknologi Norge ennå ikke har tatt i bruk i alminnelig kraftforsyning. Klimavennlig hydrogen forventes å spille en vesentlig rolle fremover i sektorer som ikke kan elektrifiseres, f.eks. innen industri og transport. Slik knyttes også de ulike energisegmentene tettere sammen, og den totale kompleksiteten i energisektoren øker. Det vil være stort behov for å utvikle effektive rammebetingelser som stimulerer til investeringer som er lønnsomme men samtidig kostnadseffektive for samfunnet, og til å gi faktabaserte innspill til hvordan store tiltak gjennomføres forsvarlig med hensyn til miljø.

Dette er eksempler som viser at omstillingsbehovet i norsk energisektor er stort og at det er tilsvarende store behov for å øke innsatsen innen forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av klimavennlig energiteknologi. I resten av Europa er omstillingsbehovet enda mer prekært og EU har etablert et høyt ambisjonsnivå med hensyn til klima og også innen støtte til forskning og kommersialisering.

Norge må benytte dette omstillingsbehovet for å skape nye grønne næringer, både for å produsere tjenester og teknologi for eget behov, men enda viktigere for å etablere seg som en konkurransedyktig leverandør av energiløsninger til Europa og resten av verden.

Denne femte Energi21-strategien har som mål å prioritere satsingsområder hvor styret mener Norge vil ha spesielt store positive effekter av å rette en enda mer målrettet og styrket forskningsinnsats fra private og offentlige aktører. Styret har i utarbeidelsen av strategien lagt vekt på omfattende dialog med næringslivsaktører, forskningsinstitusjoner og akademia gjennom en rekke dialogmøter og høringer med stor deltakelse og engasjement, og har gjennom denne dialogen fått gode beskrivelser av hvilken utvikling aktørene mener gir størst nytte.

Styret er trygge på at strategien er godt forankret og representerer et bredt syn på bransjens forslag til videre utvikling av Norges energiresurser til beste for samfunnet inkludert en konkurransedyktig energinæring i et internasjonalt perspektiv.

Bjørn N Holsen

Styreleder

Hovedforfattere:

- Lene Mostue, Energi21
- Håkon Taule, Thema Consulting Group
- Snorre Thorsønn Borgen, Thema Consulting Group
- Sofie Helene Jebsen, Thema Consulting Group

I tillegg tekstbidrag fra:

- Gunnhild Reigstad, SINTEF Energi
- Ingeborg Graabak, SINTEF Energi

Sammendrag

Blir lagt til etter høringsperioden og i den endelige versjonen av revidert Energi21 strategi 2022.

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag	4
Innhold	5
1 Energi21 – Nasjonal strategi for forskning og innovasjon	7
1.1 Om Energi21-strategien	7
1.2 Bred interessentinvolvering og forankring av strategiske anbefalinger	7
1.3 Hensikt med Energi21-strategien	7
1.4 Strategiske mål.....	8
1.5 Organisering av arbeidet i Energi21.....	8
2 Omstillingen til lavutslippssamfunnet innebærer både store endringer og muligheter for Norge	9
2.1 Utviklingen mot lavutslippssamfunnet har skutt fart	9
2.2 Jakten etter de gode løsningene er i gang og markedspotensialet er stort	11
2.3 Klimatiltak må ivareta miljø og naturmangfold	12
2.4 Behov for å utvikle nye markedsløsninger og rammevilkår	12
2.5 Norges kraftsystem - en kilde til grønn industribygging	13
2.6 Norge som energinasjon – våre komparative fortrinn	14
2.7 Vi må gripe mulighetene nå	16
3 Energi21-strategien 2022.....	18
3.1 Integrerte og effektive energisystemer	20
3.2 Energimarkeder og regulering	31
3.3 Vannkraft	38
3.4 Havvind	43
3.5 Solenergi	48
3.6 Batterier	53
3.7 Hydrogen.....	59
3.8 CO ₂ -håndtering	64
4 Internasjonalt forsknings- og innovasjonssamarbeid	70
4.1 Om EUs forsknings- og innovasjonsarena.....	70
4.2 Betydning og effekter av EU samarbeid	71
4.3 Sikre Norske interesser	75
4.4 Mission Innovation.....	75
4.5 IEA , nordisk og bilateralt forskningssamarbeid.....	76
5 Videreutvikling av solid kunnskaps- og teknologiplattform	78
5.1 Energieffektive og smarte bygg og byer	78
5.2 Energieffektiv industri.....	79

5.3	Bioenergi	80
5.4	Landbasert vindkraft	81
5.5	Geotermisk energi.....	82
5.6	Klimavennlige energiteknologier for maritim transport.....	83
5.7	Klimavennlige energiteknologier for landbasert transport	84
5.8	Klimavennlige energiteknologier for lufttransport	85
5.9	Fremtidens kjernekraft	87
5.10	Fusjonsenergi	87
5.11	Bølge- og tidevannskraft	88
5.12	Høydevind	89
6	Realisering av strategiske anbefalinger- raske og fleksible virkemidler	90
6.1	Behov for målrettede, raske og fleksible virkemidler	90
6.2	Næringslivet ønsker oppskalering og implementering	90
6.3	Næringslivet må engasjere seg	90
6.4	Nødvendig å styrke budsjettene til energiforskningen.....	91
6.5	Virkemidler for grønn omstilling bør følge Energi21 strategien	92
6.6	Videreutvikle fellessatsinger og sektorsamarbeid på myndighetsnivå	93
6.7	Anbefalinger til det statlige omstillingsfondet Enova.....	94
6.8	Krav til samarbeid mellom departementenes 21 – prosesser	94
6.9	Utdanning med flerfaglig tilnærming og samarbeid med næringslivet.....	95
7	Vedlegg	97
7.1	Vedlegg 1: Energi21s mandat fra OED	97
7.2	Vedlegg 2: Styret til Energi21.....	99
7.3	Vedlegg 3: Ledelse og operative drift av Energi21	99
7.4	Vedlegg 4: Introduksjon til internasjonalt forsknings- og innovasjonssamarbeid.....	100
7.5	Vedlegg 5: Utfyllende teknologiplattform	110
7.6	Vedlegg 6: Premissgrunnlag for strategiske prioriteringer	141
7.7	Vedlegg 7: Begrepsliste	145
7.8	Vedlegg 8: Referanseliste og kilder	148
7.9	Vedlegg 9: Aktører representert på innspillmøter og annen dialog	149

1 Energi21 – Nasjonal strategi for forskning og innovasjon

Energi21 er Norges nasjonale strategi for forskning, utvikling og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi. Målet er økt verdiskaping og effektiv ressursutnyttelse i energisektoren gjennom satsing på forskning og innovasjon av ny klimavennlig energiteknologi.

1.1 Om Energi21-strategien

Energi21 strategien utarbeides av representanter fra næringslivet, forskningsinstitusjoner og myndighetene, på oppdrag fra olje- og energiministeren. Den ble opprettet første gang i 2008 og blitt revidert jevnlig. Foreliggende strategi er den femte i rekken. Energi21 gir anbefalinger til myndighetene og næringslivet for norsk satsing på forskning og teknologiutvikling innen fornybar energi, energioverføring, energikonvertering, energilagring, energieffektivisering og CO₂-håndtering. I tillegg dekker Energi21 teknologier og løsninger for energileveranser og energirelaterte fremdriftsløsninger til transportformål. Energi21 gir også råd om behov for kunnskapsutvikling innen samfunnsvitenskap, økonomi, markedsdesign, natur og miljø.

1.2 Bred interessentinvolvering og forankring av strategiske anbefalinger

Kunnskapsgrunnlaget til foreliggende strategi bygger på en omfattende prosess med bred interessentinvolvering. Nærmere 700 aktører har deltatt aktivt med innspill om nødvendig forsknings- og innovasjonsinnsats for å møte fremtiden kunnskaps- og teknologibehov. Vedlegg 7.9 beskriver hvilke aktører som har bidratt med innspill til strategikutviklingen.

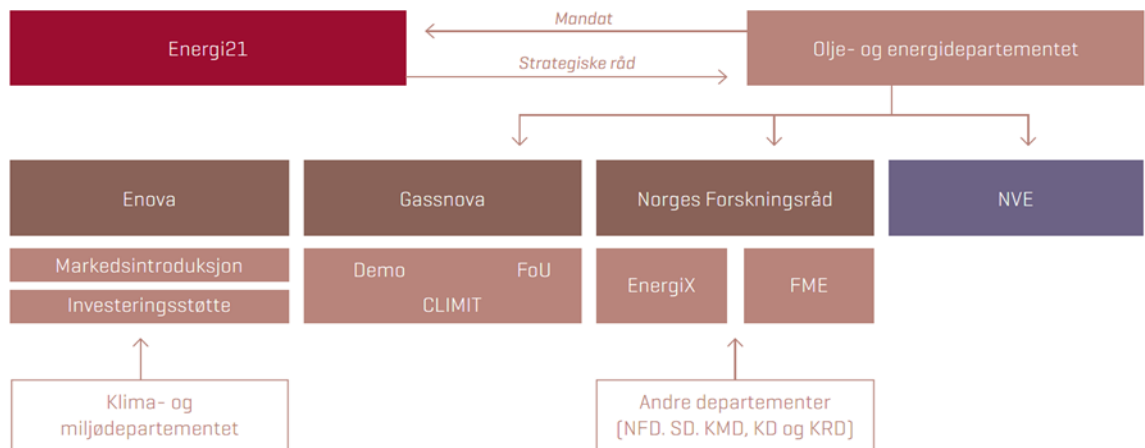
1.3 Hensikt med Energi21-strategien

Formålet med strategien er å gi råd om innretningen og størrelsen på forsknings- og utviklingsinnsatsen som bør gjennomføres, samt angi en prioritering mellom ulike satsingsområder. Strategien skal bidra til et mer samordnet og økt engasjement i næringslivet når det gjelder forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi for stasjonære formål og transport. Energi21 skal også være rettet mot kunnskapsoppbygging som kan gjøre Norge til en viktig leverandør av miljøvennlige energiløsninger, systemtjenester, kunnskap og teknologi internasjonalt.

Energi21 ønsker å etablere en helhetlig tenking rundt satsingen på nye klimavennlige energiteknologier gjennom å koble myndigheter, næringslivet og forskningsmiljøer nærmere sammen. Samtidig er det et mål å få større oppslutning om energiforskning generelt og bidra til økt satsing på FoU i næringslivet

Olje- og energidepartementets bevilgninger til Norges forskningsråd, Gassnova og relevante virkemidler under Enova står sentralt i oppfølgingen av strategien.

Det henvises til Figur 1 som illustrerer Energi21 sin plassering i forsknings- og innovasjonssystemet innen energi.



Figur 1: Organiseringen av energiforskningen under Olje- og energidepartementet.

1.4 Strategiske mål

Energi21-strategien skal ta utgangspunkt i den norske energipolitikken og bygge opp under det hovedmål og de delmål myndighetene har satt for satsingen på forskning og innovasjon innen energiområdet. Videre følger en beskrivelse av disse.

Hovedmål:

Bidra til økte verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiressursene.

Delmål:

1. Sikre langsiktig kunnskaps- og teknologiutvikling
2. Fremme konkurransedyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge
3. Bidra med løsninger som legger til rette for et lavutslippssamfunn

1.5 Organisering av arbeidet i Energi21

Departementet har opprettet et styre for Energi21 som skal følge opp strategiarbeidet og komme med råd til innretningen av departementets forskningsbevilgninger. Næringslivet dominerer i styret, men forskningsinstitusjoner, virkemiddelapparatet og myndigheter er også representert. Vedlegg 7.2 gir informasjon om styremedlemmene til Energi21. Det er etablert et permanent sekretariat som leder og bidrar til at strategiens anbefalinger blir operasjonalisert. I tillegg fungerer sekretariatet som et bindeledd mellom myndighetene, styret, næringslivet, forskningsinstituttene og utdanningsmiljøene.

2 Omstillingen til lavutslippssamfunnet innebærer både store endringer og muligheter for Norge

Omstillingen til lavutslippssamfunnet er i full gang, drevet frem av skjerpede klimamål. EU har lansert *Klar for 55* som innebærer store inngrep i mange sektorer for å drastisk redusere klimagassutslippene mot 2030. I Norge har vi satt tilsvarende krav om reduksjoner på 55 prosent til 2030. Like viktig som å redusere klimagassutslippene er hensynet til naturvern og ivaretagelsen av naturmangfold.

Det stilles nå absolutte og fysiske krav til energisystemet om nullutslipp i 2050 i Norge og Europa. For å oppnå dette kreves en omfattende avkarbonisering av norsk økonomi gjennom økt elektrifisering, bruk av CCS og bruk av hydrogen i en rekke sektorer som transport, landbruk og industri. Det er også et absolutt krav at energisystemet skal være robust og ha høy leverings- og forsyningssikkerhet. I tillegg ønsker man at energisystemet skal være samfunnsøkonomisk effektivt, bygges og drives så rimelig som mulig og forhindre energifattigdom.

Energi- og energipriskrisen vi opplever som følge av krigen i Ukraina viser hvor viktig forsyningssikkerhet er, og hvordan EUs energipolitiske prioriteringer raskt har endret seg. Enerkipolitikk har blitt en viktig del av den europeiske sikkerhetspolitikken.

Det er nasjonalstatene som har ansvaret for forsyningssikkerhet i Europa. Den pågående energikrisen vil sette selvforsyning av energi og forsyningssikkerhet høyt på agendaen i mange år fremover. EU Kommisjonens melding «REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy» fra mars 2022 dreier seg nettopp om hvordan Europa kan etablere rammevilkår for å opprettholde en sikker energiforsyning.

Selvforsyning er nødvendig for å redusere avhengigheten av russisk naturgass i energiforsyningen. EUs REPowerEU plan peker derfor på behovet for å akselerere utbygging og integrasjon av fornybare energiresurser og diversifisere gassleveransene. Det blir særlig pekt på økt satsing knyttet til biogass, hydrogen, energieffektivisering, solenergi og vindkraft til lands og til havs. På flere av disse områdene kan Norge spille en viktig rolle for omstillingen av energisystemet i Europa. Det reiser spørsmålet om hva Norge kan bidra med, og hvordan vi best forholder oss til resten av Europa.

Selv om usikkerheten fremdeles er stor, så peker alt nå i retning av at omstillingen av energisystemet for å realisere et lavutslippssamfunn setter ytterligere fart drevet av ønsket om større selvforsyning av energi i Europa.

2.1 Utviklingen mot lavutslippssamfunnet har skutt fart

Utviklingen mot lavutslippssamfunnet har skutt fart de seneste årene. I Norge har antallet henvendelser om å knytte seg til strømnettet til transport og etablering av industri eksplodert. I tillegg fortsetter kostnadene for klimavennlige energiteknologier som solenergi, vindkraft og batterier å falle. Omfanget i endringene er også større, eksempelvis har Storbritannia og EU en målsetting å bygge ut 100 GW havvind innen 2030 som tilsvarer over 400 TWh eller 2,5 ganger det årlige norske kraftforbruket. Ytterligere 300 GW er planlagt bygget mot 2050.

Europa er på vei mot et utslippsfritt energisystem i 2050 som i økende grad vil kjennetegnes av;

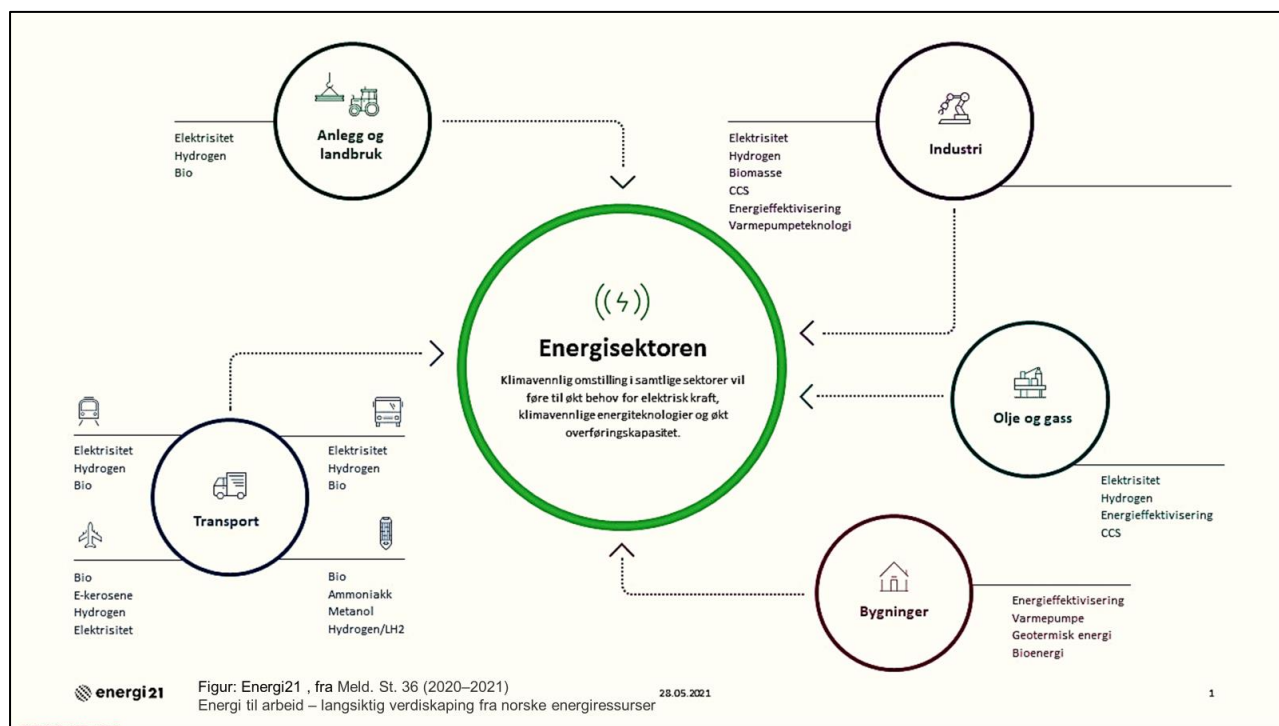
- *Store mengder uregulerbar og fornybar kraftproduksjon, først og fremst vindkraft og solenergi.* Det øker behovet for fleksibilitet i energisystemet betraktelig fordi man samtidig skal ivareta leverings- og forsyningssikkerheten.

- *Storstilt utbygging av infrastruktur.* Det blir behov for en kraftig utbygging av infrastruktur for strøm, hydrogen, CCS og bioenergi.
- *Energilagring og andre fleksibilitetsløsninger for å sikre leverings- og forsyningssikkerhet:*
 - *Det kortsiktige fleksibilitetsbehovet* (leveringssikkerhet) vil i økende grad bli levert av teknologi som utløser fleksibilitet hos sluttkundene, ved hjelp av batteriløsninger og på sikt kanskje hydrogen.
 - *Fleksibilitetsbehov mellom sesonger for å sikre tilstrekkelig energitilbud* (forsyningssikkerhet) gjennom årstidene etter hvert som de termiske verkene fases ut. Det vil bli et økende behov for teknologi og løsninger som kan levere energi over lengre perioder når den uregulerbare fornybarproduksjonen er lav, som for eksempel bioenergi og hydrogen.
- *Energieffektivisering* for å redusere energi- og effektbehovet.
- *Sektorkobling.* Storstilt bruk av utslippsfrie energibærere, i første rekke elektrisitet, men også hydrogen og bioenergi i flere sektorer som transport og industri, og til oppvarming der det i dag benyttes naturgass. Det innebærer at flere sektorer blir koblet sammen i et felles energisystem i motsetning til i dag hvor systemene er separate.
- *Mer aktive sluttbrukere,* som tar i bruk distribuert kraft- og varmeproduksjon og energilagring og optimaliserer egen energibruk.
- *Digitalisering* blir en viktig forutsetning for å opprettholde leverings- og forsyningssikkerheten og automatisere energisystemet.

Denne utviklingen innebærer at kompleksiteten i energisystemet øker kraftig. Kompleksiteten i energisystemet vil kreve en stor grad av automatisering og digitalisering for å opprettholde forsyningssikkerheten, sikre effektiv drift og bidra med riktige prissignaler ut til markedet.

Digitaliseringen omfatter økt bruk av kunstig intelligens, stordatahåndtering, autonome systemer og tingenes internett.

Figur 2 illustrerer energisektorens rolle i den klimavennlige omstillingen i samfunnet. Energisektoren er navet i det grønne skiftet og må levere både fornybare energiressurser og klimavennlige energiteknologier- og løsninger til samfunnssektorer som skal avkarbonisere sin virksomhet.



Figur 2: Energisektoren er navet i omstillingen.

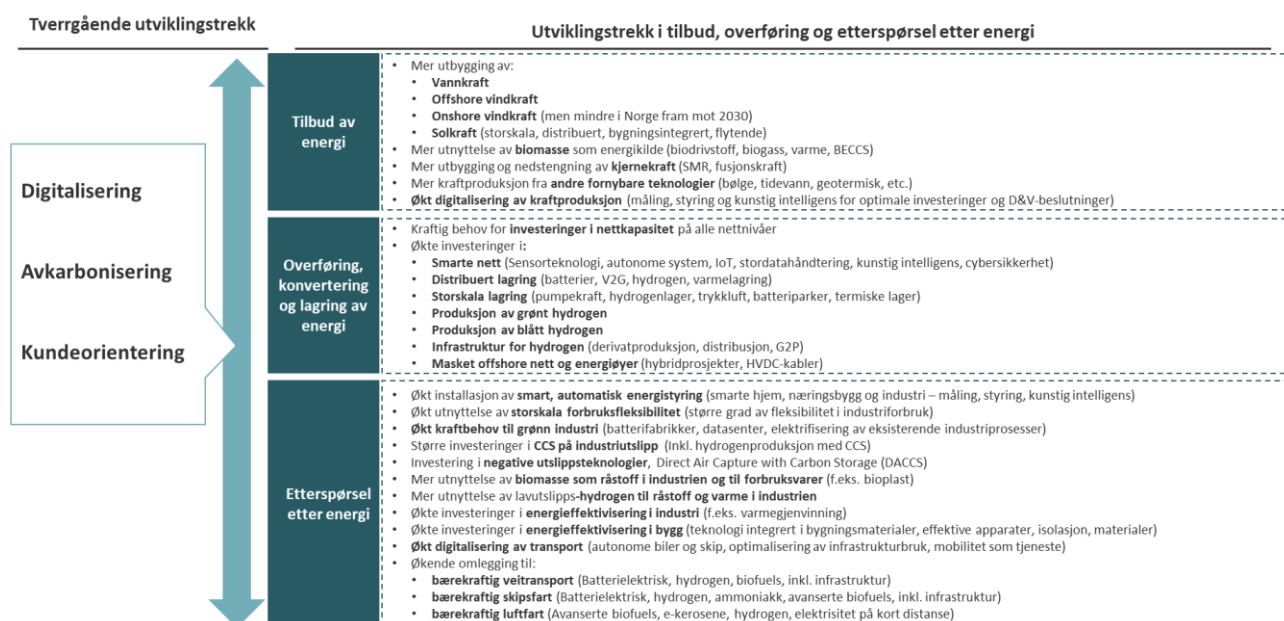
2.2 Jakten etter de gode løsningene er i gang og markedspotensialet er stort

De store endringene som skal til i energisektoren for å realisere lavutslippssamfunnet innebærer svært store investeringer de neste ti-årene. Figur 3 viser en oversikt over en rekke områder hvor det forventes økt aktivitet i omstillingen av energisystemet (Energi21).

I IEAs World Energy Outlook 2021, anslås det at investeringene i klimavennlige energiteknologier i deres Net Zero Emission scenario må være 4 000 milliarder dollar årlig i perioden 2026 til 2050 for å nå målet om nullutslipp. Det er fire ganger så mye som ble investert i perioden 2016-2020.

Omfanget er svært stort innenfor alle deler av verdikjeden, så selv om anslagene er usikre representerer investeringene et betydelig markedspotensial for norsk næringsliv og leverandører. Flere analyser¹ trekker spesielt frem infrastruktur, solenergi, havvind, batterier og hydrogen som mulige nye eksportnæringer med høyt verdiskapingspotensial.

¹ Eksempelvis NHOs grønne elektriske verdikjeder (2020)



Figur 3: Områder hvor det forventes økt aktivitet i omstillingen av energisystemet.

2.3 Klimatiltak må ivareta miljø og naturmangfold

To viktige hendelser siden forrige Energi21-strategi i 2018 er lanseringene av IPCC (FNs klimapanel) sin spesialrapport om klima og landarealer og IPBES (Naturpanelet) sin globale analyse av miljøutfordringer. Begge ekspertpanelene understreker viktigheten av bedre arealforvaltning for å håndtere både klima- og naturkrisen. Landområder bidrar både til utslipp og opptak av CO₂, og infrastruktur og næringsutvikling som krever mye areal kan være lite bærekraftig dersom man ikke er oppmerksom på dette. I tillegg sier IPBES at tap av natur er en like stor trussel for menneskeheten som klimaendringene, fordi mennesker er avhengig av naturens goder for å overleve. Robuste økosystemer bidrar også til å redusere påvirkningen fra klimaforandringene. Naturinngrep og forringelse av naturområder er den største trusselen mot arts mangfold i Norge.

I tillegg til at panelenes rapporter har økt forståelsen av naturens rolle i klimahåndteringen, har også andre hendelser ført til økt oppmerksomhet om viktigheten av naturen i seg selv. Finanssektoren snakker ikke lenger bare om klimarisiko, men også om naturrisiko. World Economic Forum (WEF) rangerer tap av naturmangfold og økosystemkollaps som en av de fem største truslene mot menneskeheten de neste ti-årene. Videre krever EUs nye taksonomi for bærekraftige investeringer at bedrifter kartlegger og dokumenterer hvordan deres aktiviteter påvirker naturmangfold.

Naturpanelet IPBES fremhever naturrestaurering som en helt nødvendig løsning og har regnet ut at det er svært økonomisk lønnsomt. Vi får tilbake 10 ganger så mye som det vi investerer i å restaurere natur. Dette er grunnen til at FN har lansert tiåret 2021-2030 som det internasjonale tiåret for naturrestaurering. Å restaurere natur betyr å gjenopprette og forbedre økologisk tilstand og naturverdier i områder som er forringet eller ødelagte. Også avbøtende tiltak som forebygger eller hindrer tap av naturverdier kan inngå i restaurering.

2.4 Behov for å utvikle nye markedsløsninger og rammevilkår

Dagens markedsgesign og øvrige rammevilkår for kraftsektoren ble utviklet i en tid hvor vi anså oss som ferdig med å bygge ut kraftsystemet. Hovedoppgaven var å drifte det eksisterende systemet mest mulig effektivt. Men nå er utfordringen en helt annen. Nå skal vi omstille energisystemet for å

realisere målene om reduserte klimagassutslipp i tide. Det er ingen som med sikkerhet kan forutsi hvordan fremtidens energisystem vil se ut, eller hvilke teknologier og markedsløsninger som til slutt vinner frem. Men sannsynligvis vil det særegne norske kraftsystemet bli koblet tettere sammen med andre energibærere som hydrogen og bioenergi.

Eksisterende rammevilkår og markedsdesign er ikke tilstrekkelige for å omstille energisystemet kostnadseffektivt og tidsnok for å nå klimamålene, samtidig som hensynet til naturmangfold og forsyningssikkerhet ivaretas. Det blir derfor et behov for å videreutvikle rammevilkår og markedsdesign som legger til rette for en kostnadseffektiv ombygging av energisystemet.

I et moderne samfunn er avhengigheten av kraftsystemet kritisk for de fleste sektorer i samfunnet. Med økende elektrifisering øker sårbarheten og behovet for å sikre at kraftsystemet er robust. Med økende digitalisering blir vi også mer sårbare for cyberangrep. Kraftsystemets fysiske behov for balanse mellom produksjon og forbruk på ethvert tidspunkt krever reguleringer og inngrep. Elektrifisering, endringer i forbruket og omleggingen av produksjonssystemet innebærer at markedet må balanseres på nye måter og i økende grad ved hjelp av forbrukssiden. Omstillingen krever nye markedsløsninger, at ny teknologi tas i bruk og at det utvikles nye forretningsmodeller. En nøkkelutfordring blir å utnytte nye løsninger for å balansere systemet og samtidig holde kostnadene nede.

Vi vil oppleve flere uforutsette hendelser som energikrisen i Europa vinteren 2022 underveis til 2050. Skal vi lykkes med å nå lavutslippssamfunnet så må vi utvikle robuste løsninger som gjør at energisystemet tåler uforutsette hendelser. Utviklingen av gode rammevilkår blir derfor sentralt for å realisere lavutslippssamfunnet.

2.5 Norges kraftsystem - en kilde til grønn industribygging

Norge er en energinasjon med gode forutsetninger for verdiskaping innen mange næringsområder. Vårt nasjonale ressursgrunnlag og vår teknologi- og kompetansebase og industrielle erfaring gir gode forutsetninger for å bidra i utviklingen av lavutslippssamfunnet og videreutvikle en lønnsom energinæring med nasjonale og internasjonale markedsmuligheter.

Norge har i dag Europas best utbyggede kraftsystem, trolig Europas laveste totale systemkostnader og åpenbart mest fornybar kraftproduksjon. Det er særlig to forhold som gjør at det norske kraftsystemet gir oss et konkurransemessig forsprang sammenlignet med andre land. Det første er et fornybart kraftsystem bygd på vannkraft og det andre er at vi har et godt utbygget og mer robust strømnnett enn andre land.

Vannkraften har vært og er ryggraden i det norske kraftsystemet. Vannkraften har en rekke unike egenskaper som gjør det norske kraftsystemet svært konkurransedyktig; den er kostnadseffektiv, tilnærmet utslippsfri og fleksibel. Vannkraftens fleksibilitet bidrar til en høy forsyningssikkerhet.

Vi har også betydelige naturressurser for utvikling av ny fornybar kraftproduksjon. Det er knyttet til landbasert vindkraft og solenergi. Men det er særlig knyttet til et stort potensial for utbygging av vindkraft til havs, både i den norske delen av sørlige Nordsjøen nærmest kontinentet og oppover langs kysten.

Tilgangen til fornybar kraft innebærer at vi har gode forutsetninger for å produsere grønt hydrogen.

Den internasjonale energi- og klimapolitikken medfører krav til reduserte utslipp i all økonomisk aktivitet, og varer og tjenester med lavt karbonavtrykk vil etterspørres i økende grad. Utslippsfri norsk vannkraft gjør at produkter fra norsk energiintensiv industri allerede har et svært lavt karbonfotavtrykk sammenlignet med tilsvarende produkter produsert med fossil kraft. Norsk

vannkrafts fleksibilitet og reguleringssevne kan brukes til å videreutvikle grønn industri i hele Norge basert på en svært konkurransedyktig kraftforsyning. Vi har et sentralnett og en geografisk fordeling av vannkraften som muliggjør lokalisering av ny industri i store deler av landet.

Det norske strømmettet har behov for store investeringer som følge av økt elektrifisering og etablering av ny grønn industri. Fordi vannkraftproduksjonen er fordelt over store deler av landet og vi bruker strøm til oppvarming, er vårt strømmett i utgangspunktet bedre utbygget enn i andre land. Det innebærer at vi har gode forutsetninger for å ta i bruk elektrisitet innenfor nye områder som for eksempel transportsektoren i tillegg til å legge rette for grønn industri. I de fleste andre land i Europa kreves det langt større investeringer i infrastruktur.

For å holde totalkostnadene nede er det viktig å utvikle og ta i bruk ny teknologi og verktøy for å optimalisere bruken av infrastrukturen. Vi har blant annet mulighet til å hevde oss innenfor nett- og markedsoptimalisering, samt smart lading til transport hvor Norge er langt fremme. Det blir også sentralt å legge til rette for en effektiv sektorkobling mellom forskjellige energibærere, som bioenergi, hydrogen, ammoniakk og elektrisitet.

Ved å videreutvikle vår rolle som foregangsland og ta i bruk nye verktøy kan vi i tillegg til å opprettholde et kostnadseffektivt energisystem også bidra til å utvikle en internasjonalt konkurransedyktig leverandørindustri.

2.6 Norge som energinasjon – våre komparative fortrinn

Det norske kraftsystemet er et av våre komparative fortrinn. I tillegg har vi en rekke andre fortrinn. Våre betydelige fossile energiresurser kombinert med CO₂-håndteringsteknologi gir oss eksempelvis også svært gode forutsetninger for å lykkes med etablering av verdikjeder for blått hydrogen og ammoniakk rettet mot eksportmarkedene. Vi har erfaring med, og lagringsmuligheter for CO₂, som gjør at vi er godt posisjonert for å ta del i en utvikling av CCS-verdikjeder sammen med landene rundt Nordsjøen.

I Tabell 1 nedenfor er det listet opp komparative fortrinn Norge har. Det er listet opp hvilke fagområder de forskjellige komparative fortrinn er relevante for.

Tabell 1: Norges komparative fortrinn

Komparative fortrinn		
Energiressurser		Relevant for fagområdene:
Store fornybare energiresurser	• Vann • Vind • Landbasert og marin biomasse	• Vannkraft • Havvind • CO₂-håndtering • Hydrogen (via elektrolyse) • Batterier • Integrerte og effektive energisystemer • Energimarkeder og regulering • Transport

ENERGI21 – REVIDERT STRATEGI 2022

Naturgass²

- Reformering av naturgass til hydrogen med integrert fangst og permanent lagring av produsert CO₂
- Hydrogen (via reformering)
- CO₂-håndtering
- Integrerte og effektive energisystemer
- Energimarkeder og regulering
- Transport

Kompetanse og erfaring

Relevant for fagområdene:

Vannkraft

- Fjellanlegg/undergrunnsteknologi
- Høytrykksanlegg, fleksible løsninger
- Kostnadseffektiv prosjektering, planlegging og drift
- Avanserte metoder/systemer for optimal overvåking og drift inkludert effektkjøring
- Miljødesign ved planlegging og drift
- Vannkraft

Elkraftteknisk systemkompetanse

- Planlegging, bygging og drift av elektrisk infrastruktur
- Elkrafttekniske komponenter og delleveranser
- Integrerte og effektive energisystemer
- Batterier

Energisystem med høy grad av elektrifisering

- Planlegging, bygging og drift – modellering og optimalisering
- Elkrafttekniske komponenter og delleveranser
- Automatisert overvåking og drift av elektrisitetsnettet
- Kraftmarked – markedsdesign
- Elektrifiseringsgrad av bilparken og ladeinfrastruktur
- Integrerte og effektive energisystemer
- Energimarkeder og regulering

Offshore olje- og gassvirksomhet

- Bygge, drifte og vedlikeholde store offshoreinstallasjoner
- Geologi og geoteknikk
- Erfaring med CO₂-fangst, -transport og -lagring
- Sensorikk og digitale løsninger
- Prosjektledelse
- Undervannsteknologi og undervannskabler
- Marine operasjoner, logistikk, boring og brønn
- Kommersiell modeller, jus
- Miljø og sikkerhet
- Material- og prosesseteknologi
- Flyterteknologi
- Havvind
- CO₂-håndtering
- Hydrogen
- Integrerte og effektive energisystemer
- Energimarkeder og regulering

Maritim industri

- Marine operasjoner
- Havvind

² Avkarbonisering av norsk naturgass dekkes av Energi21. Annen utnyttelse av fossile energiresurser dekkes av OG21.

	• Spesialfartøy • Autonome fartøy • Elektriske anlegg i skip, batterimoduler	• Batterier • Hydrogen
Prosessteknologi	• Lang industriell erfaring og forskningskompetanse • CO₂-separasjon fra naturgass og røykgass • Raffinering av fossile råstoff, relevant for bioraffinering • Elektrolyse, naturgassreforming • Hydrogenfyllestasjoner • Varmepumpende systemer • Separasjon/rensing av H₂/CO₂ • Flytendegjøring, håndtering og lagring av flytende hydrogen	• CO₂-håndtering • Batterier • Hydrogen • Solenergi
Materialteknologi	• Lang industriell erfaring og forskerkompetanse • Materialforedling (f.eks. Si, FeSi, Aluminium m.m.) Materialer til hydrogenteknologier (keramer, bipolare plater m.m.) og batterier og solkraft (silisium) m.m.	• Hydrogen • Solenergi • Batterier
Den norske modellen for organisering i arbeidslivet	• Godt samarbeid og høy grad av tillitt mellom myndigheter, arbeidstaker og arbeidsgivere • Effektive innovasjonsprosesser	• Samtlige fagområder
Digitalisering/IKT	• Høy digital kompetanse i befolkningen • Automasjon i skipsfart, autonome fartøy • Smarte nett, overvåking av energisystemer	• Samtlige fagområder
Lovgivning og insentivutvikling	• Natur-, areal- og ressursforvaltning	• Samtlige fagområder

2.7 Vi må gripe mulighetene nå

Tempoet i jakten på nye løsninger har økt internasjonalt, men i dag vet vi ikke hvilke teknologier som vinner frem. Utviklingen i Norge har fellestrekk med utviklingen i andre land, men er på langt nær identisk. Det er derfor viktig at Energi21s satsingsområder både understøtter den europeiske forskningsagendaen, samtidig som den ivaretar og utnytter potensialet innenfor områder som er særegne for Norge.

De store endringene vi står overfor medfører et økt behov for å styrke forsknings- og innovasjonsinnsatsens omfang og bredden av teknologier som støttes, både gjennom økte forskningsbudsjetter i Norge og ved økt deltakelse i EUs forsknings- og innovasjonsprogrammer. Den omfattende omstillingen og de store investeringene krever at utdanningskapasiteten må økes for å imøtekomme behovene i årene som kommer. Det gjelder i alle ledd, fra montører, ingeniører til PhDer innenfor de aller fleste av fagområdene. For å lykkes med å utvikle gode løsninger er flerfaglighet en nøkkel. For mange av utfordringene vi skal løse, er det ikke tilstrekkelig at vi utvikler konkurransedyktig teknologi, det kreves også at vi utvikler gode rammevilkår, markeder og forretningsmodeller for å ta lavutslippsteknologiene i bruk i stor skala.

Særlig er det viktig å utvikle virkemidler som bidrar til raskere kommersialisering og implementering av ny teknologi for å kunne holde tritt med det temposkiftet i omstillingen av energisystemet som skjer nå og som trengs for at vi skal nå klimamålene. En raskere kommersialisering og implementering er sentralt for å utnytte markedsmulighetene som nå åpner seg i hjemmemarkedet og i eksportmarkedene.

Energi21 peker i denne strategien på en rekke områder som Norge bør prioritere innsatsen på for at vi skal kunne utvikle Europas beste energisystem. Et energisystem som bidrar til en sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning, avkarboniserer transportsektoren og industrien og legger til rette for utvikling av nye grønne industrier og marine energiteknologier.

3 Energi21-strategien 2022

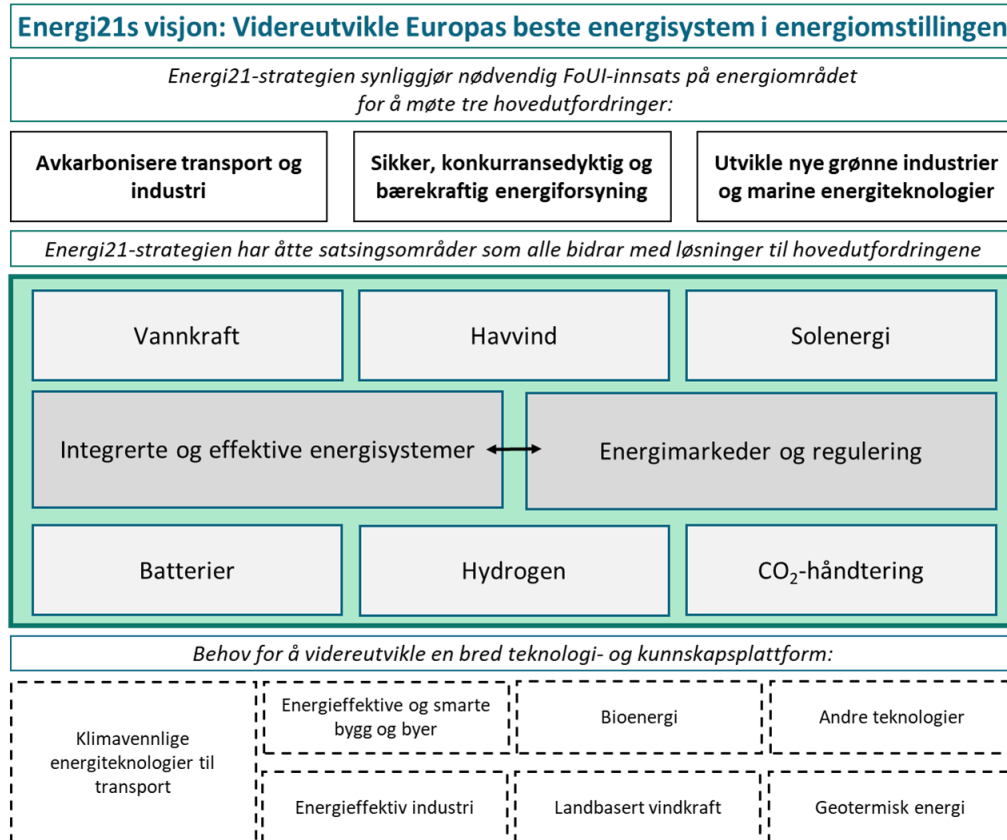
Energi21-strategiens satsingsområder har potensial for verdiskaping innen ressursutnyttelse og videreutvikling av leverandørindustri mot nasjonale og internasjonale energimarkeder. I tillegg representerer satsingsområdene teknologi- og temaområder med stor betydning for å oppnå Energi21s visjon – *Å videreutvikle Europas beste energisystem i energiomstillingen*.

Kunnskaps- og teknologiutvikling innen strategiens satsingsområder er avgjørende for å løse hovedutfordringene knyttet til Energi21s visjon. Hovedutfordringene er å avkarbonisere transport og industri, sikre en sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning og utvikle nye grønne industrier og marine energiteknologier.

Energi21 anbefaler en solid vekst og innsats innen følgende satsingsområder:

- **Integrerte og effektive energisystemer**
- **Energimarkeder og regulering**
- Vannkraft
- Havvind
- Solenergi
- Batterier
- Hydrogen
- CO₂-håndtering

Figur 4 under viser den reviderte Energi21-strategien med sin visjon, hovedutfordringer, satsingsområder og teknologiplattform.



Figur 4: Energi21-strategien for 2022

"Integrerte og effektive energisystemer" og "Energimarkeder og regulering" prioriteres høyst

Energi21 anbefaler at forsknings- og innovasjonsaktiviteten rettet mot "Integrerte og effektive energisystemer" og "Energimarkeder og regulering" løftes og prioriteres spesielt. Fagområdene er komplekse og sammensatte. De omfatter flere fagdisipliner, teknologier og løsninger. Det er en sterk kobling mellom satsingsområdene "Effektive og integrerte energisystemer" og "Energimarkeder og regulering".

Integrerte og effektive energisystemer er bærebjelken i samfunnets grønne omstilling. Satsingsområdet har stor betydning for fremtidig forsyningssikkerhet, integrasjon av klimavennlige løsninger og samfunnets verdiskaping samt bærekraftig energiforsyning.

Satsingsområdet "Energimarkeder og regulering" omfatter problemstillinger innen samfunnsvitenskap, markedsdesign, juridisk tematikk og regulering. Sentrale forsknings- og innovasjonstemaer innen energimarkeder og regulering har stor betydning for implementering og opptak av teknologier og løsninger i markedet. Mangelfull satsing på satsingsområdene kan gi kompetanse- og teknologigap med flere negative konsekvenser for samfunnet både i form av økte kostnader og redusert forsyningssikkerhet.

En solid satsing omfatter god og forutsigbar tilgang på offentlige forskningsmidler, markedsintensiver og sterk involvering og deltakelse fra næringslivet.

Satsingsområdene er beskrevet nærmere i kapitlene 3.1-3.7.

Kontinuerlig satsing på en bred kunnskaps- og teknologiplattform for utvikling av energiområdet

Det er viktig å sikre kompetanse med relevans for hele den tematiske bredden til energiområdet. Den kontinuerlige utviklingen innen både spesifikke og generiske teknologier og fag vil hele tiden åpne opp for nye muligheter og bidra med nye løsninger. Det henvises til kapittel 5 og vedlegg 7.5 med beskrivelser av teknologi- og temaområdene: *Energieffektive og smarte bygg og byer, Energieffektiv industri, Bioenergi, Landbasert vindkraft, Geotermisk energi, Klimavennlige energiteknologier til maritim transport, Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport, Klimavennlige energiteknologier til lufttransport, Fremtidens kjernekraft, Fusjonsenergi, Bølge- og Tidevannskraft og Høydevind.*

Metode for valg av satsingsområder

Energi21s valg av strategiske satsingsområder baserer seg på en helhetlig vurdering av satsingsområdenes potensial for å oppfylle Energi21s målsetninger. Det betyr at satsingsområdene samlet sett bidrar til økt verdiskaping basert på Norges fornybare energiresurser, omstilling av energisystemet og utslippskutt, samt utvikling av internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse. Satsingsområdene representerer også områder med forskningshøyde, der det er behov for innsats langs ulike deler av innovasjonsskjeden. En fullstendig beskrivelse av metoden for valg av de strategiske prioriteringene finnes i Vedlegg 6: Premissgrunnlag for strategiske prioriteringer

3.1 Integrerte og effektive energisystemer

Satsingsområdet "Integrerte og effektive energisystemer" omfatter både landbaserte og marine energisystemer. Følgende fagområder er inkludert:

Fysisk infrastruktur:

- All energirelatert infrastruktur for klimavennlige energibærere på land og til havs og samspillet mellom disse (elektrisitet, fornybar varme, hydrogen, biodrivstoff), samt infrastruktur for CO₂.
Aktuelle teknologier er:
- Komponenter for energioverføring
- Energilagringsteknologier (kjemisk, mekanisk, elektrisk og elektrokjemisk, termisk)
- Teknologier for energikonvertering (kjemisk, elektrokjemisk, HVDC, HVAC m.m.)
- Energiteknologier som sikrer effektiv integrasjon og elektrifisering av sektorer

Energieffektivisering – teknologier og løsninger

- Energieffektiv overføring av energi
- Energieffektive industrielle prosesser
- Energieffektiv energibruk i bygg

Digitalisering og cybersikkerhet

- Digitale muliggjørende teknologier for å koble sammen og automatisere den fysiske infrastrukturen gjennom IKT-systemer, samle, dele og analysere data for å forbedre ytelsen og lønnsomheten til energisystemet. Dette inkluderer kunstig intelligens, stordatahåndtering, autonomi, sensorteknologi, Internet of things (IoT).
- Teknologier og løsninger som bidrar til et sikkert cyber-fysisk system.

Natur og miljø

- Konsekvensene av arealbruk ved oppgradering av eksisterende og investering i ny energiinfrastruktur.
- Effektene på naturmangfold ved bygging, drift og vedlikehold av energisystemet
- Livssyklusanalyser og sirkulærøkonomi

Kobling og overføringsverdi mellom satsingsområder

Satsingsområdet "Effektive og integrerte energisystemer" må sees i sammenheng med satsingsområdet "Energimarkeder og regulering". Det er viktig at forsknings- og innovasjonsaktivitetene i satsingsområdet "Energimarkeder og regulering" bidrar med resultater som styrker utviklingen av et bærekraftige energisystem som er kostnadseffektivt, forsyningssikkert og tilrettelegger for verdiskaping og industrialisering.

Sentrale FoUI-temaer innen satsingsområdene Vannkraft, Solenergi, Havvind, CO₂-håndtering, Batterier og Hydrogen har også betydning for utviklingen av satsingsområdet "Effektive og integrerte energisystemer". I tillegg er det kobling og overføringsverdi mellom satsingsområdet og fagområder i kunnskaps- og teknologiplattformen.

3.1.1 Et effektivt og integrert energisystem er bærebjelken i klimaomstillingen

Et effektivt og integrert energisystem er bærebjelken i klimaomstillingen og en forutsetning for en sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning. Effektive og integrerte energisystemer er helt nødvendig for å realisere energi- og klimapolitiske mål om reduksjon av klimagassutslipp,

industrialisering og kostnadseffektiv utnyttelse av våre energiresurser. Forsknings- og innovasjonsaktiviteter vil styrke kunnskaps- og teknologiplattformen, og bidra til at vi kan utvikle et bærekraftig energisystem for fremtiden. Forsknings- og innovasjonsagendaen innen energifeltet må justeres deretter med flerfaglige tilnærminger med sterkere utnyttelse av synergier mellom fagdisipliner og næringssektorer.

Norge er godt posisjonert for å utvikle et utslippsfritt effektivt og integrert energisystem med en utslippsfri kraftforsyning, et sterkt kraftnett og et velfungerende energimarked. I tillegg har vi en teknologi- og kompetansebase og industriell erfaring som gir muligheter for verdiskaping gjennom videreutvikling av eksisterende næring og utvikling av ny leverandørindustri.

Energisystemer på land og i vann

Satsingsområdet omfatter energisystemer på land og i vann. Det foreligger store planer om utbygging av kraftproduksjon og energi infrastruktur i Nordsjøen. I tillegg er det mål om elektrifisering av sokkelen som vil medføre behov for forskning og innovasjon i møte med krav om bærekraftige og kostnadseffektive teknologier og løsninger.

Elektrifisering og kraftsystemet

Elektrifisering er et av de viktigste klimatiltakene for å redusere klimagassutslipp. I tillegg vil integrasjon og samspill mellom teknologier og løsninger for avkarbonisering av fossile energiresurser og industrielle prosesser stå helt sentralt. Med bakgrunn i dette er det naturlig at forsknings- og innovasjonsinnsatsen innrettes hovedsakelig mot kraftsystemet og grenseflatene mot infrastruktur med andre energibærere som fornybar varme og hydrogen.

Energieffektivisering

Energieffektivisering er et viktig tiltak for å gi bedre energiutnyttelse og redusert energibehov. Ved reduksjon av energi- og effektbruk samt utnyttelse av fleksibilitet i industrielle prosesser, bygg, og byer øker forsyningssikkerheten, kraftbalansen forbedres og det blir redusert behov for utvidelse av kapasiteten i kraftsystemet (både produksjon og overføring). Energieffektivisering er et viktig tiltak for å begrense naturinngrep i energiomstillingen.

Sårbarhet og cybersikkerhet

Et mer komplisert og sammensatt energisystem med mange og nye aktører, rivende teknologisk utvikling, økt digitalisering og klimaendringer øker sårbarheten til energisystemet. Energisystemet blir et stadig mer avansert cyberfysisk system og store datamengder transporteres og lagres. Et dataangrep kan gi alvorlige konsekvenser og i verste fall hemme driften av energisystemet. Med bakgrunn i dette er det avgjørende at cybersikkerhet, datasikkerhet og krav til beredskap vektlegges i samtlige prosesser fra design til bygging, drift og vedlikehold.

Verdiskapingspotensial og markedsmuligheter

Fremtidens energisystem representerer et stort verdiskapingspotensial. Verdiskapingen er knyttet til teknologi/komponent- og tjenesteutvikling. Norge har komparative fortrinn og muligheter til å vinne markedsandeler. Det er behov for store investeringer i energisystemet nasjonalt og internasjonalt for å møte kravene til fornybar kraft og næringsutvikling. Dette omfatter investeringer knyttet til oppgradering av eksisterende energiinfrastruktur og investering i ny. Investeringsbehovet representerer markedsmuligheter for næringslivet, og spesielt for leverandørindustrien. Energisystemet er også en viktig forutsetning for etablering av industribedrifter og generell sysselsetting.

3.1.2 Helhetlig systemperspektiv i planlegging og drift er helt nødvendig

En kostnadseffektiv og bærekraftig omstilling til fremtidens utslippsfrie energisystem vil kreve at samtlige aktører som opererer langs verdikjedene arbeider ut fra et helhetlig systemperspektiv, hvor produksjon, overføring, energikonvertering, energilagring og energibruk sees i sammenheng. Forståelse for teknologienes rolle i systemet og teknologienes samspill i systemet er viktig for kostnads- og energieffektiv planlegging, design og drift av energisystemene. I tillegg vil kunnskap om faktorer som påvirker balansen mellom produksjon og forbruk av energi være helt avgjørende for å opprettholde forsyningssikkerheten.

Strategier for utnyttelse av eksisterende og investering i ny infrastruktur

Omstillingen til utslippsfrie energisystemer vil også påvirke den norske infrastrukturen for eksport av energibærere. Strategier for utvikling av ny eller gjenbrukt infrastruktur bør utvikles basert på helhetlige analyser av det norske energisystemet i samspill med markeder i våre naboland. En dyptgående elektrifisering gir økt press på kapasitet til kraftsystemet. Termisk fleksibilitet (fjernvarme, fjernkjøling, varmepumper, bioenergi) er tilgjengelig og rimelig og kan raskt tas i bruk. Ved å erstatte elektrisk direktevarme med fornybar varme blir kraftsystemet avlastet. Økt utnyttelse av fornybar varme er et kostnadseffektivt alternativ til nettutbygging. Muligheter for gjenbruk av infrastruktur på norsk sokkel til en framtidig eksport av hydrogen bør også undersøkes.

Sektorintegrasjon og samspill mellom sluttkundene

Et effektivt og integrert energisystem med flere nye teknologier på forbruks- og produksjonssiden, medfører et økt behov for godt samspill på tvers av sektorer og med sluttkundene. For eksempel blir ikke bygninger lenger passive forbrukere av elektrisitet, men utvikler seg mot å ta roller som energiproducent, energilager og fleksibilitetskilde. Bygninger har et stort fleksibilitetspotensial. Likeledes har transportsektoren utviklet seg fra å være passive forbrukere av fossile drivstoff, til å være aktive strømforbrukere som kan optimalisere forbruket av strøm etter begrensninger i kraftnettet og på sikt representere et energilager og en fleksibilitetskilde. Spillvarme fra industri-bedrifter vil bli gjenbrukt i nærliggende industri eller fjernvarmeanlegg.

Fleksibelt samspill mellom energibærere

Et kostnadseffektivt og integrert energisystem må også sikre et godt samspill mellom alle utslippsfrie energibærere. For å nå klimamålene er det sannsynlig at vi i fremtiden må anvende både elektrisitet, fornybar varme, hydrogen og biomasse. Systemer som kan anvende ulike energibærere styrker forsyningssikkerheten og øker fleksibiliteten i energisystemet

Fleksibilitet fra ulike energibærere er relevant i områder med sårbar kraftforsyning, stort kraftoverskudd, mye uregulert kraftproduksjon eller begrenset overføringskapasitet i kraftnettet. Samspillet med avkarboniserte, fossile energibærere og verdikjeden for CO₂ blir også viktig.

Fleksibelt samspill mellom energibærere krever også samspill mellom de ulike aktørene som planlegger og drifter energisystemet. Aktuelle elementer i denne sammenheng er:

1. Riktige (kostnadsreflekterende) incentiver og prismekanismer mellom ulike systemer og aktører. Dette blir en kobling til satsingsområdet Energimarkeder og regulering.
2. Digitalisering og standardisering av grensesnitt mellom aktører og systemer.
3. Analyse- og beslutningsstøtteverktøy, inkl. datatilgang, som synliggjør verdien av sektorintegrasjon og fleksibilitet for den enkelte aktør og for samfunnet.

3.1.3 Digitalisering og et cyberfysisk energisystem

Digitalisering er et viktig verktøy og en forutsetning for å realisere et klimavennlig, kostnadseffektivt og forsyningssikkert energisystem. Teknologitvillingen innen digitalisering har gått raskt de siste årene, og vil med stor sannsynlighet føre til grunnleggende endringer i drift, vedlikehold, beredskap og styring av energisystemet. Økt digitalisering får betydning både for hvordan vi drifter og videreutvikler de eksisterende verdikjedene for energi.

Ved hjelp av digitalisering kan mange flere fysiske komponenter utstyres med sensorer som blant annet måler parametere relatert til energibruk og tilstanden til komponenten. Sensorene knyttes sammen i nettverk med toveis kommunikasjon. Dataene samles og analyseres, og kontrollsignaler sendes tilbake for å blant annet optimalisere energibruk og energiflyt.

Digitalisering og effektiv utnyttelse av infrastrukturen

Digitalisering gir muligheter for bedre styring av energisystemene, bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur og redusert behov for utvidelser. I tillegg vil digitaliseringen bidra med høyere datakvalitet og mer presist beslutningsunderlag i investeringsprosesser og ved valg av strategier for drift. Digitalisering vil være et nødvendig premiss for å opprettholde forsyningssikkerheten, balansen og interoperabilitet mellom ulike energisystemer og sluttbrukere. Digitalisering sikrer funksjonalitet i et integrert og komplekst energisystem.

Digitale muliggjørende teknologiområder med potensiale for verdiskaping

Fem digitale muliggjørende teknologier utgjør byggeklossene til digitalisering av energisektoren. Det er kunstig intelligens, stordatahåndtering, sensortechnologi, autonomi og Internet of Things. Disse teknologiene har stor betydning for:

- Mer effektiv elektrifisering av Norge og økt sektorkobling.
- Økt norsk konkurransekraft i et internasjonalt energimarked.
- Kostnadseffektiv overvåking, styring og drift av energisystemene.
- Kostnadseffektive investeringer i fysisk infrastruktur og nye energiløsninger.
- Bedre utnyttelse av kapasiteten i energisystemet.
- Økt fleksibilitet og dynamikk i energisystemet.
- Forsyningssikkerhet og forsvar mot cyberangrep.
- Forbedret tilbud av energitjenester til kundene.
- Økt samspill og samarbeid mellom aktørene langs hele verdikjeden.
- Forretningsmuligheter innen digitalisering.

Norge har muligheter til verdiskaping ved å koble energirelatert domenekunnskap med digital teknologi og kompetanse.

Det henvises til Energi21-rapporten "*Digitalisering av energisektoren, et mulighetsrom*" for mer detaljert informasjon om digitalisering av energisektoren og anvendelse av digitale muliggjørende teknologier, verdiskaping og kompetanseutfordringer.

Digitalisering gir et mer presist beslutningsunderlag og et mer solid underlag for gode analyser ved investeringer og valg av driftsstrategier. Digitaliseringen gjør det f.eks. enklere å utnytte forbrukerfleksibilitet, å integrere større mengder uregulerbar fornybar kraftproduksjon og sikre et effektivt samspill mellom distribuerte energiresurser (eksempelvis solceller), lokale lagere (eksempelvis batterier) og øvrige deler av energisystemet.

Fremtidens energisystem vil kreve avanserte styrings- og kontrollsystemer. Det er helt fundamentalt for forsyningssikkerheten, gevinstrealisering fra digitaliseringen, utnyttelse av fleksibilitet, effektivt samspill mellom kraftsystemet og lokale energiresurser mm. Styrings- og kontrollsystemer for neste generasjon energisystemdrift vil være kompliserte og integrerte, og koblingen til simuleringsverktøy for energimarkedene må styrkes utover dagens nivå.

3.1.4 Natur og Miljø

Hensyn til natur- og miljøkonsekvenser i forbindelse med planlegging, design, drift og vedlikehold av energisystemet er en viktig forutsetning for utviklingen av bærekraftig energisystemer. For at energisektoren skal møte de politiske og samfunnsmessige endringene vi står i, må forskning og innovasjon knyttet til natur- og arts mangfold bli en integrert del av en helhetlig satsing på fremtidens energisystem.

Vi kan ikke løse klimakrisen uten samtidig å løse naturkrisen, løse miljøutfordringer og motvirke forringelse av natur- og arts mangfold. Det er derfor nødvendig å se forsknings- og innovasjonsaktiviteter om det fysiske energisystemet i sammenheng med forsknings- og innovasjonsaktiviteter knyttet til konsekvensene av arealbruk og effektene på natur mangfold. Vurderinger av bærekraft og ressurseffektivitet er vesentlige ved utvikling av parallelle infrastrukturer for ulike type energibærere. Det inkluderer livssyklusperspektiver og bærekraft i relasjon til naturressurser og miljø. Sirkulærøkonomi blir førende for måten framtidens energisystem og næringsliv drives på.

All energiproduksjon vil nødvendigvis medføre arealinngrep og dermed ha påvirkning på natur. I tillegg til arealbruken kan enkelte former for energiproduksjon ha ulike former for forurensing eller utslipp med negativ effekt på natur. Hvor stor effekt på naturen de ulike teknologiformene vil ha, vil i første rekke være avhengig av om man bruker nye arealer eller bygger anlegg og infrastruktur i områder som allerede er påvirket. Det er for eksempel stor forskjell på om man plasserer solceller på hustak eller om man bygger større bakkeanlegg.

For å minimere de negative effektene på naturen bør følgende prinsipper følges:

- Å øke energieffektiviteten i alle ledd, slik at det totale behovet for nye utbygginger blir så lite som mulig.
- Å velge områder med omhu, slik at man unngår å bygge ut i sårbar natur eller i områder med høy naturverdi.
- Å redusere den totale belastningen på naturen gjennom å søke og finne løsninger som produserer mest mulig energi med minst mulig arealinngrep. En slik vurdering bør gjøres på tvers av teknologiformer, og all nødvendig infrastruktur må inngå.
- Å jobbe systematisk for å redusere påvirkningen på naturen ved å følge prinsippene i naturrestaurering og tiltakshierarkiet.³
- Å vurdere den samlede belastningen på naturen, der produksjon av energibærere kommer i tillegg til alle andre inngrep som også har negativ effekt.

Basert på dette er det spesielt viktig å inkludere naturperspektiver i forsknings- og innovasjonsinnsatsen rettet mot "Integrerte og effektive energisystemer". Gjennom å se helhetlig på energiproduksjonen og all infrastruktur, på tvers av teknologiformer, vil man kunne oppnå den største positive samlede effekten på natur, ved at man ikke bygger ut mer enn nødvendig og i de riktige områdene.

³Miljødirektoratet, Veileder M-1941: [Konsekvensutredninger for klima og miljø, kap 4.1.](#)

3.1.5 Verdiskapingspotensial og markedsmuligheter

Fremtidens energisystemer representerer et stort verdiskapingspotensial. Verdiskapingen er knyttet til teknologi/komponent- og tjenesteutvikling. Energisystemet er også en viktig forutsetning for etablering av industribedrifter og generell sysselsetting.

Det er behov for store investeringer i energisystemet nasjonalt og internasjonalt for å møte kravene til fornybar kraft og næringsutvikling. Dette omfatter investeringer knyttet til oppgradering av eksisterende energiinfrastruktur og investering i ny. Globalt anslår IEA at gjennomsnittlige årlige investeringer i nettinfrastruktur i årene fra 2026-2030 vil øke til 500 mrd. dollar per år om verden skal nå sine annonserte klimamål og til hele 800 mrd. dollar hvis energibransjen skal oppnå netto nullutslipp innen 2050 (IEA, 2021). Dette er en betydelig økning fra det historiske investeringsnivået som har ligget på rundt 300 mrd. dollar per år fra 2016-2020. Det økte investeringsbehovet representerer markedsmuligheter for næringslivet, og spesielt for leverandørindustrien.

Det foreligger store planer om utvikling av marine energiresurser og teknologier. Eksempelvis har EU en målsetting om 300 GW havvind i 2050 i tillegg til ytterligere 40 GW kapasitet fra annen marin energi som bølgekraft, tidevannskraft og flytende solenergi. Dette vil kreve investeringer på 800 mrd. euro, hvorav to tredjedeler vil gå til nødvendig infrastruktur. I Nordsjøen er allerede store prosjekter på gang. Flere norske aktører har mobilisert seg og har planer om å ta del i denne utbyggingen. Statnett planlegger for havnett både som systemansvarlig og -planlegger, og legger til rette for en første hybridforbindelse innen 2030. Frem til 2030 anslår de å investere 60- 100 milliarder i både transmisjonsnettet på land og i Nordsjøen. Et tilsvarende beløp forventes investert i regionalt og lokalt distribusjonsnett.

3.1.6 Komparative fortrinn og gjennomføringsevne

Gjennomføringsevnen til næringslivet og forsknings- og utviklingsmiljøene er sterk med basis i solid kunnskaps- og teknologiplattform og industriell erfaring. Norske miljøer holder et høyt internasjonalt nivå innen fleksible og dynamiske løsninger for energisystemet. Vi har en solid kompetanseplattform innen systemteknisk drift og kontroll, samt sterke analysemiljøer innen dynamiske kraftsystemanalyser. Norge har også relevant kunnskap innen kraftelektronikk og sensorikk fra offshorenæringen. Denne kunnskapen kan overføres til overvåking, styring og drift av energi- og kraftsystemet, og videreutvikling av digitale løsninger for energi- og transportsystemene.

Innen fornybar varme og kjøling har Norge også en solid næringsklynge og leverandørindustri (maskiner og rør). De siste årene har det vært en økning i norske teknologibedrifter innen vannbehandling, måling, digitalisering, robotisering av drift og vedlikehold. Forsknings- og utviklingsmiljøene samarbeider og er lokalisert flere steder i landet.

Norge har et internasjonalt konkurransefortrinn innen anvendelse av fornybar elektrisitet, og en transportsektor med verdens høyeste elektrifiseringsgrad. Norge har dermed gode forutsetninger til å fungere som et laboratorium for uttesting og verifisering av klimavennlige teknologier og løsninger. I dette storskala elektriske laboratoriet kan norske næringsaktører utvikle og teste nye teknologier, løsninger og tjenester, som videre kan gjennomføres nasjonalt og eksporteres i et internasjonalt marked.

Havrommet representerer muligheter for nasjonal verdiskaping, gjennom utnyttelse av våre energiresurser og industrialisering. Norge har solide komparative fortrinn innen marine energiteknologier og har potensial for å vinne posisjoner i et sterkt voksende marked. En lang kystlinje og store havarealer gir oss muligheter til å utvikle et hjemmemarked for storskala kraftproduksjon og marine energiteknologier og -tjenester. Med bakgrunn i landets industrielle

erfaring innen sjøfart og olje- og gassvirksomhet er det gode forutsetninger for bærekraftige og verdiskapende innovasjoner. Aktuelle teknologier og fagområder er, subsea infrastruktur, automatisering og logistikkoperasjoner.

3.1.7 EUs forsknings- og innovasjonsagenda

EU vektlegger forsknings- og innovasjonsaktiviteter knyttet til digitaliserte, effektive og integrerte energisystemer og prioriterer temaet høyt på sin forsknings- og innovasjonsagenda. Både European Green Deal og SET planen vurderer energisystemet som en viktig forutsetning for energiomstillingen. Det er omfattende EU forskning på området og det utgjør en stor del av forskningsprogrammet Horisont Europa.

Programplanen til Horisont Europa for perioden 2023-2024 vektlegger satsing på prosjekter innen effektive og integrerte energisystemer. Energisystemer i Europa er mer differensierte enn i Norge og behovet for effektivt samspill mellom ulike energibærere er stort.

Utviklingen av det norske energisystemet må skje i samspill med det europeiske. Det er derfor viktig å harmonisere vår nasjonale kunnskaps- og teknologiutvikling med EUs forsknings- og innovasjonsagenda.

3.1.8 Næringens ambisjoner ved styrket FoU-innsats

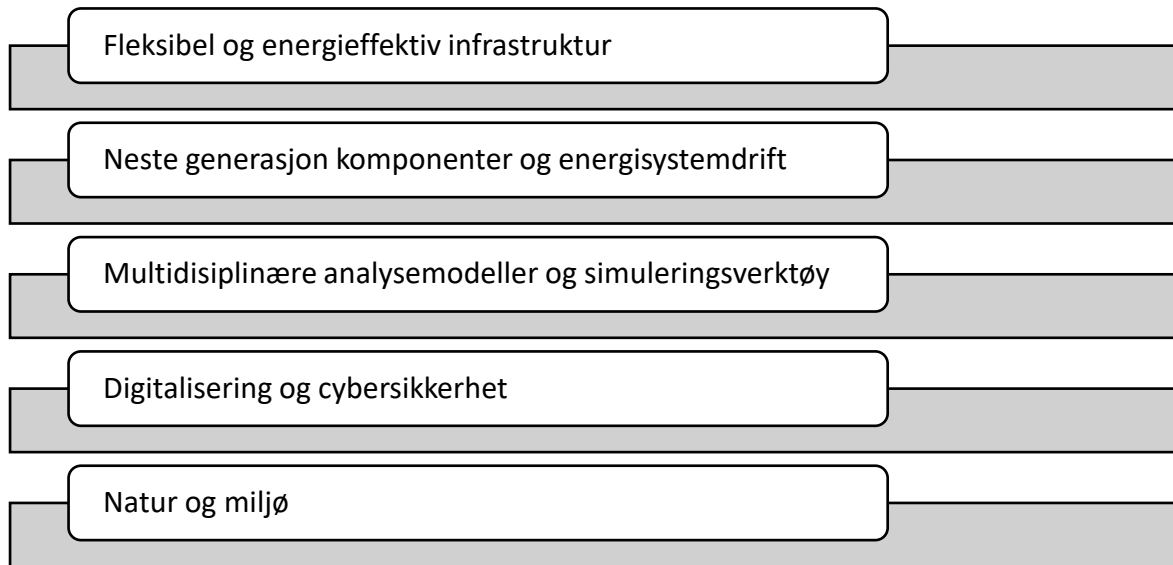
Det forventes gjennomgripende endringer i energisystemet nasjonalt- og internasjonalt. Utviklingen går raskt og det er behov for kunnskap og teknologi som speiler denne utviklingen. Næringen har følgende ambisjoner om hva en styrket forsknings- og innovasjonsinnsats skal gi av resultater:

- Forsyningssikkerhet i fremtidens energisystem.
- Verdiskaping ved utvikling av industri, teknologier og tjenester.
- Sterkere og økt innovasjonstakt hos kraft- og energiselskapene i samspill med gründere og leverandørbedrifter.
- Omstilling til et effektivt, integrert og utslippsfritt energisystem basert på helhetlige analyser av det norske energisystemet i samspill med det europeiske. Modernisering og automatisering av energiforsyningen med sikker integrasjon av ulike fornybare energibærere, infrastrukturer og energiteknologier.
- Effektiv avkarbonisering av sektorer og samfunnet generelt for å redusere klimagassutslipp.
- Energieffektivisering, bedre energiutnyttelse og redusert energi- og effektbehov.
- Teknologier og løsninger som fører til bedre energiutnyttelse gjennom komponentforbedring, økt energieffektivitet i industrielle prosesser og hos samtlige forbruksgrupper.
- Et bærekraftig energisystem med minst mulig tap av naturmangfold og miljøforurensing.
- Kunnskapsbasert utvikling av infrastruktur for fremtidig eksport av energi til et avkarbonisert EU.
- Digitalisert energisystem med effektiv implementering av digitale muliggjørende teknologier som kunstig intelligens, stordatahåndtering, autonomi, og IoT.
- Teknologier, løsninger og tiltak som vil forhindre cyberangrep og redusere sårbarheten til fremtidens integrerte energisystem.
- Test- og demonstrasjonsprosjekter i eksisterende energisystem for testing av teknologier og løsninger, i forbindelse med drift, overvåking, vedlikehold og leveranser og samspill med sluttkundene.

3.1.9 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Satsingsområdet "Integrerte og effektive energisystemer " er bredt sammensatt med mange fagområder. Basert på innspill fra næringslivet, FoU-miljøer og akademia, samt analyser av kunnskaps- og teknologibehovet anbefaler Energi21 å innrette forsknings- og innovasjonsinnsatsen

mot fem tematiske områder. De sentrale FoUI-temaene er tett koblet til hverandre og de har gjensidig avhengighet.



FoUI-tema: Fleksibel og energieffektiv infrastruktur

Det er nødvendig å utvikle fleksible og energieffektive løsninger og teknologier som utnytter kapasiteten i energisystemet best mulig, reduserer energi- og effektbehovet og bidrar til best mulig energiutnyttelse. Dette er aktuelt for samtlige energiinfrastrukturer.

Dagens energisystem må utnyttes best mulig og investeringer i ny kapasitet bør unngås der det er mulig. Det er både samfunnsøkonomisk riktig og gir færre konsekvenser for arealbruk og naturmangfold.

Sentrale FoUI-tema:

- Omstillingsstudier og -løsninger
- Investerings- og driftsmodellering og analyse av energisystemet på lokalt, nasjonalt og internasjonalt nivå til lands og havs
- Sektor- og infrastrukturkobling
- Flexibilitetsløsninger, effektproblematikk, forsyningsikkerhet

Samspill mellom infrastruktur i Norge

- Modeller og områdeplaner som verktøy for helhetlig energiplanlegging på regionbasis (samspill mellom ulike typer infrastruktur og god utnyttelse av kapasitet i disse, identifikasjon av fleksibilitetspotensiale og strategier for utnyttelse, værrets påvirkning på samspillet i energisystemet)
- Effektiv utvikling og utnyttelse av norsk energiinfrastruktur (transmisjon, distribusjon, lagring langs ulike tidsskalaer) for å elektrifisere og bidra til:
 - I) Integrasjon av mer variabel, fornybar energi
 - II) Utnyttelse av lokale energiresurser og fleksibilitet
 - III) Opprettholdelse av god forsyningsikkerhet i Norge i det grønne skiftet
- Optimal utbygging av infrastruktur i havområder med sambruk

Infrastruktur i samspill med Europa

- Kostnadseffektiv utbygging av infrastruktur for eksport av energi til Europa (samspill mellom infrastrukturer, samspill med norsk og europeisk energisystem)

FoUI-tema: Neste generasjon komponenter og innovativ systemdrift

Nasjonalt- og internasjonalt er det behov for store investeringer i energisystemet for å møte krav til leveranse av fornybar energi, fleksibilitet og forsyningsikkerhet. Investeringsbehovet representerer et mulighetsrom for utvikling av nye innovative komponenter og løsninger. FoUI-innsatsen bør derfor vektlegge neste generasjon komponenter og innovativ systemdrift.

Sentrale FoUI-tema:

- Neste generasjons kabelteknologi, elektrotekniske komponenter (smarte komponenter)
- Neste generasjons kraftsystemdrift
- Utvikling av forbedrede komponenter (inkl. materialutvikling) for det integrerte energisystemet med større andel variabel fornybar kraft og større belastning og variasjon på komponenter.
- Smarte komponenter for konvertering mellom energibærere, og energilagring
- Tilpasning av eksisterende rørinfrastruktur til transport av H₂ og CO₂
- Kostnadseffektiv og sikker infrastruktur for energibærere og logistikkjeder (hydrogen, ammoniakk, CO₂)
- Storskala energilagring og batterier
- Fiskale målingssystemer for integrerte infrastrukturer for strøm/hydrogen/naturgass/biogass som muliggjør handel på tvers av energibærer.

FoUI-tema: Multidisiplinære analysemodeller og simuleringsverktøy

Det er behov for å utvikle en simuleringsplattform for multidisiplinær teknologieuvaluering ("Co-simulering") ⁴ for det integrerte energisystemet (stasjonære energisystemet, energisystemer til transportformål, offshore energisystem). Simuleringsplattformen vil bidra til at man i større grad enn i dag kan kombinere parametere på tvers av sektorer, disipliner og fagområder, vurdere teknologivalg i en større kontekst og fange opp viktige synergier. I tillegg bør konsekvenser for natur og miljø være et naturlig tema i denne type simuleringsverktøy.

Med bakgrunn i økt sektorkobling, er det viktig å ha verktøy som bidrar til felles forståelse for fremtidens energisystem på tvers av ulike fagdisipliner og næringer, som vil hjelpe energisektoren til å ta beslutninger som fører energisystemet i riktig retning. En positiv konsekvens er økt samarbeid og bedre utnyttelse av kompetanseflyt og synergier mellom de ulike sektorene. Dette er et viktig element i verdiskapende innovasjoner for fremtidens leverandørindustri. Eksempler på dette er utvikling av energiteknologier og -tjenester i grenseflaten mellom det stasjonære energisystemet og transportsektoren.

Digitale tvillinger er et nyttig numerisk verktøy for å etablere forståelse for energisystemets kompleksitet og funksjonalitet. De vil bidra til en virtuell representasjon av det fysiske energisystemet gjennom data og simulatorer for sanntidsberegninger, optimalisering, overvåking, kontroll og forbedret beslutningsstøtte. Det er viktig å designe modeller som alle relevante aktører

⁴ Co-simulering: Simuleringsverktøy som kobler flere delsystemer, faglig grupperinger og disipliner

kan ha tilgang til og bruke. Her er det behov for et strategisk løft på vegne av hele energibransjen og energimyndigheten.

Sentrale FoUI-tema:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dynamiske og multidisiplinære analysemodeller og simuleringsverktøy. ▪ Energisystemmodellering som inkluderer både det stasjonære systemet og transportsystemet. ▪ Utvikle en helhetlig modellplattform for kunnskapsbygging om makroøkonomiske konsekvenser av energiomstillingen, klimakonsekvenser, samspill mellom sektorer samt samspill mellom ulike geografiske nivå (lokalt, nasjonalt og europeisk) ▪ Digitale tvillinger for virtuell presentasjon og numeriske beregninger |
|--|

FoUI-tema: Digitalisering og cybersikkerhet

Forskning og innovasjonsaktiviteter innen digitalisering og cybersikkerhet er nødvendig for å modernisere og automatisere energisystemet. I tillegg er det en viktig forutsetning for å opprettholde forsyningssikkerheten. En konsekvens av økt digitalisering er økt sårbarhet og sikkerhetsrisiko ved sirkulasjon av store datamengder om energisystemenes komponenter og operasjoner. Eksempler på uønskede hendelser er bortfall av tjenester, manipulering av data og uønsket overtakelse av informasjonssystemer. Utvikling av kunnskap og teknologier for å hindre cyberangrep er en sentral del av forsknings- og innovasjonsagendaen om digitalisering. Det henvises til Energi21-rapporten "Digitalisering, et mulighetsrom" for mer detaljert beskrivelse av forsknings- og innovasjonstemaer under digitalisering og cybersikkerhet. Videre følger et utdrag:

Sentrale FoUI-tema:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Effektiv planlegging, overvåking, styring, drift og vedlikehold ved bruk av kunstig intelligens (AI), stordatahåndtering, autonomi og Internet of Things. ▪ Cybersikkerhet og personvern ▪ Systemer og metoder for bedre koordinering og kunnskapsdeling innenfor cybersikkerhet på tvers av aktører |
|--|

FoUI-tema: Natur og miljø

Det er nødvendig å se forsknings- og innovasjonsaktiviteter om det fysiske energisystemet i sammenheng med forsknings- og innovasjonsaktiviteter knyttet til natur og miljø. Vurderinger av bærekraft og ressurseffektivitet er vesentlig ved utvikling av parallelle infrastrukturer for ulike type energibærere. Det inkluderer livssyklusperspektiver og bærekraft i relasjon til naturressurser og miljø. Sirkulærøkonomi blir førende for måten framtidens energisystem og næringsliv drives på.

Sentrale FoUI-tema:

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sirkulær økonomi – effektiv energiutnyttelse og gjenbruk av materialer gjennom livsløpet ▪ Vær- og varslingsmodeller for energiresurser som vann/vind/sol ▪ Klimatilpasning ▪ Arealbruk og miljøkonsekvenser ved ulike typer energiinfrastruktur |
|---|

3.1.10 Tiltak for iverksettelse

Videre følger anbefaling og relevante virkemidler som skal bidra til å realisere næringens ambisjoner om et integrert og effektivt energisystem.

Tiltak for forskning, utvikling og innovasjon

- Etablere flerfaglige kompetanse- og innovasjonsprosjekter som går på tvers av energibærere og infrastrukturer og som støtter sentrale FoUI-temaer.
- Setersatsing knyttet til temaet "Integrerte og effektive energisystemer" – som dekker samtlige energiinfrastrukturer, produksjonsteknologier og sluttbrukere.
- Videreføre eksisterende FMEer, Grønn Plattform og Pilot-E.
- Oppskalering av infrastrukturkonsepter gjennom økt bruk av pilotprosjekter og testing i lokale energisystemer. Bidra til raskere realisering av infrastrukturprosjekter.
- Etablere storskala forskningsinfrastruktur som muliggjør samarbeidsprosjekter på tvers av land og fagområder.

Tiltak for kommersialisering og markedsintroduksjon

- Tilrettelegge virkemidler for raskere gjennomføring av FoUI-prosjekter.
- Risikoreduserende tiltak for leverandørbedriftene knyttet til utvikling av ny teknologi.
- Samordnet søknad for finansiering til infrastruktur og bruk av infrastruktur for å få resultater raskere fram.
- Helhetlig planlegging av infrastruktur ved å utvide planleggingsorgan til å dekke flere aktører.
- Forenkle gjennomføring av pilotprosjekter ved tilpasning av reguleringer eller midlertidige unntak – «regulatorisk sandkasse».
- Økt parallell bruk av høye TRL-prosjekter og kunnskapsbyggende prosjekter for å understøtte prosessen mot kommersialisering.

Tiltak for kompetanseutvikling og rekruttering

- Tilgjengeliggjøre transparente eller åpne simuleringsmodeller og data både nasjonalt og i EU.
- Omstilling av energisystemet vil forutsette økt utdanningskapasitet på alle relevante nivåer, dette inkluderer digitaliseringskompetanse.
- Nasjonale, regionale og lokale myndigheter må ha kompetanse og tilgang på verktøy til å planlegge og implementere helhetlige energiløsninger.
- Tilrettelegge for løpende erfaringsoverføring og koordinering i energibransjen (også IKT, bygg, kraft og fjernvarme)
- Forum for kunnskapsdelingen og diskusjon mellom beslutningstakere/forskere.
- Styrke samarbeid og kunnskapsutveksling mellom forskningsaktører og næringslivet. Økt publisering fra offentlig støttede forskningsprosjekter for kunnskapsdeling med akademia, forskningsinstitusjoner og næringslivet.
- Tilrettelegge for og sette krav til kunnskaps- og datadeling for produsenter og forbrukere.
- Utdanningsløp med bred kunnskap om ulike energibærere, infrastrukturer og integrasjon i energisystemet, samt digitalisering.

3.2 Energimarkeder og regulering

Satsingsområdet *Energimarkeder og regulering* er sentralt for å legge til rette for en effektiv omstilling av hele energisystemet. Satsingsområdet innebærer utvikling av rammene for aktørenes handlinger og beslutninger for omstilling av energisystemet i tide. En omstilling av energisektoren er nødvendig for å nå klima- og miljømålene, samtidig som forsyningssikkerheten ivaretas, kostnadene holdes nede og man unngår uakseptable fordelingsvirkninger.

3.2.1 Satsing på energimarkeder og regulering ...

- ... er viktig for å etablere rammevilkår som stimulerer til avkarbonisering av transport og industri
- ... er viktig for å etablere rammevilkår som bidrar til å opprettholde forsyningssikkerheten, reduserer klimagassutslippene og hensyntar naturmangfold.
- ...er viktig for å sikre konkurransedyktige rammevilkår for kraftintensiv industri, for å holde kostnadene nede for husholdninger, øvrig næringsvirksomhet og offentlig tjenesteyting. Og for å legge til rette for at Norge kan gripe mulighetene innenfor ny grønn industri, marine energiteknologier og for leverandøromstilling og -utvikling.

Satsingsområdet *Energimarkeder og regulering* inkluderer følgende temaer:

- Energimarkeder: Integrert over energibærere, tid, sted og statsgrenser
- Forretningsmodeller, verdikjeder, privat og offentlig sektors roller
- Juridiske og økonomiske rammeverk for grønn omstilling, inklusive infrastruktur, komponenter og livssyklusperspektiv
- Samfunnsutvikling og energiomstilling – robusthet, effektivitet, fordelingsvirkninger og miljøvennlighet
- Norge som del av det europeiske energimarkedet – juridiske og økonomiske temaer og samtidighet i beslutningsprosesser
- Energisikkerhet og endring i energibruk

3.2.2 Viktigheten av riktige rammevilkår for energiomstillingen og Norge

Norske myndigheter og samfunn har satt mål om at energisystemet skal omstilles til nullutslipp i 2050. Allerede i 2030 skal klimagassutslippene være redusert med minst 55 prosent. Norge skal tilrettelegge for at energiomstillingen gjennomføres slik at klima- og miljømålene innfris, samtidig som energiforsyning er så trygg og kostnadseffektiv som mulig.

De store endringene i energisystemet får betydning for inntektene til offentlig sektor, og for fordelingen av kostnader og nytteeffekter mellom aktører i næringslivet, husholdningene og mellom land. Store fordelingsvirkninger gir fare for et økt konfliktnivå som kan bremse omstillingen av energisystemet.

Rammevilkår for å utnytte energiressursene og trygge forsyningssikkerheten

Omstillingen krever utbygging av store mengder ny fornybar og utslippsfri energi samtidig som vi skal fase ut fossile energibærere. For å lykkes med omstillingen må det etableres rammevilkår som

stimulerer til økt ressursutnyttelse av fornybare og utslippsfrie energibærere og en effektiv energibruk. Men det krever også at vi legger rammene for effektiv utnyttelse og utvikling av infrastruktur for å frakte energien til sluttbrukere innenfor land og mellom land. Omstillingen reiser spørsmål knyttet til investeringsinsentiver for nye kraftproduksjon og infrastruktur, utvikling av havnettet, verdikjeder for hydrogen og CO₂, forsyningssikkerhet og betydning av mer aktive kunder i energisystemet.

Et viktig spørsmål blir om dagens markedsdesign kan sikre tilstrekkelig investeringsinsentiver i ny produksjon i et fremtidig energisystem som hovedsakelig vil bestå av fornybar energi med svært lave marginalpriser. Vil tilstrekkelig ny produksjon utløses av markedsprisene i tide, eller må investeringene delfinansieres gjennom bruk av støtteordninger?

Ved utsiktene til en fallende kostnadskurve for ny teknologi så har aktørene insentiv til å vente med å investere. I slike tilfeller er det fornuftig å utforme virkemidler som allikevel gjør det lønnsomt for aktørene å gjennomføre investeringene slik at kostnadsreduksjonene blir realisert. Men hvilke virkemidler er mest hensiktsmessig for sikre en effektiv utvikling av ny teknologi som eksempelvis flytende havvind?

For å utnytte energiresursene knyttet til havet er det behov for å etablere nye rammer for utvikling av et havnett i samarbeid med landene rundt Nordsjøen. Viktige spørsmål er blant annet knyttet til hvordan kostnadene ved infrastrukturbygging skal fordeles mellom land og hvem og hvordan den skal betales for. Det er også flere spørsmål knyttet til markedsdesignet, for eksempel knyttet til ansvarsdeling mellom aktørene og sentralnettselskapene, hvilke prisområder som defineres, hvordan flaskehalsinntekter skal fordeles og hvor tett markedene bør integreres. Og ikke minst er det en rekke problemstillinger knyttet til arealplanlegging av havrommet, konkurranserettslige problemstillinger og fjerning/dekommisjonering av anlegg.

For å utnytte energiresurser knyttet til eksempelvis produksjon av grønt og blått hydrogen inkludert CO₂-håndtering, blir det nødvendig å etablere helt nye verdikjeder hvor det i dag knapt finnes et tilbud eller et marked. Skal vi lykkes med det er det nødvendig å utvikle rammer for aktørene som gjør det kommersielt lønnsomt.

Et annet viktig spørsmål blir hvilke rammer som må til for å bygge ut tilstrekkelig infrastruktur for å transportere og lagre energi for elektrifisering og bruk av andre utslippsfrie energibærere. Hvordan skal vi legge til rette for en infrastrukturbygging som utnytter de forskjellige energibærerne best mulig i energisystemet? Hvordan får vi bygget ut infrastrukturen raskt nok til å nå målene vi har satt oss? Hvilke insentiver og beslutningsprosesser må samfunnet videreutvikle som også sikrer aksept for gjennomføring av infrastrukturinvesteringene?

Energi- og energipriskrisen i Europa i 2022 viser hvor viktig forsyningssikkerhet er, og hvor sårbare samfunnet er for uventede hendelser. Å omstille energisystemet er en svært stor oppgave som uvegerlig vil medføre flere uventede hendelser. Et viktig spørsmål blir hvordan vi kan redusere effektene av denne type hendelser for energisystemet og konsekvensene for samfunnet. Skal vi legge til rette for en større fleksibilitet mellom energibærere enn hva rene økonomiske betraktninger tilsier for å opprettholde en større grad av forsyningssikkerhet? For å sikre at vi opprettholder takten i omstillingen av energisystemet er det behov for å utvikle og tilpasse rammene for energisystemet slik at energisystemet i størst mulig grad er robust for hendelser som utfordrer forsyningssikkerheten.

Teknologiutvikling gjør det mulig for kundene å spille en mer aktiv rolle i energisystemet gjennom bedre forbruksstyring, økt egenproduksjon- og lagring av energi og en større grad av interaksjon

med det kollektive energisystemet. Det innebærer en sterkere integrasjon av lokal produksjon, lagringsløsninger, energistyring og utvikling av mikronett i energisystemet. Energikrisen i Europa viser behovet for slike løsninger med all tydelighet. De kraftig økte strømprisene som husholdningene og næringslivet ikke selv kan gjøre noe med på kort sikt, eller har substitutter til, setter fart på denne utviklingen. Å etablere rammevilkårene som legger godt til rette for at husholdningene og næringslivet selv kan påvirke egen strømrregning i større grad blir også viktig for å få aksept for energiomstillingen.

Rammevilkår for å tilrettelegge for et bærekraftig lavutslippssamfunn

Å etablere de riktige rammevilkårene for å redusere utslippene av klimagasser blir avgjørende for å lykkes med energiomstillingen. Samtidig er det sentralt å hensynta kravene til naturvern og naturmangfold og ikke minst sørge for å utnytte naturressursene så effektivt og skånsomt som mulig. Områder hvor det er dårlige eller manglende regulering for å redusere klimagassutslippene, håndtering av utilsiktede fordelingsvirkninger og utviklingen mot en mer sirkulær økonomi er noen sentrale problemstillinger.

Å etablere rammevilkår for å redusere klimagassutslippene og ivareta naturen kan eksempelvis dreie seg om økonomiske insentiver som støtteordninger eller avgifter, markedsbaserte ordninger (CO₂-kvoter), men også rettslige krav til aktørene knyttet til miljøstandarder og arealbruk.

Dårlig eller manglende regulering kan i mange tilfeller være en betydelig barriere ved bruk av ny teknologi i energiomstillingen. I noen tilfeller kan reguleringen utgjøre en direkte «showstopper», mens i andre tilfeller kan regulatorisk usikkerhet knyttet til praktisering av nåværende regulering eller forventninger om kommende endringer være nok til å redusere investeringsviljen. En analyse utført på vegne av Energi21 viser at over halvparten av respondentene involvert i FoU-prosjekter innenfor temaet *Digitaliserte og integrerte energisystemer* nevner manglende tilpasning av regulatorisk rammeverk som en av topp tre barrierer for videre arbeid innenfor området (Menon, 2021). For å legge til rette for det bærekraftige lavutslippssamfunnet i det tempoet vi ønsker er det essensielt å være i forkant med kunnskapsbasert regulerings- og rettsutvikling.

Utformingen av rammevilkårene får også konsekvenser for fordelingen av kostnader og nytteeffekter i samfunnet. Det er som regel ønskelig. Vi ønsker eksempelvis å støtte utvikling av fornybar produksjon og å straffe bruken av fossile energibærere for å få til endret adferd. Men omstillingen kan også gi uheldige fordelingseffekter ved at kostnadene for enkelte grupper i samfunnet oppleves som uakseptable. Det gir fare for et økt konfliktnivå som kan bremse omstillingen av energisystemet.

Å legge til rette for et bærekraftig lavutslippssamfunn innebærer også at rammevilkårene må legge til rette for en sirkulær økonomi. I en sirkulær økonomi legges det til rette for at naturressursene og produkter brukes så effektivt og så lenge som mulig i et kretsløp der minst mulig ressurser går tapt. Det innebærer for eksempel å sørge for at tapet ved omdanning fra en energibærer til en annen eller tapet ved overføring av energi blir så lavt som mulig. Det innebærer blant annet økt bruk av spillvarme fra industrielle prosesser og datasentre og krav til resirkulering eller gjenbruk av komponenter.

Rammevilkår for å utvikle en konkurransedyktig og verdiskapende energinæring

Å holde kostnadene nede i energiomstillingen er viktig for å sikre konkurransedyktige rammevilkår for kraftintensiv industri i internasjonal konkurranse, men også for annen næringsvirksomhet og husholdninger som etterspør varer og tjenester. Utformingen av rammevilkår for markeder og monopolvirksomhet som gir insentiver til kostnadseffektiv drift og utvikling av energisystemet er

derfor sentralt. Dette innebærer rammevilkår for å minimere nødvendig infrastrukturinvesteringer, for å utnytte eksisterende infrastruktur bedre og for å utvikle nye markeder og forretningsmuligheter.

Energiomstillingen er omfattende og skjer i høyt tempo. Det skal tilknyttes både ny produksjon og nytt forbruk til nettet. Det blir viktig å utvikle gode rammer for å koordinere lokalisering av ny produksjon og nytt forbruk til steder hvor det kreves lavest mulig infrastrukturinvesteringer. For store investeringer i infrastruktur medfører naturinngrep som heller ikke er ønskelig.

For å holde kostnadene nede er det også viktig å sikre at reguleringen stimulerer til en best mulig utnyttelse og gjenbruk av eksisterende infrastruktur. Kapasiteten i eksisterende infrastruktur kan utnyttes bedre blant annet gjennom utvikling av lokale fleksibilitetsmarkeder (markedsplattformer), bruk av lagringsløsninger som batterier og hydrogen, eller ved å legge til rette for tilpasset regulering som for eksempel åpner for tilknytning på vilkår.

Omstillingen gir også store muligheter for leverandørutvikling og etablering av nye grønne industrier i Norge. Utforming av rammevilkår for å bygge nye verdikjeder hvor et marked må etableres som for hydrogen, og/eller det skal utvikles kommersielle forretningsmodeller som aktørene kan ta del i er helt sentralt for å legge til rette for leverandør- og næringsutvikling i Norge.

3.2.3 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Norge er en energinasjon med en lang og vellykket historie i å utvikle og tilpasse rammevilkårene for energisystemet. Vi etablerte tidlig rammevilkår for utviklingen av vannkraft som fremdeles er ryggraden i den norske kraftforsyningen. De seneste ti-årene har vi lyktes i å ta i bruk de store olje- og gassressursene på norsk sokkel.

I utviklingen av olje- og gassressursene har Norge lyktes med å utnytte energiresursene kostnadseffektivt gjennom stadig å ta i bruk ny teknologi. Vi har noen av de laveste utslippene av klimagasser per produsert enhet sammenlignet med andre land. Vi har lyktes med å utvikle internasjonalt konkurransedyktig leverandørindustri og store næringsaktører i sektoren. Samtidig har vi etablert rammer for virksomheten som har gjort at aktiviteten på norsk sokkel har fått stor betydning for norsk økonomi og finansiering av velferden i det norske samfunnet.

Lenge før vi ble en olje- og gassnasjon hadde vi en tilsvarende vellykket hånd med utviklingen av rammevilkår for vannkraft. Det ble tidlig (1909) sørget for at vannkraftressursene skulle forbli på norske hender. Utviklingen av vannkraft har vært en viktig faktor for utviklingen av det moderne og industrialiserte Norge. Ved dereguleringen av sektoren på 1990-tallet la vi grunnlaget for en enda mer effektiv utnyttelse av energiresursene og infrastrukturen. Basert på disse erfaringene har Norge vært sentrale i å utvikle markedsdesignet for kraftmarkedene i Norden og mot Europa.

Norge har god tradisjon for å utvikle rammevilkår tilpasset endringer i energipolitikk og -markedene rundt oss. Det er gode miljøer for dette både i akademia og andre forskningsmiljøer, hos myndighetene, rådgivningsselskaper og hos næringsaktørene. For eksempel ble rettsvitenskapelig forskning i Norge nylig evaluert gjennom JUREVAL-prosjektet og anses for å være av høy internasjonal kvalitet med stor samfunnsmessig verdi. Det er også etablert flere FMEer som NTRANS og INCLUDE som forsker på samfunnsvitenskapelige problemstillinger knyttet til energiomstillingen.

Det legger til rette for at Norge også fremover kan spille en rolle i å utvikle rammevilkår for energisektoren på en god måte tilpasset de utfordringene vi nå står overfor. Men det er viktig å understreke at endringstakten i omstillingen mot 2050 er en helt annen enn det har vært de siste ti-

årene. Det betyr at det fremover vil kreves en betydelig forsknings- og utviklingsinnsats for å sikre en god tilrettelegging av rammevilkårene fremover.

3.2.4 EUs klima- og energipolitikk skal legge til rette for en rask og rettferdig energiomstilling

EUs energipolitikk er i stor endring. EUs *Klar for 55*-pakke har vært et viktig skritt i å klargjøre politiske prioriteringer for omstillingen av energisektoren for å nå de hevede klimaambisjonene for 2030. Ambisjonene og forslagene til oppdaterte regler og markedsvilkår i pakken legger direkte føringer for utviklingen av energisektoren, men også indirekte gjennom avkarbonisering av andre sektorer.

Klar for 55 innebærer blant annet et forslag til revisjon av fornybardirektivet og en heving av fornybarmålet fra 32 til 40 prosent i 2030.⁵ I tillegg stiller direktivet skjerpede krav til bærekraft for forskjellige teknologier. Energiskattedirektivet er også foreslått revidert for å gi incentiver til utbygging av fornybare og lavutslipps energiteknologier og fjerne utdaterte incentiver som støtter og opprettholder forbruket av fossile brenslers.⁶ Deriblant foreslås det at minimumskravene til avgiftsnivåer på fossilt brensel knyttes til energiinnhold og miljøpåvirkning.

Innstramming i EUs kvotehandelssystem og økte kvotepriser vil ha en direkte effekt på fossile kraftprodusenter og en indirekte effekt ved å øke kostnaden på energirelaterte utslipp. I tillegg er det foreslått å innføre en karbonavgift på import av kraft og kraftintensive varer som aluminium, sement, jern, stål og gjødsel fra 2026.⁷ Utviklingen av et avkarbonisert norsk energisystem vil dermed kunne øke konkurransedyktigheten til norsk eksportrettet næring i EU.

For å ivareta forbrukere og sikre en rettferdig energiomstilling foreslår *Klar for 55*-pakken etableringen av et nytt sosialt klimafond på 72,2 mrd. euro som i perioden 2025-2032 skal bidra til å redusere negative fordelingsvirkninger knyttet til klima- og energipolitikken.⁸ Negative virkninger fondet skal redusere inkluderer prisrisiko og energifattigdom for husholdninger og mindre bedrifter, og det skal sørge for tilgang på lavutslipps transportløsninger. I tillegg skal det bidra til å fremme tiltak innenfor energieffektivisering, energisparing og fornybar energi.

EU har ved tidligere kriser valgt å sørge for at innsatsen også rettes mot oppnåelsen av langsiktige samfunns- og klimamål. Eksempelvis har det vært et mål at 37 prosent av utgiftene i de nasjonale gjenoppbyggingsplanene som følge av covid-19-pandemien skal bidra til grønn omstilling.⁹ For de foreløpig 22 godkjente nasjonal planene tilsvarer grønn finansiering 40 prosent, og de største utgiftspostene er bærekraftig mobilitet, energieffektivisering, fornybar energi og nettinfrastruktur.¹⁰

Ikke minst har krigen i Ukraina nå satt ytterligere fart på omstillingen. Det er nødvendig for Europa å redusere avhengigheten av russisk naturgass i energiforsyningen. EU har med planen REPowerEU i

⁵ EC, 2021. COM(2021) 557 final.

⁶ EC, 2021. COM(2021) 563 final.

⁷ EC, 2021. Carbon Border Adjustment Mechanism. Factsheet.

⁸ EC, 2021. COM(2021) 568 final.

⁹ EC, n.d. Recovery and Resilience Facility. [LENKE](#) (Sett dato: 15.03.2022)

¹⁰ EC, n.d. Green transition. [LENKE](#) (Sett dato: 15.03.2022)

mars 2022 lagt rammene for ytterligere å akselerere utbyggingen av fornybare energiresurser og diversifisere gassleveransene. Det blir særlig pekt på å øke ambisjonene og innsatsen innenfor biometan, hydrogen, energieffektivisering, solenergi og vindkraft til lands og til havs. I tillegg til å stimulere utbyggingen av lavutslippsenergi skal planen på kort sikt også bidra til å redusere energiprisene for å beskytte forbrukere og økonomien, dette inkluderer støtteordninger, prisregulerende tiltak og en vurdering av forbedringsmuligheter i kraftmarkedsdesign.

Det vil trolig innebære en økt satsing på utvikling av rammevilkår for energisystemet innenfor EU som får stor betydning for Norge. Det er derfor viktig at Norge øker innsatsen på forskning- og innovasjon innenfor dette feltet. Selv om Norge er med i forskningsprogrammet Horisont Europa er nivået på EU-finansiering innenfor norsk rettsvitenskapelig forskning lavt, og hos mange institusjoner ikke-eksisterende (JUREVAL, 2021).

3.2.5 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov for aktører knyttet til energimarkeder og reguleringer.

Energisystemer krever flerfaglig utvikling av rammevilkår og regulering

- Systemutviklingen fra flere faglige perspektiver, herunder jus, økonomi, sosiologi mv. sammen med teknisk-naturvitenskaplige perspektiver
- Forholdet mellom Norge og EU/EØS knyttet til økonomiske og juridiske problemstillinger, og felles mål
- Omstilling og gjenbruk av både kunnskap, ekspertise og systemer fra olje- og gassnæringen, men også omstilling og gjenbruk av infrastruktur og andre anlegg
- Juridiske og økonomiske problemstillinger knyttet til arealplanlegging, miljøkonsekvenser mm.
- Kunnskap om sosiale strukturer og menneskelig adferd i omstillingen av energisystemet

Markedsdesign og virkemiddelutforming

- Norges rolle i det fremtidige europeiske energimarkedet, herunder grad av markedsintegrasjon, mellomlandsforbindelser og annen infrastruktur og energisikkerhet
- Utvikling av havnett, inndeling i prisområder, TSOenes ansvar mellom land og mellom TSO og de andre aktørene, håndtering av flaskehalsinntekter
- Markedsdesign for håndtering av økt fleksibilitet og ikke-regulerbar produksjon, utforming av fleksibilitetsmarkeder, sektorkobling, internasjonal integrasjon og konkurranserettslige problemstillinger
- Utvikling av og kunnskap om konsekvensene av virkemidler som differansekontrakter, sertifikatmarkeder, subsidier, auksjonsmodeller og karbonprising
- Virkemidler for å utløse tilstrekkelig infrastruktur for elektrifisering og møte økt effektbehov
- Rollen til virkemiddelapparatet i energiomstillingen

Forretnings- og markedsmodeller

- Innovasjon, entreprenørskap, rollen til privat sektor
- Utvikle forretningsmodeller for lav-karbon energi, og oppbygging av nye verdikjeder som hydrogen, CO₂ og batterier
- Sirkulær økonomi knyttet til bruk av ny teknologi og til utvikling av nye og eksisterende verdikjeder
- Fjerning eller dekommisjonering av energianlegg

Samfunn og miljø

- Virkemidler for å redusere klimagassutslipp, ivareta naturhensyn og hensynta naturmangfold
- Virkemidler for å håndtere uheldige fordelingsvirkninger
- Kunnskap om kundedadferd, bruk av ny teknologi og løsninger for aktiv kundeinvolvering

3.2.6 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov og realisere aktørenes ambisjoner innen energimarkeder og regulering.

FoU-I:

- Støtte til forskning på rettsstatlige reguleringsmodeller som gjør det attraktivt å satse på teknologi og energimarkeder
- Støtte til økt forskning på forholdet mellom nasjonal regulering, EU/EØS-rett, folkerett og menneskerettigheter

Kommersialisering/markedsintroduksjon

- Støtte til juridisk og økonomisk innovasjon om hensiktsmessige og funksjonelle rammer som skaper forutsigbarhet for investeringer, like rammevilkår og teknologinøytrale regler som åpner opp for innovasjon, EU taksonomi, panterett og konsesjoner
- Støtte til å øke kapasiteten for tolkning av rammevilkår og behandling av saker for gjennomføring av energiomstillingen

Utdanning:

- Utvikle utdanningsløp som integrerer flere faglige perspektiver
- Legge til rette for breddekunnskap i juridisk utdanning på tvers av rettsområder, og synliggjøre temabasert forskning i utdanningsløpet
- Sikre flerfaglig innsikt og forståelse av rammer og reguleringer inn i de tekniske disiplinene i etter- og videreutdanning

3.3 Vannkraft

Vannkraft er ryggraden i norsk energiforsyning og et konkurransefortrinn i omstillingen til et klimavennlig samfunn. Utnyttelse av naturgitte vannressurser til kraftproduksjon er en sentral forutsetning for å sikre tilgang til energi og gjennomføring av energiomstillingen i Norge, Norden og Europa. Vannkraftproduksjon er nødvendig for å sikre tilstrekkelig forsyningssikkerhet i kraftsystemet. Vannkraftens fleksibilitetsrolle endrer seg som følge av utvikling av kraftsystemet, f.eks. integrasjon av variabel vind- og solkraft og alternative lagringsformer som batterier. Forståelse for samspillet mellom vannkraften og resten av kraftsystemet og for optimal ressursutnyttelse er viktig. Videre vil digitalteknologi gi mulighet for kostnadsreduksjoner og ytterligere optimalisering av utnyttelse av ressursene.

3.3.1 Satsing på vannkraft ...

- ... bidrar til en betydelig andel av fornybar kraft som er nødvendig for elektrifisering av transport og industri.
- ... bidrar til å opprettholde sikker kraftforsyning gjennom unik reguleringsevne og lagringskapasitet, som blir viktigere med høyere andel variabel fornybar kraft i det norske, nordiske og det europeiske kraftsystemet.
- ... er viktig for å utvikle nye grønne industrier fordi vannkraft tilbyr konkurransedyktig og sikker fornybar kraft.

Satsingsområdet *Vannkraft* inkluderer følgende temaer:

- Utnyttelse av vannkraftsystemets fleksibilitet i samspill med resten av energisystemet
- Vannkraftteknologi for effektiv og robust drift
- Digitalisering – økt optimalisering av planlegging, utbygging, drift og vedlikehold og bruk av vannkraftressurser
- Hydrologi, tilsig og klimatilpasning
- Flomdemping og flerbruk av vann og magasiner
- Natur- og økosystempåvirkning

3.3.2 Markedsutvikling, muligheter og konsekvenser for Norge

Satsingsområdet *Vannkraft* bidrar spesielt positivt til å utnytte norske fornybare energiresurser og er essensiell for forsyningssikkerheten i kraftsystemet.

Vannkraft er avgjørende for forsyningssikkerheten i kraftsystemet

Vannkraft dominerer det norske energisystemet og magasinert vannkraft er avgjørende for å ivareta forsyningssikkerheten i kraftsystemet. Fram mot 2030 anslås det at ny kraftproduksjon i Norge vil komme bl.a. fra vannkraft, hvor det forventes 6-9 TWh ny produksjon (NVE, 2021 og Statnett, 2021). Vannkraftens rolle som en fleksibilitetsressurs bør videreutvikles for å bidra med økt effekt innenfor rammene av konsesjoner, og på den måten bidra til systemstabilitet. Vannkraft kan også få økt betydning i et Europeisk perspektiv. Med økt uregulerbar kraftproduksjon i Europa vil etterspørselen etter effekt øke, som igjen styrker verdien av den norske vannkraftens fleksibilitet og lagringsevne.

Ny vannkraft krever naturinngrep

Utbygging av nye vannkraftanlegg kan ha negativ effekt på naturen og økosystemer lokalt. I Norge anses likevel vannkraft i dag som en teknologi med mindre negativ effekt, relativt sett. Dette skyldes at vi allerede har gjort store utbygginger av vannkraft og at effektivisering av produksjon og ressursbruk gjennom oppgraderinger og utvidelser av eksisterende anlegg vil være mer skånsomt for naturen enn å bygge ut alternative energiformer i nye områder. Det er også en sterkere tradisjon for å innlemme naturhensyn innen både forvaltning og forskning innenfor vannkraft i Norge, sammenliknet med andre teknologiformer. Tilstrekkelig og stabil vannkraftforsyning muliggjør elektrifisering, men fremover vil vannkraften også balansere en økende andel variabel produksjon. Endringer i kjøremønstre som følge av økt variabel kraft i kraftsystemet vil kunne påvirke lokale økosystemer, og man bør fortsette å utvikle kunnskap og teknologi for å finne bærekraftige løsninger som både gir mer energi og effekt på en miljøvennlig måte.

Markedsutvikling og norsk verdiskapingspotensial

Verdiskaping fra vannkraftproduksjon kan økes ved mer fleksibel produksjon over tidshorisonter fra sekunder til uker og måneder. Fleksibel vannkraft bidrar til forsyningssikkerhet og konkurransedyktighet for industrisektoren, og lave utslipp i verdikjeden blir i økende grad et konkurransefortrinn. Forventninger til årlige internasjonale investeringer i vannkraft er relativt lave med 71-94 mrd. dollar i 2030 (NHO, 2020). Norsk leverandørindustri for vannkraft er begrenset, men det kan være et potensial for eksportindustri basert på løsninger i grensesnittet mellom vannkraftkompetanse og digitalisering.

I de fleste historiske vannkraftutbygginger i Norge har drift og overvåkning vært basert på analoge systemer. Nå gjennomgår bransjen en transformasjon for å optimalisere vannkraftsystemet ved bruk av digitale teknologier og løsninger. Aktuelle mål med digitaliseringen er å utvide leveringsevnen, øke sikkerheten og bytte ut foreldede, analoge, styringssystemer. Potensialet for verdiskaping fra digitalisering ligger i økt fleksibilitet og virkningsgrad under drift, økt effektivitet i vedlikehold, reduserte kostnader gjennom bedre tilstandskontroll og mindre uplanlagt utetid, forbedret sikkerhet, HMS og økt forsyningssikkerhet. De digitale elementene inkluderer sensorer, trådløse plattformer for sanntidsovervåkning av kraftverk, elvemiljø og magasiner, tilstandsovervåkning av enkeltkomponenter, systemer for prediktivt vedlikehold, bedre beslutningsstøtte for kraftverksoperatører, nye systemer for arbeidsordre, tiltak for datasikring og automatisering av prosesser. Dette skaper nye behov for forskning- og innovasjon som i stor grad vektlegger tverrfaglige aspekter på tvers av alle de nevnte tema. Samtidig åpner det muligheter for norsk industri til å levere løsninger på tvers av de tradisjonelle bransjeskillene.

3.3.3 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Norge har åpenbare geografiske fortrinn når det gjelder vannkraft, men har i tillegg særdeles sterke forskningsmiljøer innenfor hele bredden av vannkraftfeltet og har solide vannkraftaktører med lang industriell erfaring.

Norge har tydelige naturgitte fortrinn

Norge har et tydelig stort komparativt fortrinn når det kommer til vannkraft i form av geografi og klima. Det er få regioner i Europa med tilsvarende gode forutsetninger for vannkraft, og Norge er jo også Europas største vannkraftprodusent. I tillegg har Norge om lag halvparten av Europas lagringskapasitet i vannkraft. Dette kan utnyttes på en helt annen måte enn i dag gjennom økt effektinstallasjon og pumpekraft som kan fungere som et effektivt energilager, også på horisonter (sesong, år) som ikke kan dekkes på en økonomisk effektiv måte fra andre lagringsteknologier.

Ledende teknologi- og kompetansebase

Norge har særdeles sterke forskningsmiljøer innenfor vannkraft på områder som blant annet planlegging, drift, optimering av vannkraftproduksjon og kraftmarkedsmodeller. Forskning på storskala balansekraft og energilagring, miljøvirkninger og -design ble styrket gjennom FME CEDREN. FME HydroCen viderefører mye av dette og vektlegger forskning på vannkraftkonstruksjoner, turbin og generatorer, marked og tjenester og utvidet miljødesign.

Forsknings- og innovasjonsmidler til vannkraftprosjekter er ifølge en gjennomgang av forskningsrådets database relativt lave. I perioden 2017-2020 mottok vannkraftrelaterte prosjekter 200 millioner kroner i FoU-midler som også utløste 90 millioner kroner i annen finansiering (Menon, 2021). Flertallet av prosjektene befinner seg i øvre del av TRL-skalaen (Menon, 2021). Utstøys- og teknologileverandører er aktive i FoU-prosjekter. Det norske kraftsystemet i er i særklasse med dominant vannkraftforsyning og på grunn av relativt lav forskningsaktivitet internasjonalt, er det behov for å satse nasjonalt for å sikre nødvendig kompetanse på vannkraftens rolle i energiomstillingen. Det er viktig å bevare vannkraftkompetansen nasjonalt både med hensyn på kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av våre vannressurser, men også for å sikre rekrutteringen til næringsaktørene innen vannkraft.

Lang industriell erfaring, men begrenset suksess internasjonalt

Norge har i dag over 1500 vannkraftverk og offentlig eierskap dominerer vannkraftselskapene. Norske vannkraftaktører har med over hundre års produksjonserfaring og en stor installert base god kunnskap om drift i et distribuert kraftsystem. Den norske vannkraftnæringen omsatte for 10,6 mrd. kroner i 2020, hvorav 90% var innenlands omsetning (Multiconsult, 2021). Omsetningen i næringen har vært stabil de siste årene, og bidrar til betydelig nasjonal sysselsetting i fornybarnæringen.

NORWEP¹¹ jobber blant annet for å styrke den norske vannkraftsatsingen internasjonalt, men vannkraftnæringen sliter med omdømmeutfordringer i Europa. Norge har noen mindre aktører innenfor leverandørmarkedet for store elektromekaniske komponenter. Sviktende marked og høyt kostnadspress er utfordringer for norsk leverandørindustri (Menon, 2021). Mulige nye eksportmuligheter ligger blant annet hos tilbydere av software- og modelleringsløsninger. Innenfor digitale løsninger er det mulig å utnytte kompetanseoverføring fra andre segmenter i energibransjen som olje- og gass.

3.3.4 Begrenset søkelys på vannkraft i EU-sammenheng

Norske vannkraftprosjekter har mottatt rundt 84 millioner kroner i støtte fra Horisont 2020 (NFR, 2021). EU har noen vannkraftprosjekter på blant annet kortidsfleksibilitet (HydroFlex), pumpekraft (XFLEX HYDRO) og fisk og vannkraft (FITHydro), men det er begrenset med relevant EU-forskning på vannkraft. Norske forskningsaktører deltar i nettverksaktiviteter i regi av European Energy Research Alliance, IEA og DoE US uten at det genererer vesentlige forskningsmidler.

3.3.5 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til kunnskaps- og teknologibehovet til aktører langs hele verdikjeden for vannkraft. Videre er vannkraftens økende rolle som tilbyder av fleksibilitet i energiomstillingen samt digitale løsninger for optimalisering av systemdrift sentrale forskningsoppgaver.

Vannkraftens fleksibilitetsrolle i framtidens nasjonale og europeiske kraftsystem

¹¹ NORWEP: Norwegian Energy Partners

- Modellutvikling for å forstå vannkraftens rolle i framtidens energisystem.
- Analyser av optimal utnyttelse av vannkraft i energisystemet basert på systemdata.
- Markedsdesign og forretningsmodeller.
- Utvidet modellering av usikre eksterne faktorer som utslipps- og brenselkostnader, energitilgang m.m.

Behov for ny teknologi og oppgradering av vannkraftsystemet som følge av endret kjøremønster

- Nytt design, teknologi og materialer i turbin, generator og kontrollanlegg.
- Vannkraftkonstruksjoner og flerbruk av vassdrag og magasin, for eksempel for flomdemping.
- Beregne kostnader ved fleksibel drift (slitasje, feilsannsynlighet og økt vedlikehold mm.).
- Vannkraftens rolle i sirkulærøkonomi

Natur- og miljøhensyn

- Påvirkning på økosystem og habitat ved mer fleksibel drift, samt opprusting og oppgraderinger
- Miljødesign av vannkraft og miljøtilpasset effektkjøring.
- Klimaendringers påvirkning på vannkraftsystemet.
- Samfunnsmessig aksept for nye kjøremønstre

Digitalteknologi i vannkraftproduksjonen

- Automatisert og kostnadseffektiv planlegging, utbygging, drift og vedlikehold. F.eks. full-automatisert boring og sprenging.
- Utvikling av ny sensortechnologi eller andre måle/overvåkningsmetoder og nyttegjøring av nye datakilder for forbedret beslutningsgrunnlag og økt mulighet for verdiskaping fra vannressursene
- Digital tvilling for testing og demonstrering, langs hele verdikjeden fra design av komponenter til utbygging/opprustning, samt til drift og vedlikehold.
- IKT-sikkerhet med økt digitalisering.
- Åpen systembeskrivelse for utvikling av virtuelle lab

3.3.6 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov og realisere aktørenes ambisjoner innen vannkraft.

FoU-I:

- Storskala laboratorier for testing av innovative løsninger i samarbeid mellom industri, forsknings- og utdanningsmiljøer.
- Løsninger for demonstrasjon i eksisterende anlegg.
- Virtuelle laboratorier for kostnadseffektiv og fleksibel utprøving inkludert åpen tilgjengelig vannkraft og kraftsystem beskrivelse.
- Deling av driftsdata, som samtidig hensyntar konkurransehensyn og samfunnssikkerhet
- Videreutvikle modellsystemer for energisystem, marked, drift, vedlikehold, vannveier og miljøvirkninger som kommuniserer med hverandre

Kommersialisering/markedsintroduksjon:

- Risikoavlastning til prosjekter med lang levetid og usikker avkastning
- Utvikle fleksibilitetsmarkeder
- Sikre at vannkraft blir bærekraftig, inkludert i EUs taksonomi og en viktig del av det grønne skiftet. Sikre kunnskapsbasert informasjon fra norske myndigheter til EU.

Utdanning:

- Utvikle ny nasjonal kompetanse ettersom aldersgjennomsnittet i norsk vannkraftbransje er høyt. Tilføre ny fagkompetanse, spesielt en kombinasjon av vannkraft – digitalkompetanse.

Kilder:

- Digital21 (2018), Digital21 strategi.
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- Menon (2021), klimavennlig energiteknologi: forsknings- og innovasjonsdrevet næringsutvikling.
- Multiconsult (2021), Kartlegging av den norskbaserte fornybarnæringen 2020, innspill NINA.
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- THEMA (2021), Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse.
- NVE (2021): Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021
- Statnett (2021): LMA-oppdatering Juli 2021.
- Energi21 (2021), Møtereferat fra strategisk arbeidsmøte om Vannkraft, 01.09.2021

3.4 Havvind

Norge har store naturgitte havvindressurser og utnyttelse av havvind er viktig for å sikre tilstrekkelig fornybar kraft i energiomstillingen. Det finnes i dag store og konkrete utbyggingsplaner for havvind i Norge og internasjonalt. Samtidig har Norge mange aktører med ambisjoner innenfor området, og det er et betydelig potensial for utvikling av leverandørindustri. Kompetanse fra olje- og gassindustrien og maritim næring gir oss gode forutsetninger til å vinne posisjoner i fremtidens havvindmarked, for både flytende og bunnfaste turbiner. Forsknings- og innovasjonsbehov knytter seg blant annet til industrialisering og kommersialisering av verdikjeden, integrasjon av havvindalegg i kraftsystemet og arealforvaltning til havs. Et viktig mål med forsknings- og innovasjonsinnsatsen er kostnadsreduksjoner for kraftproduksjonen fra havvindanlegg.

3.4.1 Satsing på havvind ...

- ... bidrar med nødvendig fornybar kraft til elektrifisering, til ny grønn industri, til produksjon av grønt hydrogen for transport og industri.
- ... bidrar med betydelig potensial for å utnytte store havvindressurser til kraftproduksjon. Forventninger om raskt fallende kostnader gjør at havvind vil bidra til konkurransedyktig kraftforsyning og eksport av kraft til Europa.
- ... vil bidra til utvikling av verdikjeder for marine energiteknologier. Utviklingen av en norsk havvindnæring kan bidra til nye arbeidsplasser og ytterligere verdiskaping for norske leverandører innenfor maritim og offshore sektor.

Satsingsområdet *Havvind* inkluderer følgende temaer:

- Bunnfast og flytende havvind
- Kostnadsreduksjon i utbygging, drift og vedlikehold
- Hybridkabler og masket havnett
- Energiøyer
- Samspill med energisystemet
- Miljøpåvirkning og sosiale aspekt
- Markedsløsninger, forretningsmodeller, regulering og jus
- Digitalisering

3.4.2 Markedsutvikling, muligheter og konsekvenser for Norge

Satsingsområdet *Havvind* bidrar spesielt positivt til å utnytte norske energiressurser og til å øke konkurransedyktighet og verdiskaping i norsk energinæring. Havvind er trolig den fornybare kraftkilden med potensial for størst vekst i Norge på sikt.

Havvind kan bidra med store mengder fornybar kraft i Norge og Europa

Det globale potensialet er størst for flytende havvind, men foreløpig er det mest bunnfast havvind som er bygget ut. Globalt er det installert 35 GW havvind ved utgangen av 2020, hvorav 0,07 GW var flytende havvind (GWEC, 2021). Det er planlagt storstilt utbygging av havvind i Nordsjøen og resten av EU, med mål om 60 GW i 2030 og 300 GW innen 2050 (COM/2020/741). I tillegg planlegger Storbritannia å bygge ut 100 GW i sine havområder.

I starten av 2022 er det i Norge åpnet for å søke konsesjon på 4,5 GW fordelt på to områder, Sørliche Nordsjø II og Utsira (Regjeringen, 2021). Videre er NVE på oppdrag fra Olje- og energidepartementet i gang med å utrede flere områder utenfor norskekysten. De foreløpig utlyste konsesjonene kan egne seg for både bunnfast og flytende havvind. Vindkraft til havs har stort sett vært for kostbart til å kunne konkurrere prismessig uten subsidier. Forventningen er at flytende havvind skal ha et kostnadsnivå som vil være konkurransedyktig med bunnfast havvind omkring 2030. Samtidig opplever Europa en kraftig økning i strømprisene i 2021/2022, og dersom det høye prisnivået vedvarer kan flytende havvind bli lønnsomt raskere enn tidligere antatt (NTNU & SINTEF, 2021).

Ny kraftproduksjon bidrar generelt positivt til forsyningssikkerheten i Norge i møte med økende krafttettersspørsmål. Samtidig kan økt andel uregulerbar produksjon i kraftsystemet gi større svingninger i tilgjengelig kraftproduksjon. I Norges tilfelle vil den regulerbare vannkraften absorbere en del av denne effekten. De ambisiøse europeiske planene for utnyttelse av havvind fordrer utbygging av transmisjonsnett. Dersom nettviklingen skjer koordinert mellom landene, er det mulig å redusere kostnadene og etablere mer robuste løsninger. Energiøyer kan utgjøre knutepunkt i et fremtidig havnett. Øyene kan være faktiske øyer eller plattformbaserte løsninger med HVDC omformerstasjoner for tilkobling av havvindparker eller annen offshore energirelatert virksomhet, for eksempel anlegg for hydrogenproduksjon, karbonfangst- og lagring, fyllestasjoner for skip, eller elektrifisering av olje- og gassanlegg.

Enorme investeringer i havvind gir store muligheter for norsk eksportindustri

EU har planer om å investere 800 mrd. euro mot 2050 i utbygging av havvind for å nå målene i sin strategi for fornybar energi til havs (COM/2020/741). To tredjedeler av investeringene skal gå til utbygging av nettinfrastruktur. Globalt anslås investeringer i havvind til 1500-5000 mrd. dollar i 2050 (NHO 2020). Storstilt nasjonal og internasjonal satsing på havvind gir muligheter for å omstille og videreutvikle norsk offshore leverandørindustri, spesielt innenfor flytende havvind. Omsetningen fra norsk havvind har vokst de siste fem årene, og i 2020 var omsetningen 13,9 mrd. kroner, hvorav 80% var omsatt internasjonalt (Multiconsult, 2021). Omsetningspotensialet for norske aktører i 2030 er av NHO anslått til 5 mrd. euro per år i 2030, mens Norwegian Energy Partners har anslått et årlig eksportpotensial på 10 mrd. euro i 2030 (NHO, 2020).

Storskala utbygging kan ha negative effekter på natur

Havvind er arealkrevende, og det er flere ukjente og potensielt negative effekter på natur og miljø i forbindelse med storskala utbygging av havvind. Norge har manglende kunnskap om biologisk viktige havområder, og hvordan havvindutbyggingen kan komme i konflikt med naturverdier og andre næringsinteresser.

I tillegg bidrar produksjonen av turbiner og komponenter til havvind bruk av sjeldne jordarter til magneter og stål, og bruken av kompositter er krevende å resirkulere. EUs Offshore Renewable Energy Strategy vektlegger forsknings- og innovasjon på sirkulære materialer og unngå bruk av kritiske råmaterialer i design og produksjon (COM/2020/741).

3.4.3 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Norge har betydelige naturgitte fortrinn, en sterk teknologi- og kompetansebase og relevant industriell erfaring bygget på kompetanse fra petroleumsnæringen og maritim sektor. I tillegg er aktørene ambisiøse og har mål om å ta markedsandeler internasjonalt.

Norge har betydelige naturgitte fortrinn

Norge har et enormt teknisk potensial for både flytende og bunnfast havvind på grunn av store havområder med gode vindressurser. Havvindressursene i Nordsjøen og Norskehavet er spesielt

gode, og det totale tekniske potensialet for havvind i Nordsjøen kan mange ganger Europas kraftbehov (IEA, 2019).

Sterk teknologi- og kompetansebase

Norge har sterke forsknings- og innovasjonsmiljøer innen havvind. I tillegg har vi lang erfaring med målrettet forsknings- og innovasjonsinnsats gjennom satsing på forskningscenter for miljøvennlig energi. FMEet NorthWind har flere sentrale aktører i konsortiet og arbeider med sentrale temaer for vindkraftutviklingen som f.eks. vindressurser, digitale tvillinger, systemintegrasjon, marine operasjoner, logistikk, strukturer og integritet. Videre har norske forskningsmiljøer lang erfaring med forskning for petroleumsindustrien på temaer som også er relevant for havvind, som for eksempel subsea-konstruksjoner, bølgemodellering og arealplanlegging.

I perioden 2017-2020 ble det bevilget 2,7 mrd. NOK til virksomheter knyttet til havvind, mesteparten til demonstrasjons- og pilotprosjekter for flytende havvind (Menon Economics, 2021). Hywind Tampen har mottatt 85 % av støtten til alle 140 bevilgninger innenfor området.

Relevant industriell erfaring og sterke ambisjoner fra næringen

Flere norske aktører har store ambisjoner innenfor havvindutbygging. Tunge industriaktører har lansert 40-50 GW som en nasjonal ambisjon for 2050 (KonKraft, 2022). I 2022 posisjonerer flere aktører seg for å delta på områdeutlysningen i Sørliche Nordsjø og Utsira. Norges første flytende havvindanlegg og verdens første havvindanlegg koblet til olje- og gassinstallasjoner, Hywind Tampen, skal starte produksjon i andre halvdel av 2022. Innenfor leverandørindustrien har norske aktører ambisjoner om markedsandeler på 15-20 prosent for flytende havvind og 10 prosent for bunnfast havvind i 2030 (Norsk Industri, 2021).

For norske aktører trekkes områdene prosjektgjennomføring, maritime operasjoner, fartøydesign, høyteknologiske drift- og vedlikeholdstjenester, undervannsteknologi og kabler frem som mulige konkurransefortrinn (NHO, 2020; LO/NHO, 2021). I tillegg har Norge et konkurransefortrinn innenfor flytende havvind ved kompetanseoverføring fra olje- og gassektoren innenfor blant annet offshore marin logistikk og flytende konsepter.

Mange land er i ferd med å bygge opp egen havvind-industri og for at Norge skal bevare konkurransefortrinnene skissert over kreves en fortsatt satsing på havvind og ambisiøse næringslivsaktører og myndigheter. Manglende innpass hos internasjonale kunder og markeder er en barriere for norske havvindaktører som organisasjonene jobber mot. I tillegg er manglende konkurransedyktighet på pris og regulatorisk forutsigbarhet utfordrende for havvindaktørene (Menon, 2021).

3.4.4 Havvind er et prioritert satsingsområde i EU

Havvind er et prioritert satsings- og forskningsområde for å gjennomføre energiomstillingen i EU. Havvind er en sentral del av Cluster 5 «Climate, energy and mobility» i Horizon Europe og inngår som en av ti lavutslipps energiteknologier i Europas grønne giv sin satsing, European Strategic Energy Technology Plan (Plan).

Norske aktører bidrar til å forme EUs forskningsagendaen på havvind, blant annet gjennom programmene European Technology and Innovation Platform on Wind Energy (ETIPWind) og European Energy Research Alliance (EERA).

3.4.5 Sentrale forsknings – og innovasjonsbehov

Vindkraft til havs har frem til nå vært for kostbart til å konkurrere prismessig uten subsidier. De senere årene har kostnadene falt. Det er fortsatt viktig å redusere kostnadsnivået til havvind. Forsknings – og innovasjonsaktiviteter bør ha kostnadsreduksjoner som en overordnet målsetning. Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til kunnskaps- og teknologibehovet til aktører langs hele verdikjeden for havvind og til havvinds rolle i energiomstillingen.

Havvindanlegg - produksjon, installasjon, drift og vedlikehold

- Metoder og teknologi for kostnadsreduksjoner i planlegging, utbygging, drift og vedlikehold og av flytende og bunnfaste havvindparker. Dette inkluderer modeller og designverktøy for optimalisering og styring av havvind.
- Utvikling av kostnadseffektive, robuste og miljøvennlige komponenter og systemer.
- Nye konsepter for industrialisering og standardisering i verdikjeden.
- Konsepter for mobil flytende havvind
- Utvikling av metoder og verktøy for design av store havvindparker. Design og verifikasjon av understell og forankringssystem for store vindturbiner.
- Verktøy og analysemodeller for vindressurser og -strømninger, bølger og det marine miljø.
- Optimale marine operasjoner og logistikk.

Infrastruktur og integrerte systemer til havs

- Utvikling av et fleksibelt masket Nordsjønett som tar hensyn til oppskaleringsmuligheter, nye modeller og design for nye komponenter.
- Utvikling og videreutvikling av teknologier som for eksempel ny blyfri kabelteknologi, undervannsteknologi, flytende HVDC-plattform, og HVDC-interoperabilitet og stabilitet.
- Modeller og løsninger for systemintegrasjon og samspill med lagrings-, produksjon- og overføringsteknologier, deriblant energiøyer eller annen type knutepunkt i et havnett.

Markedsdesign og juridiske forhold

- Utforming og utvikling av markedsdesign, forretningsmodeller, energiauksjoner og konkurransegrunnlag.
- Samspill mellom produksjon til lands og til havs, integrasjon av markeder mellom land, hybride nett og TSOs rolle.

Miljø og samfunn

- Miljødesign for å minimere påvirkning på marine økosystemer og andre negative effekter på natur.
- Design, resirkulering og gjenbruk av komponenter i en sirkulær økonomi.
- Samfunnsaksept og areal- og ressursforvaltning og planlegging til havs.

Digitalisering og cybersikkerhet

- Kunstig intelligens, stordatahåndtering og Internet of Things for å effektivisere overvåking, drift og styring av vindkraftanleggene, samt sikre samspill med energisystemet
- Værovervåking og prediksjonsmodeller
- Systemsikkerhet og stordatahåndtering

3.4.6 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte aktørenes ambisjoner og realisere nødvendig forsknings- og innovasjonsaktiviteter innen havvind:

FoU-I:

- Økt støtte til innovasjon og teknologiutvikling.
- Demonstrasjonsprogram for storskala utbygging av havvind.
- Støtte og utvikling forskningsinfrastruktur, f.eks. laboratorier, simuleringsverktøy mm.
- Bedre datatilgang fra forskningsinfrastruktur og industri.
- Ordninger som stimulerer til internasjonalt samarbeid (EU, USA, mm.)

Kommersialisering/markedsintroduksjon:

- Ressurs- og områdekartlegging. Utarbeidelse av arealplaner og avtaler mellom aktører om forvaltning av vind- og naturressurser til havs.
- Utvikling av standarder tilpasset havvind, også for soft issues som f.eks. sikkerhetsrutiner.
- Støtte til å søke midler i EU.
- Styrke felles internasjonal satsing på tvers av norske miljøer (TEAM Norway, ambassader).

Utdanning:

- Styrke og samordne utdanninger for havvind.

Kilder:

- Energi21 (2021), Møtereferat fra strategisk arbeidsmøte om Havvind, 25.08.2021
- Energi21 og Digital21 (2020), Digitalisering av energisektoren – Anbefalinger om forskning og innovasjon.
- KonKraft (2022), *Økende behov for havvind – det haster med å komme i gang*. Innspill til olje- og energiminister Marte Mjøs Persen ifb. Tilleggsmelding om havvind. KonKraft, Energi Norge, EL og IT Forbundet.
- GWEC - Global Wind Energy Council (2021), Global Offshore Wind Report 2021.
- LO og NHO (2021), Felles energi- og industripolitisk plattform.
- Regjeringen (2021), *Storstilt satsing på havvind*, URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/storstilt-satsing-pa-havvind/id2900436/>
- Menon Economics (2021), Klimavennlig energiteknologi: forsknings – og innovasjonsdrevet næringsutvikling.
- COM/2020/741 final, *EU Offshore renewable energy strategy*
- Multiconsult (2021), Kartlegging av den norskbaserte fornybarnæringen i 2020.
- NTNU, SINTEF (2021). *Nordsjøen som plattform for grønn omstilling. NTNU og SINTEF*. <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-energi/arendalsuka/nordsjoen-som-plattform-for-gronn-omstilling.pdf>
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- Norsk Industri (2021), Leveransemodeller for havvind.
- THEMA (2021), Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse.
- International Energy Agency (IEA), 2019, Offshore Wind Outlook - World Energy Outlook special report. <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>
- IEA (2019), IEA Offshore Wind Energy Outlook 2019, URL: <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>

Solenergi

Det internasjonale solenergimarkedet er i vekst, og norske industriaktører innenfor prosessindustri har eksportambisjoner basert på utviklingen av konkurransedyktige lavutslippsmaterialer ved å utnytte tilgangen på konkurransedyktig fornybar kraft. Hjemmemarkedet er også i vekst og forsknings- og innovasjonsbehov knytter seg blant annet til integrasjon av solenergi i energisystemet. I tillegg er norske aktører involvert i utviklingen av nye løsninger for flytende og bygningsintegrert solkraft.

3.4.7 Satsing på solenergi ...

- ... kan være en bidragsyter i avkarbonisering i form av distribuerte løsninger for kraft og varme, spesielt i områder med svakt nett.
- ... vil bidra til utbygging av konkurransedyktig fornybar kraft- og varmeproduksjon og til å gi forbrukere eierskap over kraftproduksjon.
- ... kan bidra til ytterligere verdiskaping i norsk prosessindustri rettet mot et voksende solmarked som vektlegger lavutslippsmaterialer og til utvikling av nye konsepter som flytende solkraft og bygnings- og infrastrukturintegrert solenergi.

Satsingsområdet *Solenergi* inkluderer følgende temaer:

- Solkraft og solvarme i energi- og kraftsystemet
- Storskala og distribuert produksjon
- Flytende solkraft
- Bygningsintegrert solenergi
- Solcelleproduksjon
- Råvare og materialproduksjon
- Nye materialer, konsepter og teknologier
- Resirkulering og gjenbruk

3.4.8 Markedsutvikling, muligheter og konsekvenser for Norge

Satsingsområdet *Solenergi* bidrar til å øke konkurransedyktigheten og verdiskapingen i norsk energinæring og til å utnytte norske energiresurser.

Voksende solenergimarked og strengere krav til bærekraftige verdikjeder styrker posisjonen til norske material- og komponentprodusenter internasjonalt

Hjemmemarkedet for solkraft er i vekst, og den årlige installasjonsraten er i 2020 på 40-50 MW (Solenergiklyngen og FME SuSolTech, 2020). Veksten har medført økt omsetning innen utvikling, installasjon og drift av solanlegg i Norge, spesielt i bygg Internasjonale investeringer og utbyggingsplaner for solkraft er store, anslagsvis 470-1500 mrd. dollar skal investeres i perioden 2020-2030 (NHO, 2020). Det internasjonale markedet for solvarme er også voksende og i 2020 ble det globalt installert rundt 500 GW i termisk kapasitet, dette tilsvarer rundt 400 TWh_{th}/år (IEA Solar Heating & Cooling Programme, 2021). Det europeiske markedet utgjør en betydelig andel av det globale markedet og det er ventet vekst i varmeanlegg for fjernvarme, industrielle applikasjoner og bygg.

Solenergiklyngen og FME SuSolTech (2020) har anslått at den norske solbransjen vil omsette for mellom 60-118 milliarder kroner per år i 2030 for installasjon av solcelleanlegg i Norge, solparker, prosessindustri og flytende solkraftverk. Et stort og raskt internasjonalt voksende solmarked gir

omsetningsmuligheter for norske oppstrømsbedrifter. Strengere krav til lave CO₂-fotavtrykk styrker den internasjonale konkurranseevnen og eksportpotensialet til norsk silisium og systemkomponenter og -løsninger. Videre er silisium definert av EU som et kritisk råmateriale og er sentral i utviklingen av robuste verdikjeder (EU, 2020). Solkraft er også viktig i EUs oppdaterte industristrategi som støtter oppskalering- og industriinitiativer, deriblant European Solar Initiative.

Nye nasjonale og internasjonale markedsmuligheter ligger også i utviklingen hybridkraftverk (hvor solkraftverk er kombinert med annen kraftproduksjon) og av flytende solkraftteknologi. NREL har anslått et teknisk potensial for hybridkraftverk med flytende sol på vannkraftmagasiner til mellom 3 og 7.6 TW (Lee et al., 2020). Foreløpig er det installert 2 GW flytende solkraft globalt og dette forventes å øke til 10 GW innen 2025 (DNV, 2021).

Solenergi kan bidra med økt distribuert og integrert kraftproduksjon

Utbygging av solkraft i Norge vokser og Solenergiklyngen og FME SuSolTech (2020) forventer 1-4 TWh i ny produksjon innen 2030. Mot 2040 forventer NVE (2021) en vekst på 6 til 7 TWh sammenlignet med dagens nivå. Det tekniske solkraftpotensialet er betydelig større, Multiconsult og IFE har anslått et potensial på henholdsvis 32 og 50 TWh for solkraft installert på bygninger (Solenergiklyngen og FME SuSolTech, 2020). Solkraft i Norge muliggjør distribuert kraftproduksjon og kan gi økt forsyningssikkerhet i tørrår. Økt solkraftkapasitet i Europa gir også økt etterspørsel etter norsk, regulerbar kraft.

Råmaterialer til celleproduksjon og plassering av solkraftanlegg er sentrale natur- og klimautfordringer i solenergibransjen

Verdikjeden for solcellepaneler bidrar i mange tilfeller til sosiale konflikter og naturforringelse i forbindelse med utvinning av råmaterialer. I tillegg vil solceller og solfangere produsert ved hjelp av fossil energi redusere klimagevinsten fra teknologien. Solenergikomponenter produsert i Norge med fornybar kraft reduserer klimafotavtrykket for solcellepanelproduksjon betraktelig.

Installeringen og driftsfasen til større bakkeanlegg for solenergi er arealkrevende og kan medføre natur- og arealkonflikter. Utvikling av solkonsepter integrert i bygninger og annen infrastruktur kan bidra til å redusere natur- og arealkonfliktene. Distribuerte solenergiløsninger gir forbrukere muligheten til å bli prosumenter og produsere egen fornybar energi. Distribuerte løsninger kan også bidra til å øke forsyningssikkerheten i utkantområder med svakt nett. Solenergi, spesielt på mindre skala, har også potensial for å møte økt kraftetterspørsel på kortere sikt enn andre teknologier på grunn av korte ledetider på en til to år.

3.4.9 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Norge har få geografiske fortrinn når det gjelder produksjon av solkraft eller -varme, men har til gjengjeld gode forutsetninger for verdikjeden. I tillegg har Norge sterke forskningsmiljøer innenfor spesielt materialforskning og vi har en unik posisjon som eneste europeiske leverandør av råmaterialer med lang industriell erfaring.

Begrensede naturgitte fortrinn for kraftproduksjon, men betydelige i verdikjeden

I Norge er solinnstrålingen på flater 700-1000 kWh/m²/ år. Potensialet for solenergi avtar jo lenger nord man kommer (Solenergiklyngen, n.d.). Lokale forhold som geografi, bebyggelse og værforhold har også betydelig innvirkning på produksjonspotensialet. En fordel i Norge er det kjølige klimaet og snøen som bidrar til å øke virkningsgraden. Solinnstrålingen i Norge, spesielt i Sør-Norge og Østlandet, tilsvarer nesten forholdene i land som Tyskland hvor det er bygget ut betydelig mer produksjonskapasitet, nærmere 60 GW (NVE, 2021).

Med tanke på verdikjeden har Norge komparative fortrinn i form av god tilgang på konkurransedyktig fornybar kraft og råmaterialer. Konkurransedyktig fornybar kraft bidrar til at norske leverandører i verdikjeden for solceller kan tilby produkter med et betydelig lavere klimafotavtrykk enn mange konkurrenter. Lavt klimafotavtrykk i verdikjeden er i økende grad vektlagt i EU, både i reguleringer og i konkrete anbud, og vil ifølge leverandørene være et av de viktigste konkurransefortrinnene i årene fremover. Norge har også god tilgang på råmaterialer som kvarts og karbon.

Sterk teknologi- og kompetansebase

Norske FoU-miljøer er sterke på materialforskning, spesielt silisium, kraftelektronikk, solkraftsystemer og systemintegrasjon. Nyere forskningstemaer inkluderer hybridkraftverk og flytende solkraft. Forskningsmiljøene på solenergi er spredt utover landet, og det er etablert et FME for solcelleteknologier, SuSolTech. FME SuSolTech har som mål å sikre vekst i den innenlandske solcelleindustrien og øke antallet arbeidsplasser.

I perioden 2017 til 2020 bevilget det norske virkemiddelapparatet 1 mrd. kroner fordelt på 157 solkraftprosjekter. Dette utløste annen finansiering på 580 millioner kroner (Menon, 2021). Norske aktører har også mottatt prosjektstøtte fra EU på 77 millioner kroner gjennom Horisont 2020 (NFR, 2021). Norske forskningsmiljøer har sentrale roller i internasjonale initiativer som EUs EERA JP Photovoltaic Solar Energy og IEAs Photovoltaic Power Systems Programme.

Norge har unik industriell erfaring i Europa

Den norske solenergibransjen favner bredt og inkluderer blant annet internasjonalt viktige selskaper som er ledende i sine segmenter. Norge er et av få land i Europa med produksjon av silisium, ingots og wafere. Tilgang på fornybar kraft og ressurs- og energieffektiv produksjon bidrar til at norske produkter har et relativt lavt karbonfotavtrykk. Et lavt CO₂-fotavtrykk i produksjon og foredling av silisium vil med en innføring av utslippskrav og økodesign i solenergibransjen bli en stadig viktigere konkurransefordel.

Modellverktøy og smarte styringssystemer for solkraft er områder der norske aktører stiller sterkt. Norske aktører er også involverte i utviklingen av nye solenergikonsepter med fremtidig eksportpotensial. Konseptene inkluderer flytende solkraftteknologi, hybridkraftverk, og bygningsintegreerte løsninger. Utviklingen av flytende solkraftteknologier baserer seg på kompetanse fra offshorenæringen til å tilpasse anleggene for mer krevende forhold. Flytende solkraft utvikles også i kombinasjon med vannkraftverk og installeres på vannmagasiner. Erfaringer med optimerings- og fleksibilitetsmodeller fra kraftsystemet og offshorenæringen kan videreutvikles for integrasjon av hybride energi- og infrastrukturløsninger.

Solenergiklyngen er bransjens samlingsarena og har ambisjoner om næringsvekst, arbeider for internasjonalt samarbeid og utvikling og industrialisering av nye og bærekraftige solenergiløsninger. Den norske solenerginæringen omsatte for 6,9 mrd. kroner i 2020, hvorav internasjonal omsetning utgjorde 85% av den totale omsetningen (Multiconsult, 2021). På nasjonalt nivå har solkraftkapasiteten vokst stødig de siste årene, og sysselsettingen er hovedsakelig knyttet til utstyrsleveranser (Multiconsult, 2021). Hjemmemarkedet for solenergi er fortsatt i en tidlig fase og videre vekst gir betydelige muligheter for lokal sysselsetting.

3.4.10 Solkraft er høyt på agendaen i EU

Solkraft er en sentral energiteknologi for å nå EU-målet om økt andel fornybar energi i 2030. I 2021 er dette målet 32%, men det er foreslått hevet til 40%. Målet fører ikke bare til store mengder ny fornybar kraftproduksjon, men også til økt fokus på lavutslippsløsninger for varme og kjøling og

behov for termiske solkonsepter. EU har solkraft på sin forsknings- og innovasjonsagenda, og EU-Kommisjonen jobber med en egen PV-strategi som skal være klar i 2022. Det er flere EU-initiativer for utvikling av en europeisk verdikjede og det foreligger planer om å etablere et IPCEI for PV. Flere av medlemslandenes nasjonale gjeninnhenningsplaner som følge av covid-19-pandemien inkluderer støtteordninger for å stimulere installasjon solcellepaneler. I tillegg har EU et økende fokus på lavutslippsbyer og energisamfunn, inkludert utvikling av lokale løsninger for solenergi og mikronett.

3.4.11 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til kunnskaps- og teknologibehovet til aktører langs hele verdikjeden for solenergi. De viktigste overordnede temaene er forskning og innovasjon som gir kostnadsreduksjoner i utvikling, installasjon og drift av solenergi og som øker verdien av produsert solenergi. Forskningstemaene kan grovt kategoriseres som solenergi i samspill med kraftsystemet, integrerte og nye konsepter, og bærekraftig materialproduksjon.

Solenergi i systemet og digitalisering

- Integrasjon av solkraft i kraftsystemet
- Flexibilitets- og lagringsløsninger for solenergi (batterier og termisk)
- Effekten av termiske energiløsninger på kraftforbruk og energisystemet
- Integrasjon av solvarme i prosessindustrien
- Digitalisering og smart styring av solenergianlegg
- Verktøy og prognoser for prosjektutvikling (ressurskartlegging, systemparametere)
- Ytelse og degradasjon solkraftsystemer i Norge
- Drift og vedlikehold av solanlegg
- Lokale energiløsninger som alternativ til nett

Nye konsepter og teknologier

- Hybridkraftverk (sol+vann, sol+vind, sol+batterier, sol+X)
- Solkraft i landbruket (Agri-PV)
- Solfangere
- Ny teknologi for flytende solkraft
- Ny teknologi for bygningsintegrerte anlegg
- Utvikling av fremtidens prosesser for produksjon av materialer til kostnadseffektive og miljøvennlige silisiumbaserte solceller, samt utvikling av fremtidige materialer for solkraft.

Samfunn og miljø

- Regulering og rammebetingelser for lokale energiløsninger som alternativ til nett
- Arealkonflikter og sosial aksept
- Miljøvirkninger av storskala PV-anlegg og naturhensyn tilpasset norske forhold
- End-of-life og sirkulær industriproduksjon
- Bærekraftige produksjonsprosesser og regelverk, og dokumentasjon for bærekraft i produksjon

3.4.12 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov og realisere aktørenes ambisjoner innen solenergi.

FoU-I:

- Etablere et FME for solenergi
- Virkemidler for kartlegging av solressurser.
- Sikre muligheter for FoU-prosjekter på et høyere TRL-nivå og støtte deltakelse i EU-fora.
- Delta aktivt i utformingen av EU utlysninger for å få det relevant for norsk solenergiindustri

Kommersialisering/markedsintroduksjon:

- Tilrettelegge for et bredt hjemmemarked.
- Krav til CO₂-fotavtrykk kan stimulere norsk leverandørindustri internasjonalt. Ta en aktiv rolle i utformingen av EU-prosesser (Eco design, Energy label for PV, Green Public Procurement).
- Omforent metodikk for å beregne, prise og dokumentere bærekraft.
- Norge bør delta aktivt for å etablere og delta i en IPCEI for PV og europeiske initiativer for å bygge europeiske verdikjeder
- Delta aktivt i utforming av relevant regulering som for eksempel Eco Design Directive og Energy Label og Green Public Procurement.

Utdanning:

- Solenerginæringen har et stort kapasitetsbehov og mangler bl.a. installatører. Det er behov for flere fagbrev, bachelor- og masterplasser.

Kilder:

- EU (2020), Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474>
- IEA Solar Heating & Cooling Programme (2021), Solar Heat Worldwide, 2021 Edition. <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2021.pdf>
- Menon (2021), Klimavennlig energiteknologi: Forsknings- og innovasjonsdrevet næringsutvikling.
- DNV (2021), "DNV publishes world's first recommended practice for floating solar power plants", Accessed: 07.03.2022. URL: <https://www.dnv.com/news/dnv-publishes-world-s-first-recommended-practice-for-floating-solar-power-plants-199138>
- Multiconsult (2021), Kartlegging av den norskbaserte fornybarnæringen i 2020.
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- Lee, N., Grunwald, U., Rosenlieb, E., Mirletz, H., Aznar, A., Spencer, R. og Cox, S. (2020), Hybrid floating solar photovoltaics-hydropower systems: Benefits and global assessment of technical potential. *Renewable Energy*, 2020 (162), 1415-1427.
- NVE (2021), Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021-2040. Forsterket klimapolitikk påvirker kraftprisene.
- NVE (2021), Solkraft. URL: <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/> (Sett dato: 25.02.2022)
- Solenergiklyngen og FME SuSolTech (2020), Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030.
- Solenergiklyngen (n.d.), Mer om solenergi. URL: <https://www.solenergiklyngen.no/mer-om-solenergi/> (Sett dato: 25.02.2022)
- THEMA (2021), Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse.
- Energi21 (2021), Møtereferat fra strategisk arbeidsmøte om Solenergi, 07.09.2021

3.5 Batterier

Utvikling og anvendelse av batteriteknologi er avgjørende for avkarbonisering av transport, samtidig som det utgjør en mulighet for utvikling av ny grønn industri. Norge har allerede en etablert prosessindustri basert på sentrale batterimaterialer og verdensledende produsenter av batteripakker for maritim sektor. I tillegg har flere aktører iverksatt planer for battericelleproduksjon. Utvikling av en nasjonal batteriverdikjede vil kreve en betydelig satsing på utdanning og kompetansebygging, tilgang til internasjonale markeder og videreføring av norske komparative fortrinn.

3.5.1 Satsing på batterier ...

- ... er spesielt avgjørende for avkarbonisering av transportsektoren.
- ... kan bidra til balansering av kraftnettet og reduksjon av effekttopper og dermed økt leveranse- og forsyningssikkerhet i et kraftsystem med voksende variabel fornybar kraftproduksjon.
- ... vil bidra til utvikling av ny grønn industri med flere tusen arbeidsplasser i form av en norsk batteriverdikjede basert på etablert prosessindustri og nyetablering av celledproduksjon som utnytter konkurransedyktig fornybar kraft og lokal tilgang på sentrale råmaterialer.

Satsingsområdet *Batterier* inkluderer følgende temaer:

- Prosessering av råmaterialer
- Batterikjemi, -celleproduksjon og -systemer
- Prosessdesign for oppskalering
- Batterier i kraftsystemet
- Batterier i applikasjoner, inkl. hybrid system
- Nye materialer, teknologier og konsepter
- Ladeteknologi og -konsepter, inkl. høyeffektloading
- Batterisikkerhet og kontrollsystemer for batterier, inkl. hardware og software
- Resirkulering og gjenbruk
- Digitalisering

3.5.2 Markedsutvikling, muligheter og konsekvenser for Norge

Satsingsområdet *Batterier* bidrar spesielt positivt til avkarbonisering av transport, balansering av kraftnettet og til å øke konkurransedyktighet og verdiskaping i norsk energinæring.

Batterier muliggjør store utslippskutt i transportsektoren, og Norge kan produsere lavutslipps batterier

Økt bruk av batterielektriske fremdriftssystemer i transportsektoren er nødvendig for å redusere klimagassutslippene i tråd med klimamålene, og er den største bidragsyteren til å avkarbonisere transportsektoren. Samtidig er det store klimagassutslipp knyttet til nåværende verdikjede for produksjon av batterier, hovedsakelig fra produksjon av råmaterialer og produksjon av battericeller. Klimagassutslippene er i stor grad knyttet til kraftmiksen brukt i produksjonen (WEF, 2019). Eksempelvis kan en batteripakke for bruk i elbiler ha 60% høyere karbonfotavtrykk hvis det er produsert i et land hvor produksjonsparken er dominert av kull, kjernekraft og naturgass

sammenlignet med om det hadde vært produsert i et land med fornybar produksjon (L. Ager-Wick Ellingsen et.al., 2014). Material- og celleproduksjon i Norge basert på vannkraft kan dermed bidra til å redusere utslippene i batteriverdikjeden betydelig.

Batterimarkedet skal vokse enormt de kommende årene og det er betydelig norsk omsetningspotensial

Det forventes store internasjonale investeringer i batterier og batteriproduksjon på grunn av kraftig økende etterspørsel, spesielt fra transportsektoren mot 2030. Nøyaktig hvor stor etterspørselen etter batterier vil være i tiårene som kommer varierer mellom forskjellige analyser, men det er bred enighet om at markedet vil vokse fra dagens 300 GWh. Et konservativt anslag på etterspørselen i 2030 er 3200 GWh, altså en tidobling, mens enkelte analyser anslår etterspørselen til over 5000 GWh (Prosess21, 2022). Det årlige omsetningspotensialet for batterier i Norge er av NHO (2020) estimert til 9 mrd. euro per år i 2030, dersom man lykkes med celleproduksjonen nasjonalt.

En andel av den voksende batterietterspørselen vil komme fra batterisystemer til maritim sektor, hvor Norge allerede har ledende aktører. Det globale markedet for slike batterisystemer forventes å vokse til rundt 1,9 mrd. dollar per år i 2030 (Research and markets, 2021). Norske aktører er aktive og har initiativer langs hele verdikjeden for batterier. Aktørene har ambisjoner om å ta markedsandeler hjemme og internasjonalt, og det er med utvikling av en norsk batteriverdikjede store muligheter for etablering av en ny grønn industri.

Verdikjeden for batterier har store utfordringer knyttet til bærekraft og natur- og miljøpåvirkning, men batterier kan bidra til å redusere naturinngrep på lang sikt

Naturpåvirkning og sosiale konsekvenser ved materialutvinning- og gjenvinning er sentrale utfordringer i bransjen. Dette gjelder spesielt utvinning av kobolt i Kongo, grafitt og nikkel i Kina, og grafitt og mangan i Sør-Afrika og Brasil (EU JRC, 2020). I tillegg til utfordringene i eksisterende verdikjede kan vekst i batterietterspørsel føre til at etableringen av nye gruver for råmaterialer legger ytterligere press på sårbare økosystemer og arbeidere.

Dagens Li-ion batterier har lav gjenvinningsgrad i EU fordi det anses som teknologisk krevende og kostbart. I EU foreligger det siden desember 2020 et forslag til et nytt batteridirektiv som vil stille krav til batteriindustrien innenfor resirkulering, økodesign, bærekraft og karbonfotavtrykk (EU COM/2020/798). I tillegg støtter forslaget ombruk av batterier som vil redusere karbonfotavtrykket over batteriets levetid. Økt gjenbruk av batterier og resirkulering av råmaterialer vil være essensielt for å minimere naturpåvirkning og sosiale konsekvenser av batteriverdikjeden og lykkes med en bærekraftig avkarbonisering av transportsektoren. På lang sikt kan bruk av batterier i kraftsystemet bidra til å redusere nødvendige areal- og naturinngrep fra nettinfrastruktur ved å kutte lokale effekttopper og tilrettelegge for mer egenproduksjon av kraft.

Battericelleproduksjon kan øke norsk kraftetterspørsel og batterier i kraftsystemet kan bidra til økt forsyningssikkerhet

Batteriproduksjon i Norge vil kunne medføre økt kraftetterspørsel på 3-10 TWh i 2030 (THEMA, 2021), og vil dermed kunne utnytte norske energiresurser til å skape arbeidsplasser. Økt innslag av batterier i kraftsystemet kan komme fra storskala batterier, batterier bak måleren eller i elbiler og vil ved optimal bruk kunne bidra med balansering og energilagring som vil styrke forsyningssikkerheten og redusere behovet for nettutbygging. Storskala og fleksible batterier i kraftsystemet vil også være nødvendig for å balansere kraftnettet med økt innslag av fornybar kraft.

3.5.3 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Tydelige naturgitte fortrinn med fornybar kraft og tilgang på kritiske råmaterialer

Tilgang på konkurransedyktig fornybar kraft til produksjon av råmaterialer og battericeller med lavt karbonfotavtrykk er en sentral konkurransefordel for norske næringsaktører. EU vektlegger utviklingen av en grønn og sirkulær batteriindustri. Det er blant annet ventet krav til dokumentasjon av karbonfotavtrykk i verdikjeden med introduksjon av et klassifiseringssystem fra 2026 og absolutte grenser for tillatt fotavtrykk fra 2027 (COM/2020/798).

I tillegg produserer Norge materialer som EU anser som kritiske råmaterialer, deriblant grafitt, kobolt, mangan, silisium og nikkel. Det jobbes med å etablere strategiske verdikjeder for å styrke forsyningssikkerheten på disse råmaterialene i EU, og deltakelse i disse verdikjedene utgjør et eksportpotensial for norsk industri (Prosess21, 2021).

Sterk teknologi- og kompetansebase innenfor materialteknologi og voksende batterimiljøer

Norge har sterke FoU-miljøer innenfor materialteknologi, mens sterke batterimiljøer er under utvikling. Enkelte forskningsmiljøer har allerede bygget opp solid kompetanse og samarbeider med verdens fremste institusjoner innenfor fagområdet. Miljøene etterspør felles forskningsarenaer og testinfrastruktur, og i slutten av 2021 ble det bevilget midler til etablering av moderne laboratorier for batteriforskning, *Norwegian Advanced Battery Laboratory* (Regjeringen, 2021).

Forskningsaktørene har også muligheter til å delta på store europeiske batterisatsinger, men Norge er ikke med i IPCEI Battery. Dette gjør at norske aktører møter større barrierer for å delta i europeiske batterisatsinger enn andre europeiske aktører.

Norge har en høyt utdannet arbeidsstyrke, men det er behov for kompetansespissing inn mot celleproduksjon og batteriteknologi. Det er stort behov for utdanningsplasser på fagskole- og universitetsnivå for å kunne etablere en konkurransedyktig batteriverdikjede i Norge. Allerede fra 2024 og påfølgende år skal det iverksettes storskala celleproduksjon som vil kreve flere tusen ansatte spesialisert innenfor material- og batteriteknologi, produksjon og logistikk (Norsk Industri, 2021).

Norge har ledende erfaring innenfor prosessindustrien, med celleproduksjon i startgropen

På sluttbrukersiden er norske næringsaktører innenfor sjøfart og stasjonær lagring ledende i utvikling og testing av batteriapplikasjoner og -systemer. I tillegg finnes en sterk leverandørindustri av tilpassede batteriløsninger. Norge har allerede en etablert prosessindustri som produserer og foredler flere essensielle råvarer og materialer for batteriproduksjon. Flere større aktører innenfor energibransjen og annen industri etablerer initiativer og har ambisjoner om å delta i satsingen på en nasjonal batteriverdikjede.

Norge har flere industriklynger med initiativer rettet inn mot en norske batteriverdikjede. EYDE-klyngen består av aktører knyttet til prosessindustrien og har batteriverdikjede som eget fokusområde med styrking av medlemsbedriftenes leveranse til dette segmentet. Kongsberg Klyngen er en industridrevet kompetanseklunge og har blant annet med prosjektet *Norwegian Battery Packing Network* som mål å sikre posisjonen til en norsk batteriverdikjede i internasjonale markeder med spesielt fokus på batteripakker innenfor ulike sluttbrukersektorer. I tillegg arbeider det nyetablerte industrisamarbeidet Battery Norway tett opp mot EUs batteristrategi, for nasjonal kompetanseutvikling og -overføring og for å styrke aktørenes posisjon og samarbeid internasjonalt.

3.5.4 Batterier står høyt på EU-agendaen

EU har siden lanseringen av Strategic Action Plan on Batteries i 2019 hatt en storstilt satsing på etablering av en europeisk batteriverdikjede med bred involvering av utdannings- og

forskningsinstitusjoner og industri. Satsingen inkluderer initiativer som European Battery Alliance, IPCEI Batteries, Battery2030+, BATT4EU, og Batteries Europe - European Energy Technology and Innovation Platform. Norge er en sterk bidragsyter i European Battery Alliance og har en ledende rolle i og en sterk posisjon i Batteries European Partnership Association (BEPA).

Gjennom EUs forskningsprogram Horisont 2020 har norske aktører mottatt rundt 32 millioner euro til prosjekter for batterier i transportsektoren. Horisont Europa programmet vil videreføre batteri-relaterte utlysninger med et budsjett på over 900 millioner euro i neste programperiode (BEPA, n.d.). Disse utarbeides i samarbeid med BEPA og Zero-emission Waterborne Transport partnership, og norske aktører bidrar aktivt i begge.

I desember 2020 lanserte EU-kommisjonen et utkast til nytt batteridirektiv for å sikre en sirkulær og bærekraftig europeisk batteriverdikjede. Det nye direktivet inkluderer blant annet krav knyttet til andel resirkulert råmateriale i batterier, due diligence programmer på verdikjedene og som nevnt maksgrenser for karbonfotavtrykk (EU COM/798, 2020). Utkastet er til behandling i Europarådet våren 2022, og en beslutning forventes i mars 2022. Endringene vil ytterligere kunne styrke Norges konkurransefortrinn i kampen om markedsandeler i Europa.

3.5.5 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til kunnskaps- og teknologibehovet til aktører langs hele verdikjeden for batterier. Forskningstemaene omfatter materialer og råvarer, battericelleproduksjon, batteriutnyttelse, sikkerhet, gjenbruk og resirkulering og digitalisering.

Materialer og råvarer

- Materialer og råvarer til batteriproduksjon og -moduler, inkl. passive materialer.
- Materialer og konsepter, inkl. foredling av råvarer, for batterier med høyere energitetthet og sikkerhet enn Li-ion batterier som for eksempel faststoffbatterier, litium-jernfosfatbatteri og nikkel-mangan-koboltbatteri.

Battericelleproduksjon

- Energieffektiv, miljøvennlig, og automatisert battericelleproduksjon basert på egen immaterialrett.
- Robotisering og automatisering langs hele verdikjeden.

Batteriutnyttelse

- Batterier i energisystemet og kraftproduksjon.
- Tilpassing av batteriegenskaper til applikasjoner.
- Høyeffektlading for batterier og ladesystemer.
- Styring og sensorikk for batterier i batterisystem.
- Batterisystemer – electrical and thermal management
- Ladeteknologi for elektriske fartøy og andre applikasjoner.
- Nullutslippsløsninger med brenselceller, hydrogen, ammoniakk og batterier for hurtigskip og ferger.

Sikkerhet, gjenbruk og resirkulering

- Systemdesign og styringssystemer for sikker utnyttelse av brukte batterier.
- Metodikk for sortering, batteridesign og materialvalg for resirkulering.
- Metodikk for og automasjon i resirkuleringsprosesser

Annet

- Prosessdesign for oppskaleringsfasen.
- Kostnadsstudier langs verdikjeden med fokus på utvikling underveis fra pilot til storskala.
- Selfhealing
- Livssyklusanalyser og materialflytanalyser

Digitalisering

- Modellering fra celle til system.
- Digital tvilling til blant annet batterisystemer, produksjonsprosesser mm.

3.5.6 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov og realisere aktørenes ambisjoner innen batterier.

FoU-I:

- Virkemidler som dekker hele TRL-skalaen, men spesielt viktig at lavere nivåer dekkes. Etablering av et felles industrialiseringssenter for mer modne prosjekter, TRL > 5.
- Øke satsingen på næringsrettet forskning nasjonalt og samarbeid på nordisk og internasjonalt nivå.
- Økt støtte til nye initiativer mot kjente teknologier og markeder Felles infrastruktur for oppskalering og storskala testing av batterisystemer i Norge.
- Videreføring av STIM-EU (eller tilsvarende) for å sikre at norske FoU-aktører konkurrerer med like vilkår i kampen om EU-midler.
- Støtte til utvikling av immaterialrett og patentering

Kommersialisering/markedsintroduksjon:

- Virkemidler for små og mellomstore bedrifter bør være lettere tilgjengelige, inkludert støtte til EU-søknader.
- Fellesarena for kvalifisering av prosesser, komponenter etc.
- Økt koordinering inn mot EU og internt i Norge, se til ETIP, IPCEI og BEPA - fora med industriaktører og næringsliv. Utrede mulig deltakelse i eksisterende IPCEI på batterier.
- Styrke begynnende klynge-arbeid innenfor batteri (eks. Battery Norway).
- Etablere en norsk batteristrategi.
- Norske betingelser og virkemidler må være på nivå med betingelser for IPCEI på batteri.
- Støtte til bygging av pilot og fullskalaanlegg for hele batteriverdikjeden

Utdanning:

- Kompetansebygging med nye og flere fagutdanninger og studieplasser. Behov for programmer for videreutdanning innen batteriindustrien, og universitetene trenger flere professorer.
- Samarbeid mellom universiteter, forskningsmiljøer og industri.

Kilder:

- BEPA (n.d.), Horizon Europe Calls. URL: <https://bepassociation.eu/funding-opportunities/horizon-europe/> (Sett dato: 15.03.2022).

- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- Norsk Industri (2021), BattKOMP Kompetansebehov i batteriindustrien.
<https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/battkomp-del-1---ferdig-rapport.pdf>
- Prosess21 (2021), Prosess21 Hovedrapport.
- Prosess21 (2022), Prosess21 Kunnskapsgrunnlag Batteristrategi
- Regjeringen (2021), 1,4 milliarder kroner til laboratorier, utstyr og annen forskningsinfrastruktur. (Pressemelding 10.12.2021, URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/penger/id2891691/>)
- THEMA (2021), Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse.
- COM/2020/798 final, Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020
- WEF (2019), *A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030: Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation*, Global Battery Alliance (GBA)/World Economic Forum (WEF), Sept. 2019
- L. Ager-Wick Ellingsen et al (2014), Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack, Journal of industrial ecology. URL: <http://bilavgifter.org/files/2015/02/Hammer-jiec12072-ea.pdf>
- EU COM/2020/798 final (2020), Draft Battery Regulation: Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020
- EU JRC (2020), Mancini, L., Eslava, N. A., Traverso, M., Mathieux, F., Responsible and sustainable sourcing of battery raw materials, EUR 30174 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-17950-4, doi:10.2760/562951, JRC120422
- Research and markets, 2021. Global Marine Battery Markets 2021-2030 with Wartsila, Akasol, Corvus Energy, Enchandia, Saft Total, Siemens, and Leclanche SA Dominating. Accessed: 06.03.2022. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-marine-battery-markets-2021-2030-with-wartsila-akasol-corvus-energy-enchandia-saft-total-siemens-and-leclanche-sa-dominating-301448189.html>
- Energi21 (2021), Møtereferat fra strategisk arbeidsmøte om Batterier, 21.09.2021

3.6 Hydrogen

Hydrogen er nødvendig for å avkarbonisere verdens energiforbruk, med størst behov i transport- og industrisektorene. Den internasjonale satsingen på hydrogen er betydelig. Norges største eksportmarked for naturgass, EU, gir hydrogen en nøkkelrolle i å nå sitt nullutslippsmål for 2050. Norske industri- og energiaktører har iverksatt flere større konkrete utbyggingsplaner for produksjon og bruk av hydrogen og hydrogenbærere som ammoniakk. Verdens første hydrogendrevne ferje settes i drift vinteren 2022, og hydrogenbaserte løsninger for andre maritime fartøy er under utvikling. Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til sikker håndtering av hydrogen og ammoniakk, samt utvikling av kostnadseffektive fullskala verdikjeder.

3.6.1 Satsing på hydrogen ...

- ... løfter fram en nøkkelteknologi for å avkarbonisere industri- og transportsegmenter som vanskelig lar seg elektrifisere.
- ... bidrar med en pålitelig energikilde med transport- og lagringsegenskaper som tilbyr nødvendig fleksibilitet og dermed forsyningsikkerhet i et utslippsfritt energisystem.
- ... utgjør et stort potensial for utvikling av nye grønne industrier i Norge langs hele verdikjeden, med stort internasjonalt eksportpotensial.

Satsingsområdet *Hydrogen* omfatter følgende temaer:

- Sikker håndtering av hydrogen og ammoniakk
- Produksjon av hydrogen og hydrogenbærere som ammoniakk, metanol og andre syntetiske drivstoff (inkluderer både hydrogen fra elektrisitet via elektrolyse – grønt hydrogen, og hydrogen fra naturgass der produsert CO₂ fanges og lagres permanent – blått hydrogen)
- Flytendegjøring av hydrogen
- Produksjon av elektrolysører og brenselceller
- Komponenter for distribusjon og bruk av hydrogen (f.eks lagringstanker, rør, pumper)
- Bruk av hydrogen/ammoniakk i industri (innsatsfaktor, varme) og transport (brenselceller, gassturbiner)
- Digitalisering

3.6.2 Markedsutvikling, muligheter og konsekvenser for Norge

Satsingsområdet *Hydrogen* bidrar positivt til å utnytte norske energiresurser og til å øke konkurransedyktigheten og verdiskapingen i den norske energinæringen.

Produksjon av hydrogen vil bidra til å utnytte norske energiresurser

Grønn hydrogenproduksjon kan medføre økt kraftetterspørsel på 3-9 TWh i Norge i 2030 (NVE, 2021; Statnett, 2021; DNV GL, 2021). Produksjon av grønt hydrogen kan også introdusere mer fleksibilitet i kraftsystemet. Ressursgrunnlaget for en eventuell hydrogeneksport fra Norge er betydelig større for blått hydrogen enn grønt hydrogen, fordi de tilgjengelige gassressursene er flere dimensjoner større enn kraftressursene i Norge.¹² Norsk naturgass kan videreføres til blått hydrogen og CO₂en fanges og lagres permanent på den norske kontinentalsokkelen. Dette bidrar til langsiktig verdisikring av naturgassressursene. Flere aktører har allerede konkrete planer for storskala produksjon av både grønt og blått hydrogen i Norge.

¹² I 2020 eksporterte Norge 1087 TWh naturgass og 25 TWh elektrisitet (<https://www.ssb.no/statbank/table/11561>). Fremtidig eksport vil avhenge av utbyggingstakt av hydrogen-produksjon samt utvinning av naturgass.

Hydrogen er en nøkkelteknologi for å avkarbonisere enkelte industri- og transportsegmenter

Hydrogen vil ha en sentral rolle i å eliminere utslipp av både klimagasser og lokal forurensing innenfor deler av maritim sektor, tungtransport, luftfart og industri. Hydrogenteknologier er derfor nødvendig for å nå klimamålene og omstille energisystemer til å være bærekraftige og med netto-nullutslipp av klimagasser. Norske aktører arbeider i dag aktivt med utvikling og implementasjon av teknologier og verdikjeder for alle de fire segmentene. Det er i dag blant annet krav om hydrogen-framdrift for to ferjesamband¹³, verdens første ammoniakk-drevne offshoreskip er under utvikling, og Enova tildelte i 2021 rundt 500 millioner kroner til to prosjekter med målsetting om industriell bruk av hydrogen.

I et fullfornytbart kraftsystem uten tilgang på store energilagere i form av vannkraft, vil hydrogen også bidra med nødvendig storskala energilagring ved å produsere grønt hydrogen i perioder med høy fornybar kraftproduksjon.

Miljøpåvirkning avhenger av typen hydrogenproduksjon

Produksjon av grønt hydrogen er avhengig av betydelige mengder fornybar kraft og kan medføre betydelige arealbruk, og gi naturkonflikter knyttet til utbygging av fornybar kraft.

Produksjonsprosessen behøver i tillegg betydelige mengder vann som innsatsfaktor. Blått hydrogen vil beslaglegge mindre areal, men den totale miljøpåvirkningen vil være helt avhengig av mengden metan og CO₂ som slippes ut i atmosfæren under utvinning og transport av naturgass, samt ved produksjon av hydrogen. Effekten på naturen kan reduseres ved å utnytte eksisterende gassinfrastruktur.

Hvilken reduksjon av klimagassutslippene bruken av hydrogen gir, er avhengig av størrelsen på CO₂-utslipp knyttet til innsatsfaktorene strøm (via elektrolyse) og naturgass (via reformering). Fornybar kraft og naturgassproduksjon med lavt CO₂-fotavtrykk bidrar til å redusere utslippene fra blått hydrogen. EUs taksonomi setter krav til hvordan produksjonen skal foregå for å sikre at energibæreren bidrar til å redusere klimagassutslipp. EU løfter også fram i sin strategi at det er behov for mer forskning på livssyklusanalyser for hydrogenteknologi inkl. verdikjeder og bruk av kritiske råmaterialer (European Commission, 2020).

Utviklingen av en verdikjede for hydrogen medfører store investeringer

Regjeringen peker i Hurdalsplattformen på behovet for å utvikle en komplett hydrogenverdikjede og ønsker å sette årlige produksjonsmål for blått og grønt hydrogen innen 2030. I EU er det konkrete planer for etablering av hydrogenmarkeder og verdikjeder. EU og Storbritannia har satt konkrete produksjonsmål, EU med mål om 40 GW elektrolysekapasitet innen 2030 og Storbritannia med ambisjoner om 5 GW produksjonskapasitet fra både blått og grønt hydrogen (European Commission, 2020; Secretary of State for Business, Energy & Industrial Strategy, 2021). EU har med REPowerEU lansert i mars 2022 blant annet økt sine hydrogenambisjoner for å sikre energiforsyningen og fremskynde markedsetablering (European Commission, 2022). Ambisjonene innebærer en økning i bruk av fornybart hydrogen i 2030 med 15 millioner tonn, hvorav 10 millioner skal importeres og 5 millioner skal komme fra økt produksjon i EU.

Ifølge Hydrogen Council (2021) foreligger det globale investeringsplaner i hydrogen på 300 mrd. USD til 2030. En Europeisk studie (Hydrogen4EU) har anslått at omstillingen til lavutslippssamfunnet vil medføre investeringer i hydrogenverdikjeden på 1500-2700 mrd. euro fram til 2054 (Deloitte, 2021). Det årlige omsetningspotensialet for norske aktører er anslått å være 1 mrd. euro i 2030 med en vekst mot 7-20 mrd. euro per år i 2050 (NHO, 2020).

¹³ Riksveg 13 Hjelmeland–Nesvik–Skipavik, MF Hydra, LH2 & Bodø-Lofoten, hydrogen

3.6.3 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Betydelige naturgitte fortrinn i form av fornybar kraft og naturgassressurser

Norge har i et europeisk perspektiv god tilgang på konkurransedyktig fornybar kraft som vil være et fortrinn for produksjonen av grønt hydrogen. I tillegg kan hydrogenproduksjon gi synergier i tilknytning til kraftproduksjon fra havvind. Norge har også store naturgassressurser som kan brukes til å produsere lavutslippshydrogen på en skala som er langt større enn potensialet ved produksjon av grønt hydrogen.

Sterk teknologi- og kompetansebase med betydelig økt satsing

Norge har sterke FoU-miljøer innenfor elektrolyse, brenselcelleteknologi og materialforskning, og et sterkt FoU-miljø for hydrogen generelt er under utvikling. I 2022 ble det opprettet to forskningssentre for miljøvennlig energi (FME) innenfor hydrogen og ammoniakk, og det pågår allerede utstrakt forskning på forbrenning av hydrogen i pågående sentre. Norske forskningsmiljøer er også internasjonalt anerkjente innenfor tilgrensende områder med overføringsverdier til hydrogen, som gass og CO₂-håndtering. Flere forsknings- og innovasjonsprogrammer støtter hydrogenprosjekter, deriblant programmet for miljøvennlig energi i Forskningsrådet, IPCEI (Enova forvalter norsk deltakelse), Pilot-E, Grønn Plattform og sentersatsing som Katapult Sustainable Energy.

Lang industriell erfaring og store vekstambisjoner

Norge har solid industriell erfaring innenfor elektrolyse, lagringssystemer og modellering. I tillegg har sentrale norske aktører lang erfaring med gassprosessering og ammoniakkproduksjon. Det er også i ferd med å etableres industri knyttet til produksjon av brenselceller. Tilgangen på god gassinfrastruktur og nyetableringen av en verdikjede for CO₂-håndtering gir nasjonale muligheter for blå hydrogenproduksjon. I tillegg har norske aktører mer enn 20 års erfaring med CO₂-lagring på norsk sokkel.

Norge har flere aktører involvert i prosjekter i hydrogenverdikjeden, for både grønt og blått hydrogen. LO og NHO har i sin felles industripolitiske plattform frem mot 2030 lansert ambisjoner om storskala industriprosjekter med installert effekt på 1,5-2 GW i grønt hydrogen (LO og NHO, 2021). Et videre mål er at det skal etableres et storskala anlegg for blå hydrogenproduksjon med transportløsning til Europa og at det skal tas en investeringsbeslutning for et pilotanlegg for hydrogenproduksjon tilknyttet havvind (LO og NHO, 2021). Næringslivets hydrogeninteresser ivaretas blant annet av næringsklyngene H2Cluster og Ocean Hyway Cluster, hvorav sistnevnte har spesifikt fokus på hydrogen til maritim sektor. Flere maritime aktører og miljøer er aktive i utvikling og første bruk av hydrogenbærere, i tillegg satser flere norske industriaktører på utvikling av sluttbrukerløsninger for hydrogen. I desember 2021 annonserte Enova 1 mrd. kroner i støtte til tre storskala-prosjekter for bruk av hydrogen i produksjonsprosesser for stål og ammoniakk, samt ammoniakkproduksjon fra naturgass med integrert fangst av CO₂.

3.6.4 Målrettet satsing i EU gir store muligheter for Norge

Gjennom ulike virkemidler og reguleringer satser EU målrettet på å etablere et europeisk hydrogenmarked. Den målrettede satsingen gir norsk næringsliv store muligheter for verdiskaping og eksport av hydrogen og hydrogen-teknologier. Deltakelse i Europeiske forsknings-, utviklings- og innovasjonsprosjekter kan gi norske aktører nye samarbeidspartnere og inngående kjennskap til det framvoksende markedet, og dermed gi konkurransefortrinn i EU. Midler til forskning og utvikling av hydrogenteknologier er primært tilgjengelig i "Clean Hydrogen Partnership", der norske forskningsinstitutter er sterkt representert, og gjennom IPCEI Hydrogen som Norge er medlem av og til nå har nominert to prosjekter til. Gjennom programmet Horisont 2020 har norske

hydrogenprosjekter knyttet til transportsektoren mottatt 13,7 millioner euro (FNR, 2021). Der norske FoU midler er tilgjengelig for å utvikle både blå og grønne hydrogenprosjekter, er hovedfokuset i EU på utvikling av fornybar kraftproduksjon og elektrolysører.

3.6.5 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til kunnskaps- og teknologibehovet til aktører langs hele verdikjeden for hydrogen. Viktige temaer omfatter sikkerhet, kostnads- og energieffektive verdikjeder, integrasjon av hydrogen i det eksisterende energisystemet og rammebetingelser.

Sikker bruk av hydrogen og hydrogenbærere

- Forbedre kunnskapsgrunnlag og utarbeide standarder for sikker bruk, distribusjon og produksjon på land og til havs.
- Kvalifisering og dokumentering av sikkerhetsmodeller og risikobasert design.
- Digitale og sensorbaserte overvåkingssystemer.

Utvikling av kostnads- og energieffektive verdikjeder

- Utvikling av teknologier og komponenter og produksjonsprosesser for disse langs hele verdikjeden - hydrogen fra naturgass med høy fangstgrad av CO₂, elektrolysører, flytendegjøring, lagringsteknologier og brenselceller.
- Konvertering til/fra hydrogenderivater som ammoniakk og organiske hydrogenbærere.
- Sluttbrukerapplikasjoner til for eksempel lagring og komponenter som ventiler, pumper, rør osv. i markedssegmenter som blant annet industri og transport.

Integrasjon av hydrogenverdikjeder inn i det eksisterende energisystemet

- Samspill mellom nasjonalt og internasjonal etterspørsel og tilgjengelige produksjonsressurser, og samfunnsøkonomiske investeringer. Potensialet for eksport av hydrogen basert på norske ressurser.
- Klima- og miljøfotavtrykk for verdikjeden.
- Potensialet som fleksibilitetsleverandør i kraftsystemer med en høy andel ikke-regulerbar produksjon.

Muliggjørende rammebetingelser (for markedsetablering)

- Lovverk og reguleringer.
- Markedsdesign, investoranalyser.
- Det offentliges rolle i å fremme samfunnsøkonomisk lønnsom utvikling og investering i hydrogeneteknologi og infrastruktur.

3.6.6 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov og realisere aktørenes ambisjoner innen hydrogen.

FoU-I:

- Videreføre Grønn plattform-ordningen som legger til rette for forskning og innovasjon på høyt TRL-nivå i tett interaksjon med kunnskapsbyggende forskning på lavere TRL-nivå.
- Etablere demoprogram for hydrogen som tilrettelegger for pilotering og oppskalering.
- Investere i forskningsinfrastruktur for hydrogen, inkludert storskala tester og pilotering.
- Løfte europeisk samarbeid med økt norsk deltakelse i IPCEI Hydrogen og etablering av multilaterale forskningsprosjekter.

- Tilrettelegging for søknader til EUs Innovation Fund og deltakelse i Mission Innovation.

Kommersialisering/markedsintroduksjon:

- Etablering av et hjemmemarked med f.eks. differansekontrakter og innkjøpskrav.
- Norsk strategi for utvikling av hydrogenverdikjeder

Utdanning:

Utdanning og etterutdanning for å sikre kompetent personell som kan dekke næringsaktørenes rekrutteringsbehov

Kilder:

- Arbeiderpartiet og Senterpartiet (2021), Hurdalsplattformen – for en regjering utgått fra Arbeiderpartiet og Senterpartiet 2021-2025.
- Deloitte, IFP Énergies Nouvelles og SINTEF (2021), Hydrogen4EU Charting pathways to enable net zero.
- Energi21 (2021), Møtereferat fra strategisk arbeidsmøte om Hydrogen, 26.08.2021
- DNV GL (2021), Energy Transition Norway 2021.
- European Commission (2020), EU Hydrogen Strategy.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
- European Commission (2022), REPowerEU: Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy.
- Hydrogen Council og McKinsey (2021), Hydrogen Insights Report 2021.
- LO og NHO (2021), Felles energi- og industripolitisk plattform.
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- NVE (2021), Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021- 2040, Forsterket klimapolitikk påvirker kraftprisene.
- Secretary of State for Business, Energy & Industrial Strategy (2021), UK Hydrogen Strategy.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1011283/UK-Hydrogen-Strategy_web.pdf
- Statnett (2021), Langsiktig Markedsanalyse 2020-2050 - Oppdatering våren 2021.

3.7 CO₂-håndtering

For å nå 1,5-gradersmålet er verden avhengig av storskala CO₂-håndtering. Satsingsområdet omfatter fangst, transport og permanent lagring av CO₂. Norge har en unik mulighet til å ta en rolle innenfor dette området på grunn av en ledende teknologi- og kompetansebase og naturgitte fortrinn. Teknologi- og kompetansebasen som gir oss et fortrinn sammenlignet med mange andre land er bygget opp gjennom mange års industriell erfaring og forskning på feltet. De naturgitte fortrinnene vi har for å kunne delta i en internasjonal verdikjede for CO₂-håndtering bygger på lagringspotensialet i Nordsjøen og nærhet til etterspørsel etter lagring fra Europa. Norges sterke globale posisjon innen CO₂-håndtering vil styrkes ytterligere nå som Langskip blir en realitet i 2024. Videre har Norge flere ambisiøse næringsaktører som satser på fangst av industriutslipp nasjonalt og internasjonalt. Hovedfokuset framover vil være på oppskalering av teknologien til en kommersiell verdikjede gjennom reduksjon av kostnader og risiko og gevinstrealisering fra Langskip-prosjektet.

3.7.1 Satsing på CO₂-håndtering ...

- ... er nødvendig for å avkarbonisere industri og transport gjennom fangst og lagring av CO₂-utslipp fra industriprosesser og produksjon av lavutslipps hydrogen.
- ... bidrar til sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning ved å øke tilgangen på avkarboniserte energiresurser basert på norsk gass.
- ... bidrar til etablering av en ny grønn industri i Norge med internasjonalt potensial. En norsk CO₂-verdikjede gir også muligheter for eksport av fangst-, lager- og transportteknologi og bidrar til økt verdiskaping for norske leverandører innenfor blant annet prosessindustrien, maritim og offshore sektor.

Satsingsområdet *CO₂-håndtering* inkluderer følgende temaer:

- CO₂-fangst (industri (hard-to-abate), hydrogenproduksjon, avfallsforbrenning, maritim transport og kraftproduksjon)
- Transport og injeksjon av CO₂ (rør, skip, mellomlager)
- Storskala, langtidslagring av CO₂
- Klimapositive teknologier (permanent lagring av CO₂ fanget fra luft (DACCS) og bioenergi med CCS (BECCS))
- Integrasjon i energisystemet
- Digitalisering

3.7.2 Markedsutvikling, muligheter og konsekvenser for Norge

Satsingsområdet *CO₂-håndtering* bidrar spesielt positivt til å avkarbonisere industri, til verdiskaping i norsk energinæring og muliggjør klimapositiv teknologi. Både OG21 og Prosess21, strategiorganet for en helhetlig nasjonal forsknings- og teknologistrategi for henholdsvis petroleumssektoren og prosessindustrien, peker også på CCS som prioriterte områder.

Klimapositiv teknologi defineres som teknologi som fanger og permanent lagrer mer CO₂ enn sitt klimafotavtrykk, det vil si at teknologien bidrar mindre klimagassutslipp i atmosfæren totalt sett.

CO₂-håndtering er avgjørende for å kutte de vanskeligste utslippene

CO₂-håndtering er avgjørende for full avkarbonisering av energiressurser og av industriektoren. Karbonfangst og -lagring i norsk industri kan bidra med utslippskutt på 5 Mt CO₂ per år (Prosess 21, 2020). I tillegg kommer mulige utslippskutt fra avfallssektoren, som ifølge Klimakur 2030 kan redusere CO₂-utslippene med 0,8 Mt per år fra avfallsforbrenningsanleggene i Oslo, Bergen og Trondheim. Det siste bruksområdet for CO₂-håndtering er knyttet til avkarbonisering av norske gassressurser, og vil kunne fange store mengder CO₂ som ellers ville blitt sluppet ut i europeiske land. Det vil også være mulig å redusere utslippene fra selve olje- og gassproduksjonen i Norge.

I Norge etableres nå Langskip, et fullskala demonstrasjonsprosjekt for CO₂-håndtering som omfatter fangst, transport og lagring av CO₂. Prosjektet har et samlet budsjett på 25 mrd. kroner og skal bidra til videreutvikling av teknologi og kostnadsreduksjoner i hele verdikjeden. I første omgang vil det realiseres CO₂-fangst på Norcem sitt anlegg i Brevik, mottaksterminal i Øygarden og permanent lager i Nordsjøen med en lagringskapasitet på 1,5 millioner tonn CO₂ per år. Prosjektet anses som en viktig grunninvestering for å etablere en norsk og internasjonal verdikjede for fangst- og lagring av CO₂.

For å nå 1,5-gradersmålet kreves enorme investeringer i CO₂-håndtering

I IEAs «Sustainable Development» scenario estimeres et behov for globale investeringer i karbonfangst, -utnyttelse og -lagring på \$160 mrd. fram mot 2030 (IEA, 2020). Den virkelig store veksten forventes å komme etter 2030. Ifølge IRENAs World Energy Transition Outlook 2021 vil det på verdensbasis være behov for å fange og lagre over 7 Gt CO₂ årlig fra 2050 for å begrense global oppvarming til 1,5 °C. Det meste av dette må fjernes fra atmosfæren ved bruk av BECCS eller direkte luftfangst. Slik storskala fangst av CO₂ krever samlede investeringer i karbonfangst- og lagring på \$1825 mrd. fram mot 2050. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) anslår et behov for fjerning av 5-10 Gt CO₂ fra atmosfæren årlig fra 2050 (IPCC, 2018). I Europa estimeres et behov for lagring av 1,2-1,8 Gt CO₂ per år fra 2050 i et netto-nullutslippsscenario (Hydrogen4EU).

Allerede nå akselererer aktiviteten innenfor dette området, og det siste året har kapasiteten på annonserte anlegg for karbonfangst- og lagring under utviklingen nærmest doblet seg til 111 Mtpa (Global CCS Institute, 2021). Etablering av en norsk verdikjede for CO₂-håndtering er viktig for næringsutviklingen knyttet til blått hydrogen og industri i Norge, og for framtidig markedsadgang i EU. Det legger også grunnlaget for utviklingen av en eksportrettet næring som kan ta del i et internasjonalt marked med potensial for sterk vekst, spesielt i årene etter 2030.

De langsiktige fordelene er betydelig større enn ulempene for natur og miljø

Som all infrastrukturutbygging og økonomisk aktivitet generelt vil etablering av en verdikjede for CO₂-håndtering kreve arealer, ha påvirkning på lokalmiljøet og kan i noen tilfeller føre til nye typer utslipp som må overvåkes og rapporteres. Imidlertid vil avgassen fra utslippspunkter totalt sett bli renere fordi et CO₂-fangstanlegg i tillegg til CO₂ også vil redusere andre utslipp som for eksempel partikler, støv og SO_x. Ulempene ved CO₂-håndtering er begrensede sammenlignet med fordelene, det vil si at teknologien fører til unngåtte CO₂-utslipp som bidrar til å redusere klimaendringer. Dersom utbyggingen av verdikjeder for CO₂ utnytter eksisterende infrastruktur, ved å for eksempel bygges på eksisterende industriområder, begrenses ytterligere areal- og naturpåvirkning.

CO₂-håndtering vil også øke energiforbruket fra for eksempel fangstanlegget, skipene som frakter CO₂ og mottaksterminalen som transporterer CO₂ ut til lagringsstedet. Energiforbruket vil fortrinnsvis dekkes av fornybar energi og/eller varmeintegrasjon med utslippspunktet for å oppnå maksimal utslippeffekt. Førstnevnte kan føre til økt arealbehov hvis det må bygges ny fornybar kraftproduksjon for å dekke den økte etterspørselen. Fangstanlegget vil også kunne øke vannforbruket i området. Ved lagring av CO₂ er egnede områder og lagringskonsepter viktig for å

sikre permanent lagring og forhindre lekkasjer. Overvåkning og sikkerhetsfokus er en forutsetning for enhver etablering av storskala CO₂-lagre. Dette har Norge lang erfaring med fra mange års CO₂-lagring på Sleipner og Snøhvit.

Økt utnyttelse av norske energiressurser

CO₂-håndtering muliggjør verdisikring av norsk naturgass og potensialet for utnyttelse av gassressurser er betydelig. Produksjon av lavutslipps energibærere basert på blått hydrogen kan gjøres betydelig større skala enn grønt hydrogen på kort til mellomlang sikt. Det vil bidra til en diversifisering av energiforsyningen og dermed økt forsyningssikkerhet. For å realisere negative utslipp vil økt utnyttelse av bioenergiressurser kombinert med CO₂-håndtering bli viktig på lengre sikt. Selve fangstprosessen for CO₂ er energikrevende og vil føre til økt kraftetterspørsel, og dermed økt utnyttelse av norske kraftressurser.

3.7.3 Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Norge har betydelige komparative fortrinn innenfor CO₂-håndtering i form av geologisk lagringspotensial, en ledende teknologi- og kompetansebase bygget opp gjennom mange år, og solid industriell erfaring med ambisiøse aktører.

Norge har naturgitte fortrinn med et stort geologisk lagringspotensial på sokkelen

Norge har et betydelig geologisk potensial for permanent lagring av CO₂ i havbunnen under Nordsjøen, hvor den totale lagringskapasiteten er anslått til hele 70-80 Gt CO₂ (Oljedirektoratet, 2019). I tillegg finnes det allerede omfattende infrastruktur på sokkelen som er tett knyttet til det europeiske markedet. Spesielt Nord-vest Europa og UK har et betydelig karbonfangstpotensial som kan lagres i Norge via rørledninger og sjøveien.

Ledende teknologi- og kompetansemiljøer innenfor CO₂-håndtering

Norge har sterke forskningsmiljøer innenfor CO₂-håndtering, og har fra 2008 hatt FME sentere innen karbonfangst og -lagring. Norske FoU-miljøer er og har vært aktive i flere større forskningsprosjekter, deriblant på CO₂-håndteringsteknologier i kraftproduksjon, og nordiske samarbeidsprosjekter, inkludert et virtuelt kompetansesenter for CO₂-fangst, -transport og -lagring.

Forskning og kompetansebygging på CCS-teknologi i Norge finansieres i hovedsak gjennom CLIMIT-programmet som er et samarbeid mellom Gassnova og Norges Forskningsråd startet i 2005. Siden oppstart har støttet forsknings- og innovasjonsprosjekter med i underkant av 3 mrd. kroner. CLIMIT er et effektivt virkemiddel for å oppnå gevinstrealisering av norske FoU-prosjekter ved at flere industriaktører kommer i posisjon for å benytte læring fra prosjektene.

Norge har også et internasjonalt anerkjent testsenter for CO₂-fangst, nemlig Teknologisenteret på Mongstad (TCM). Senteret har vært viktig for å risikoreduksjon og testing aminteknologien som er blitt valgt til fangstanlegget på Norcem, som er del av Langskip-prosjektet. Testanlegget er verdens største og det mest fleksible testsenteret i industriell skala. Det er også et kunnskapssenter som driver utstrakt kunnskapsdeling. Gjennom ECCSEL-samarbeidet finnes ytterligere testfasiliteter for CO₂-håndtering både i Norge og andre land i Europa.

Lang industriell erfaring fra petroleumsindustrien styrkes ytterligere med Langskip

Norge har lang industriell erfaring fra en veletablert petroleumsindustri med synergier til karbonfangst og -lagring. Blant annet har Norge to av få operative anlegg for karbonfangst- og lagring offshore på Sleipner og Snøhvit. Flere norske petroleumsaktører er internasjonalt konkurransedyktige og fremoverlente i energiomstillingen med ambisjoner om å delta i en norsk verdikjede for CCS. Mange aktører er allerede involvert i den felles statlige og industrisatsingen, Langskip. Gevinstrealisering knyttet til Langskip er viktig for å styrke Norges globale posisjon innen

CO₂-håndtering, og det vil bidra til å avdekke nye utfordringer som best kan løses gjennom tilbakekobling mot forskning og utvikling. I tillegg til dette jobber flere andre aktører med egne prosjekter for storskala CO₂-lagring, gjerne i kombinasjon med produksjon av blått hydrogen. Med Grønn plattform-prosjektet *LINCCS* ønsker flere sentrale aktører å bygge videre på satsingen og utvikle kommersielle teknologier som skal redusere kostnadene i verdikjeden for CCS.

Konkrete transport- og lagringsløsninger, som for eksempel Langskip, har gitt økt interesse for CO₂-håndtering hos mange industrielle aktører og bidrar til at fangstaktører ønsker å etablere seg i Norge eller basere seg på den norske verdikjeden. Norge har også storskala prosjekter for utvikling og implementering av karbonfangstteknologier. Med offentlig støtte har norske aktører ambisjoner om å teste og implementere fangstteknologi i stor skala innenfor industrisektoren, energisektoren, avfallsforbrenning og ammoniakkproduksjon. Allerede har en aktør bygd en transportabel testenhet for sin teknologi som brukes til å teste fangst fra reelle gasser i ulike industrianlegg.

3.7.4 Satsing på verdikjeder for CCS er avgjørende for EUs klimaambisjoner

Karbonfangst, -utnyttelse og -lagring (CCUS) er en sentral del av Europas grønne giv (Green Deal) og et av ti nøkkelområder i EUs Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan). Norske aktører er også sentrale deltakere i Zero Emission Platform som gir EU tekniske råd om implementering av CCUS, og er underlagt EUs SET-Plan.

Forskningsmidler er tilgjengelige gjennom Horisont Europas 5. gruppe. ACT¹⁴ har også bidratt til felles-europeiske forskningsprosjekter på CCUS teknologier siden det ble etablert i 2017. Denne aktiviteten vil videreføres i Clean Energy Transition partnerskapet, knytta til utfordringen med å nå klimanøytralitet. Framtidige utlysninger utformet i dette partnerskapet vil fortsette å dekke CCUS teknologier. Norske aktører har gjennom Horisont 2020 mottatt 32,2 millioner euro til prosjekter for karbonfangst og -lagring, hvorav litt over halvparten er allokert til fangst av CO₂ (NFR, 2021). Flere CCS-prosjekter som har mottatt støtte fra Horisont 2020 eller Innovation Fund har tatt utgangspunkt i den norske verdikjeden for CO₂-håndtering.¹⁵

3.7.5 Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov

Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov er knyttet til kunnskaps- og teknologibehovet til aktører langs hele verdikjeden for CO₂-håndtering.

Nye teknologier og oppskalering til kommersiell verdikjede

- Oppskalering av verdikjede til CO₂-lagring i gigatonn skala, inkl. geologisk kartlegging, måling og monitorering for sikker lagring
- Effektive løsninger for fangst av CO₂ fra blå hydrogenproduksjon
- Effektive løsninger for fangst av CO₂ fra eksisterende industrianlegg og avfallssektoren
- Økt kostnads- og energieffektivitet langs hele verdikjeden inkludert utvikling og bruk av digitale verktøy.
- Oppskalering og implementering av nyvinninger innen for eksempel materialteknologi.
- Utvikling av klimapositive løsninger som DACCS og BECCS.
- Nye anvendelsesområder som prosessteknologi og shipping, samt transport til lager.

Forretnings- og markedsmodeller og rammeverk for CO₂-håndtering

¹⁴ Accelerate CCS technologies, <http://www.act-ccs.eu/>, Co-fund prosjekt under Horisont 2020 programmet

¹⁵ 4 av 7 Innovation Fund prosjekter tildelt nov. 2021 inneholder CCS. Av disse er et prosjekt basert på CO₂ lagring på norsk sokkel og et prosjekt angir mulig lagring på norsk sokkel.

- Raskere oppskalering av CCS teknologier med lavere risiko (design, demonstrasjoner, utvikling av juridiske rammeverket og standarder, tiltak som styrker innovasjonsprosesser, erfaringshøsting fra fullskalaprojektet.
- Markedsutvikling i norsk og europeisk perspektiv.
- Effektive samarbeidskonstellasjoner mellom aktører.

Samfunn og miljø

- Styrking av samfunnsaksept for karbonfast og -lagring.
- Livssyklusutslipp for CO₂-håndtering.
- God kunnskap om og utvikling av strategier og løsninger for minimering av naturpåvirkning for verdikjeder for CO₂-håndtering.

3.7.6 Tiltak for iverksettelse

Energi21 anbefaler følgende tiltak for å møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov og realisere aktørenes ambisjoner innen CO₂-håndtering.

FoU-I:

- Videreføre senteratsing og videreutvikle tilskuddsordninger for FoU- og demonstrasjonsprosjekter som for eksempel CLIMIT og deltakelse i Grønn plattform.
- Ta initiativ til etablering av et IPCEI for CCS.
- Øke norsk deltakelse i EU-finansierte forskningsprosjekter for å styrke europeisk samarbeid.
- Styrke fysisk og digital forskningsinfrastruktur.
- Tiltak som styrker innovasjonsprosessen.

Kommersialisering/markedsintroduksjon

- Videreføre internasjonal kunnskapsdeling og erfaringsutveksling, særlig i Europa f.eks. inn mot EUs taksonomi og finansiering.
- Skape nasjonalt marked ved hjelp av f.eks. differansekontrakter, innkjøpskrav osv.
- Etablere satsing på klimapositive teknologier (DACCS/BECCS), inkl. utvikling av forretningsmodeller.

Utdanning:

- Utvikle utdanningsløp i samråd med industrien med fokus på teknologi- og digitaliseringskompetanse knyttet til CO₂-verdikjeden.

Kilder:

- CLIMIT (2021), <https://climit.no/>
- Gassnova (2021), <https://gassnova.no/gassnova>
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- IRENA (2021), World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- NCCS (2021), Innlegg fra FME NCCS på innspillsmøte for Energi21 23.09.2021
- IEA (2020), Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage. CCUS in clean energy transitions. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/181b48b4-323f-454d-96fb-0bb1889d96a9/CCUS_in_clean_energy_transitions.pdf
- Global CCS Institute (2021), The Global Status of CCS: 2021. Australia.
- OG21 (2021), A new chapter – Oil and gas for the 21st century. https://www.og21.no/siteassets/figurer-og21-strategi-2021/og21-strategi_eng.pdf

- Oljedirektoratet (2019), CO2 atlas for the Norwegian Continental Shelf.
- THEMA (2021), Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse.
- Energi21 (2021), Møtereferat fra strategisk arbeidsmøte om Avkarbonisering av energiressurser og industri, 23.09.2021
- Prosess 21 (2020), Karbonfangst - Prosess21 CO2-håndteringsrapport, 2020. URL: https://www.prosess21.no/contentassets/39713b28868a41858fc2c8a5ff347c0b/prosess21_co2-handteringsrapport_def_091120.pdf
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.

4 Internasjonalt forsknings- og innovasjonssamarbeid

En målrettet og prioritert innsats på internasjonalisering innen forskning, teknologi- og kompetanseutvikling er avgjørende for å styrke og videreutvikle konkurransekraften til energinæringen. Tilstedeværelse på den internasjonale forsknings- og innovasjonsarenaen bidrar til økt kvalitet på kunnskapsutviklingen, internasjonalt anerkjente FoU-miljøer og større muligheter til å vinne posisjoner i det internasjonale energimarkedet.

4.1 Om EUs forsknings- og innovasjonsarena

4.1.1 European Green Deal styrker markedsmulighetene for norsk næringsliv

Den 1. desember 2019 tiltrådte von der Leyen-kommisjonen, og lanserte raskt sin grønne vekststrategi, European Green Deal (EGD). EGD skal utvikle EU til en moderne, ressurseffektiv og konkurransedyktig økonomi med målsetting om:

- i) Netto null utslipp av klimagasser i 2050.
- ii) Økonomisk vekst frikoblet fra ressursbruk
- iii) Alle skal inkluderes i utviklingen.

Denne politikken settes nå i arbeid med *Klar for 55*, en pakke med lovforslag som også vil bli gjeldende for Norge via EØS. Disse skal gjøre EU i stand til å klimamålene, med hovedvekt på den økte ambisjonen for 2030: reduksjon av utslipp av klimagasser med minst 55 % i 2030 sammenlignet med 1990. EGD innebærer en storstilt satsing på utbygging og integrasjon av fornybar energi, utvikling av et Europeisk hydrogen-marked samt utslippsfri industri og maritim transport, og harmonerer dermed godt mot norske strategiske satsinger og områder der norsk næringsliv har betydelige komparative fortrinn.

I etterkant av Russlands invasjon i Ukraina la EU Kommisjonen 8. mars 2022 fram et første utkast til en plan for å gjøre EU uavhengig av russiske fossile brenslers før 2030 – REPowerEU. I første omgang fokuseres det på å redusere avhengigheten av russisk naturgass gjennom å diversifisere gassleverandører til EU, øke tempoet i tilgangen på fornybar gass og erstatte gass i oppvarming og kraftproduksjon. Dette kan redusere EUs etterspørsel etter russisk gass med 2/3 innen utgangen av 2022. Det økte omstillings-tempoet som planlegges i REPowerEU vil også påvirke markedsmulighetene for norske aktører og øke behovet for utvikling av lav-utslippsteknologier.

4.1.2 Forsknings- og innovasjonsprogrammet Horisont Europa

Forskning- og innovasjon er et viktig virkemiddel for realisering av EGD og for å følge opp energipolitikken i EU. Horisont Europa, er verdens største forsknings- og innovasjonsprogram med et budsjett på 95,5 mrd. euro for perioden 2021-2027. Midlene brukes aktivt for å akselerere omstillingen til bærekraftighet, for å teste og ta i bruk innovative teknologier og løsninger i stor skala og til å engasjere innbyggerne til å ta del i omstillingen.

Horisont Europa er strukturert i tre søyler, "Fremragende vitenskap", "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv" og "Åpen innovasjon". Under "Fremragende vitenskap" videreføres satsing på banebrytende, nysgjerrighetsdrevet forskning. Etablering av Det Europeiske Innovasjonsrådet under "Åpen innovasjon" er Horisont Europas viktigste nye satsing, med formål om å støtte utvikling av banebrytende og innovative teknologier med kommersialiseringspotensial, samt støtte og gi garantier til små og mellomstore bedrifter (SMB-er) for markedsintroduksjon og oppskalering.

De tematiske områdene "Industri, digitalisering og verdensrommet" (gruppe 4) og "Klima, energi og transport" (gruppe 5) i "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv" har størst relevans for Energi21s mandat og strategiens satsingsområder. Norsk næringsliv er godt posisjonert for deltakelse i prosjekter innen de to tematiske områdene, og det ligger et betydelig potensial for ytterligere styrking av aktørenes konkurransekraft gjennom norsk deltakelse.

For Europeisk industri er målsetningen å ta globalt lederskap for rene og klimanøytrale industrielle verdikjeder. Utlysningene fokuserer derfor på energieffektivisering, gjenbruk og økt bruk av fornybare ressurser i industrielle prosesser. Utlysninger relatert til digitalisering bidrar til å nå målsetning om å skape et enhetlig marked for data i Europa.

Utlysninger i gruppe 5 treffer flere av Energi21s satsingsområder. De spenner bredt fra kunnskap og verktøy som kan støtte beslutningstakere til videreutvikling av teknologier og systemer som er nødvendige for transformasjonen til digitale, effektive og utslippsfrie energi- og transportsystemer. Hovedmålsettingen i programmet er å redusere behovet for energi og å gjøre energiforsyningen klimanøytral. Utlysningene i programmet dekker blant annet effektiv produksjon og integrasjon av fornybare energibærere, modernisering av energiinfrastruktur, innovative energilagringssystemer, hydrogen-teknologier, verdikjeder for batteri-produksjon, avkarbonisering av industri, bygnings- og transportsektorene, samt energi- og ressurseffektive urbane områder.

4.1.3 EU partnerskap er viktige arenaer for norske aktører

Siden 2002 har partnerskap hatt en viktig rolle i EUs forsknings- og innovasjonsprogram, og da særlig for "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv". Målet med partnerskapene er å hindre fragmentering av EUs samlede forskningsinnsats og å styrke den Europeiske forskningsarenaen. En større revisjon av partnerskap ble gjort ved opprettelsen av Horisont Europa slik at alle nå er rettet inn mot EUs politisk prioriterte områder og er mer åpne og transparente. I alt går 25 % av midlene i Horisont Europa til partnerskapene, noe som er en økning sammenlignet med Horisont 2020. Deltakelse i partnerskapene utgjør dermed en viktig arena for påvirkning av EUs forskningsagenda, og for posisjonering for deltakelse i prosjektinitiativer.

Hovedsakelig finnes det tre typer partnerskap, samfinansierte, avtalebaserte og institusjonelle. Utlysningene knyttet til samfinansierte og avtalebaserte partnerskap er inkludert i rammeprogrammet til Horisont Europa. Avtalebaserte partnerskap inngås hovedsakelig mellom kommisjonen og private aktører, og de har innflytelse på utformingen av et utvalg utlysninger med høy relevans for partnerskapet. Eksempler på partnerskap som påvirker utlysninger i gruppe 5:

- Batteries European Partnership
- Zero Emission Waterborne Transport Partnership
- Towards Zero Emission Road Transport Partnership

Norske aktører deltar aktivt i alle. Samfinansierte partnerskap opprettes mellom kommisjonen og nasjonale forskningsfinansører og myndigheter. I denne kategorien finner vi Clean Energy Transition Partnership som har svært høy relevans for Energi21, og Forskningsrådet deltar aktivt. Institusjonelle partnerskap er egne juridiske enheter som lyser ut rammeprogrammets midler. Norske aktører deltar aktivt i Clean Hydrogen Partnership, Clean Aviation Partnership og Europe's Rail Partnership.

4.2 Betydning og effekter av EU samarbeid

EUs grønne vekststrategi European Green Deal og klimapakke *Klar for 55* skaper markedsmuligheter for Norsk næringsliv og utvikling av internasjonalt konkurransedyktige FoU-Miljøer. Det europeiske

samarbeidet blir stadig viktigere for norsk forskning. Norge har siden 1994 deltatt aktivitet i EUs rammeprogrammer for forskning med stort utbytte, og er aktivt med i flere initiativ under EUs SET-Plan (EU Strategic Energy Technology Plan).

Deltagelse i Horisont Europa innen energi og klima er viktig for Norge. Norske aktører bidrar også til å forme EUs forskningsprogram gjennom f.eks. strategisk arbeid i partnerskapene og EERA (European Energy Research Alliance).

Norsk deltakelse på EUs forsknings- og innovasjonsarena har stor betydning for konkurransedyktigheten til norske næringslivsaktører. Det gir økt innsikt i det europeiske markedet og styrker samarbeidet med markedsaktører, det øker kvaliteten på forskningsmiljøene, bidrar med internasjonal anerkjent kunnskap til næringslivet. Videre bidrar det til at norske forskningsresultater blir tatt i bruk i et europeisk og internasjonalt perspektiv, og har innvirkning på EUs utforming av reguleringer for de europeiske markedene.

Internasjonalt anerkjent kunnskap er en viktig nøkkel til fremtidens konkurransedyktige produkter, tjenester og løsninger. Det er derfor viktig at norsk industri og norske forskningsmiljøer deltar med sin kunnskap overalt hvor kunnskapsdeling og kunnskapsproduksjon skjer og får tilgang til internasjonale viktige nettverk og ressurser i en delingsprosess.

Både universiteter og høyskoler, forskningsinstitutter, næringsliv og offentlig sektor har fordeler av EU-samarbeid. Samarbeid med kunnskapsmiljøer, forskernettverk og næringsliv i prosjektkonsortier bidrar til:

- økt gjensidig vitenskapelig kvalitet mellom nasjonale og internasjonale forskningsmiljøer
- økt mulighet for internasjonale nettverk og internasjonal rekruttering
- tilgang til ny og internasjonal oppdatert kunnskap
- økte muligheter for karriereutvikling for den enkelte forsker
- økt innovasjon- og konkurranseevne innenfor det globale og europeiske markedet
- muligheter til å dele kostnader ved kostbar forskningsinfrastruktur og gi økt tilgang til disse.
- Økt attraktivitet som samarbeidspartner i Europa og internasjonalt.
- At virksomhetene blir mer internasjonalt synlige og det blir enklere å profilere produkter og tjenester samt kunnskapsressursene i selskapet.

Næringslivet har ulike forutsetninger for deltakelse

Næringslivet har ulike forutsetninger for deltakelse på EUs forsknings- og innovasjonsarena. Ulikhetene omfatter ressurser som tid, kapital, kompetanse og erfaring. Større bedrifter har vanligvis bedre forutsetninger til å dedikere personell og ressurser til å fremskaffe nødvendig kunnskap, utforme søknader og gjennomføre og eventuelt lede EU-prosjekter. Mindre selskaper som kanskje har sitt utspring fra forskningsmiljøer og institutter, kan på sin side få med seg gode erfaringer og nettverk fra EU prosjekter. Virksomhetenes grad av internasjonal orientering er et viktig element, som kan bidra til økt interesse og ønske om deltakelse. Disse selskapene kan se på forsknings- og innovasjonssamarbeid i EU som en mulighet for tilgang til nettverk med kompetanse og markedsaktører, samt innblikk i forsknings- og kunnskapsfronten og kunnskapsutveksling på den europeiske arena.

Norske forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler med sterk deltakelse i Horisont Europa vil kunne bidra til å lette tilgjengeligheten til deltakelse i prosjekter for norsk næringsliv. Dette forutsetter at norske FoU aktører kan bruke norsk-finansierte prosjekter til å bygge opp attraktiv kompetanse og forskningsinfrastruktur, og gode samarbeidsrelasjoner med næringslivet. Videre er det avgjørende å sikre at det er mulig økonomisk å delta, noe som per i dag fordrer ekstra støtte fra norsk side for deltakelse i Horisont Europa prosjekter.

4.2.1 Anbefalinger fra Energi21

Energi21 mener det er viktig at terskelen for å delta på EUs forsknings- og innovasjonsarena reduseres, og næringslivet forstår mulighetene og verdien ved internasjonalt samarbeid. I tillegg må FoU – miljøene ha solide rammebetingelser slik at de kan hevde seg i EUs forsknings- og innovasjonsprogrammer.

Energi21 anbefaler å styrke arbeidet med å mobilisere næringslivet til å delta på EUs forsknings – og innovasjonsarena og i internasjonalt FoU – i samarbeid.

Energi21 anbefaler at myndighetenes tiltak og virkemidler bidrar til at næringslivet forstår verdien og mulighetsrommet som ligger deltakelse på EUs forsknings- og innovasjonsarena.

Energi21 anbefaler å styrke FoU-miljøenes og næringslivets mulighet til å delta aktivt i strategisk posisjonering i partnerskapene, og andre arenaer, for utforming av forskningsagenda og utlysninger, samt nettverksbygging.
--

Energi21 anbefaler incentiver som styrker FoU-miljøenes evne til å ta initiativ, lede og trekke med seg næringslivet i EU prosjekter. Herunder ligger tilgang til kompetansebyggende midler innen strategisk viktige områder, oppbygging av viktig forskningsinfrastruktur og gode plattformer for samarbeid mellom næringslivet og FoU-miljøene.

Medvirkningsordningen (MVO)

Medvirkningsordningen (MVO) er en del av det store forskningsprogrammet ENERGIX i Forskningsrådet. Det har vist seg å ha stor betydning for mobilisering av aktørene. MVO har styrket både posisjoneringen på EU-arenaen og indirekte gjennom deltakelsen i forsknings- og innovasjonsprosjekter. Ordningen sikrer at en god del norske aktører bidrar i utviklingen av EUs energiprioriteringer, og blir kjent med europeiske miljøer som har potensiale for gode partnerskap. Det bør være et mål om at Norge får tilsvarende suksessrate i det nye forsknings- og innovasjonsprogrammet Horisont Europa som ble oppnådd i Horisont 2020. Det bør legges til rette for aktiv deltakelse fra næringslivet og forsknings- og utdanningsmiljøene.

Energi21 anbefaler at Medvirkningsordningen for mobilisering av aktørene til deltakelse i EUs forsknings- og innovasjonsprogrammet videreutvikles og tildeles 8,5 millioner kroner av budsjettet til ENERGIX- budsjettet hvert år frem til for 2026.
--

RES – EU ordningen er avgjørende for å lykkes

Norsk deltakelse i Horisont Europa (HEU) er vurdert som et av de sentrale verktøyene for at Norge skal lykkes med de omstillingsutfordringene vi står overfor. Den norske instituttsektoren

henter i økende grad hjem prosjekter fra EUs rammeprogram, og særlig er instituttsektoren sentral når det gjelder EUs prioriteringer opp mot samfunnsutfordringer under rammeprogrammets pilar 2.

Gjeldende retningslinjer for ordningen RES-EU (tidligere STIM-EU) har vært en forutsetning for at instituttene har kunnet øke sine investeringer i EU-samarbeid, i samarbeid med norsk næringsliv og offentlig sektor, de senere årene – og vært sterkt bidragsytende til økt norsk returandel og til nasjonal kunnskaps- og teknologiutvikling inn i det grønne, digitale skiftet. Støtte fra RES-EU tildeles kun basert på prosjekter med tilslag i EU, og kompenserer norske institutter for til dels svært lave grunnbevilgninger sammenlignet med europeiske forskningsinstitutter. EU-kommisjonen dekker kun om lag 60 % av prosjektenes prosjektkostnader.

Forutsigbare rammebetingelser er avgjørende innen forskning og innovasjon, også på europeisk nivå. RES-EU er nå underlagt en vurdering og Energi21 er bekymret for at ordningen vil svekkes med betydelige konsekvenser for videre norsk deltakelse i rammeprogrammet. Uten instituttens prioritering av rammeprogrammet vil heller ikke norske bedrifter og offentlige aktører i samme utstrekning make å gjøre seg nytte av mulighetene i rammeprogrammet, og regjeringens ambisjoner om 2,8 % returandel i programmet blir vanskelig å nå.

Energi21 vurderer en videreføring av RES-EU med dagens innretning som det viktigste virkemiddelet for fortsatt god og økende norsk deltakelse i Horisont Europa.

Energi21 anbefaler å videreføre RES-EU med dagens innretning for å sikre fortsatt god og økt norsk deltakelse i Horisont Europa. Dette vil også bidra til økt deltakelse fra norske bedrifter og offentlige aktører. Med partnerskapenes økte betydning i HEU anbefales det at RES-EU ordningen også omfatter utlysninger under partnerskapene.

Andre finansieringsordninger i EU av betydning for norske aktører

Energi21 mener norske aktører kan utnytte de europeiske ordningene for forsknings- og innovasjonsaktiviteter bedre enn det vi har gjort hittil. Det er flere initiativ som også representerer muligheter for norske aktører til å finansiere opp sine forsknings- og innovasjonsprosjekter.

EUs innovasjonsfond

EUs Innovasjonsfond er et av verdens største investeringsfond for demonstrasjon og kommersialisering av innovativ lavutslippsteknologi. Innovasjonsfondet utvider norske aktørers muligheter for finansiering av kommersialisering av lavutslippsteknologi. Fondets fokusområder er harmonisert med Energi21 strategiens satsingsområder, og Energi21 mener energinæringen kan utnytte denne ordningen bedre. Finansiering gjennom fondet gir økt mulighet for kommersialisering av prosjekter som tidligere har fått finansiering fra Norges Forskningsråd, Gassnova, Innovasjon Norge, Enova og direkte under statsbudsjettet.

Energi21 anbefaler å forsterke arbeidet med å mobilisere næringslivet til å utnytte mulighetene som ligger i EUs innovasjonsfond.

IPCEI – Important Projects of Common European Interest

IPCEI – "Viktige prosjekter av felles europeisk interesse" er en Europeisk ordning som sikrer finansiering av innovative prosjekter der europeisk grenseoverskridende innsats er avgjørende for å lykkes. Prosjekter som får status som IPCEI kan få støtte til førstegangsinvesteringer i industriell skala, og vil kunne dekke hele verdikjeder. Norge er i 2022 med i IPCEI Hydrogen. Det er Enova som

har hovedansvar for å forvalte den norske deltakelsen. IPCEI kan ha stor verdi for norske aktører og deres muligheter for oppskalering og kommersialisering av produkter og tjenester i Europa. En kobling til Europas IPCEI satsing vil kunne sette fart på utviklingen og gi norske bedrifter en god mulighet til å øke kvaliteten på sine prosjekter.

Energi21 anbefaler at myndighetene vurderer å koble seg på flere av Europas IPCEI initiativ. Deltakelse i EUs IPCEI satsing vil kunne bidra til industrialisering innen flere av satsingsområdene til Energi21 strategien. Energi21 anbefaler spesielt initiativ til IPCEI på batterier og CCS.

4.3 Sikre Norske interesser

Energi21 mener det er viktig å styrke arbeidet med å delta og påvirke utviklingen av EUs forsknings- og innovasjonsprogrammer. EUs forskningsagenda bør inkludere temaer av felles interesse for EU og Norge, og det strategiske arbeidet styrker også FoU aktørenes nettverk og posisjon for å lykkes med å etablere eller delta i nye prosjekter. Internasjonalt forskningssamarbeid har stor verdi for kunnskapsproduksjonen i Norge og for rekruttering av kunnskapsressurser til næringslivet.

Energi21 strategien harmoniserer godt med EUs forsknings- og innovasjonsagenda på energiområdet, men Norge står i en særstilling innenfor noen teknologiområder. Dette gjelder spesielt vannkraft, CCS og blå hydrogen. Det er derfor viktig å sikre at disse områdene blir ivaretatt i forsknings- og innovasjonssystemet til EU.

Energi21 anbefaler aktiv deltakelse i EUs Strategic Energy Technology Plan (SET- Planen), EERA og partnerskapene for å ivareta norske interesser og prioriteringer samt legge til rette for økt internasjonalt forskningssamarbeid, i Norden og Europa.

Energi21 anbefaler at det arbeides aktivt i den videre implementasjonen av EUs forsknings- og innovasjonsprogram, og andre relevante programmer hvor Norge deltar.

Eksempler på dette er Horisont Europa og EUs Innovation Fund. Norges interesser knyttet til vannkraft, CCS og blå hydrogen bør ivaretas spesielt, da disse har mindre fremtreden rolle i EUs Forsknings- og innovasjonsagenda sammenliknet med den norske agendaen.

4.4 Mission Innovation

Mission Innovation er et internasjonalt samarbeidsinitiativ som ble lansert under klimatoppmøtet i Paris i november 2015. Norge var et av 21 land som var med i oppstarten. Målet for Mission Innovation er at landene gjennom et FoU-samarbeid skal akselerere teknologiutviklingen for klimavennlig energi. En viktig side ved Mission Innovation er en felles ambisjon om å styrke FoU-investeringene. Alle deltakerlandene har forpliktet seg til å jobbe for å doble sine investeringer i energiforskning i løpet av en fem-års periode. Andre ambisjoner bak initiativet er økt samarbeid om store felles utfordringer, samt å legge til rette for private investeringer i energisektoren. I ettertid har EU-kommisjonen og to nye land sluttet seg til Mission Innovation.

I mai 2021 besluttet det sjette ministermøtet for Mission Innovation å iverksette en ny fase MI 2.0. I denne fasen vil arbeidet bli konsentrert om missions som interesserte medlemmer tar en rolle i. Pr. april 2022 er missions lansert i to omganger (first and second wave) og MI 2.0 består nå av følgende missions:

- Zero-Emission Shipping
- Clean Hydrogen
- Green Powered Future
- Carbon Dioxide Removal
- Urban Transitions
- Net-Zero Industries
- Integrated Biorefineries

I Zero-Emission Shipping har Norge v/ Forskningsrådet, OED og KLD tatt en rolle som Co-Chair sammen med Danmark og USA. Ambisjonen er å bidra til at minst 5 % av verdens havgående flåte skal drives på null-utslippsdrivstoff i 2030. Arbeidet har kommet godt i gang og ble presentert på flere seminarer på COP26 i Glasgow i november 2021.

I Carbon Dioxide Removal (CDR) som ledes av USA, Saudi Arabia og Canada har Norge så langt tatt en rolle som Core Mission Member. Det er Gassnova og OED som representerer Norge. CDR er ble lansert så sent som på COP26 i Glasgow i november 2021 og er derfor i oppstart. Målet er å etablere CDR-teknologi som kan redusere CO₂-innholdet i atmosfæren med 100 mill. tonn pr år i 2030.

Norge er også Core Mission Member i Clean Hydrogen Mission. Denne er en av de bredeste samarbeidene innenfor Mission Innovation og ledes av Australia, Chile, EU, UK og USA. Målet er at landene skal bidra til at kostnaden for hydrogen ved forbruker (end-to-end) skal komme ned til \$2 USD pr kg i 2030.

For de øvrige missions har Norge så langt fulgt med på aktiviteten. Dersom det utvikler seg aktivitet i andre missions som er interessant for Norge vil deltakelse bli vurdert, men som et lite land med begrensede ressurser har det vært prioritert å konsentrere innsatsen om de som anses som mest strategiske.

Energi21 anbefaler å videreutvikle norske samarbeidsposisjoner på internasjonale forsknings- og innovasjonsarenaer der det gir mest effekt, som:
økt kvalitet i kunnskapsutviklingen, tilgang på og videreutvikling av ny teknologi, og nettverks- og markedstilgang for norske- og internasjonale aktører

4.5 IEA , nordisk og bilateralt forskningssamarbeid

Det internasjonale energibyrået (IEA) er den viktigste samarbeidsarenaen innen energiforskning utenom EU. IEA er en organisasjon for nærmere 30 medlemsland. IEA ble opprettet i 1974, og hadde da som hovedformål å motvirke oljeforsyningskriser. Over tid har alle energibærere og bruken av disse fått en sentral plass innenfor IEAs virkeområde. Også energieffektiviseringstiltak, statistikkutarbeidelse, miljøpolitikk, etc. er sentrale områder. IEA har opprettet en rekke forskningsprogrammer knyttet til ulike energitemaer. Programmene kalles Technology Collaboration Programs (TCP) og er organisert under ulike Working Parties som er rådgivende i strategiske spørsmål overfor den mer overordnede forsknings- og teknologikomiteen CERT.

Norge er medlem i rundt 20 av mer enn 40 slike samarbeidsprogrammer, som fordeler seg på områdene olje og gass, sluttbrukerteknologier, fornybare energiteknologier og informasjonsutveksling. De utøvende deltakerne fra norsk side kan være fra industrien, forskningsmiljøene eller fra myndighetene, alt avhengig av aktivitetene i programmene. Norges forskningsråd er koordinator for de norske aktivitetene. Mer om IEAs teknologiprogrammer og norsk deltakelse finnes på www.iea.no.

IEA utarbeider en rekke vitenskapelige rapporter, blant annet om av-karbonisering av energisystem. Dette er rapporter på globalt, regional og nasjonalt nivå. Rapportene får stor internasjonal oppmerksomhet og påvirker energiforskning så vel som energiforskningspolitikk. En av de mer kjente rapportene er den årlige “World Energy Outlook”. Rapporten dokumenterer scenario og modellbaserte analyser av utviklingen av verdens energisystem.

Nordisk Energiforskning

Nordisk Energiforsknings (NEF) er et energiforskningssamarbeid mellom de fem nordiske landene. Hovedmålet er å understøtte det nordiske energisamarbeidet. NEF gir støtte til energiforskningsprosjekter som er av felles interesse for nordiske interessenter og som innehar et potensiale for grenseoverskridende forskningssamarbeid. De skaper forskningsbaserte grunnlag for energipolitiske beslutninger og er et mellomledd mellom industri, forskning og politikere. NEF har et spesielt fokus på bærekraftige og konkurransedyktige energiløsninger. Institusjonen arbeider også på europeisk nivå. Nordisk Energiforskning har et årlig forskningsbudsjett på 40 mill. norske kroner. Hovedkontoret er lokalisert i Oslo, Norge.

NEF har de siste årene lagt om strategien og opptrer i økende grad som initiativtaker til Nordiske fellesutlysninger på områder som tre eller flere land har som satsingsområder. Dette organiseres etter modell av EU-kommisjonens ERANET Cofund under Horizon 2020. NEF opptrer som koordinator, men de forskningsfinansierende organisasjonene i de respektive landene står for størstedelen av finansieringen. For eksempel ble det gjennomført en felles utlysning på Grønn skipsfart i 2021 og det planlegges i 2022 en på hydrogen. NEF har også tatt mål av seg å bli en nordisk felleskraft i EUs partnerskap Clean Energy Transition under det nåværende rammeprogrammet Horizon Europe. Her har NEF fått ansvaret for en koordinering av deler av partnerskapet.

5 Videreutvikling av solid kunnskaps- og teknologiplattform

En solid og bred kunnskaps- og teknologiplattform er viktig for å lykkes med avkarbonisering av energisektoren og sikre konkurransedyktige energileveranser til alle sluttbrukere. I tillegg er det viktig med en solid plattform for å fremme utvikling innenfor områdene isolert sett. Spesielt fordi det er betydelig usikkert rundt nøyaktig hvilke teknologier som vinner frem og hvor raskt teknologiene integreres i energisystemet. Med bakgrunn i dette er det viktig å ha lagt grunnlaget for gode valgmuligheter i form av flere fagområder som kan utvikles som strategiske satsingsområder hvis behovet oppstår.

Ut over de åtte prioriterte satsingsområdene, anbefaler Energi21 å videreutvikle en solid kunnskaps- og teknologiplattform innenfor følgende områder:

- Energieffektive og smarte bygg og byer
- Energieffektiv industri
- Bioenergi
- Landbasert vindkraft
- Geotermisk energi
- Klimavennlige energiteknologier til maritim transport
- Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport
- Klimavennlige energiteknologier til lufttransport
- Fremtidens kjernekraft
- Fusjonsenergi
- Bølge- og tidevannskraft
- Høydevind

Under følger korte sammendrag av disse teknologiområdene. Ytterligere beskrivelse av teknologiområdene er å finne i Vedlegg 5: Utfyllende teknologiplattform.

5.1 Energieffektive og smarte bygg og byer

Energieffektive og smarte bygg og byer vurderes som et viktig fagområde for en sikker og bærekraftig energiforsyning i energiomstillingen. Området er tett knyttet til satsingsområdet *Integrerte og effektive energisystemer*. Bygninger spiller en mer aktiv rolle i energisystemet, både som forbruker av energi, produsent og fleksibilitetsressurs. I tillegg har Norge en solid teknologi- og kompetansebase innen energieffektive bygninger, som gir muligheter for næringsutvikling

- Det totale energieffektiviseringspotensialet i bygningsmassen i 2050 er av SINTEF anslått til 23 TWh ved en realistisk økt rehabilitering av bygningsmassen med energioppgradering, nybygg som er passivhus og påfølgende maksimal innfasing av varmepumper (SINTEF, 2022). I tillegg er det tekniske potensialet for kraftproduksjon fra solcelleanlegg i bygg anslått til rundt 30-50 TWh (Solenergiklyngen og FME SuSolTech, 2020).
- Ved reduksjon av energi- og effektbruk samt utnyttelse av fleksibilitet i bygg og områder, øker forsyningssikkerheten, kraftbalansen forbedres og det er mindre behov for arealkrevende fornybar kraftproduksjon og nettutbygging. Effektivisering, økt fleksibilitet og lokale energiløsninger kan redusere omfanget av naturinngrep i energiomstillingen. Spesielt lokal kraftproduksjon kan være med på å skåne naturområder.
- For at EU skal nå målet om 55% klimagassreduksjoner innen 2030, er det et årlig investeringsbehov i bygningsmassen på 275 mrd. euro fram til 2030 i EU, hvorav brorparten skal gå til energieffektivisering (EC, 2020).

- EU satser sterkt på energieffektivisering i bygg gjennom *EU Renovation Wave* og strategien for *Energy System Integration*. Det er også satt mål om 100 energipositive nabolag innen 2025, og gjennom Horisont Europa er det satt mål om 100 klimanøytrale byer innen 2030.
- Norge har sterke forskningsmiljøer innen energieffektive og smarte bygg og byer som deltar i EU-prosjekter innenfor området og har hatt suksess i tildeling av midler gjennom Horisont 2020-programmet.
- Norske næringslivsaktører er langt fremme innen pluss hus og byggsektoren anses for å være innovativ med ambisjoner om utvikling av foregangsbygg. Det eksisterer flere klynger og organisasjoner for bærekraft og miljø i bygg- og eiendomssektoren som blant annet jobber med digital innovasjon og effektiv ressursbruk, inkludert optimalisering av energiforbruk.
- Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Sluttbrukers rolle i energisystemet
 - Optimalisering av lokale energisystemer og deres interaksjon med overordnede energisystemer
 - Teknologi og verktøy for å prosjektere, planlegge og drifte energifleksible nullutslippsbygg og -områder
- Noen utvalgte tiltak inkluderer
 - Videreføre sentersatsing og videreutvikle tilskuddsordninger for FoU- og demo-prosjekter på nullutslippsbygg og -områder nasjonalt og internasjonalt
 - Styrke norsk deltakelse i EUs forskningsprosjekter og koordinere med EU-trender

5.2 Energieffektiv industri

Utvikling av en energieffektiv industri bidrar spesielt positivt til avkarbonisering av norsk industri og til å opprettholde en sikker og bærekraftig energiforsyning i Norge. Energieffektiv industri bidrar til avkarbonisering av norsk industri gjennom redusert forbruk av fossil energi. Bidrag til sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning kommer som følge av at energi frigjøres til andre formål. Energieffektiv industri spiller også en viktig rolle i satsingsområdet «Integrerte og effektive energisystemer».

- Energieffektiv industri består av tre hovedområder: Bytte av energibærere, inkrementelle prosessforbedringer og økt utnyttelse av overskuddsvarme.
- Potensialet for utnyttelse av overskuddsvarme fra industrien under 250°C er anslått til 20 TWh per år, fra norsk metallindustri er 6 TWh i området 100-250°C utnyttet (FME HighEff, 2021). Det finnes også et betydelig potensial for prosesseffektivisering, men potensialet er prosess-spesifikt og dermed vanskelig å kvantifisere.
- EU har ambisiøse mål for energieffektivisering, og forskning innenfor energieffektiv industri som er en viktig del av Horisont Europa og SET-planen.
- Norge har sterke forskningsmiljøer innenfor termisk energi og prosess- og materialteknologi, og forskning knyttet til energieffektiv industri er blant annet samlet i FME HighEff. Norske forskningsmiljøer har også hatt suksess i utlysninger fra Horisont 2020 og Horisont Europa.
- Norsk industri er ledende på energieffektivisering, og i kombinasjon med konkurransedyktig fornybar kraft er det et sentralt internasjonalt konkurransefortrinn.
- Potensialet for utnyttelse av overskuddsvarme i industrien er fortsatt betydelig, og med planer om etablering av batterifabrikker og datasentre vil potensialet vokse. Potensialet for

overskuddsvarmen kan være krevende å få utløst gitt lokaliseringen av industri og en tradisjon for prioritering av bedrifters ressurser mot produksjon.

- Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Forbedrede kjerneprosesser og praktiske prosessløsninger som fremmer energieffektivisering og reduserte utslipp.
 - Digitalisering og automatisering av produksjonsprosesser.
 - Nye og kostnadseffektive teknologiløsninger og metoder for konvertering og oppgradering av overskuddsvarme og økt utnyttelse av avgasser.
 - Områdeplaner og tverrsektorielt samarbeid for bedre utnyttelse av energiresurser.
- Noen utvalgte tiltak inkluderer:
 - Videreføre sentersatsingen og styrke samarbeidsarenaer for forskning og innovasjon
 - Styrke fysisk og digital forskningsinfrastruktur
 - Tilpasning av rammevilkår for å få til rask omstilling av industrien, spesielt industrier med lang ledetid

5.3 Bioenergi

Bioenergi vurderes som et viktig fagområde på grunn av sitt bidrag til avkarbonisering og en sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning. Biomasse til energiformål utgjør også et potensial for utvikling av nye grønne industrier basert på norske bioenergiressurser.

- Overgang til bruk av energibærere basert på bioressurser er ofte alternativet med kortest ledetid for å avkarbonisere store deler av industri- og transportsektoren. Dette gjelder spesielt innenfor segmentene som er krevende å elektrifisere. Biobrensler kan i flere tilfeller med begrensede tilpasninger erstatte fossile brensler og på den måten bidra til at Norge opprettholder en sikker energiforsyning.
- Norge har store bioenergiressurser. Det tekniske potensialet for bioenergi basert på norsk skog, landbruk og avfall er av Pöyry og Nordic Energy Research (2019) anslått til 57 TWh. Nesten 70% av det anslåtte potensialet kommer fra skogsbasert biomasse. På lengre sikt vil også marin biomasse utgjøre en mulig energiresurs. I dag utnyttes omtrent 13 TWh av det tekniske potensialet.
- Verdikjedene for produksjon av energibærere basert på biomasse er mangfoldige og kan bidra til ytterligere utnyttelse av reststoffer og avfall.
- På lengre sikt vil bioenergi kombinert med CO₂-håndtering muliggjøre negative utslipp.
- Verdikjeder basert på biomasse fra skog krever stort areal og kan ha stor påvirkning på naturen. Ved bruk av bioenergi og vurdering av klimagevinsten bør man også ta hensyn til rollen artene som biomassen kommer fra spiller i lagring og opptak av CO₂ i økosystemet.
- Det forventes at bioenergi vil spille en viktig rolle i det globale energisystemet i energiomstillingen, og det forventes dermed store investeringer innenfor området. Blant annet forventer IEA at verden behøver årlige investeringer fram til 2040 på mellom 14-35 mrd. dollar kun innen biogass for å nå 1,5-gradersmålet.
- EU har sterkt fokus på utvikling av bioenergi i et bioøkonomiperspektiv, og stiller stadig strengere bærekraftskrav til bruk og foredling av bioressurser. Biodrivstoff og bioenergi er

også et av hovedområdene i EUs SET Plan, og EU vektlegger utviklingen av avanserte biodrivstoff til avkarbonisering av transportsektoren.

- Norge har etablerte næringsaktører innenfor hele verdikjeden for bioenergi, inkludert utstyrsleverandører, produsenter, forvaltere og forbrukere. Aktørene dekker hele bredden innenfor bioenergi, inkludert fast biomasse, flytende biobrensel og biogass. I tillegg har flere aktører ambisjoner om å etablere nye fabrikker for storskala produksjon av flytende biobrensl, inkludert bærekraftig flydrivstoff.
- Det finnes sterke forskningsmiljøer i Norge innenfor bioteknologi- og kjemi, kjemiske ingeniørfag, prosessteknologi og konverteringsprosesser. Forskning innenfor bioenergi er blant annet samlet i FME Bio4Fuels, og flere av aktørene bidrar aktivt i en rekke EU-prosjekter. Norske forskningsmiljøer har mottatt 9 millioner euro til problemstillinger knyttet til bioenergi gjennom Horisont 2020 (NFR, 2021).
- Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Kartlegging og bærekraftig forvaltning av biomasse til energiformål, inkl. samfunnsinvolvering, arealbruk og endringer i bioenergipotensiell som følge av klimaendringer.
 - Samspill mellom bioressurser, landbruk og sirkulær økonomi. Industrianlegg som bioraffinerianlegg med utnyttelse av sidestrømmer på stedet.
 - Livssyklusanalyser og sertifisering av bioenergi.
- Noen utvalgte tiltak inkluderer:
 - Oppdatert bioenergiestrategi med handlingsplan.
 - Støtte til å ta grunnforskning til markedet, behov for infrastruktur for å støtte for prosjekter fra pilot til anlegg.
 - Risikoavlastning for industriaktører og prioritere innovasjonsaktiviteter for kommersialisering av teknologier og anvendelse av norske industrier.

5.4 Landbasert vindkraft

Landbasert vindkraft er en moden og konkurransedyktig fornybar teknologi. Teknologien kan bidra til å dekke det voksende kraftbehovet i energiomstillingen og bidra til å en sikker og konkurransedyktig kraftforsyning.

- Det forventes tilnærmet ingen ny landbasert vindkraft i Norge fram mot 2030, på grunn av stans i behandling av nye konsesjonssøknader. En eventuell gjenopptaking av utbygging avhenger av politisk klima og nye konsesjonskrav.
- Et revidert konsesjonssystem som skal sikre sterkere lokal forankring forventes lansert i løpet av 2022/23.
- Vindkraftanlegg er omstridte blant annet fordi de krever store arealer, støyer og kan være visuelt forurensende. Vindkraftanlegg med tilhørende infrastruktur plassert i relativt uberørt natur bidrar til fragmentering av naturområder som kan påvirke økosystemet i området.
- Investeringsbehovet i landbasert vind for å nå klimamålene er i Europa anslått til 6 mrd. dollar årlig og 146 mrd. dollar globalt frem mot 2030. Dersom norske aktører lykkes med å ta ledende markedsandeler internasjonalt anslås den totale adresserbare markedsverdien for de norske aktørene til 12–40 mrd. euro i perioden 2020-2030.

- Norske forskningsmiljøer som jobber med landbasert vindkraft, er anerkjente internasjonalt og er blant annet samlet i FME NorthWind. Forskingen fokuserer blant annet på digitalisering og bærekraftig utvikling av vindkraft på land.
- Norske vindkraftaktører har sine styrker innenfor prosjektutvikling, modellering og løsninger for drift og vedlikehold, blant annet optimering av markedsoperasjoner og markedsintegrering. Dette utgjør også et voksende eksportpotensial fremover. Aktørenes aktiviteter i Norge vil avta med færre prosjekter, og for å opprettholde kompetansen må aktiviteten flyttes utenlands.
- Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Metoder og verktøy, deriblant maskinlæring, for å optimalisere drift og vedlikehold.
 - Ytterligere kunnskap om vindkrafts påvirkning på miljø og samfunn.
 - Kostnadseffektive løsninger og avbøtende tiltak for miljø og arealpåvirkninger.
- Noen sentrale tiltak inkluderer:
 - Støtte norske aktørers utenlandssatsing
 - Tilgang på areal og muligheter til å søke konsesjon i Norge over tid

5.5 Geotermisk energi

Geotermisk energi spiller i energiomstillingen en viktig rolle i det termiske systemet og bidrar spesielt til sikker og konkurransedyktig energiforsyning. Geotermisk energi hentes fra jordskorpen og kan, avhengig av temperatur, oppgraderes til bruk i oppvarming, kjøling og kraftproduksjon.

- Norske geotermiske anlegg produserer i dag 3,5-4 TWh varme årlig, og lavtemperert grunnvarme kan teoretisk dekke det nasjonale behovet for oppvarming og nedkjøling av bygg.
- Flexibilitetspotensialet til geotermisk energi i energisystemet ved full utnyttelse er 10-15 GW effekt. Utnyttelse av lavtemperatur geotermisk energi bidrar til å redusere effekttopper i kraftnettet og geotermiske sesongvarmelagre og andre lagringskonsepter bidrar til lastutjevning.
- Geotermiske konsepter medfører begrenset arealbruk dersom de er lokalisert nær sluttbruker og ikke krever ytterligere utbygging av infrastruktur for overføring.
- For å nå 1.5 °C-målet må det globalt investeres 24 mrd. dollar per år i geotermisk energi fram mot 2050. Det globale økonomiske potensialet for geotermisk varme er over 800 GW.
- I EU er dyp geotermisk energi inkludert som en arbeidsgruppe i EUs SET-plan. EUs Horisont 2020 program, Geothermica, fremmer forskning og innovasjon for pålitelig, trygg og konkurransedyktig geotermisk energi. Geotermisk energi trekkes også spesielt frem i utviklingen av lavutslipps- og energipositive bygg og områder.
- Norge har forskningsmiljøer innenfor både dypt og lavtemperert geotermisk energi, samlet i CGER.
- En rekke norske aktører jobber med utvikling og installasjon av lavtemperert geotermisk energi. Videre gir olje- og gassindustrien et betydelig teknologioverføringspotensial som gjør at norsk leverandørindustri har muligheter for å hevde seg i et internasjonalt marked. Spesielt erfaringen med dype brønner kan overføres til bruk innenfor blant annet geotermisk kraftproduksjon.

- Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Effektive metoder for geologisk, geokjemisk og geofysisk kartlegging, både regionalt og for prospekter.
 - Robust og kostnadseffektiv bore- og brønntechnologi.
 - Metoder for overvåkning og begrensnig av negative miljøkonsekvenser og for sikker forvaltning av undergrunnen.
- Noen utvalgte tiltak inkluderer:
 - Stimulering av norske aktørers deltagelse i forsknings- og demonstrasjonsprosjekter.
 - Støtte til innovasjonsprosjekter for næringslivet med potensial på det nasjonale markedet.
 - Støtte til kompetanse- og forskningsprosjekter innen sentrale forskningstema.

5.6 Klimavennlige energiteknologier for maritim transport

Klimavennlige energiteknologier for maritim transport er spesielt relevant for avkarbonisering av transportsektoren og for å utvikle nye grønne industrier og marine energiteknologier.

Avkarbonisering av maritim transport vil kreve en kombinasjon av flere lav- og nullutslipps energiløsninger, deriblant elektrifisering, hydrogen og ammoniakk. Behovet og kravene til fremdriftssystemer og energileveranser vil blant annet avhenge av fartøyets størrelse, driftsmønster og lokal tilgang på energiinfrastruktur.

- Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen IMO har et mål om å halvere utslipp fra internasjonal sjøfart innen 2050, og Norge er pådriver for å styrke dette til et mål om nullutslipp. EU og Norge har også ambisiøse mål for utslippskutt i maritim transport.
- For å redusere utslippene fra maritim transport vil energieffektiv drift, forbedringer på eksisterende skip, flåtefornyelse samt innfasing av bærekraftige lav- og nullutslippsdrivstoff være sentrale tiltak.
- DNV forventer i sin referansebane at det drøyer til etter 2040 før norsk maritim sektor ser et betydelig innslag av lavutslippsdrivstoff, deriblant ammoniakk, hydrogen og metanol. Med målrettede tiltak for å fremme FoU innenfor maritim transport vil dette kunne fremskyndes.
- På verdensbasis er det anslått et investeringsbehov på omtrent 1000 mrd. dollar fram til 2050 for å nå IMOs utslippsmål for internasjonal maritim i 2050. Det norske omsetningspotensialet i Europa for maritim industri, dvs. karbonfrie fremdriftssystemer og infrastruktur-løsninger, er av NHO anslått til 5 mrd. euro per år i 2030.
- Norge har ledende forskningsmiljøer på lavutslipps maritim transport med utvikling og testing av blant annet nye skipsdesign, styringssystemer og lavutslippsdrivstoff og fremdriftssystemer. Norsk FoU på maritim transport gjøres blant annet samlet i forskningssenter for nullutslipps energisystemer, FME MoZEES, og i mer rendyrkede sentre for maritim forskning som inkluderer lav- og nullutslipps fremdriftssystemer.
- Komplette og internasjonalt konkurransedyktige maritime verdikjeder med initiativer for produksjon av lavutslipps drivstoff, utvikling av fartøy og sluttbrukerløsninger gjør at Norge har spesielt gode forutsetninger for å ta en ledende rolle innenfor klimavennlig maritim transport. Norge har lang industriell erfaring med en høyt spesialisert verftsindustri med stor

grad av kompleksitet. Aktørene i bransjen har lang erfaring fra og er fremoverlente i utvikling av maritime næringer, shipping og petroleumsindustrien.

- Som en del av EUs omstillingspakke *Klar for 55* inkluderes maritim transport gradvis i EUs kvotehandelssystem fra 2023. *Klar for 55* og *FuelEU Maritime* stiller også bindende krav til reduksjon i utslippsintensitet fra maritim sektor i årene framover, og det settes krav til nullutslippsinfrastruktur i havner. Likevel har EU noe mindre fremtredende fokus spesifikt på maritim transport i sine forskningsprogrammer enn Norge.
- Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Utvikling og etablering av utslippsfrie maritime verdikjeder
 - Maritime fremdriftssystemer
 - Effektiv utbygging av infrastruktur for energibærere
- Noen utvalgte tiltak inkluderer:
 - Stimulering av norske aktørers deltagelse i forsknings- og demonstrasjonsprosjekter.
 - Støtte til innovasjonsprosjekter for næringslivet med potensial på det nasjonale markedet.
 - Støtte til kompetanse- og forskningsprosjekter innen sentrale forskningstema.

5.7 Klimavennlige energiteknologier for landbasert transport

Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport er avgjørende for å avkarbonisere veitrafikken, skinnegående transport og ikke-veigående maskiner som anleggs- og jordbruksmaskiner. Avkarbonisering av landtransport vil kreve en kombinasjon av flere lav- og nullutslipps energiløsninger for å sikre tilstrekkelig forsyning for pålitelig mobilitet og klimamålene. Behovet og kravene til fremdriftssystemer og energileveranser vil blant annet avhenge av kjøretøyets tyngde, driftsmønster og lokal tilgang på energiinfrastruktur.

- Veitrafikk utgjorde 17 prosent av utslippene i Norge i 2020, og den norske regjeringen har satt en rekke mål for å øke andelen nullutslippskjøretøy i de forskjellige segmentene innenfor veitrafikk.
- Norge har et forsprang i elektrifiseringen av personbiler, men for andre segmenter som tunge kjøretøy, jordbruksmaskiner og anleggsmaskiner er det foreløpig få nullutslippsalternativer. Deler av disse segmentene vil elektrifiseres, men her vil også biodrivstoff og hydrogen spille en viktig rolle.
- Omstillingen i transportsektoren krever en storskala utbygging av nullutslipps infrastruktur. Først og fremst kreves massiv utbygging av ladeinfrastruktur, og regjeringen jobber med å etablere en nasjonal ladestrategi. For segmenter som ikke elektrifiseres kreves også utbygging av fyllestasjoner for enten biogass eller hydrogen.
- Utbygging av ny infrastruktur for nullutslippstransport kan kreve store arealer. Ladestasjoner til alle typer veitransport beslaglegger arealer og kan også føre til nettutbygging.
- Flytende biodrivstoff er allerede godt integrert i den eksisterende fylleinfrastrukturen, men dagens infrastruktur er ikke tilpasset biogass. For hydrogenfyllestasjoner er det behov for etablering av ekstra sikkerhetssoner.

- Globalt er det anslått at 300 milliarder dollar må investeres i ladeinfrastruktur for elektriske kjøretøy innen 2030. Behovet for lavutslippsinfrastruktur for all landtransport vil være enda mer betydelig når man inkluderer hydrogen, hydrogenbærere og biobaserte drivstoff. I EU anslås investeringsbehovet som følge av foreslåtte krav til nullutslippsinfrastruktur til minst 300 mrd. euro frem mot 2030.
- Smarte løsninger for ladeinfrastruktur, spesielt flåtestyring og betalingsløsninger, trekkes frem som områder der Norge kan ta markedsandeler, og det globale markedspotensialet for smart lading vei er anslått til 11-16 mrd. euro i 2050.
- Norge har forskningsmiljøer som er sterke på ladeinfrastruktur og samspillet med kraftsystemet. I tillegg har vi voksende miljøer innenfor viktige fremdriftsteknologier og bærere som batterier og hydrogen.
- Norge har flere prosjekter for etablering av lavutslippsverdikjeder til forsyning av transportsektoren. Tidlig elektrifisering har bidratt til å gi norske aktører et forsprang i utviklingen av lade- og infrastrukturkonsepter. I tillegg finnes det flere norske leverandører av både batterisystemer og lagringssystemer og fyllingsinfrastruktur for hydrogen.
- Grønt landtransportprogram etablert i 2021 skal bidra til økt implementering av lav- og nullutslippsteknologi og energibærere kjøretøy og maskiner, spesielt innenfor næringssegmentet. Flere aktører har iverksatt prosjekter for innfasing av lavutslippsteknologier i transportsegmenter, eksempelvis mål om hundre tunge elektriske lastebiler og hundre hydrogenlastebiler i Oslo-regionen og Østlandet.
- Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Stasjonære og mobile konsepter for hurtig og sikker lading av elektrisitet (inkl. induktive konsepter) og fylling av hydrogen
 - Integrerte og hybride nullutslipps fremdriftssystemer for kjøretøy
 - Effektive markeds- og forretningsmodeller for utvikling av et klimavennlig transportsystem, inkl. økt forståelse om effekter av incentivordninger for transformasjon av transportsektoren til null-utslipp
- Utvalgte tiltak inkluderer:
 - Etablere demonstrasjonsprosjekt med ulike typer infrastruktur for elektrifisering og nullutslippsløsninger for tungtransport.
 - Differansekontrakter for forbrukere av nullutslippsenergibærere
 - Krav til lav- og nullutslipps kjøretøy i offentlige anskaffelser.
 - Nasjonal plan for utarbeidelse av helhetlig lavutslippsinfrastruktur

5.8 Klimavennlige energiteknologier for lufttransport

Området klimavennlige energiteknologier til lufttransporten tar for seg hovedutfordring «avkarbonisering av industri og transport». Lufttransporten er krevende å avkarbonisere gitt internasjonal virksomhet og kravene til teknologi og sikkerhet.

- Det finnes flere alternativer for å avkarbonisere luftfarten, inkludert bærekraftig flydrivstoff, elektrifisering og hydrogendrevne fly. På kort sikt er det kun bærekraftig flydrivstoff som kan avkarbonisere eksisterende flyflåte, men elektriske fly forventes å spille en rolle på korte distanser om få år. Hydrogendrevne fly er noe lenger fram i tid.

- Norge var først i verden med å innføre omsetningskrav på avanserte biodrivstoff, 0,5% i 2020 med mål om 30% i 2030. Demonstrasjoner av avanserte og syntetiske drivstoff har vært suksessfulle, men bærekraftige flydrivstoff er fortsatt, avhengig av prosessens modenhet, fra to og opptil ti ganger dyrere å produsere enn fossilt flydrivstoff.
- Det finnes en rekke norske planer for produksjon av bærekraftige flydrivstoff, både basert på biodrivstoff og syntetisk drivstoff produsert ved elektrolyse og CO₂-fangst. Produksjon av bærekraftig flydrivstoff i Norge anslås til omtrent 3 TWh per år i 2030.
- EUs Green Deal vektlegger utviklingen mot utslippsfri luftfart og i videreføringen av dette har EU lansert et forslag om krav til innblanding av bærekraftig flydrivstoff. Innblandingskravet er på 5% i 2030, med et minimumskrav til syntetiske drivstoff, og en andel på 20% fra 2035, noe som innebærer en betydelig økning etter 2030 (ReFuelEU Aviation). Dette vil føre til en betydelig vekst i markedet for bærekraftige flydrivstoff, og vil også utløse betydelige investeringer i produksjonsanlegg rundt om i Europa.
- NTNU Clean Aviation partnership ble etablert i 2021 med mål om å drive tverrfaglig forskning for netto nullutslipps luftfart innen 2050, og deltar som medlem i EUs Clean Aviation partnership. Det finnes også sterke forskningsmiljøer på elektrotekniske komponenter, lavutslipps infrastruktur og avansert biodrivstoff og -raffinering.
- Norge har aktive aktører innenfor flere områder i verdikjeden for klimavennlige energiteknologier til lufttransport, deriblant drivstoffproduksjon, infrastruktur og komponentdesign/utvikling. Flere norske aktører innenfor produksjon og utvikling av bærekraftige flydrivstoff, både biobaserte og syntetiske drivstoff, har ambisjoner om å ta internasjonale markedsandeler. Norske tekniske miljøer er også involvert i utvikling av løsninger og komponenter for elektriske fly, deriblant elektriske flymotorer.
- Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Anvendelse av nye energibærere: Ressurs- og energieffektiv og bærekraftig produksjon av bio-baserte drivstoff, kompakte og pålitelige batterisystemer inkludert trygg og effektiv ultrarask lading av batterier, og hydrogen-konsepter for fly (GH2 og LH2)
 - Fremdriftssystemer: Helelektriske drivlinjer, termisk integrasjon av flytende hydrogen og elektrisk drivlinje, brenselceller med tilstrekkelig volum- og energieffektivitet for luftfart, og jetmotorer for hydrogen.
 - Digitalisering: Cybersikkerhet, forbedret kontinuerlig tilstandsovervåkning av sentrale systemer inkl. trådløs kommunikasjon med sensorer, digitale tvillinger av energi- og fremdriftssystemer, inkl. energisystem på lufthavn.
- Utvalgte tiltak inkluderer:
 - Etablere en Luftfart21-prosess og grønt luftfartsprogram/ innovasjonssenter
 - Klare regelverk for regnskap og dokumentasjon av klimaeffekter ved bruk av bærekraftig drivstoff
 - Styrke Enovas rolle i etablering og utvikling av produksjonsanlegg for bærekraftige drivstoff
 - Staten bør betale merkostnaden for bærekraftig drivstoff for egne ansattes tjenestereiser. Det bør også vurderes å stille krav om en høy andel bærekraftig drivstoff ved kjøp av FOT-ruter.

5.9 Fremtidens kjernekraft

Fremtidens kjernekraft utvikles på flere områder og kan bidra positivt til å opprettholde en sikker energiforsyning i energiomstillingen, spesielt i våre naboland. Det jobbes blant annet med neste generasjons konvensjonell kjernekraft og småskala modulære reaktorer (SMR).

- Småskala modulære reaktorer (SMR) er under utvikling på flere fronter, blant annet i flere av Norges naboland gjennom både store og små selskaper, og det er stadig flere land som undersøker muligheten for å sette i gang egne prosjekter. Det finnes over 70 SMR design og konsepter globalt sett, og de fleste av dem er fortsatt under utvikling.
- Fordelen med små modulære reaktorer er at de er mer fleksible enn konvensjonelle kjernekraftverk, har lavere kostnad, kortere ledetider og bedre skalerbarhet og sikkerhet.
- For mange land kan etablering av SMR-reaktor(er) være en sikrere og mer overkommelig vei til avkarbonisering av kraftsektoren. En testreaktor av fjerdegenerasjons blykjølt SMR planlegges av selskapene Blykalla og Uniper i Oskarshamn i Sverige (TU, 2022).
- Norge har lang erfaring med forskning på kjernekraft gjennom enkelte forskningsinstitusjoner, og det skal etableres en SMR-simulator i Norge for å kunne forske på sikkerheten i fremtidens kjernekraft.
- Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Driftssikkerhet og cybersikkerhet i SMR
 - Varmevekslingsteknologi
 - Systemintegrasjon og oppetidsbetraktninger
- Utvalgte tiltak inkluderer:
 - Støtte til sentrale forsknings- og innovasjonsbehov
 - Støtte til deltakelse i internasjonale forsknings- og innovasjonssamarbeid

5.10 Fusjonsenergi

Fusjonsenergi kan, hvis teknologiutviklingen lykkes, representere et paradigmeskifte på energifeltet. Teknologien vil være en forsyningssikker og arealbesparende varme- og kraftteknologi som på lang sikt kan bidra med tilnærmet ubegrensede mengder konkurransedyktig og sikker energiforsyning.

- I motsetning til fisjon innebærer fusjon sammensmelting av atomer som frigjør varme. Lette atomkjerne kombineres til større og tyngre atomer, vanligvis kombineres hydrogenatomkjerne til helium. Det kreves store mengder energi for å opprettholde fusjonsprosessen, og så langt har ingen lykkes i å hente ut mer energi enn man putter inn i prosessen.
- Fusjonsenergi håndterer utfordringene knyttet til driftssikkerhet og avfallshåndtering ved tradisjonelle fisjonskraftverk. Dette fordi prosessen dør ut av seg selv uten tilførsel av energi og fordi det ikke produseres radioaktivt avfall.
- Tokamak-reaktorer er de mest brukte reaktorene, og det finnes flere store forskningsprosjekter og private aktører som er i ferd med å bygge pilotanlegg. De mest ambisiøse av disse har mål om å demonstrere netto fusjonsenergi (at man får ut mer energi enn man putter inn) innen 2025, og en reaktor av kommersiell skala innen 2030.

- Noen av fordelene med fusjonsenergi er at plasseringen av anleggene er fleksibel, og at det i stor grad er uavhengig av naturressurser ettersom det er tilstrekkelig tilgang på de nødvendige hydrogenisotopene som brukes som innsatsfaktorer overalt på kloden.
- Foreløpig er det flere teknologiutfordringer som må løses, deriblant opprettholdelse av tilstrekkelig temperaturer for kontinuerlig fusjonering og hyppig komponentutskiftning.
- Norge har ingen direkte relatert industri innenfor fusjonsenergi, men vi har forskningsmiljøer innenfor områder som nordlys, plasma og materialteknologi som deltar i internasjonale forskningsprosjekter relatert til fusjonsenergi.
- Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Materialteknologi spesielt knyttet til magneter og superledere.
 - Småskala reaktorer og skalerbare systemer, modularisering
 - Varmevekslingsteknologi
- Utvalgte tiltak inkluderer:
 - Støtte til sentrale forsknings- og innovasjonsbehov
 - Norsk deltakelse i EUROfusion
 - Støtte til deltakelse i internasjonale forsknings- og innovasjonssamarbeid

5.11 Bølge- og tidevannskraft

Bølge- og tidevannskraft utnytter bevegelsen i vann til å generere kraft og er en relativt stabil forsyningskilde. Teknologien bidrar til en sikker energiforsyning og til utviklingen av nye marine energiteknologier.

- Bølgekraft har et stort teknisk potensial langs norskekysten, og hvis man bygger ut 20 prosent av det tekniske potensialet er det snakk om 12-30 TWh kraftproduksjon.
- Bølgekraft er foreløpig en umoden teknologi med en installert kapasitet på 2,3 MW globalt, men de kommende årene venter IRENA basert på sin prosjektdatabase at installert kapasitet øker til 100 MW. Mange konsepter er fortsatt i testing- og demonstrasjonsfasen, først i 2020 ble det installert konsepter med en kapasitet på over 1 MW.
- Norge har flere utviklere av bølgekraftkonsepter i test- og piloteringsfasen. I 2017 ble et bølgekraftanlegg for første gang tilkoblet nettet i Norge, en fullskala pilot med en bølge på 100-200 kW. Fortsatt er teknologien relativt dyr, men det er ventet at teknologien som følge av oppskalering vil bli konkurransedyktig på sikt.
- For videre utvikling er det sentralt med utvikling av robuste anlegg som tåler påkjenningene fra bølgekraft og støtte til patentering, oppskalering og kommersialisering av konsepter. I tillegg vil det med utviklingen av nye konsepter gi muligheter for norske sertifiseringsmiljøer og etter hvert for maritim tjenestenæring ved installasjon og drift av bølgekraftanlegg.
- I Norge er det lite aktivitet innenfor tidevannskraft, og det norske realistiske utbyggbare tidevannspotensialet ble i 2007 estimert til under 1 TWh, men potensialet kan være større.
- EU har i sin Offshore Renewable Energy Strategy mål om minst 1 GW installert kapasitet for bølge- og tidevannskraft i 2030 med en økning til 40 GW i 2050.
- Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:

- Utvikling av robuste anlegg som tåler påkjenningene fra bølgekraft
- Kostnadseffektive konsepter
- Utvalgte tiltak inkluderer:
 - Støtte til patentering, oppskalering og kommersialisering av konsepter

5.12 Høydevind

Høydevind er en kraftproduksjonsteknologi i utvikling som skal utnytte vindressurser på høyder mellom 200 til 1500 meter. På disse høydene er vindressursene sterkere og mer konstante som muliggjør en høyere kapasitetsfaktor. Dette gjør at teknologien på sikt kan bidra til en sikker og bærekraftig energiforsyning.

- Bølgekraft har et stort teknisk potensial langs norskekysten, og hvis man bygger ut 20 prosent av det tekniske potensialet er det snakk om 12-30 TWh kraftproduksjon.
- Høydevindkonsepter er i en tidlig kommersialiseringsfase og er ofte vinge- eller dragelignende konfigurasjoner fortløyd til bakken.
- Plasseringen av et enkelt høydevindanlegg er fleksibel og krever relativt lite areal og materialer. Følgelig er det egnet for distribuert fornybar kraftproduksjon på land eller offshore, men det utvikles nå også for konfigurasjoner i større kraftverk.
- Kitemill er den eneste norske leverandøren (OEM) av høydevindteknologi og er en ledende aktør innenfor utvikling av høydevind internasjonalt. Kitemill har i flere omganger mottatt bevilgninger fra EUs forskningsprogrammer, til sammen over 100 millioner kroner blant annet fra Horisont 2020, Interreg og EUs Innovasjonsfond. Norske universitetsmiljøer er også aktive i konsept- og komponentutvikling.
- Sentrale forsknings- og innovasjonsbehov inkluderer:
 - Kontrollsystemer og full-automatisering av oppsending og landing av vindkraftdrage
 - Lette og slitesterke materialer (for å tåle et høyt antall sykluser)
 - Økt pålitelighet og driftssikkerhet, både tekniske og regulatoriske aspekter
- Utvalgte tiltak inkluderer:
 - Støtte norsk deltakelse i IEA Wind Task 48 – Airborne Wind Energy
 - Midler til FoUI og demonstrasjon, kommersialisering og oppskalering

6 Realisering av strategiske anbefalinger- raske og fleksible virkemidler

Det er behov for virkemidler som sikrer effektiv oppskalering av teknologiprojekter og kommersialisering av produkter og tjenester. Virkemidler og incentiver for forsknings- og innovasjonsprosjekter samt utdanningssystemet bør sikre tilgang til kompetanse, teknologi- og løsninger som er synkronisert med temposkiftet og kompleksiteten til utviklingen i energisystemene.

6.1 Behov for målrettede, raske og fleksible virkemidler

Næringslivet etterspør tilgang til kompetanse, teknologi- og løsninger som er synkronisert med temposkiftet og kompleksiteten til utviklingen i energisystemene. Dagens forsknings- og innovasjonsaktiviteter kan oppfattes som for langsiktige da næringslivet helst skulle anvendt resultatene "i går". I tillegg erfarer næringslivet flere barrierer for kommersialisering og implementering av nye produkter i markedet. Det gjelder å videreutvikle og utnytte Norges komparative fortrinn innen energiområdet og ikke la muligheter for verdiskaping og arbeidsplasser gå til spille.

6.2 Næringslivet ønsker oppskalering og implementering

Energi21-strategien bygger på innspill fra næringslivet om potensialer for verdiskaping, kunnskaps- og teknologibehov og relevante virkemidler for forskning og innovasjon. Når det gjelder virkemidler og realisering av FoU i aktiviteter er budskapet fra næringslivet tydelig:

Lojalitet mot langsiktige mål kombinert med effektive handlinger med nær tidshorisont er nøkkelelement for vellykket realisering av næringens ambisjoner. Det er behov for målrettede, raske og effektive virkemidler. Mye kunnskap og mange teknologier er tilgjengelig, men det er krevende å implementere, oppskalere og kommersialisere løsningene i markedene.

Det blir et stort behov for praktisk og teoretisk energifaglig kompetanse. Nye kandidater må utdannes, men også eksisterende arbeidstakere vil ha behov for etterutdanning for å drifte og vedlikeholde fremtidens energisystem.

For noen teknologiområder er det ikke veletablerte markeder, de må legges til rette for og etableres. Det er viktig at offentlige og private investeringer i energirelatert forsknings- og innovasjon speiler denne utvikling når det gjelder styrke, tempo, strategisk retning og kompleksitet.

Energi21 anbefaler en virkemidler for forsknings- og innovasjon som er målrettede og som vektlegger oppskalering og implementering hvis det dreier seg om teknologi- og kunnskap for leverandørutvikling (industrialisering).

6.3 Næringslivet må engasjere seg

Norges komparative fortrinn innen energi må videreutvikles kontinuerlig i takt med ressursbehovet og teknologi- og markedsutviklingen. Dette vil kreve innsats og samarbeid mellom næringslivet, forsknings- og utdanningsmiljøene og myndighetene.

Næringslivet må engasjere seg i kunnskaps- og teknologiutviklingen ved å ta risiko og investere tid og kapital i forsknings- og innovasjonsaktiviteter. Myndighetene bør legge til rette for et effektivt

samspill mellom departementenes ulike virkemidler, slik næringslivet får mulighet til å prioritere tid og kapital til forsknings- og innovasjonsprosjekter.

Energi21 anbefaler virkemidler som bidrar til at næringslivet tar risiko og investerer tid og kapital i forsknings- og innovasjonsprosjekter.

6.4 Nødvendig å styrke budsjettene til energiforskningen

Omstillingstakten i energisystemene er nå mye høyere enn den tradisjonelt har vært. Derfor mener Energi21 det er nødvendig med budsjettvekst for å styrke bedriftenes arbeid med utvikling av nye teknologier og løsninger for økt konkurransekraft og grønn omstilling. I tillegg er det viktig å sikre langsiktig kunnskapsutvikling og videreutvikle nasjonale forsknings- og utdanningsmiljøer.

Med referanse til Perspektivmelding (Meld. St. 14 (2020–2021)), [NHO og LO Felles energi- og industripolitisk-plattform](#)), Energi og Industrimeldingen «Energi til Arbeid» og [siste IPPC rapport](#), er den grønne omstillingen så omfattende og viktig for Norge at den samlede innsatsen innen forskning og innovasjon må økes kraftig.

En satsing på utvikling av klimavennlige energiteknologier vil berøre flere samfunnssektorer og dermed også flere departementer [energi, skog, landbruk, hav, samferdsel, klima/miljø, bygg, industri]. I de siste arene har det påløpt betydelige samfunnskostnader som følge av klimaendringene, også i Norge.

Energisystemet representerer en av samfunnets viktigste infrastrukturer. Løsninger på fremtidig samfunnsutfordringer vil omfatte både nye og umodne teknologier, noe som gir store forsknings- og utviklingsbehov. I tillegg er det behov for å øke FoU-budsjettene for at eksisterende og ny industri skal kunne utvikle nye ideer og gripe de mulighetene som er omtalt ovenfor.

Det er i dag [2022] stor søkning til forsknings- og innovasjonsprosjektene, og næringslivet viser engasjement. Dette er et godt utgangspunkt, og anbefalt budsjettvekst vil sikre nødvendig kunnskaps- og teknologiutvikling for fremtidig næringsutvikling og verdiskaping.

Kommentarer til anbefalt budsjettvekst til CLIMIT

Fra 2017 til 2022 er budsjettet for CLIMIT-programmet redusert. Energi21 mener det er viktig å styrke finansieringen slik at CLIMIT programmet harmoniserer med betydningen av CO₂ håndteringsteknologier i et klimavennlig energisystem og i utviklingen av et lavutslippssamfunn nasjonalt og internasjonalt. I tillegg er det viktig med et forsknings- og innovasjonsprogram som er tilstrekkelig solid til at norske FoU- og innovasjonsmiljøer, inkludert norsk industri, effektivt kan bidra til en rask og god gevinstrealisering av Langskip- prosjektet¹⁶ og eventuelt andre fullskalaprosjekter.

¹⁶ <https://langskip.regjeringen.no/>

Langsiktig kunnskapsutvikling

Energisystemet skal gjennom en gjennomgripende transisjon som vil ta flere år. Derfor er det avgjørende å styrke langsiktig kunnskapsutviklingen parallelt med mer kortsiktig satsing. Med bakgrunn i dette anbefaler Energi21 å videreutvikle den noe mer langsiktige delen av prosjektporteføljen i ENERGIX (KSP-K prosjekter). Dette for å sikre at kritiske fagmiljøer bygger relevant kunnskap og utdanner eksperter i et samarbeid med næringslivet. Dette vil også bidra til å styrke norsk konkurransekraft i EUs rammeprogrammer

Budsjettvekst og tematisk prioritering for langsiktig sentersatsing

Energi21 anbefaler å videreutvikle sentersatsingen ved å satse målrettet på sektorovergripende fagområder med betydning for forsyningssikkerheten, fremtidig industrialisering, og grønn omstilling. Satsingen på forskningssentre for miljøvennlig energi (FME) har vært og er vellykket. Målrettet og langsiktig satsing på forsknings- og innovasjonsprosjekter med samarbeid mellom industri og forskningsmiljøer er positivt for verdiskaping, næringsutvikling og grønn omstilling.

I tillegg er målrettet sentersatsinger en svært viktig plattform for norsk næringslivs og norske forskningsmiljøers utvikling av og deltakelse i EUs rammeprogrammer, se også avsnitt 5 nedenfor.

Relevante sektorovergripende fagområder for sentersatsing er:

- Neste generasjons fleksible og effektive energimarkeder
- Bærekraftig grønn energiomstilling og kostnadseffektiv samfunnsinnovasjon (Miljø, naturmangfold, arealbruk, adferdspsykologi, holdninger m.m.)
- Bærekraftige batterimaterialer og batterisystemer
- Forsknings- og innovasjonsdrevet næringsutvikling og industrialisering (Stikkord: Investorattraktivitet, effektive forretningsmodeller, finans og entreprenørskap m.m.).

Energi21 anbefaler sterk vekst i budsjettnivået til forskningsprogrammene EnergiX og CLIMIT i perioden 2023-2026- Budsjettveksten bør prioriteres forsknings- og innovasjonsprosjekter med tydelig næringsutviklingsprofil og kommersielle muligheter. Budsjettnivået til energiforskningen bør være tilstrekkelig solid til at norske FoU- og innovasjonsmiljøer, inkludert norsk industri, effektivt kan bidra til en rask og god gevinstrealisering av FoU i prosjektene.

Energi21 anbefaler å styrke langsiktig sentersatsing for forskningsdrevet innovasjon og leverandørutvikling med både budsjettvekst og flere fagområder. Det bør satses på sektorovergripende fagområder som støtter bærekraftig energiomstilling, industrialisering og forsyningssikkerhet.

6.5 Virkemidler for grønn omstilling bør følge Energi21 strategien

Porteføljen med programmer og FoU -bevilgninger for grønn omstilling bør reflektere satsingsområdene i Energi21 strategien. Dette vil sikre relevans og at næringens ambisjoner følges opp. Satsingsområdene til Energi21 strategien har grenseflater flere departementers sektoransvar. Dette fordrer samarbeid mellom departementenes virkemidler og harmonisering av forsknings- og innovasjonsprioriteringer.

Norge har i dag et godt og samordnet virkemiddelapparat som dekker hele innovasjonskjeden. Men fremover vil det bli behov for enda mer dynamiske og samkjørte virkemidler og incentiver.

Dette gjelder virkemidler hos Forskningsrådet, Gassnova, Enova, NVE og Innovasjon Norge.

Energi21 anbefaler at virkemidler for grønn omstilling innen energiområdet bør følge Energi21 strategiens tematiske prioriteringer. Dette vil sikre næringsrelevante satsinger med potensiale for verdiskaping, effektivomstilling og industrialisering.

6.6 Videreutvikle fellessatsinger og sektorsamarbeid på myndighetsnivå

Realisering av prosjekter og aktiviteter innen Energi21s satsingsområder er avhengig av sektorsamarbeid på myndighetsnivå og hele porteføljen med virkemidler for forskning- og innovasjon på energiområdet. Manglende samarbeid gir flere negative konsekvenser, som brudd i den langsiktige kunnskaps- og teknologiutviklingen, teknologiområder som faller mellom to eller flere stoler, og at verdiskapingen uteblir. Det er viktig at departementene fortsetter sitt gode samarbeid på tvers av sektorer. Det har stor betydning for kunnskaps- og teknologiutviklingen og ikke minst næringsutviklingen innen energiområdet.

Virkemidler som PILOT – E¹⁷ og Grønn Plattform¹⁸ blir ofte trukket frem av næringslivet som effektive virkemidler. Disse virkemidlene er relevante for markedet og har en tilnærming som speiler næringslivets behov. I tillegg har de tydelige mål om leverandørutvikling og klimavennlig verdiskaping.

Formålet er å akselerere grønn omstilling i næringslivet, legge til rette for nye grønne verdikjeder og sikre et bærekraftig energisystem. Dette gjelder virkemidler hos Forskningsrådet, Gassnova, Enova, Innovasjon Norge, SIVA, NVE, EksFIN m.fl. Fellessatsinger som "PILOT- E" og "Grønn plattform" er gode eksempler på virkemidler med opptak av resultatene i markedet. I tillegg vil det være gunstig med kunnskapsutveksling og samarbeid med det statelige investeringsselskapet Nysnø Klimainvesteringer.

Energi21 anbefaler å forsterke og videreutvikle tverrdepartementale fellessatsinger, som gir støtte til forsknings- og innovasjonsdrevet grønn omstilling i næringslivet. Satsingen vil bidra til å akselerere teknologi- og kunnskapsutviklingen, legge til rette for grønne verdikjeder og sikre et bærekraftig energisystem for samfunnet.

Energi21 anbefaler å videreutvikle og forsterke initiativer som Grønn plattform og PILOT- E. Dette er virkemidler som har vist gode resultater og gitt konkrete bidrag til klimavennlig energiomstilling, industrialisering og verdiskaping.

Energi21 anbefaler at departementene fortsetter sitt gode FoU i samarbeid på tvers av sektorer. Det har stor betydning for kunnskaps- og teknologiutviklingen og ikke minst næringsutviklingen innen energiområdet.

¹⁷ [PILOT-E – Finansieringstilbud til norsk næringsliv | Enova](#)

¹⁸ [Grønn plattform 2022 \(forskningsradet.no\)](#)

6.7 Anbefalinger til det statlige omstillingsfondet Enova

Energi21 mener det er viktig at mandatet til Enova gjenspeiler energiforsyningen og energimarkedenes betydning for reduksjon av klimagassutslipp i samfunnets ulike sektorer og næringer. I tillegg er det viktig at virkemidlene reflekterer tempoet og omfanget til teknologi- og markedsutviklingen innen klimavennlige energiteknologier.

Dette omfatter blant annet kriteriene for tildeling av støtte til forsknings- og innovasjonsprosjekter og vurdering av energiteknologienes relevans i et klimaperspektiv. Energi21 ønsker å understreke at utslippskuttene vil realiseres raskere med et digitalt, fleksibelt og forsyningsikkert energisystem.

Energi21 ønsker også å påpeke at test- og demonstrasjonsaktiviteter er avgjørende for å øke tempoet i teknologiutviklingen og bidra til realisering av nye klima- og miljøvennlige løsninger. Pilot- og demonstrasjonsfasen er krevende for bedriftene med høy risiko og stort kapitalbehov. Regjeringens energi- og klimateknologisatsing som forvaltes av Enova er verdifull for utvikling og kommersialisering av fremtidens klimavennlige energiteknologier. Dette er også relevant for Enovas nye rolle som forvaltningsansvarlig for søknader til EUs Innovation Fund som støtter prosjekter innenfor fornybar energi, energilager, energiintensiv industri og CCS. Bedriftene har behov for risikoavlastende virkemidler for å fullføre innovasjonsløpet frem til kommersialisering.

Energi21 anbefaler å forsterke porteføljen til Enova med test- og demonstrasjonsprosjekter innen følgende områder:

- Neste generasjon energisystem – og energimarkedsmodeller
- Digitalisering og cyber – sikkerhet
- Grønt og blått hydrogen og ammoniakk, produksjon, distribusjon, anvendelse og sikkerhet
- Marine energiteknologier – og tjenester
- Bærekraftige batterimaterialer og batterisystemer
- Vannkraftsystemer i fremtidens fleksible energisystem
- CO₂ håndtering (koordinering mot EUs Innovation Fund)

Dette er fagområder som ligger innenfor Energi21 strategiens satsingsområder. Samtlige områder har stor innovasjonshøyde og potensial for nærings- og leverandørutvikling.

6.8 Krav til samarbeid mellom departementenes 21 – prosesser

Flere departementer har etablert rådgivende strategiorganer og 21- prosesser. Flere av disse har grenseflater mot Energi21s faglige mandat. Det er synergier å hente ved samarbeid og kompetanseflyt mellom de aktuelle 21- prosessene. Strategisk samarbeid mellom 21 – prosessene er viktig for å etablere helhetlige forsknings- og innovasjonsinnsats på energiområder.

Under følger en tabell som viser hvilke 21 prosesser som har grenseflater mot Energi21 strategiens satsingsområder:

21- prosess:	OG21	Prosess21	Maritim21	Transport21	Skog22	Digital21
Satsingsområde:						
Integrerte og effektive energisystemer	x	x	x	x	x	x
Energimarkeder og regulering	x	x	x	x	x	x

CO ₂ -håndtering	x	x			(x)	x
Hydrogen	x	x	x	x		x
Batterier		x	x	x		x
Vannkraft		x				x
Solenergi						x
Havvind	x		x			x

Energi21 anbefaler et krav om samarbeid mellom departementenes 21-prosesser for å sikre harmonisering av strategiske anbefalinger der det er relevant. Samarbeid og kompetanseflyt mellom 21-prosessene vil sikre en helhetlig kunnskapsutvikling på tvers av industrier og sektorer.

6.9 Utdanning med flerfaglig tilnærming og samarbeid med næringslivet

Klimavennlig omlegging av samfunnet generelt og utvikling av energisystemet spesielt vil gi et stort behov for et flerfaglig kompetanseløft i energisektoren. Større grad av elektrifisering fører til økt integrasjon mellom ulike sektorer og domener, som igjen gir økt behov for arbeidstakere med kompetanse innen flere fagdisipliner. Utviklingen går raskt og utdanningssystemet må holde tritt med teknologi- og markedsutviklingen. Mye har endret seg i energisektoren de siste årene og særlig på det digitale området. Som et eksempel vil effektiv utnyttelse av digitaliseringens teknologier som kunstig intelligens, stordatahåndtering, autonomi og Internet of Things krever kobling mellom IKT, kybernetikk – og energisystem kompetanse.

Økt omstilling fører til økt behov for utvikling av ny kunnskap i nye studieprogrammer og -retninger og ikke minst innenfor Etter- og Videreutdanning (EVU) som UH-sektoren må levere på.

FME-sentrene¹⁹ er gode eksempler på utvikling av ny kunnskap som både er av høy kvalitet (Universitetenes ansvar i hovedsak) og relevans (samarbeid med industri). Studenter (Master og PhD) som deltar i FME'ene rekrutteres ofte inn i de bedriftene som deltar. Dette er med på å fornye bedriftenes kunnskap og kompetanse som igjen gjør bedriftene kompetent for ny forskning og innovasjon.

Energiomstillingen vil kreve tilgang til kandidater som kan designe, bygge og drifte fremtidens energisystem. Det er behov for både fagarbeider og teoretiske kunnskapsmedarbeider. For å sikre arbeidstakere med relevant kompetanse for fremtidens energisystem må myndigheter, utdanningsmiljøer og næringslivet samarbeide.

Energi21 anbefaler at næringsliv, myndigheter og utdanningsmiljøer samarbeider om å designe program for studier og etter- og videreutdanning som sikrer tilgang arbeidskraft med kompetanse om fremtidens energisystem.

Energi21 anbefaler å gjennomgå landets utdanningstilbud innen digitalisering av energisektoren for å identifisere områder som krever forsterkning (fagprofil og satsing).

Energi21 anbefaler å styrke satsingen på kraftelektronikk i energiutdanningene for å møte kompetansebehov knyttet til design, bygging og drift av digitaliserte og integrerte energisystemer.

Aktuelle tiltak kan være:

¹⁹ FME – senter: Forskningscenter for miljøvennlig energi

- *Kontinuerleg samarbeid mellom næringsliv og akademia om utdanningsopplegg og læringsmål.*
- *Meir praksis i næringslivet integrert i utdanningsprogrammene. Dette gjelder samtlige utdanningsnivåer.*
- *Styrke satsingen på nærings Ph.d. og industrirelevant master utdanning.*
- *Integrere IKT- kompetanse i energifaglige utdanninger og sikre kandidater med relevant digitalkompetanse*

Energi21 anbefaler å styrke utdanningen av elektrofagarbeidere. Med bakgrunn i forventede investeringer i energisystemet vil det bli et økende behov for arbeidstakere som faktisk kan bygge og vedlike holde el-kraftnettet. Det anbefaler å mobilisere fremtidige kandidater allerede på grunnskolen – og videregående skoler.

7 Vedlegg

7.1 Vedlegg 1: Energi21s mandat fra OED

Energi21 består av et styre med et sekretariat og en strategi utarbeidet av styret.

Formål

Energi21-strategien skal ta utgangspunkt i den norske energipolitikken og bygge opp under det hovedmål og de delmål myndighetene har satt for satsingen på energiforskning.

Hovedmål: Bidra til økt verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiressursene.

Delmål:

- Sikre langsiktig kunnskaps- og teknologiutvikling
- Fremme konkurransedyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge
- Bidra med løsninger som legger til rette for et lavutslippssamfunn

Formålet med strategien er å gi råd til myndigheter og næringsliv om innretningen og størrelsen på forsknings- og utviklingsinnsatsen som bør gjennomføres, samt angi en prioritering mellom ulike satsingsområder. Strategien skal bidra til et mer samordnet og økt engasjement i næringslivet når det gjelder forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi for stasjonære formål og transport.

Energi21 skal også være rettet mot kunnskapsoppbygging som kan gjøre Norge til en viktig leverandør av miljøvennlige energiløsninger, systemtjenester, kunnskap og teknologi internasjonalt. Strategien skal inkludere internasjonalt forsknings- og teknologisamarbeid, med særlig vekt på å forsterke forsknings- og innovasjonssamarbeidet med EU og legge til rette for økt norsk deltakelse i energiprosjekter i EU.

Strategien skal skape en helhetlig tenking rundt satsingen på nye klimavennlige energiteknologier gjennom å koble myndigheter, næringslivet og forskningsmiljøer nærmere sammen. Samtidig er det et mål å få større oppslutning om energiforskning generelt og bidra til økt satsing på FoU i næringslivet.

Styrets oppgaver

Styrets hovedoppgave er å utarbeide og jevnlig oppdatere en nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi (Energi21-strategien).

Strategien må kommuniseres og forankres hos relevante aktører, dvs. næringslivet, forsknings- og teknologimiljøene, og bevilgende myndigheter (Forskningsrådet, Gassnova, Enova og Innovasjon Norge).

Styret skal løpende vurdere behovet for å konkretisere, spisse og handlingsrette strategien.

Styret skal videre vurdere behovet for å benytte innsatsgrupper på de prioriterte innsatsområdene og deres arbeid skal i tilfellet følges opp av styret.

Styret må holde seg orientert om, og ha et bevisst forhold til, nasjonale strategier og aktiviteter som er av betydning for Energi21. Dette inkluderer eksempelvis andre 21-prosesser, regjeringens helhetlige hydrogenstrategi og regjeringens strategi for CO₂-håndtering.

Styret skal gi råd til bevilgende myndigheter og næringslivet om forskningsprioriteringer i henhold til Energi21-strategien.

Styret skal bistå forskningsmiljøene med å kartlegge kompetanse som etterspørres av næringslivet.

Styret skal bidra til å samordne forskningsaktiviteter og motivere næringslivet til økt FoU-satsing i tråd med Energi21.

Styret skal årlig ha en intern evaluering av sin virksomhet.

Strategien skal oppdateres med 3-4 års mellomrom.

7.2 Vedlegg 2: Styret til Energi21

Bjørn Holsen, Styreleder	Statkraft
Shazhad Rana	Microsoft Norge
Sonja Berlijn	Statnett og KTH
Kristian Voksøy Steinsvik	Hav Design AS
Unni Farestveit	Agder Energi
Eivind Heløe	Energi Norge
Ragnhild Katteland	Nexans
Henriette Undrum	Equinor
Erik Figenbaum	Transportøkonomisk Institutt
Johan Einar Hustad	NTNU
Anna Barnwell	Enova
Rune Volla	Norges Forskningsråd
Ingrid Sørum Melaaen	Gassnova
Inge Gran	SINTEF Energi
Nils Morten Huseby	IFE
William Christensen	OED / Observatør
Tore K. Grunne	OED / Observatør
Ane T. Brunvoll	NVE / Observatør

7.3 Vedlegg 3: Ledelse og operative drift av Energi21

Energi21 er et uavhengig strategiorgan og rapporterer direkte til Olje- og energidepartementet.

Det strategiske arbeidet til Energi21 ledes av et sekretariat ved direktør Lene Mostue. Hovedmålet med sekretariatsfunksjonen er å sikre kontinuitet, operasjonalisere Energi21 strategien og påse at mandatet fra Olje- og energidepartementet blir fulgt opp. En viktig del av arbeidet er dialog og samarbeid med næringslivet, forskningsinstituttene og utdanningsmiljøene gjennom strategiske arbeids- og innspillsmøter samt gjennomføring av utredningsprosjekter om relevante temaer.

Forskningsrådet bistår med lokaler og støttesystemer til drift av Energi21 administrasjonen.

Energi21 finansieres av Olje- og energidepartementet og næringslivsaktører gjennom direkte finansielle bidrag.

For mer informasjon om Energi21 se nettsiden www.energi21.no

Alternativt ta direkte kontakt med Lene Mostue på e-post: lm@rcn.no

7.4 Vedlegg 4: Introduksjon til internasjonalt forsknings- og innovasjonssamarbeid

7.4.1 Deltakelse på EU arenaen

"European Green Deal" ambisjoner og politisk rammeverk

European Green Deal

EUs grønne vekststrategi, «European Green Deal» (EGD) eller «EUs grønne giv», er en ny reform for å sikre en helhetlig tilnærming på tvers av politikkområder og sektorer for å integrere bærekraft i videre politikktutforming og i gjeldende EU-regelverk. Første del ble lagt fram i desember 2019 av EU kommisjonens president Ursula von der Leyen. En rekke mer spesifikke tematiske temaplaner og strategier ble da bebudet for å oppnå Europas grønne skifte. EGD antas å få stor betydning for EUs klima- og miljøpolitikk framover, og beskrives som en viktig del av Europakommisjonens strategi for å gjennomføre FNs 2030 agenda og FNs bærekraftsmål. Målet om klimanøytralitet i EU innen 2050 er styrende for innholdet, sammen med en mer bærekraftig og sirkulær økonomisk utvikling. I dette ligger mindre forurensning, lavere klimagassutslipp, bedre beskytte biologisk mangfold, bedre helse, økt livskvalitet og nye arbeidsplasser.

Behovet for et bredt partnerskap med både næringsliv, kommuner og regioner gjennom grønn innovasjon trekkes fram, i tillegg til at det sivile samfunn og innbyggerne skal engasjeres i omstillingen. Et nytt fond for rettferdig omstilling, og egen taksonomi for bærekraftige investeringer er blant tiltakene som er iverksatt.

Produksjon og bruk av energi forårsaker mer enn 75% av EU sine utslipp av klimagasser. Avkarbonisering av EUs energisystem er derfor kritisk for å nå klimamålene for 2030 og 2050. EGD fokuserer på tre hovedområder for energitransisjonen:

1. Utvikle en sikker EU energiforsyning med akseptable kostnader
2. Utvikle et fullt integrert, sammenkoplet og digitalisert EU energimarked
3. Prioritere energieffektivisering, forbedre energiutformingen i bygningssektoren og utvikle en kraftproduksjon hovedsakelig basert på fornybare ressurser.

Den forrige EU kommisjonen (2014-2019) fokuserte på Energiunionen. Energiunionens strategi ble publisert 25. februar 2015, og var en hovedprioritet for Juncker-kommisjonen. Energiunionen skal bidra til å gi sikker, rimelig og ren energi til EU-borgere og bedrifter. Energiunionen bygger på fem dimensjoner:

- Sikkerhet, solidaritet og tillit - diversifisering av Europas energikilder og sikring av energisikkerhet gjennom solidaritet og samarbeid mellom EU-land
- Et fullt integrert indre energimarked - som muliggjør fri flyt av energi i EU gjennom tilstrekkelig infrastruktur og uten tekniske eller regulatoriske barrierer
- Energieffektivitet – forbedret energieffektivitet vil redusere avhengigheten av energiimport, redusere utslippene og drive arbeidsplasser og vekst
- Klimatiltak, avkarbonisering av økonomien
- Forskning, innovasjon og konkurranseevne - støtte gjennombrudd innen lavkarbon og ren energiteknologi ved å prioritere forskning og innovasjon for å drive energiomstillingen og forbedre konkurranseevnen.

Siden lanseringen i 2015 har EU-kommisjonen publisert flere tiltakspakker og jevnlig framdriftsrapporter for å sikre at energiunionens strategi oppnås. Utarbeidelse og implementering av de nasjonale energi- og klimaplaner er viktige bidrag for å oppfylle Energiunionen sin målsetting.

EUs klimalov

EUs Klimalov trådte i funksjon 29.juli 2021. Denne loven fastsetter et mål om at Europas økonomi og samfunn skal bli klimanøytrale innen 2050. Loven setter også et mellommål om å redusere netto klimagassutslipp med minst 55 % innen 2030, sammenlignet med 1990. Klimanøytralitet innen 2050 betyr å oppnå netto null klimagassutslipp for EU-landene som helhet, hovedsakelig ved å kutte utslipp, investere i grønne teknologier og beskytte naturmiljøet. Loven har som mål å sikre at all EU-politikk bidrar til dette målet og at alle sektorer av økonomien og samfunnet spiller sin rolle.

Mer spesifikt er målsetting med Klimaloven:

- Fastsette den langsiktige retningen for å oppfylle 2050-målet om klimanøytralitet gjennom all politikk, på en sosialt rettferdig og kostnadseffektiv måte
- Sette et ambisiøst EU 2030 mål som bidrar til å oppfylle målet om klimanøytralitet i 2050
- Utvikle et system for å overvåke utvikling mot målene og for å ta aksjon om nødvendig
- Sørge for forutsigbarhet for investorer og andre aktører med økonomiske motiv
- Sørge for at transisjonen mot klimanøytralitet er irreversibel

Klar for 55 (Fit for 55)

Klar for 55 er et sett av forslag for å revidere og oppdatere EUs lovgivning på en rekke områder for å bidra til at EU når sine klimamål i 2030. *Klar for 55* refererer til EUs målsetting om å redusere utslipp av klimagasser med minst 55% sammenlignet med 1990 innen 2030. *Klar for 55*-pakken inkluderer følgende lovforslag og politiske initiativer:

- System for klimakvoter
- Forordning for innsatsfordeling
- Regelverk for skog og arealbruk
- Mekanisme for CO₂-grensesjustering – Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)
- Direktiv for energieffektivisering
- Fornybardirektivet
- Energiskattedirektivet
- CO₂-standard for produsenter av personbiler og varebiler
- Direktivet for infrastruktur i alternative energibærere i transport – AFID
- Fremme av alternativt drivstoff i maritim sektor
- Fremme alternativt drivstoff i luftfarten
- Et sosialfond for klimainnsats – Social Climate Fund

Nasjonale energi og klimaplaner

Nasjonale energi- og klimaplaner (NECP) beskriver bidrag fra hver medlemsstat i forhold til EUs energi og klimamål over en 10-årsperiode. Ordningen er forankret i "Regulation (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action" (kortversjon "the Governance

Regulation”). I henhold til denne reguleringer er energi- og klimamålene beskrevet i NECPene ikke-bindende. Unntaket er bindende nasjonale mål om årlig reduksjon av utslipp av klimagasser i gjeldende planperiode.

Hvert enkelt medlemsland skal utarbeide sin plan etter en spesifikasjon felles for alle land. Planen for hvert EU-medlemsland inkluderer følgende forhold:

- Energieffektivitet
- Fornybare energikilder
- Reduksjon av utslipp av klimagasser
- Mellomlandsforbindelser
- Forskning og innovasjon

Gjeldene planperiode er fra 2021 til 2030. Planene gir EU mulighet til å vurdere hvert medlem sin plan og til å måle og følge opp progresjonen underveis i planperioden. Basert på rapportering fra medlemsstatene hvert andre år, gjør kommisjonen også en vurdering av EU sin samlede framdrift for sine energi- og klimamål. Forordningen vil fortsette utover 2030. Før 2030 og hvert 10-år deretter skal hvert medlemsland utvikle en ny NECP. Medlemslandene skal også utvikle en nasjonal strategi for energi- og klimamålsettinger for 2050. NECPene skal bidra til å realisere målene for 2050.

EUs Taksonomi

EUs taksonomi ble lansert av EU-kommisjonen i 2020 og er en bærebjelke i EUs handlingsplan for bærekraftig finans. Ordningen skal bidra til en felles forståelse av hvilke investeringer som er bærekraftige, gjennom definerte miljømål. Målsettingen er å flytte kapital og dreie investeringer til mer bærekraftige selskaper og produksjonsformer, og bidra til å transformere EU til en konkurransedyktig bærekraftig økonomi. Taksonomien blir særlig viktig for finansieringsinstitusjoner, men også for forbrukere og bedrifter som trenger finansiering fra disse finansinstitusjonene, og som da kan bli målt på om deres aktiviteter blir definert som bærekraftige eller ikke.

1. Taksonomien inneholder seks miljømål:
2. Begrensning av klimaendringer
3. Klimatilpasning
4. Bærekraftig bruk og beskyttelse av vann- og havressurser
5. Omstilling til en sirkulær økonomi
6. Forebygging og bekjempelse av forurensning
7. Beskyttelse og gjenopprettelse av biologisk mangfold og økosystemer

For å klassifiseres som en bærekraftig økonomisk aktivitet må aktiviteten bidra til minst ett av de seks miljømålene og ikke være til vesentlig skade for noen av de andre miljømålene. Taksonomien vil gi mer konkrete og etterprøvbare holdepunkter for hvordan man definerer og rapporterer bærekraftig aktiviteter som bedrifter utfører. EUs taksonomiforordning er tatt inn i norsk lovverk og er dermed også rettslig gjeldene i Norge. Selv om deler av politikkkutformingen fortsatt pågår i EU og terskelverdier for flere sektorer ikke er på plass, tilsier systemet at det vil få betydning for norske forbrukere og for norsk næringsliv. Blant annet vil energiproduksjon fra olje uten karbonfangst og -lagring (CCS) ikke defineres som bærekraftig i henhold til taksonomien.

RePowerEU

RePowerEU en ambisjon og en plan for å gjøre Europa uavhengig av russisk fossilt brensel i god tid før 2030. RePowerEU ble lansert sen vinteren 2022 som en følge av Russlands invasjon i Ukraina. Planen fokuserer i første omgang på gass, og det er et mål å redusere importen av gass fra Russland med 2/3 innen utgangen av 2022. Planen skisserer også en rekke tiltak for å svare på økende energipriser i Europa og for å fylle opp gasslagrene før vinteren 2023. REPowerEU vil søke å diversifisere gassforsyningen, fremskynde utrulling av fornybare gasser og erstatte gass i oppvarming og kraftproduksjon.

7.4.2 Horisont Europa

EUs forsknings- og innovasjonsprogram brukes som et strategisk virkemiddel for å nå politiske mål. Da European Green Deal ble lansert, etablerte man samtidig en siste utlysning under Horisont 2020 programmet, European Green Deal utlysningen, der 1 mrd. euro ble satt av til å støtte forsknings- og innovasjonsprosjekter som kan akselerere EUs dreining mot et grønt og bærekraftig samfunn. Blant de 72 innvilgede prosjektene var det norske aktører med i 23, og til sammen får de norske aktørene tildelt om lag 470 millioner kroner. Tildelingen viser at norske aktører har en sterk posisjon innen klimateknologier, og har slik sett gode forutsetninger for å lykkes med videre deltakelse i det nye forsknings- og innovasjonsprogrammet Horisont Europa. Med et totalbudsjett på 95,5 millioner euro er dette verdens største i sitt slag, og mer enn 35% av midlene i programmet er satt av til å adressere klimaendringene. Av dette budsjettet kommer 5,4 millioner euro fra det midlertidige, lånefinansierte NextGenerationEU støtteprogrammet som EU Kommisjonen har etablert som et ledd i gjenopprettelses-planen etter pandemien.

Horisont Europa programmet utgjør et viktig løft for å imøtekomme og redusere klimaendringene gjennom en utvikling mot mer bærekraftige løsninger. Digitalisering, med sitt iboende mulighetsrom for radikalt nye måter å styre energisystemer på, endring i hvordan ulike markedsaktører kan samhandle og nye bedriftsmuligheter, spiller en viktig rolle i denne omstillingen og er sett på som en tvilling-utfordring til avkarbonisering. Digitalisering har derfor også en svært viktig posisjon i Horisont Europa. Programmet skal også styrke konkurransedyktigheten til det europeiske næringslivet og bidra til økonomisk vekst.

Strukturelt er programmet delt inn i tre søyler, "Fremragende vitenskap", "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv" og "Åpen innovasjon". "Fremragende vitenskap" støtter banebrytende, nysgjerrighetsdrevet forskning, og retter seg inn mot de sterkeste vitenskapelige miljøene i Europa, samt mot mobilitet og forskningstrening. En viktig målsetning for Horisont Europa er å styrke Europas innovasjons-kapasitet da dette er avgjørende for et konkurransedyktig næringsliv i et samfunn i sterk endring. Etableringen av Det Europeiske Innovasjonsrådet (EIC) under "Åpen innovasjon"-søylen er det sentrale virkemiddelet for å nå målet. Her er 70% av midlene øremerket til små og mellomstore bedrifter som kan få støtte til utvikling og oppskalering av gjennombruddsteknologier som vil kunne skape nye markeder, eller endre radikalt de eksisterende, der risikoen er for høy for private investorer. Programmet støtter også flerfaglige forskningsteam som arbeider med nye metoder for å oppnå teknologiske gjennombrudd, samt prosjekter for å modne nye løsninger og identifisere kommersialiserings-modeller for disse. Videre styrkes samarbeid innad og mellom innovasjonsøkosystemer som inkubatorer, akseleratorer, klynger m.m, gjennom ordningen "Europeiske innovasjonsøkosystemer (EIE).

Med et totalbudsjett på 53,5 mrd. euro er "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv" den største søylen i Horisont Europa. Av dette er om lag 30 millioner euro satt av til områdene "Industri, digitalisering og verdensrommet" og "Klima, energi og transport", begge områder som i stor grad har sammenfallende fokus med Energi21 strategien. Utlysningene i søylen skal bidra til å nå et sett med målsetninger som inkluderer å støtte opp under FNs bærekraftsmål, bidra til å plassere Europa og det Europeiske næringslivet i front i utvikling av ny teknologi og bærekraftige løsninger, og øke konkurranse-evnen til industrisektoren, samt å styrke rollen til forskning i utvikling, gjennomføring og understøtting av EUs politikk.

EU Kommisjonen har ansvaret for å utarbeide Horisont Europa programmet. De årlige arbeidsprogrammene utarbeides med bakgrunn i en strategisk plan, som særlig har innvirkning på "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv". Den nåværende planen bygger på utstrakt innhenting av synspunkter fra ulike aktører i EU, både gjennom dialog og web-baserte innspills-løsninger. En ekspert-gruppe har i tillegg gitt sine innspill til den strategiske planen, og flere aktører, deriblant Forskningsrådet, deltar i strategiske program-komiteer som tar del i utvikling av både strategiplanen og de to-årige arbeidsplanene med de konkrete utlysningene.

EUs partnerskap har også en viktig rolle i finansiering og utforming av strategi og utlysninger, og 25% av midlene i Horisont Europa programmet går til utlysninger utformet av partnerskap. Dette er partnerskap mellom EU Kommisjonen og private eller offentlige aktører, og partnerskapene har til hensikt å styrke Europeisk forskning ved å hindre at den samlede innsatsen i EU ikke fragmenteres. Hvert partnerskap utarbeider en strategisk forsknings- og innovasjonsagenda, som legges til grunn for utforming av utlysningene. Partnerskap som er avtalebaserte eller samfinansierte påvirker direkte utlysningene i hovedprogrammet, og kan søkes på av alle. Førstnevnte partnerskap er inngått med private aktører, mens samfinansierte partnerskap inngås med nasjonale forskningsfinansører og myndigheter. Institusjonelle partnerskap er egne juridiske enheter som lyser ut rammeprogrammets midler, og kan ha ulike restriksjoner på hvem som kan søke ut over partnerskapets medlemmer. For norske aktører er deltakelse i partnerskap en viktig måte å påvirke hvilke forskningsområder som vektlegges på den Europeiske forskningsarenaen. I tillegg er partnerskapene en viktig arena for å posisjonere seg for deltakelse i prosjekter ved å få økt kunnskap om EUs politikk, bygge nettverk med Europeiske aktører og ved tidlig å ha kjennskap til utlysningene som kommer. Norske aktører er aktive deltakere i alle de mest aktuelle partnerskapene for Energi21-strategiens mandatområde. En oversikt over disse partnerskapene finnes i avsnitt 7.4.3.

"Missions" (samfunnsoppdrag) er en ny struktur innført i Horisont Europa for å nå konkrete målsettinger innen områder av stor strategisk betydning for EU. Ved å sette sammen en portefølje av tiltak som kan bestå av for eksempel forskningsprosjekter, politiske føringer og lovgivende tiltak, muliggjør man konkrete framskritt som ellers ikke ville vært mulig å oppnå med enkelt-tiltak. I tillegg legges det stor vekt på aktiv deltakelse, og medfinansiering fra private og offentlige aktører, og Europas innbyggere.

For Horisont Europa innebærer innføringen av samfunnsoppdrag at midler og utlysninger dedikeres til hver av de fem oppdragene. "100 klimanøytrale og smarte byer innen 2030" er svært relevant for Energi21s mandat, og har som målsetning å omstille 100 Europeiske byer til klimanøytralitet og smarte byer innen 2030, samt å bruke disse byene som utviklings- og innovasjonssentre som resten av Europas byer kan dra nytte av når de skal nå målsetningen om nøytralitet innen 2050. For å adressere ulike utfordringer knyttet til for eksempel mobilitet, energiforsyning og byplanlegging er det satt av om lag 350 millioner euro i Horisont Europa for perioden 2021 til 2023. Oppdraget "Sunne hav, kystområder og vassdrag innen 2030" er også relevant for Energi21 gjennom

målsetningen om å bidra til klimanøytral maritim transport med tilhørende utlysninger i Horisont Europa.

7.4.3 Energi-relaterte Partnerskap i EU

Partnerskapene adresserer komplekse utfordringer i Horisont Europa og bidrar til å styrke den europeiske forskningsarenaen ved å sikre synergier mellom forskningsprogrammer, unngå overlappende initiativer og sikre tilstrekkelig forskningsinnsats. Ved oppstart i 2021 var det 49 partnerskap, de aller fleste knyttet til "Globale utfordringer og europeisk konkurransedyktig næringsliv". Av disse er det primært fem partnerskap med høy relevans for energiforskning, alle med norske partnere involvert:

Clean Energy Transition Partnership (CETP)

CETP er et samfinansiert partnerskap med målsetning om å bidra til å gjennomføre den Europeiske Energiteknologi planen (SET Plan). Partnerskapet består av nasjonale og regionale forsknings-, utviklings- og innovasjonsprogrammer i EUs medlemsland og assosierte nasjoner. Partnerskapets strategiske forskningsplan (SRIA) er strukturert rundt åtte utfordringer:

1. Optimalt integrert europeisk nettonull utslipps energisystem
2. Forbedrede nullutslipps kraftteknologier
3. Muliggjøre klimanøytralitet gjennom lagringsteknologier, fornybare drivstoff og CCU/CCS
4. Effektive utslippsfrie varme- og kjølesystemer
5. Integrerte, regionale energisystemer
6. Integrerte energisystemer i industrien
7. Integrasjon i det bygde miljø
8. Tverrgående dimensjoner

Clean Hydrogen Partnership (CHP)

CHP er et institusjonelt partnerskap med mål om å bidra til realisering av en bærekraftig europeisk hydrogen-økonomi, på linje med EUs hydrogenstrategi, og ved det få på plass en avgjørende dimensjon i å nå EUs klimamål. Programmet støtter forskning og innovasjon innen hydrogenproduksjon, distribusjon, lagring og sluttbruksteknologier, og er et sentralt virkemiddel for å gjøre europeisk næringsliv konkurransedyktig langs hele verdikjeden.

Batteries European Partnership (BATT4EU)

BATT4EU er et avtalebasert partnerskap mellom EU Kommisjonen og næringslivsaktører, forskningsorganisasjoner og akademia. Partnerskapet skal arbeide for å øke batterienes ytelse gjennom økt energi- og effekttetthet, økt ladehastighet og forbedret levetid og over halvere batterikostnadene sammenlignet med 2019-verdier. Programmet fokuserer også på sikker bruk av batterier og utrulling av best tilgjengelige teknologier for produksjons- og resirkuleringsprosesser. Videre fokuseres det på å oppnå en mest mulig bærekraftige verdikjede for batterier gjennom å forbedre forsyningskjeden for råmaterialer til batterier og oppnå lavest mulig CO₂-fotavtrykk for verdikjeden fra utvinning av råmaterialer, batteriproduksjon og resirkulering.

Zero Emission Waterborne Transport (Waterborne)

Det avtalebaserte partnerskapet har som ambisjon å tilgjengeliggjøre og demonstrere nullutslippsløsninger for alle hovedkategorier av maritime fartøy og tjenester før 2030, for å muliggjøre utslippsfri maritim transport i EU innen 2050. Partnerskapet vil i tillegg utvikle og demonstrere teknologier som kan brukes til å avkarbonisere og fjerne andre utslipp, støtte utviklingen av en konkurransedyktig grønn skipsnæring i EU, tilrettelegge for utvikling og iverksetting av reguleringer og politisk rammeverk på nasjonal og internasjonalt nivå, og legge til rette for at den europeiske maritime sektoren evner å ta i bruk innovative teknologier og løsninger.

Towards Zero Emission Road Transport (2Zero)

2Zero har som målsetning å akselerere omstillingen til utslippsfri landbasert mobilitet i Europa. Det avtalebaserte partnerskapet dekker alle typer kjøretøy fra personbiler, lastebiler og busser til to-hjulinger og nye konsepter. Arbeidet er fokusert rundt:

- Teknologier og framdriftsløsninger for batteri-elektriske og brenselcelle-elektriske kjøretøy
- Integrasjon av batterielektriske kjøretøy inn i energisystemet og tilhørende ladeinfrastruktur
- Innovative nullutslipps- konsepter, løsninger og tjenester
- Bærekraftige og innovative løsninger for landbasert mobilitet basert på livssyklusanalyse-tilnærming og sirkulærøkonomi

Clean Aviation Partnership

Det institusjonaliserte partnerskapet har som mål å utvikle banebrytende teknologier for luftfarten. Ambisjonen er at teknologiene skal være klare til å tas i bruk innen 2035 slik at 75% av flyene i sivil luftfart kan byttes ut innen 2050.

Europe's Rail Partnership

Ved målrettet satsing på forskning og utvikling av innovative teknologier og operasjonelle løsninger for økt kapasitet, fleksibilitet, fler-modalitet og pålitelighet, bidrar Europe's Rail til realisering av EUs ambisjoner om å styrke jernbanesektoren, samt Europas leverandørindustri inn mot denne sektoren. Partnerskapet er institusjonalisert, og fra norsk side er Jernbanedirektoratet medlem.

7.4.4 EERA

EERA (European Energy Research Alliance) ble opprettet av kommisjonen som forskningspillaren i SET-plan arbeidet. Dette er det største organet for samarbeid innen energiforskning i Europa. Målsettingen er å katalysere og bedre koordinere europeisk energiforskning for et klimanøytralt samfunn innen 2050. EERA har utviklet seg til å bli en sentral aktør innen forsknings- og innovasjonspolitikken relatert til energi i Europa. Alliansen har 250 medlemmer fra institutter og universiteter, og inkluderer over 50.000 forskere i 30 land. Virksomheten er medlemsbasert og ideell. EERA vektlegger i sitt arbeid effektivt bruk av forskningsmidler, bedre arbeidsdeling og koordinering, og økt samarbeid mellom europeiske forskningsinstitusjoner gjennom 18 såkalte Joint Research Programmes (JP). Disse felles forskningsprogrammene dekker hele spekteret av lavkarbonteknologier, samt systemovergripende og tverrgående emner. Samarbeidet dekker typisk

TRL nivå 2/3 til 5/6. EERA inkluderer også en Policy Working Group (POL WG) som fokuserer på politiske spørsmål. Norske forskere er aktive i EERA. Presidenten i EERA er norsk (fra mai 2017). Videre er det et norsk medlem i "The Executive Committee", EERAs styrende organ. Norske aktører deltar i de fleste av de 18 JPene, og flere av JPene ledes også av norske forskere.

7.4.5 Mission innovation

Mission Innovation er et internasjonalt samarbeidsinitiativ som ble lansert under klimatoppmøtet i Paris i november 2015, som et viktig bidrag til økt tempo i omstillingen som er nødvendig for å nå Parisavtalens mål om reduserte drivhusgassutslipp. Norge var et av 20 land som var med i oppstarten, og i etterkant har ytterligere fire land sluttet seg til, samt EU Kommisjonen. Målet for Mission Innovation var at landene skulle doble sine offentlige investeringer i forskning og innovasjon av klimavennlige energiteknologier fra 2015 til 2020, og ved det akselerere teknologiutviklingen. Andre ambisjoner bak initiativet er økt samarbeid om store felles utfordringer, samt å legge til rette for private investeringer i energisektoren. Medlemslandene i Mission Innovation prioriterte syv teknologiutfordringer som grunnlag for samarbeid i den første femårsperioden:

- Smart Grids Innovation Challenge.
- Off-Grid Access to Electricity Innovation Challenge.
- Carbon Capture Innovation Challenge.
- Sustainable Biofuels Innovation Challenge.
- Converting Sunlight Innovation Challenge.
- Clean Energy Materials Innovation Challenge
- Affordable Heating and Cooling of Buildings Innovation Challenge

Fra 2021 er Mission Innovation videreført i MI 2.0 med 22 medlemsland samt EU Kommisjonen, og med store ambisjoner om å forsterke samarbeidet mellom medlemslandene og private aktører for akselerert innovasjon innen utvalgte teknologiområder. Arbeidet er sentrert rundt sju "missions" (samfunnsoppdrag):

- Grønne kraftsystemer
- Utslippsfri skipsfart
- Rent hydrogen
- CO₂ fjerning (carbon dioxide removal – CDR)
- Urban omstilling
- Utslippsfri industri
- Integrerte bioraffinerier

Målet er å bygge sterke samarbeidskonstellasjoner bestående av ulike land, selskaper, investorer og forskningsinstitutter som sammen kan løfte utviklingsbehov, få til tilstrekkelig aktivitet og sikre at innovative løsninger ser dagens lys raskere.

7.4.6 IEA, nordisk og bilateralt forskningssamarbeid

Det internasjonale energibyrå (IEA)

Det internasjonale energibyrået (IEA) er den viktigste samarbeidsarenaen innen energiforskning utenom EU. IEA er en organisasjon for nærmere 30 medlemsland. IEA ble opprettet i 1974, og hadde da som hovedformål og motvirke oljeforsyningskriser. Over tid har alle energibærere og bruken av disse fått en sentral plass innenfor IEAs virkeområde. Også energieffektiviseringstiltak, statistikkutarbeidelse, miljøpolitikk, etc. står sentralt på IEAs dagsorden.

Det internasjonale energibyrå (IEA) har opprettet en rekke forskningsprogrammer knyttet til ulike energitemaer. Programmene kalles Technology Collaboration Programs (TCP) og er organisert under ulike Working Parties som er rådgivende i strategiske spørsmål overfor den mer overordnede forsknings- og teknologikomiteen CERT.

Norge er medlem i rundt 20 av mer enn 40 slike samarbeidsprogrammer, som fordeler seg på områdene olje og gass, sluttbrukerteknologier, fornybare energiteknologier og informasjonsutveksling. De utøvende deltakerne fra norsk side kan være fra industrien, forskningsmiljøene eller fra myndighetene, alt avhengig av aktivitetene i programmene. Norges forskningsråd er koordinator for de norske aktivitetene. Mer om IEAs teknologiprogrammer og norsk deltakelse finnes på www.iea.no.

IEA utarbeider en rekke vitenskapelige rapporter, blant annet om av-karbonisering av energisystem. Dette er rapporter på globalt, regional og nasjonalt nivå. Rapportene får stor internasjonal oppmerksomhet og påvirker energiforskning så vel som energiforskningspolitikk. En av de mer kjente rapportene er den årlige "World Energy Outlook". Rapporten dokumenterer scenario og modellbaserte analyser av utviklingen av verdens energisystem.

Nordisk Energiforskning

Nordisk Energiforskning (NEF) er en institusjon under Nordisk Ministerråd, som ivaretar energisamarbeid mellom de fem nordiske landene. Institusjonens formål er å fremme og videreføre det nordiske samarbeidet på energiområdet. NEF gir støtte til energiprojekter innen forskning, analyse og sekretariatsbistand, som er av felles interesse for nordiske aktører, og som innehar et potensiale for grenseoverskridende energisamarbeid. De skaper kunnskapsbaserte grunnlag for energipolitiske beslutninger og er et mellomledd mellom industri, forskning og politikere. Institusjonen arbeider også på europeisk nivå. Nordisk Energiforskning samfinansieres av de nordiske landene og er i dag den eneste fellesnordiske institusjonen innenfor energiforskning. Nordisk Energiforskning har et årlig forskningsbudsjett på 45 mill. norske kroner (2022). Hovedkontoret er lokalisert i Oslo, Norge.

Bilateralt samarbeide

Norge (OED) og USA (US Department of Energy) inngikk i 2004 en bilateral forskningssamarbeidsavtale innenfor energirelatert forskning og teknologi. Aktuelle temaområder relevant for Energi21 er CO₂-håndtering, hydrogenforskning og nye fornybare energiformer. Samarbeidsavtalen representerer en formell ramme mellom Norge og USA om å etterstrebe langsiktige muligheter for samarbeid om forskning, utvikling og demonstrasjon innenfor identifiserte områder. I 2020 ble det signert et tillegg til den eksisterende avtalen som spesifikt fremmer bilateralt samarbeid innen vannkraftsforskning.

Kilder:

- European Green Deal: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_en, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/energy-union_en
- EUs klimalov: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en
- *Klar for 55*: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> og EUs klimapakke Klar for 55 (*Klar for 55*) - regjeringen.no
- Nasjonale energi og klimaplaner: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en
- EUs taksonomi: https://snl.no/EUs_taksonomi_for_b%C3%A6rekraftig_aktivitet
- REPowerEU: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1511
- Horisont Europa: https://ec.europa.eu/info/news/european-green-deal-call-hits-ground-running-2021-oct-19_en, <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norske-forskningstilgjoringer-henter-nesten-en-halv-milliard-til-klimaforskning/id2880655/>, https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/strategy-2020-2024/environment-and-climate/european-green-deal_en, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/ec_rtd_he-presentation_062019_en.pdf, <https://www.innovasjon Norge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-for-innovasjon-og-utvikling/eu-finansiering/>, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f107d76-acbe-11eb-9767-01aa75ed71a1>, <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?do=groupDetail.groupDetail&groupID=3662>, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/documents/ec_rtd_horizon-europe-strategic-plan-2021-24.pdf, https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe_en
- Energi-relaterte partnerskap i EU: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/bb4f7575-0ebc-11ec-b771-01aa75ed71a1>, <https://bepassociation.eu/about/batt4eu-partnership/>, <https://www.2zeroemission.eu/who-we-are/2zero/>, <https://www.clean-aviation.eu/about-us/who-we-are>, <https://shift2rail.org/about-europes-rail/>, https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/european-partnerships-horizon-europe_en
- Mission innovation: <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/energi-og-petroleumsforskning/internasjonalt-forskningssamarbeid-pa-en/id439427/>, <http://mission-innovation.net/missions/>
- IEA, nordisk og bilateralt forskningssamarbeid: Regjeringen: Internasjonalt forskningssamarbeid på energi- og petroleumsområdet. www.regjeringen.no, Regjeringen: Internasjonalt forskningssamarbeid på energi- og petroleumsområdet. Oktober 2021. www.regjeringen.no, <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/energi-og-petroleumsforskning/internasjonalt-forskningssamarbeid-pa-en/id439427/>

7.5 Vedlegg 5: Utfyllende teknologiplattform

7.5.1 Energieffektive og smarte bygg og byer

Energieffektive og smarte bygg og byer er tett knyttet til satsingsområdet integrerte og effektive energisystemer. Området er sentralt for omstillingen i et systemperspektiv, og kan spesielt bidra til en sikker og konkurransedyktig energiforsyning. Den norske bygningsmassen inkludert tappevann varmes hovedsakelig med elektrisitet. Smarte og energieffektive løsninger vil dermed kunne redusere kraftbehovet og frigi kraft til elektrifisering av Norge og til etableringen av nye grønne industrier.

Energibruken i norske bygninger utgjør omkring 80 TWh, og dette tilsvarer rundt 40 prosent av den totale energibruken i Norge (Multiconsult, 2021).

Det totale energieffektiviseringspotensialet i bygningsmassen i 2050 er av SINTEF anslått til 23

TWh for realistisk økt rehabilitering med energioppgradering, nybygg som er passivhus og påfølgende maksimal innfasing av varmepumper (SINTEF, 2022). I tillegg er det tekniske potensialet for kraftproduksjon fra solcelleanlegg i bygg anslått til rundt 30-50 TWh (Solenergiklyngen og FME SuSolTech, 2020).

Ved reduksjon av energi- og effektbruk samt utnyttelse av fleksibilitet i bygg og områder, øker forsyningssikkerheten, kraftbalansen forbedres og det er mindre behov for arealkrevende fornybar kraftproduksjon og nettutbygging. Effektivisering, økt fleksibilitet og lokale energiløsninger kan slik forhindre naturinngrep i energiomstillingen. Spesielt lokal kraftproduksjon kan være med på å skåne naturområder.

For at EU skal nå målet om 55% klimagassreduksjoner innen 2030, er det et årlig investeringsbehov i bygningsmassen på 275 mrd. euro fram til 2030, hvorav brorparten skal gå til energieffektivisering (EC, 2020). I Norge er det bare i næringsbygg i 2020 anslått et årlig markedspotensial for energitjenester og tiltak på 12,5 mrd. kroner (SINTEF, 2020). Med økt kraftteterspørsel de kommende årene og begrensede konkrete planer for kraftutbygging, er det ventet at kraftbalansen blir strammere (Statnett, 2021). Dermed øker også verdien av og insentivene for gjennomføring av energieffektiviseringstiltak. NVE har anslått et lønnsomt energieffektiviseringspotensial i norske boliger og næringsbygg på 13 TWh basert på en strømpris på 1 kroner eller lavere, og potensialet kan med høyere priser forventes å øke (NVE, 2021).

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Teknologi- og kompetansebase

Norge har med to FMEer sterke forskningsmiljøer innen energieffektive og smarte bygg og byer. Det nåværende forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN) og tidligere senter for nullutslippsbygg (FME ZEB) har også bidratt inn mot EU-forskning. Norske forskningsmiljøer er i førerretet på EU-prosjekter som ARV – *Climate Positive Circular Communities* og Synikia - *Bærekraftige plussenergi nabolag*. Norske aktører har mottatt 31,2 millioner euro fra Horisont 2020 knyttet til energibruk i bygg og områder (NFR, 2021).

Energieffektive og smarte bygg og byer inkluderer følgende temaer:

- Effekt- og energifleksibilitet
- Bygningsintegrerte solceller og andre energiløsninger
- Distribuert lagring
- Plusshus, nullutslippsnabolag, nabostrøm - det «lille» systemet - mikronett
- Materialer og løsninger for energieffektivisering
- Markedsløsninger, forretningsmodeller, samspill med energisystemet (termiske system og kraftsystem)

Industriell erfaring

Norske næringslivsaktører er langt fremme innen design, konstruksjon og drift av pluss-hus. Aktører i byggsektoren har interesse for innovasjon og ambisjoner om utvikling av foregangsbygg. Norge har flere klynger og organisasjoner for bærekraft og miljø i bygg og eiendomssektoren som blant annet jobber med digital innovasjon og effektiv ressursbruk, inkludert optimalisering av energibruk.

Sterk satsing på energieffektive og smarte bygg og byer i EU

EU har en sterk satsing på energieffektivisering i bygg med renoveringsstrategien *EU Renovation Wave* og strategien for *Energy System Integration*. I tillegg har EU mål om 100 energipositive nabolag innen 2025 og gjennom Horisont Europa et mål om 100 klimanøytrale byer innen 2030.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Konkretisering av sektorintegrasjon (energi, transport, smarte løsninger) i bygg, nabolag og byer. ▪ Fleksibilitet og lokal innsamling av energi. ▪ Sluttbrukers rolle i energisystemet. ▪ Teknologier og verktøy for å prosjektere, planlegge og drifte energifleksible nullutslippsbygg og -områder. ▪ Optimalisering av lokale energisystemer og deres interaksjon med overordnede energisystemer. ▪ Digitalisering av den norske bygningsmassen. ▪ Teknologiske og samfunnsmessige faktorer for å utløse energioppdateringsrate i stort omfang.	▪ Videreføre FME-ordningen og videreutvikle tilskuddsordninger for FoU- og demo-prosjekter på nullutslippsbygg og -områder nasjonalt og internasjonalt. ▪ Styrke norsk deltakelse i EUs forsknings-prosjekter og koordinere med EU-trender. ▪ Styrke fysisk og digital forsknings-infrastruktur. Etablere felles e-infrastruktur for bygg. ▪ Satse på teknologier og tjenester for energieffektivisering og -fleksibilitet, lavkarbonmaterialer, inkl. nye forretningsmodeller. ▪ Standarder, lover og forskrifter – reduserer barrierer mot lokal energiutveksling. ▪ Videreutvikle utdanningsløp med næring, fokus på bygg-/områdekvalitet, teknologi- og digitaliseringskompetanse.

Kilder:

- EC (2020), European Commission – Closing the gap on energy efficiency investments. URL: https://ec.europa.eu/info/news/closing-gap-energy-efficiency-investments-2020-dec-22_en (Sett dato: 10.03.2022)
- Multiconsult (2021), Kostnader for energieffektivisering i bygg. NVE Ekstern rapport nr. 6/2021.
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- NVE (2021), Mye å spare på energieffektivisering i bygg. Presentasjon: <https://www.nve.no/media/11978/energieffektiviseringspotensiale-i-bygg-med-bakgrunn.pptx>
- SINTEF (2022), innspill til Energi21 strategi.
- SINTEF (2020), Potensial og barrierestudie: Energitjenester i næringsbygg. https://resources.mynewsdesk.com/image/upload/fl_attachment/i4yi8mkvzvvnfcl6txsip
- Solenergiklyngen og FME SuSolTech (2020), Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030.
- Statnett (2021), Kortsiktig markedsanalyse 2021-2026.

7.5.2 Energieffektiv industri

Utvikling av en energieffektiv industri bidrar spesielt positivt til avkarbonisering av norsk industri og til å opprettholde en sikker og bærekraftig energiforsyning i Norge. Energieffektiv industri bidrar til avkarbonisering av norsk industri gjennom redusert forbruk av fossil energi. Bidrag til sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning kommer som følge av at energi frigjøres til andre formål. Energieffektiv industri spiller også en viktig rolle i satsingsområdet «Effektive og integrerte energisystemer».

Energieffektiv industri inkluderer følgende temaer:

- Materialer og løsninger for energieffektivisering
- Effekt- og energifleksibilitet
- Distribuert lagring
- Markedsløsninger, forretningsmodeller, samspill med energisystemet

Energieffektiv industri består av de tre hovedområdene bytte av energibærere, inkrementelle prosessforbedringer og økt utnyttelse av overskuddsvarme. Potensialet for utnyttelse av overskuddsvarme fra industrien under 250°C er anslått til 20 TWh per år, fra norsk metallindustri er 6 TWh i området 100-250°C uutnyttet (FME HighEff, 2021). Det finnes også et betydelig potensial for prosesseffektivisering gjennom bytte av energibærere og inkrementelle prosessforbedringer, men potensialet er prosess-spesifikt og dermed vanskelig å kvantifisere.

Energieffektivisering i industrien vil kunne bidra til å frigjøre kraft til elektrifiseringen av Norge, og kan begrense naturinngrep fra unngått kraft- og infrastrukturbygging. Der det brukes fossile energikilder vil energieffektivisering også bidra til å kutte klimagassutslipp direkte. Klimakur 2030 estimerer mulig utslippsreduksjon i ikke-kvotepliktig industrisektor til 300 000 tonn CO₂-ekv. totalt for perioden 2021-2030. Det finnes sannsynligvis også et større potensial fra den kvotepliktige industrisektoren.

Norge har lang erfaring med elektrifisering og effektivisering av industri. Utvikling av ny teknologi og systemløsninger for energieffektivisering og avkarbonisering av industri utgjør et betydelig eksportpotensial.

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Teknologi- og kompetansebase

Norge har sterke forskningsmiljøer innenfor termisk energi og prosess- og materialteknologi. Norsk forskning på energieffektivisering i industrien ledes gjennom et eget forskningssenter for miljøvennlig energi. FME HighEff har mål om å bidra med teknologier og løsninger for 30% redusert spesifikt energiforbruk og 10% utslippskutt i industrien. Forskingen er blant annet sentrert rundt energieffektiv prosessering, utnyttelse av overskuddsvarme, industriklynger og opplæring. Norske aktører har mottatt 9,2 millioner euro fra Horisont 2020 knyttet til temaet energibruk i industrien (NFR, 2021).

Industriell erfaring

Norsk industri er ledende på energieffektivisering, og i kombinasjon med konkurransedyktig fornybar kraft er det et sentralt konkurransefortrinn internasjonalt (Prosess21, 2021). I tett samarbeid mellom industri og forsknings- og utdanningsinstitusjoner forbedres energiforbruket med drifts- og prosessforbedringer og utvikling av nye teknologiske løsninger (Prosess21, 2020). Norske industriaktører har jobbet med energiledelse over mange år, potensialet for energieffektivisering kan ventes å avta med redusert forbruk og ytterligere effektivisering vil kreve nye og potensielt ressurskrevende teknologivinninger (Prosess21, 2020).

Potensialet for utnyttelse av overskuddsvarme i industrien er fortsatt betydelig, og med planer om etablering av batterifabrikker og datasentre vil potensialet vokse. Potensialet for overskuddsvarmen kan være krevende å få utløst gitt lokaliseringen av industri og en tradisjon for prioritering av bedrifters ressurser mot produksjon.

EU-perspektiv

EU har gjennom mange år fulgt prinsippet «*Energieffektivitet først*», og har ambisiøse mål om energieffektivisering innen 2030 som del av EU Green Deal. Disse målene er foreslått styrket ytterligere i *Klar for 55*-pakken. Det er også et viktig satsingsområde i EUs *Strategic Energy Technology (SET)*-plan. Med sterke mål for energieffektivisering har det vært satset bredt på forskning innenfor energieffektiv industri både tidligere gjennom Horisont 2020 og i nåværende Horisont Europa. Norske forskningsmiljøer har deltatt i viktige internasjonale forskningsprosjekter gjennom begge disse forskningsprogrammene.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Forbedrede kjerneprosesser og praktiske prosessløsninger som fremmer energieffektivisering og reduserte utslipp. ▪ Digitalisering og automatisering av produksjonsprosesser. ▪ Nye og kostnadseffektive teknologiløsninger og metoder for konvertering og oppgradering av overskuddsvarme og økt utnyttelse av avgasser. ▪ Områdeplaner og tverrsektorielt samarbeid for bedre utnyttelse av energiresurser.	▪ Videreføre sentersatsingen og styrke samarbeidsarenaer for forskning og innovasjon ▪ Styrke fysisk og digital forskningsinfrastruktur ▪ Styrke ordninger for grensesprengende forskning ▪ Tilpasning av rammevilkår for å få til rask omstilling av industrien, spesielt industrier med lang ledetid ▪ EU-samarbeid er viktig for økt forståelse for samarbeidsmuligheter med europeiske aktører. ▪ Bedre samspill mellom industri og offentlig sektor innenfor forskning – offentlig sektor som muliggjør.

Kilder:

- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- Petter Røkke, forskningssjef SINTEF og leder HighEFF. Presentasjon "FME HighEFF for Energi21» (23.09.2021)
- Energi21 strategisk arbeidsmøte «Avkarbonisering av energiresurser og industri» (23.09.2021)
- FME HighEff (2021), Innspill på strategisk arbeidsmøte «Avkarbonisering av energiresurser og industri» 23.09.2021.
- Klimakur 2030 (2021)
- Prosess21 (2021), Hovedrapport.
- Prosess21 (2020), Kraftmarkedet Prosess21 Ekspertgrupperapport.

7.5.3 Bioenergi

Bioenergi vurderes som et viktig fagområde på grunn av sitt bidrag til avkarbonisering, en sikker, konkurransedyktig og bærekraftig energiforsyning og nye grønne industrier.

Overgang til bruk av energibærere basert på bioressurser er ofte alternativet med kortest ledetid for å avkarbonisere store deler av industri- og transportsektoren. Dette gjelder spesielt innenfor segmentene som er krevende å elektrifisere. På lengre sikt kan utnyttelse av bioenergiressurser bidra til å realisere negative utslipp. Biobrensler kan i flere tilfeller med

begrensede tilpasninger erstatte fossile brensler og sørge for videre sikker forsyning. Bioenergi utgjør også et potensial for utvikling av nye grønne industrier basert på norske bioenergiressurser.

Bioenergi inkluderer følgende temaer:

- Produksjons- og foredlingsprosesser for biomasse til energiformål
- Logistikk fra ressurs til foredling
- Nye energikonsepter/teknologier basert på biomasse
- Sluttbrukerløsninger for bioenergi
- Negative utslippsteknologier basert på biomasse
- Bærekraftig forvaltning av bioenergiressurser

Norsk produksjon av biobrensler var i 2020 13 TWh og energiprodukter fra avfall utgjorde 5 TWh (SSB, 2021). Det tekniske potensialet for bioenergi basert på norsk skog, landbruk og avfall er av Pöyry og Nordic Energy Research (2019) anslått til 57 TWh. Nesten 70% av det anslåtte potensialet kommer fra skogsbasert biomasse. På lengre sikt vil også marin biomasse utgjøre en mulig energiressurs.

Verdikjedene for produksjon av energibærere basert på biomasse er flerfoldige og kan bidra til ytterligere utnyttelse av restråstoffer og avfall, til energiformål. Utnyttelse av bioenergiressurser kan også frigjøre elektrisitet fra oppvarmingsformål til mer høyverdig bruk. På lengre sikt vil bioenergi/biomasse kombinert med CO₂-håndtering muliggjøre negative utslipp.

Areal- og naturpåvirkning for produksjon av biobaserte energibærere avhenger av typen råstoff. Verdikjeder basert på eksisterende avfallsstrømmer har begrenset effekt på arts mangfold eller arealer. Dersom verdikjeden er basert på biomasse fra skog, kan dette derimot ha stor påvirkning på naturen, eksempelvis lever halvparten av de rødlista artene i Norge i skogområder. Ved bruk av bioenergi og vurdering av klimagevinsten bør man også ta hensyn til rollen artene som biomassen kommer fra spiller i lagring og opptak av CO₂ i økosystemet.

Avkarbonisering forventes å gi en betydelig økning i etterspørselen etter alle typer bioenergi globalt i årene som kommer. IEA forventer at årlige investeringer i anlegg for å produsere biometan og biogass globalt vil øke fra omtrent 4 mrd. dollar per år i dag til 14-35 mrd. dollar per år i 2040 (IEA, 2020). Økt innfasing av biogass og biometan trekkes også frem av EU som et viktig virkemiddel for avkarbonisering av dagens naturgassforbruk. Videre forventes det at EUs foreslåtte krav til bærekraftig flydrivstoff vil utløse behov for investeringer i produksjonsanlegg i EU på 10 mrd. euro fram mot 2050 (ReFuel EU, 2021).

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Industriell erfaring

Den norske bioenerginæringen omsatte for 3,2 mrd. kroner i 2020, hvorav nasjonal omsetning utgjorde over 60% (Multiconsult, 2021). Utstyrsleveranser bidro til halvparten av den nasjonale omsetningen (Multiconsult, 2021). Norske skogeiere og bønder er viktige aktører som produsenter, forvaltere og brukere av landbasert biomasse. Norsk bioenergiforening er interesseforening for den norske bioenerginæringen og bærekraftig utnyttelse av nasjonale bioenergiressurser.

Norge har flere produsenter av biogassanlegg som leverer konkurransedyktig teknologi internasjonalt. Norge har de siste årene begynt å utvikle storskala og ledende produksjon av blant annet flytende biogass basert på industri- og skogsavfall. Slike nye etableringer vil ved utgangen av 2022 bidra med Europas største produksjonskapasitet for LBG på nærmere 415 GWh per år (IEA Bioenergy, 2021).

Videre har Norge en voksende produksjon av flytende biodrivstoff, inkludert bærekraftig flydrevstoff. Flere aktører har pilotanlegg under bygging, og utvikler planer om fullskala produksjon av biodrivstoff. Mangfoldige verdikjeder, spredte råstoffkilder med betydelig foredlingsbehov og begrenset tilgjengelighet av bærekrafts-hensyn kan være en utfordring for oppskalering og lønnsomhet i produksjon av biobaserte energibærere.

Olje- og gassindustrien har prosesseteknologisk kompetanse som er overførbar til konvertering av biomasse og kan bidra til å videreutvikle foredlingsprosesser. Innenfor havbruksnæringen er det også på lengre sikt potensial for utviklingssamarbeid med utvikling av tredje generasjons bioenergi basert på alger som råstoff.

Teknologi- og kompetansebase

Forskningsmiljøer på bioenergi er samlet i forskningssenteret for miljøvennlig energi FME Bio4Fuels, tidligere CenBio. Norske forskningsaktører er sterke innenfor bioteknologi- og kjemi, kjemiske ingeniørfag, prosesseteknologi og konverteringsprosesser. I tillegg er norske aktører ledende på bærekrafts- og makroanalyser og bidrar med ekspertise for IEA og IPCC. Norge deltar også i IEAs Bioenergy Task 39 – Commercializing Conventional and Advanced Transport Biofuels from Biomass and Other Renewable Feedstocks.

EU-perspektiv

EU har sterkt fokus på utvikling av bioenergi i et bio- og sirkulærøkonomiperspektiv, og stiller stadig strengere bærekraftskrav til bruk og foredling av bioressurser. Biodrivstoff og bioenergi er også et av hovedområdene i EUs SET Plan, og EU vektlegger utviklingen av avanserte biodrivstoff til avkarbonisering av transportsektoren. Norske aktører har mottatt 9 millioner euro til problemstillinger knyttet til bioenergi gjennom Horisont 2020 (NFR, 2021). Forskningsaktørene bidrar aktivt i flere EU-prosjekter, deriblant prosjekter for konverteringsprosesser av forskjellige råstoffer ved hydrotermisk flytendegjøring (HTL).

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forskning- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Kartlegging og bærekraftig forvaltning av biomasse til energiformål, inkl. samfunnsinvolvering, arealbruk, endringer i bioenergi-potensial som følge av klimaendringer. ▪ Anlegg og teknologier som kan bruke ulike råstofftyper. ▪ Samspill mellom bioressurser, landbruk og sirkulær økonomi. Industrianlegg som bioraffinerianlegg med utnyttelse av sidestrømmer på stedet. ▪ Livssyklusanalyser og sertifisering av bioenergi. ▪ Marine kilder til bioenergi på lengre sikt.	▪ Oppdatert bioenergistrategi med handlingsplan. ▪ Samarbeid med kunnskapsrike aktører internasjonalt og innenfor prosesseteknologi. ▪ Digitalisering og anvendelse av digital tvilling i prosesser og forskning. ▪ Støtte til å ta grunnforskning til markedet, behov for infrastruktur for å støtte for prosjekter fra pilot til anlegg. ▪ Risikoavlastning for industriaktører og prioritere innovasjonsaktiviteter for kommersialisering av teknologier og anvendelse av norske industrier. ▪ Differansekontrakter ▪ Sertifiseringsordninger for biodrivstoff

▪ Foredlingsprosesser med høyere effektivitet og energieffektivisering gjennom hele verdikjeder. ▪ Termokjemisk konvertering og katalyse ▪ Elektrokjemisk konvertering og hybride løsninger ▪ Enzymer, mikrobiologi og fermenteringsprosesser. ▪ Utvikling av prosesser for omdannelse av biomasse, deriblant utvikling av nye katalysatorer og reaksjoner, reaktorer og prosesser på forskjellige skalaer.	▪ Flere og relevante etter- og videreutdanninger ▪
---	---

Kilder:

- IEA (2020), Outlook for biogas and biomethane, URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/03aeb10c-c38c-4d10-bcec-de92e9ab815f/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- IEA Bioenergy (2021), Implementation of bioenergy in Norway – 2021 update. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021_Norway_final.pdf
- Multiconsult (2021), Kartlegging av den norskbaserte fornybarnæringen i 2020.
- Pöyry and Nordic Energy Research (2019), Potential for bioenergy in the Nordics. URL:
- Skjelhaugen, O.J., Horn, S.J., Nordum, M., Gotaas, og Akporiaye, D. (2021), IEA Bioenergy Task 39 – Implementation Agendas: 2020-2021 Update Norway – May 2021.
- SSB (2021), 11558: Energiregnskap. Produksjon og forbruk av energiprodukter, etter energiregnskapspost, energiproduktregnskap, næring, statistikkvariabel og år.
- Innspill fra FME Bio4FUels
- Strategisk arbeidsmøte Energi21 «Bioenergi», 28.09.2021.

7.5.4 Landbasert vindkraft

Landbasert vindkraft er en moden og konkurransedyktig fornybar teknologi. Teknologien kan bidra til å dekke det voksende kraftbehovet i energiomstillingen og bidra til å en sikker og konkurransedyktig kraftforsyning.

Landbasert vindkraft er den billigste formen for ny fornybar energi (NVEa, 2022) og Norge har noen av Europas beste vindressurser (NVEb, 2022). Til tross for dette forventes tilnærmet ingen ny landbasert vindkraft i Norge fram mot 2030, sett bort fra det som allerede er under bygging (NVE, Statnett og DNV GL, 2021). Vindkraftutbygging på land har de siste årene vært kontroversielt og preget av manglende samfunnsinvolvering. Dette førte til stans i behandling av nye konsesjonssøknader fra april 2019. En eventuell utbygging av ny kapasitet frem mot 2030 vil avhenge av politisk klima og nye konsesjonskrav. Fra høsten 2022 planlegges en gjenopptaking av et revidert konsesjonssystem som skal sikre sterkere forankring i lokalmiljøet.

Landbasert vindkraft inkluderer følgende temaer:

- Ressurskartlegging, modellering, vindprognoser
- Vindkraftens rolle i energisystemet
- Drift og vedlikehold
- Digitalisering
- Samfunnsinvolvering, sosial aksept og avtaler

Vindkraftanlegg er omstridte blant annet fordi de krever store arealer, støyer og er visuelt forurensende. Utplassering av vindturbiner med veiutbygging og nettforbindelser i relativt uberørt natur bidrar til fragmentering av naturområder som kan påvirke trekkruiter og arters leveområder.

Investeringsbehovet i landbasert vind for å nå klimamålene er i Europa anslått til 6 mrd. dollar årlig og 146 mrd. dollar globalt frem mot 2030 (IRENA, 2019). Dersom norske aktører lykkes med å ta ledende markedsandeler internasjonalt anslås den totale adresserbare markedsverdien for de norske aktørene til 12–40 mrd. euro i perioden 2020–2030 (NHO, 2020).

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Teknologi- og kompetansebase

Forskningssenteret for miljøvennlig energi på vindenergi, FME NorthWind, er internasjonalt langt fremme på forskning på vind og har et sterkt tverrfaglig samarbeid, men har mest fokus på utvikling av havvind.

Industriell erfaring

Norske vindkraftaktører har sine styrker innenfor prosjektutvikling, modellering og løsninger for drift og vedlikehold. Norske aktører er sterke på optimering av markedsoperasjoner og markedsintegrering (NHO, 2020). Teknologi og løsninger for analyse og optimal drift og vedlikehold utgjør et voksende eksportpotensial fremover.

Den norske landbaserte vindkraftnæringen omsatte for 17,3 mrd. kroner i 2020, hvorav over 80% skyldes nasjonal omsetning (Multiconsult, 2021). Det har vært betydelig vekst i nasjonal omsetning, spesielt knyttet til utstyrsleveranser til vindkraftutbyggingen de siste årene. Fremover er det stor usikkerhet rundt etablering av ny landbasert vindkraft i Norge, som gjør at norske næringsaktører må søke muligheter utenlands for å opprettholde kompetansen.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Forbedre metoder og modeller for vind og produksjonsestimater. ▪ Metoder og verktøy, deriblant maskinlæring, for å optimalisere drift og vedlikehold.	▪ Støtte norske aktørers utenlandssatsing ▪ Tilgang til areal og muligheter til å søke konsesjon i Norge over tid

▪ Estimere og forbedre pålitelighet, levetid og effektivitet for hovedkomponenter og system. ▪ Ytterligere kunnskap om vindkrafts påvirkning på miljø og samfunn. ▪ Modeller for å forutsi nabovirkninger og eventuelle konflikter med omgivelsene. ▪ Kostnadseffektive løsninger og avbøtende tiltak for miljø og arealpåvirkninger. ▪ Avtaler/kompensasjonsordninger.	
---	--

Kilder:

- DNV GL (2021), Energy Transition Norway 2021.
- IRENA (2019), Future of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation paper), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Multiconsult (2021), Kartlegging av den norske fornybarnæringen i 2020.
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder
- NVE (2021), Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021-2040.
- NVEa (2022), Kostnader for kraftproduksjon. URL: <https://www.nve.no/energi/analyser-og-statistikk/kostnader-for-kraftproduksjon/>
- NVEb (2022), Temaside Vindkraft. URL: <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft/>
- Statnett (2021), Langsiktig markedsanalyse 2020-2050 – Oppdatering våren 2021.

7.5.5 Geotermisk energi

Geotermisk energi spiller i energiomstillingen en viktig rolle i det termiske systemet og bidrar spesielt til sikker og konkurransedyktig energiforsyning. Geotermisk energi hentes fra jordskorpen og kan, avhengig av temperatur, oppgraderes til bruk i oppvarming, kjøling og kraftproduksjon.

Norge har 65 000 anlegg til varme/kjøling med til sammen 1200 MW installert effekt. Anleggene produserer 3,5-4 TWh varme årlig. Lavtemperert grunnvarme kan teoretisk dekke det nasjonale behovet for oppvarming og nedkjøling av bygg. Det har ikke vært lønnsomt å bygge ut kraftverk basert på geotermisk energi i Norge på grunn av dybdene nødvendig for å oppnå tilstrekkelige temperaturer.

Geotermisk energi inkluderer følgende temaer:

- Bergvarme og borehullsbasert sesongvarmelager (lav og høy temperatur)
- Mellomdype brønner (400-1000 m) og dype brønner (1000-3000m)
- Geologisk, geokjemisk og geofysisk kartlegging
- Reservoarkarakterisering, modellering og simulering
- Reservoarstimulering
- Brønn- og boreteknologi
- Materialteknologi
- Produksjonsplanlegging med flerfasemodellering
- Instrumentering og overvåkingsteknologi

Geotermisk energi er en stabil og utbredt forsyningskilde, og kan utnyttes i storskala eller distribuerte løsninger. Flexibilitetspotensialet til geotermisk energi i energisystemet ved full utnyttelse er 10-15 GW effekt (GTML og Asplan Viak, 2021). Utnyttelse av lavtemperatur geotermisk energi bidrar til å redusere effekttopper i kraftnettet og bidrar i kombinasjon med varmepumpe til energieffektivisering. I tillegg kan geotermiske sesongvarmelagre og andre lagringskonsepter bidra til lastutjevning. Geotermiske konsepter medfører begrenset arealbruk dersom de er lokalisert nær sluttbruker og ikke krever ytterligere utbygging av infrastruktur for overføring. I tillegg er geotermisk energi en sikker forsyningskilde som er bedre rustet til å tåle klimaendringer (IRENA, 2021a).

For å nå 1.5 °C-målet må det globalt investeres 24 mrd. dollar per år i geotermisk energi fram mot 2050 (IRENA, 2021). Det globale økonomiske potensialet for geotermisk varme er i 2050 anslått til 800 GWt og kraft fra hydrotermiske systemer er anslått til 70 GW (IRENA, 2021a). Norsk leverandørindustri innenfor petroleumssektoren og geotermisk næring med produkter og tjenester innen lete-, reservoar-, bore- og brønnteknologi har muligheter for å hevde seg i et internasjonalt marked som etterspør nye løsninger. Det nasjonale markedspotensialet for bygg i Norge i dag er ca. 33 TWh, og dette utgjør et betydelig potensial arbeidsplasser i hele landet og verdikjeden.

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Naturgitte fortrinn

Norge har gode forutsetninger for å utnytte geotermisk energi til varme og kjøling, men har stort sett lav geotermisk gradient til å kunne utnytte geotermisk energi til kraftproduksjon. Dette er mer aktuelt i andre land.

Teknologi- og kompetansebase

Norge har forskningsmiljøer innenfor både dyp og lavtemperert geotermisk energi. Norwegian Center for Geothermal Energy Research (CGER) etablert i 2009 samler norske forskningsmiljøer innenfor området. Videre satsing på dyp geotermisk energi er viktig for å styrke Norges muligheter innenfor en energiteknologi med betydelig potensial i etablerte og fremvoksende markeder og sikre videre norsk deltakelse i internasjonale forskningsnettverk.

Industriell erfaring

En rekke aktører jobber med utvikling og installasjon av lavtemperert geotermisk energi, deriblant aktører for boring, rådgiving og prosjektering. Aktørene er representert gjennom bransjeforeningene, NemiTek - Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening og NOVAP - norske varmepumpeforening. Olje- og gassindustrien kan også bidra med et betydelig teknologioverføringspotensial, som for eksempel innovativ og digital teknologi innen utstyrs- og systemleveranser for boring og produksjonsanlegg, metodikk for flow assurance og infrastruktur. Spesielt erfaringen med dype brønner fra olje- og gassindustrien kan eksporteres til bruk innenfor blant annet geotermisk kraftproduksjon i land med høyere geotermisk gradient enn Norge. Ny teknologi inkluderer muligheter for bruk av offshore boreteknologi til kraftproduksjon på sokkelen. Norske aktører er i gang med å utrede høytemperatur varmtvann fra havbunnen til kraft og bruk av høytemperatur brønnparker til lagring av spillvarme og bruk i fjernvarmenettet.

EU-perspektiv

I EU er dyp geotermisk energi inkludert som en arbeidsgruppe i EUs SET-plan. Norges Forskningsråd støtter EUs Horisont 2020 program, Geothermica, som fremmer forskning og innovasjon for pålitelig, trygg og konkurransedyktig geotermisk energi. Geotermisk energi trekkes også spesielt frem i utviklingen av lavutslipps og energipositive bygg og områder.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Effektive metoder for geologisk, geokjemisk og geofysisk kartlegging, både regionalt og for prospekter. ▪ Robust og kostnadseffektiv bore- og brønnteknologi. ▪ Reservoarkarakterisering, -modellering, -simulering og stimulering for optimal produksjon. ▪ Metoder for overvåkning og begrensning av negative miljøkonsekvenser og for sikker forvaltning av undergrunnen. ▪ Utvikling av instrumentering og monitoreringsteknologi (invasiv/ikke-invasiv). ▪ «Flow-assurance», inkludert prediksjon og håndtering av scale. ▪ Materialteknologi for brønn og overflate prosesskomponenter. ▪ Produksjonsplanlegging med flerfasemodellering av strømnings i brønn, reservoar og rørledninger. ▪ Dyp geotermisk energi kombinert med sesonglagring av varme. ▪ Varmebrønner til havs– jordvarme for strøm. Utnyttelse av superkritisk damp.	▪ Støtte til bilaterale samarbeidsprosjekter ▪ Bidra til å utvikle og støtte nettverk blant nasjonale aktører fra universiteter, forskningsinstitutter, bedriftsklynger og annet næringsliv. ▪ Stimulering av norske aktørers deltagelse i forsknings- og demonstrasjonsprosjekter. ▪ Støtte til innovasjonsprosjekter for næringslivet med potensial på det nasjonale markedet. ▪ Støtte til kompetanse- og forskningsprosjekter innen sentrale forskningstema. ▪ Tilrettelegging og grønne lån / støtteordninger. ▪ Utvide utdanningstilbudet knyttet til geotermisk energi på fagskolenivå og innenfor høyere utdanning.

▪ Bruk av andre fluider enn vann for varmeproduksjon fra kalde/grunne brønner. ▪ Optimal design av lavtempererte geotermiske systemer med tanke på varme/kjølekapasitet, energi optimalisering og konstruksjon av grunne reservoar. Samspillet mellom brønnpark, varmepumpe og energibehov. ▪ Geotermisk energi i et integrert energisystem.	
--	--

Kilder:

- Energi21 strategi (2018)
- Innspill fra CGER (29.11.2021)
- Innspill fra GTML/Asplan Viak
- IRENA (2021a), Geothermal: The Solution Underneath.
<https://www.globalgeothermalalliance.org/-/media/Files/IRENA/GGA/Publications/Geothermal---The-Solution-Underneath.pdf>
- IRENA (2021b), World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

7.5.6 Klimavennlige energiteknologier for maritim transport

Klimavennlige energiteknologier for maritim transport er spesielt relevant for å avkarbonisering av transportsektoren og for å utvikle nye grønne industrier og marine energiteknologier.

Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen IMO har et mål om å halvere utslipp fra internasjonal sjøfart innen 2050 (IMO, 2018). Dette målet revideres i 2022, og Norge er et av medlemslandene som har tatt til orde for å etablere et nullutslippsmål innen 2050 (Regjeringen, 2022). En revidert strategi forventes publisert i 2023. Utover dette har EU som del av pakken *Klar for 55* lansert forslag om å innlemme maritim transport i CO₂-kvotemarkedet og å sette større krav til reduksjon i klimagassintensitet i sjøfarten fra 2025.

Norske myndigheter har et mål om å redusere klimagass-utslippene fra innenriks skipsfart og fiske med minst 50 prosent innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå (Klima- og miljødept., 2021). Norges Rederiforbund har som mål at alle norske rederier kun skal bestille skip med nullutslippsteknologi i 2030 og at den norske skipsfarten skal være klimanøytral i 2050. For å redusere utslippene fra maritim transport vil energieffektiv drift, forbedringer på eksisterende skip, flåtefornyelse samt innfasing av bærekraftige lav- og nullutslippsdrivstoff være sentrale tiltak (Norges Rederiforbund, 2020). Offentlige og private aktører i Norge samarbeider om å utvikle effektive og miljøvennlig skipsfart for å nå klimaambisjonene i omstillingsprogrammet Grønt Skipsfartsprogram (GSP).

De siste årene har elektriske ferger og landstrømanlegg blitt tatt i bruk i stor skala i Norge. Dette har ført til en økning i kraftforbruk fra maritim transport til omtrent 0,3 TWh i 2022 (DNV, 2021). Det direkte kraftforbruket forventes å øke videre, med den videre utrulling av elektriske fartøy, til rundt 2 TWh i 2030, men dette utgjør likevel kun en brøkdel av den totale energibruken i innenriks sjøfart (DNV, 2021). DNV forventer i sin referansebane at det drøyer til etter 2040 før norsk maritim sektor ser et betydelig innslag av lavutslippsdrivstoff, deriblant ammoniakk, hydrogen og metanol. Med målrettede tiltak for å fremme FoU-I innenfor maritim transport vil dette kunne fremskyndes.

På verdensbasis forventes det at for å nå IMOs utslippsmål for internasjonal maritim transport innen 2050 kreves samlede investeringer på omtrent 1000 mrd. dollar fram til 2050 (Krantz et.al, 2020). Det kreves altså enorme investeringer innenfor maritim transport i årene som kommer for å nå klimamålene. Norge har en verdensledende maritim verdikjede og er gode på kompleksitet i skipssegmenter og lavutslippsteknologier. Den norske maritime verdikjeden er dermed godt rustet for å ta del i dette markedet. Det norske omsetningspotensialet i Europa for maritim industri, dvs. karbonfrie fremdriftssystemer og infrastruktur-løsninger, er av NHO anslått til 5 mrd. euro per år i 2030 (NHO, 2020). EUs forslag om å påkrevne landstrømtilknytning i Europeisk havner innen 2030 vil kunne øke potensialet betydelig (Fuel EU Maritime, 2021). Digitalisering og effektiviseringsløsninger bidrar til energi- og utslippsbesparelser som igjen ofte fører til kostnadsreduksjoner, og slike teknologier kan også utgjøre et betydelig eksportpotensial. Utviklingen av lavutslippsløsninger til maritim transport kan også bidra til å øke konkurransedyktigheten til norsk logistikk internasjonalt. Videre kan det bidra til å redusere verdikjedeutslippene til norske produkter og gjøre dem mer

Maritim transport inkluderer følgende temaer:

- Framdriftsteknologier for maritim sektor, inkl. hybride og flexi-fuel løsninger, batterier, brenselceller og forbrenningsmotorer
- Ombygging av fossile framdriftsteknologier til lavutslippsalternativer
- Infrastruktur for landstrøm
- Tank- og lagringsteknologier for alternative drivstoff på skip
- Infrastruktur for energiforsyning langs kysten og offshore
- Lavutslipps energibærere for maritim sektor; eks. biodrivstoff, batterier, hydrogen, ammoniakk og metanol.

attraktive internasjonalt. Eksempelvis kan bærekraftig shipping av for eksempel produkter fra norsk prosessindustri være med på å senke klimafotavtrykket til produktene, og forsterke konkurransefortrinnet ytterligere sammenlignet med alternativer fra for eksempel Øst-Asia som fraktes med store fossile utslipp. Dette blir viktigere og viktigere ettersom det legges mer vekt på klimafotavtrykket i et livsløpsperspektiv i for eksempel anbudsprosesser i Europa.

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Teknologi- og kompetansebase

Norge har ledende forskningsmiljøer på lavutslipps maritim transport med utvikling og testing av blant annet nye skipsdesign, styringssystemer og lavutslippsdrivstoff og fremdriftssystemer. Norsk FoU på maritim transport gjøres blant annet samlet i et forskningssenter for nullutslipps energisystemer, FME MoZEES, og i mer rendyrkede sentre for maritim forskning som inkluderer lav- og nullutslipps fremdriftssystemer. Innenfor digitalisering utvikles også plattformer for utveksling av skipsrelatert data og samarbeidende modeller og digitale tvillinger for bruk i design, idriftsettelse, drift og sikring av komplekse, integrerte systemer i maritim næring.

Virkemiddelapparatet rettet mot klimavennlige energiteknologier er mangfoldig med flere suksessfulle programmer som Pilot-E eller Enovas programmer for miljøvennlig sjøtransport og støtte til landstrømanlegg. I perioden 2017-2020 bevilget det norske virkemiddelapparatet 4,0 mrd. kroner, fordelt på 671 bevilgninger, til klimavennlige energiteknologier til maritim transport (Menon, 2021). I tillegg utløste prosjektene ytterligere 4,8 mrd. kroner i annen finansering (Menon, 2021).

Maritim21, strategiorganet for forsknings- og innovasjon i maritim næring, prioriterer utvikling og implementering av energibærere inkludert infrastruktur basert på lav- og nullutslippsteknologier i sin strategi fra 2022. Strategien peker på ytterligere satsing på hydrogen, ammoniakk og elektrifisering med løsninger for nye skip og ombygging av eksisterende flåte. Strategien vektlegger også hensyn til bærekraft og sikkerhet ved valg av drivstoffløsninger.

Industriell erfaring

Komplette og internasjonalt konkurransedyktige maritime verdikjeder med initiativer for produksjon av lavutslipps drivstoff, utvikling av fartøy og sluttbrukerløsninger gjør at Norge har spesielt gode forutsetninger for å ta en rolle innenfor klimavennlig maritim transport. Norge har lang industriell erfaring med en høyt spesialisert verftsindustri med stor grad av kompleksitet. Aktørene i bransjen har lang erfaring fra og er fremoverlente i utvikling av maritime næringer, shipping og petroleumsindustrien. I tillegg er Norge ledende innenfor områder som risikoforståelse og digitalisering.

Norge setter i drift verdens første hydrogenferge i 2022, og i 2024 vil fergen over Vestfjorden bruke hydrogen som drivstoff. Disse prosjektene er med på å gi norsk industri et forsprang innenfor klimavennlig maritim transport som det bør bygges videre på. I 2021 ble verdens første autonome og elektriske konteinerfartøy satt i drift av Yara mellom Herøya og Brevik. Dette er unik kompetanse på verdensbasis og illustrerer ambisjonsnivået i norsk maritim industri.

Norge kan utnytte spesialkompetanse til innovasjon av nye energiteknologier og løsninger for klimavennlig maritim transport og slik ta markedsandeler internasjonalt. Skipssystemer, optimering og logistikk er områder der Norge er ledende og har muligheter til å ta globale posisjoner for Norge (NHO, 2021). Norge har flere sterke industri- og forskningsklynger innenfor maritim transport og verdikjeder, deriblant GCE Blue Maritime Cluster, Ocean Autonomy Cluster, NCE Maritime CleanTech, Arena Ocean Hyway Cluster og innenfor autonom transport Sustainable Autonomous Mobility Systems Norway (SAMS).

Innenfor drivstoffproduksjon har Norge flere initiativer for produksjon av lavutslipps drivstoff som ammoniakk og hydrogen. Flere aktører har ambisjoner og konkrete produksjonsplaner som kan bygges opp for å forsyne maritim transport mot 2030. På kortere sikt har Norge produsenter og initiativer for produksjon av LBG som direkte kan erstatte LNG i eksisterende LNG-fartøy, men volumene er foreløpig begrenset. Aktører innenfor maritim transport, andre transportsegmenter og industri kan sammen bidra til å etterspørre og fremme etableringen av lavutslipps drivstoffproduksjon i Norge. I underkant av 100 havner tilbyr i dag landstrøm og de fleste anleggene er bygget med støtte fra Enova (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). Etablering av landstrøm, utvikling av batteri- og ladekonsepter tilpasset driftsmønstre testes videre og gir muligheter for kompetanseoverføring og verdiskapingspotensial internasjonalt. Spesielt gir dette store muligheter inn mot EU hvis det som tidligere nevnt vedtas krav om landstrøm i store europeiske havner fra 2030.

EU-perspektiv

Som en del av *Klar for 55* inkluderes maritim transport gradvis i EUs kvotehandelssystem fra 2023. EUs omstillingspakke *Klar for 55* og *FuelEU Maritime* stiller også bindende krav til reduksjon i utslippsintensitet fra maritim sektor i årene framover, og det settes krav til nullutslippsinfrastruktur i havner.

Norske aktører har gjennom Horisont 2020 mottatt bevilgninger på rundt 71,8 millioner euro til prosjekter innenfor teknologisk og samfunnsvitenskapelig forskning til maritim næring, inkl. fartøy og maritim teknologi knyttet til andre havnæringer (NFR, 2021). EU har også fokus på maritim transport i sine forskningsprogram, men noe mindre fremtredende. Norske aktører deltar aktivt på relevante arenaer som Zero-Emission Waterborne transport.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
<i>Utvikling og etablering av utslippsfrie maritime verdikjeder:</i> Helhetlig utvikling langs de maritime verdikjedene for transport fra produksjon til sluttbruk som sikrer lavt klima-fotavtrykk, kostnads- og energieffektivitet og sikker energiforsyning i norske havner. Sikkerhet knyttet til forsyning og bruk av nye klimavennlige drivstoff som f.eks. hydrogen i maritime fartøy <i>Maritime fremdriftssystemer:</i> Teknologiutvikling for klimavennlige fremdriftssystemer (f.eks. kompakte, lette og effektive batterier og brenselceller og gassturbiner og forbrennings-motorer for hydrogen, ammoniakk og metanol). Fleksible løsninger som kan tilpasses f.eks. utvikling av fartøy og tilgjengelige energibærere over tid, inkl. drivstoff-fleksibilitet. Demonstrasjoner og systemanalyser <i>Effektiv utbygging av infrastruktur for energibærere</i> (elektrisitet, hydrogen, m.m.) og for lading/fylling langs kysten for å muliggjøre	▪ Øke andelen teknologinøytrale utlysninger med krav til faktiske utslippskutt, videreføre satsing på nøkkelteknologier ▪ Videreføre sentersatsinger/Grønn plattform/Pilot-E mm. programmer som legger til rette for bred FoU-innsats ▪ Støtte etablering av infrastruktur for distribusjon av utslippsfrie energibærere til maritim transport, samt storskala piloter for fremdriftssystemer inkl. drivstoffleksible teknologier ▪ Stimulere marked for klimavennlige fartøy, f.eks. gjennom differansekontrakter og kravspesifikasjon ved offentlige anskaffelser ▪ Etter- og videreutdanning for å øke mobilitet og kunnskapsoverføring mellom sektorer

bruk av klimavennlige maritime fremdriftssystemer	
---	--

Kilder:

- DNV GL (2021), Energy Transition Norway 2021.
- Maritim21 (2022), Maritim21- strategi.
- Menon (2021), Klimavennlig energiteknologi: Forsknings- og innovasjonsdrevet næringsutvikling.
- NFR (2021), Norges forskningsråd, Resultater fra norsk deltakelse i Horisont 2020 per november 2020 på bestilling fra Energi21.
- NHO (2020), Norske muligheter i Grønne elektriske verdikjeder.
- NHO (2021), Norges muligheter i den grønne energiomstillingen.
- Norges Rederiforbund (2020), Null utslipp i 2050.
- IMO (2018), INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, Annex 11 RESOLUTION MEPC.304(72), 13.04.2018. URL: https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304%2872%29_E.pdf
- Regjeringen (2021), Vil styrke klimamålene for skipsfarten. URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-styrke-klimamalene-for-skipsfarten/id2889907/>
- Krantz et.al. (2020), The scale of investment needed to decarbonize international shipping, Randall Krantz, Kasper Søgaard og Dr Tristan Smith. Getting to Zero Coalition (Global Maritime Forum, Friends of Ocean Action, World Economic Forum), January 2020.
- Nærings- og fiskeridepartementet (2021), Grønnere og smartere – morgendagens maritime næring (Meld.St.10 (2020 –2021)).
- Fuel EU Maritime (2021), URL: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-fuel-eu-maritime>
- Klima- og miljødepartementet (2021), Klimaplan for 2021–2030 (Meld. St. 13 (2020–2021))

7.5.7 Klimavennlige energiteknologier for landbasert transport

Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport er avgjørende for å avkarbonisere veitrafikken, skinnegående transport og ikke-veigående maskiner som anleggs- og jordbruksmaskiner. Avkarbonisering av landtransport vil kreve en kombinasjon av flere lav- og nullutslipps energiløsninger for å sikre tilstrekkelig forsyning for pålitelig mobilitet og klimamålene. Behovet og kravene til fremdriftssystemer og energileveranser vil blant annet avhenge av kjøretøyets tyngde, driftsmønster og lokal tilgang på energiinfrastruktur.

Landtransport inkluderer følgende temaer:

- Lavutslipps drivstoffteknologi (biodrivstoff, LNG, hydrogen m.fl.)
- Lavutslipps fremdriftssystemer (brenselceller, batterielektriske systemer, hybride løsninger m.fl.)
- Lade- og fylleinfrastruktur
- Markedsløsninger, forretningsmodeller, samspill med energisystemet
- Autonom transport
- Digitalisering, mobilitet som tjeneste

Spesielt veitrafikken er en betydelig utslippskilde, og utgjorde 17 prosent av utslippene i Norge i 2020 (Miljødirektoratet, 2021). For å redusere klimagassutslippene fra sektoren er det satt mål om at nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslipp fra 2025, nye bybusser skal også være nullutslipp eller gå på biogass i 2025, og innen 2030 skal alle nye tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser og 50 prosent av nye lastebiler være nullutslippskjøretøy (Statens vegvesen og Miljødirektoratet, 2022). Statnett og NVE (2021) anslår i sine langsiktige kraftmarkedsanalyser et kraftforbruk i transportsektoren på 10 TWh i 2030, og brorparten av veksten vil komme fra landtransport.

Norge har allerede kommet langt med avkarbonisering av personbilmarkedet ved elektrifisering, og elektriske biler utgjorde 63,4 prosent av nybilsalget i 2021 (Miljødirektoratet og Statens Vegvesen, 2022). For andre segmenter som jordbruk er det i dag få elektriske alternativer, også for traktorer som utgjør den største utslippskilden fra jordbrukets maskinpark (Norges Bondelag, 2020). Biodrivstoff trekkes foreløpig frem som den mest relevante lavutslipps energiløsningen frem mot 2030. For anleggsmaskiner finnes det elektriske alternativer og disse vil dominere lavutslippssegmentet frem mot 2030, men produksjonsvolumene er foreløpig begrenset (Samferdselsdepartementet, 2021). Det ventes at hydrogenbaserte alternativer også vil bidra noe, men felles for alle nullutslippsmaskiner er en rundt tre ganger så høy merkostnad (Samferdselsdepartementet, 2021). Utfordringer for en del ikke-veigående maskiner er at de operer i avsidesliggende områder med svakt nett og maskiner som krever betydelig effekt. For anleggsmaskiner vil det i tillegg til lavutslipps maskiner være behov for mobile forsyningsløsninger med tilstrekkelig kapasitet. Jernbanen i Norge er i dag i stor grad elektrifisert, men fire banestrekninger er fortsatt dieseldrevne. Aktuelle alternativer til helelektrifisering inkluderer batterielektrisk drift eller hydrogenløsninger.

For person- og varebiler er det anslått et behov for rundt 9 000 hurtigladere i 2025 og 10-14 000 hurtigladere i 2030. Behovet kommer som et tillegg til tilstrekkelig nett for normallading hjemme (Miljødirektoratet og Statens Vegvesen 2022). Regjeringen la i Hurdalsplattformen frem ambisjoner om minst en hurtigladestasjon i hver kommune som ikke har det innen 2023 og at det skal utarbeides en nasjonal ladestrategi og sammenhengende infrastruktur (AP og SP, 2021).

Innfasingen av elektriske kjøretøy kan bidra til økt fleksibilitet i kraftsystemet ved å benytte seg av batteriets lagringsegenskaper og ladebehovet til kjøring. Fleksibiliteten kan bidra til å flytte sluttbrukers forbruk til timer med lavere priser og redusere nettbelastningen. Etablering av ladeløsninger hjemme eller ved for eksempel hoteller utnytter eksisterende arealer, men

ladeinfrastruktur for næringstransport med tilstrekkelig effekt langs hovedfartsårer vil kunne kreve nettoppgraderinger og dermed bidra til ytterligere naturforringelse. Flytende biodrivstoff er allerede godt integrert i den eksisterende fylleinfrastrukturen, men dagens infrastruktur er ikke tilpasset biogass. En annen utfordring med biobaserte drivstoff som må hensyntas er å sikre bærekraftig opprinnelse, og fortrinnsvis lokal forsyning. For hydrogenfyllestasjoner er det behov for etablering av ekstra sikkerhetssoner. I tillegg vil det for grønt hydrogen være effektivitetstap ved konvertering av kraft til hydrogen sammenlignet med direkte bruk i elektriske kjøretøy, og grønt hydrogen krever dermed mer utbygging av fornybar kraft.

Globalt er det anslått at 300 milliarder dollar må investeres i ladeinfrastruktur for elektriske kjøretøy innen 2030 (IEA, 2020). Behovet for lavutslippsinfrastruktur for all landtransport vil være enda mer betydelig når man inkluderer hydrogen, hydrogenbærere og biobaserte drivstoff. Inkludert i EUs *Klar for 55* er et forslag om å stille krav til utbygging av nullutslipps lade- og fylleinfrastruktur med hurtigladere hver 60 km og hydrogenstasjoner hver 150 km på motorveier (langs TEN-T) (European Commission, 2021). Investeringsbehovet for å oppgradere det mest sentrale strekningen a TEN-T til et multimodalt transportsystem er anslått til 300 mrd. euro frem mot 2030. Smarte løsninger for ladeinfrastruktur, spesielt flåtestyring og betalingsløsninger, trekkes frem som områder der Norge kan ta markedsandeler, og det globale markedspotensialet for smart lading vei er anslått til 11-16 mrd. euro i 2050 (NHO, 2020). Teknologiu utviklingen skjer veldig raskt og grensen for hvilke segmenter av landtransporten som kommer til å bruke hvilke energibærere vil være helt avhengig av totalkostnadene ved eierskap for hvert enkelt segment. Dette vil igjen avhenge av teknologiu utvikling innenfor batterier og hydrogen spesielt og tilhørende infrastruktur.

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Teknologi- og kompetansebase

Norge har forskningsmiljøer som er sterke på ladeinfrastruktur og samspillet med kraftsystemet. I tillegg har vi voksende miljøer innenfor viktige fremdriftsteknologier og bærere som batterier og hydrogen. Norge har et FME på nullutslippsmobilitet, FME MoZEES, som dekker maritim og landtransport, inkludert vei og jernbane. Senteret bidrar blant annet med forskning på batteri- og hydrogenteknologi og systemløsninger for tungtransport.

Transport21 har som et av flere sentrale forskningstemaer å etablere nullutslippsløsninger for transport, derunder nullutslippsløsninger for transportmidler og tilhørende infrastruktur. Strategien trekker spesielt frem løsninger med elektrisitet, hydrogen og biodrivstoff.

Industriell erfaring

Norge har flere prosjekter for etablering av lavutslippsverdikjeder til forsyning av transportsektoren. Disse er beskrevet som en del av kapitlene batterier, hydrogen, bioenergi og integrerte og effektive energisystemer. Det foreligger konkrete planer for etablering av batteriproduksjon til blant annet bilindustrien med oppstart fra midten av 2020-tallet og initiativer for hydrogenproduksjon. I tillegg har Norge produsenter av biodrivstoff og teknologi for biogass.

Norge har ingen egne bilprodusenter, men har flere leverandører til kjøretøyindustrien. Hovedvekten av leveransene er komponenter som er relativt uavhengig av fremdriftssystem, men de siste årene har enkelte aktører etablert seg innenfor lavutslipps energisystemer for kjøretøy. Norge har med en tidlig elektrifisering av personbilflåten fått muligheten til å utvikle og teste nye lade- og infrastrukturkonsepter. Det gjennomføres blant annet også pilotprosjekter for nye induktive ladekonsepter. I tillegg har Norge ledende aktører innenfor lagringssystemer og fyllingsinfrastruktur for hydrogen, spesielt innenfor bygging av fyllestasjoner og integrering av batteri- og hydrogensystemer.

Grønt landtransportprogram etablert i 2021 skal bidra til økt implementering av lav- og nullutslippsteknologi og energibærere kjøretøy og maskiner, spesielt innenfor næringssegmentet. Flere aktører iverksette prosjekter for innfasing av lavutslippsteknologier i transportsegmenter, eksempelvis mål om hundre tunge elektriske lastebiler og hundre hydrogenlastebiler i Oslo-regionen og Østlandet.

EU-perspektiv

EU lanserte i 2020 «Sustainable and Smart Mobility Strategy» for avkarbonisering og omstillingen av transport og mobilitet for å nå målet om 90% reduksjon i klimagassutslipp i transportsektoren innen 2050. Innen 2030 skal minst 30 millioner av bilene på veien være nullutslipp og jernbanetransporten skal økes og elektrifiseres eller gå på hydrogen. Flere EU-land har allerede i sine gjenoppbyggingsplaner etter covid-19 valgt å allokere en betydelig andel av midlene til som må gå til grønn omstilling til bærekraftig mobilitet (European Commission, n.d.).

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
<i>Energiforsyning</i> ▪ Effektive og kompakte elektrolysører for fyllestasjoner ▪ Stasjonære og mobile konsepter for hurtig og sikker lading av elektrisitet inkl. induktive konsepter ▪ Stasjonære og mobile konsepter for hurtig og sikker fylling av hydrogen ▪ Sikker håndtering av drivstoff ▪ Samlokalisering og etablering ved transportknutepunkter <i>Komponenter og design av utslippsfrie kjøretøy</i> ▪ Kompakte og lette batterier for bruk i kjøretøy ▪ Brenselcelleteknologi (inkl. membranforståelse), lagertanker og annen kjerneteknologi for hydrogenkjøretøy ▪ Integrerte og hybride nullutslipps fremdriftssystemer for kjøretøy ▪ Utvikling av null- og lavutslipps fremdriftssystemer for ikke-veigående maskiner. <i>Effektiv, integrerte transportsystemer og -markeder</i> ▪ Smarte transportsystemer som gir bedre utnyttelse av infrastruktur ▪ Integrasjon av ladeinfrastruktur i kraftsystemet ▪ Effektive markeds- og forretningsmodeller for utvikling av et klimavennlig transportsystem, inkl. økt forståelse om effekter av incentivordninger for transformasjon av transportsektoren til null-utslipp	▪ Etablere demonstrasjonsprosjekt med ulike typer infrastruktur for elektrifisering og nullutslippsløsninger for tungtransport. ▪ Krav til lav- og nullutslipps kjøretøy i offentlige anskaffelser. ▪ Støtte til og frigjøring av tomter til etablering av lade- og fylleinfrastruktur ▪ Redusert saksbehandlingstid ved etablering av lade- og fylleinfrastruktur ▪ Differansekontrakter for forbrukere av nullutslippsenergibærere ▪ Nasjonal plan for utarbeidelse av helhetlig lavutslippsinfrastruktur

▪ Helhetlig forståelse og komplekse modeller for fremtidens mobilitet- og logistikksystem, tverrfaglige problemstillinger knyttet til transportmønster, infrastruktur, energiproduksjon m.m. ▪ Analyse av gjensidig påvirkning mellom det grønne skiftet i energisektoren og transportsektoren som underlag for teknologivalg i begge sektorer. Fleksibilitet i valg av energiforsyning til ulike transportsegmenter. ▪ Komplekse modeller for energi- og transportmodellering. Inkl. mobiltetsmønster og sluttbrukere ▪ Digitalisering: Autonome kjøretøy, betalingsløsninger, booking og delingsløsninger	
--	--

Kilder:

- European Commission (2020), Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future.
- European Commission (2021), Proposal for a regulation of the European Parliament and the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb134db-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission (n.d.), Recovery and Resilience Scoreboard – Green transition. URL: https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/green.html (Sett dato: 15.03.2022).
- IEA (2020), World Energy Outlook.
- Miljødirektoratet (2021), Norske utslipp og opptak av klimagasser. URL: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/> (Sett dato: 11.03.22)
- Miljødirektoratet og Statens Vegvesen (2022), Kunnskapsgrunnlag om hurtigladeinfrastruktur for veitransport. https://www.regjeringen.no/contentassets/a07ef2d3142344989dfddc75f5a92365/kunnskap_sgrunnlag_1mars.pdf
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- Norges Bondelag (2020), Landbrukets klimaplan 2021-2030.
- NVE (2021), Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021-2040.
- Samferdselsdepartementet (2021), Handlingsplan for fossilfrie anleggsplaner innen transportsektoren.
- Statnett (2021), Langsiktig Markedsanalyse 2020-2050, oppdatering våren 2021.
- THEMA (2021), Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse.
- Transport21 (2019), transport21 strategi.

7.5.8 Klimavennlige energiteknologier for lufttransport

Området klimavennlige energiteknologier til lufttransporten tar for seg hovedutfordring «avkarbonisering av industri og transport». Lufttransporten er krevende å avkarbonisere gitt internasjonal virksomhet og kravene til teknologi og sikkerhet.

Det finnes flere alternativer for å avkarbonisere luftfarten, inkludert bærekraftig flydrivstoff, elektrifisering og hydrogendrevne fly. På kort sikt er det kun bærekraftig flydrivstoff som kan

avkarbonisere eksisterende flyflåte. Bærekraftig flydrivstoff kan allerede i dag blandes inn opptil 50 prosent innenfor eksisterende sertifisering, og det jobbes med å øke dette til 100 prosent. Potensialet for produksjon av bærekraftige flydrivstoff fra eksisterende og planlagte anlegg i Norge er av DNV GL (2021) anslått til omtrent 3 TWh per år i 2030.²⁰ Potensialet gitt av selskapenes ambisjoner er større og tilsvarer opp mot 4 TWh biobaserte drivstoff og 4 TWh syntetiske drivstoff (DNV GL, 2021).

Elektrifisering vil også være et viktig alternativ for avkarbonisering i årene som kommer, men er foreløpig begrenset til korte distanser med dagens utsikter for batteriteknologi. I Norge har Widerøe ambisjoner om å sette i drift et batteridrevet elektrisk fly med ni seter allerede i 2026.

Teknologileverandører antyder at elfly vil kunne dekke hele kortbanenettet med over 30 passasjerer innen 2030. Hybridfly, basert på både batterier og konvensjonelle eller bærekraftig flydrivstoff, vil kunne utvide rekkevidden, og samtidig bidra med utslippskutt.

Effektivisering av flyflåten med utvikling i flydesign, energieffektive motorer og drift er også ventet å redusere energibehov og klimagassutslipp. En utfordring med verdikjeder for bærekraftige drivstoff, spesielt syntetiske drivstoff, er lite energieffektive prosesser. Produksjon av bærekraftige drivstoff og grønt hydrogen vil kreve betydelig mengder fornybar kraft og er avhengige av CO₂-håndtering. Det stilles også strenge krav til klassifiseringen av biobaserte drivstoff som bærekraftige.

Markedet for bærekraftige flydrivstoff er i perioden fram til 2030 estimert til en verdi på 36 mrd. dollar (Businesswire, 2020). EUs Grønne Giv vektlegger utviklingen mot utslippsfri luftfart og i videreføringen av dette har EU lansert et forslag om krav til innblanding av bærekraftig flydrivstoff. Innblandingskravet er på 5% i 2030, med et minimumskrav til syntetiske drivstoff, og en andel på 20% fra 2035, noe som innebærer en betydelig økning etter 2030 (ReFuelEU Aviation).

Investeringer i produksjonsanlegg for bærekraftig flydrivstoff er i EU anslått til over 10 mrd. euro fram mot 2050 for å dekke etterspørselen som kommer på grunn av innblandingskravet. Anslagene inkluderer ikke eventuell CO₂-håndtering og hydrogenproduksjon (ReFuelEU Aviation). Norge har flere aktører med pilot- og demonstrasjonsanlegg for produksjon av avanserte biodrivstoff og

Lufttransport inkluderer følgende temaer:

- Bærekraftig flydrivstoff (SAF), deriblant biodrivstoff og syntetiske drivstoff/elektrofuels
- Flytendegjøring av hydrogen
- Faststoffbatterier
- Brenselceller
- Elmotorer for fly
- Testing og sertifisering
- Energiinfrastruktur på lufthavn

²⁰ Omregningsfaktor: Sustainable aviation fuel = 9,8 kWh/l.

syntetiske drivstoff med ambisjoner om oppskalering de kommende årene. I tillegg har en rekke aktører i flere europeiske land storskala prosjekter under utvikling for å møte den framtidige etterspørselen fra europeisk luftfart. Blant annet finnes prosjekter i Sverige, Danmark, Tyskland, Nederland og Storbritannia.

Komparative fortrinn og gjennomføringskraft

Teknologi- og kompetansebase

NTNU Clean Aviation partnership ble etablert i 2021 med mål om å drive tverrfaglig forskning for netto nullutslipps luftfart innen 2050, og deltar som medlem i EUs Clean Aviation partnership. Det finnes også sterke forskningsmiljøer på elektrotekniske komponenter, lavutslipps infrastruktur og avansert biodrivstoff og -raffinerings.

Industriell erfaring

Norge har aktive aktører innenfor flere områder i verdikjeden for klimavennlige energiteknologier til lufttransport, deriblant drivstoffproduksjon, infrastruktur og komponentdesign/utvikling. Flere norske aktører innenfor produksjon og utvikling av bærekraftige flydrivstoff, både biobaserte og syntetiske drivstoff, har ambisjoner om å ta internasjonale markedsandeler.

Norske flyaktører har ambisiøse mål om å øke tilbudet og innfasingen av bærekraftige drivstoff og inngå leveranseavtaler med produsenter. Norge var først i verden med å innføre omsetningskrav på avanserte biodrivstoff, 0,5% i 2020 med mål om 30% i 2030 (DNV GL, 2021). Demonstrasjoner av avanserte og syntetiske drivstoff har vært suksessfulle, men bærekraftige flydrivstoff er fortsatt, avhengig av prosessens modenhet, fra to og opptil ti ganger dyrere å produsere enn fossilt flydrivstoff (Avinor, 2021).

Norsk flyplassdrift og -nettverk er eid og driftet av Avinor, en statlig aktør med fokus på klimavennlige løsninger og bærekraft. Dette gir muligheter for å teste pilotering og demonstrering av ny teknologi. Norske tekniske miljøer er også involvert i utvikling av løsninger og komponenter for elektriske fly, deriblant elektriske flymotorer og elektriske sjøfly.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
Anvendelse av nye energibærere: Ressurs- og energieffektiv og bærekraftig produksjon av bio-baserte drivstoff, kompakte og pålitelige batterisystemer inkludert trygg og effektiv ultrarask lading av batterier, og hydrogen-konsepter for fly (GH2 og LH2) Fremdriftssystemer: Helelektriske drivlinjer, termisk integrasjon av flytende hydrogen og elektrisk drivlinje, brenselceller med tilstrekkelig volum- og energieffektivitet for luftfart, og jetmotorer for hydrogen. Digitalisering: Cybersikkerhet, forbedret kontinuerlig tilstandsovervåking av sentrale	▪ Etablere en Luftfart21-prosess ▪ Etablere grønt luftfartsprogram/ innovasjonssenter ▪ Klare regelverk for regnskap og dokumentasjon av klimaeffekter ved bruk av bærekraftig drivstoff ▪ Styrke Enovas rolle i etablering og utvikling av produksjonsanlegg for bærekraftige drivstoff ▪ Stimulere til innfasing ved en fondsløsning for økt bruk av bærekraftig flydrivstoff ▪ Staten bør betale merkostnaden for bærekraftig drivstoff for egne ansattes tjenestereiser. Det bør også vurderes å stille

Bærekraftig flydrivstoff (SAF)

defineres av EU som drop-in flydrivstoff som er enten

- **Syntetiske drivstoff** - Definert som *renewable fuels of non-biological origin* (RFNBO), i praksis produsert ved hjelp av hydrogen fra elektrolyse og fangst av CO₂
- **Avanserte biodrivstoff** – Definert som biodrivstoff som oppfyller gitte bærekraftskrav

systemer inkl. trådløs kommunikasjon med sensorer, digitale tvillinger av energi- og fremdriftssystemer, inkl. energisystem på lufthavn. <i>Utslippsfri energiforsyning til/i lufthavn:</i> Infrastruktur for lading og fylling og energisystemer for utslippsfrie lufthavner.	krav om en høy andel bærekraftig drivstoff ved kjøp av FOT-ruter. ▪ Etablere klimafond for luftfarten
--	--

Kilder:

- Avinor (2021), Program for økt produksjon og innfasing av bærekraftig flydrivstoff. https://www.nholuftfart.no/siteassets/dokumenter/100505_avinor_barekraftig_flydrivstoff_screen.pdf
- Businesswire (2020) Global Sustainable Aviation Fuel Market (2020 to 2030) - Rising Demand for SAF by Airlines Presents Opportunities - ResearchAndMarkets.com. [Publisert: 22.10.2020] URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20201022005788/en/Global-Sustainable-Aviation-Fuel-Market-2020-to-2030---Rising-Demand-for-SAF-by-Airlines-Presents-Opportunities---ResearchAndMarkets.com>
- ReFuel EU Aviation, European Commission (2021), COM(2021) 561 final - Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ensuring a level playing field for sustainable air transport. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:00c59688-e577-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- NTNU [Clean Aviation](#)

7.5.9 Fremtidens kjernekraft

Fremtidens kjernekraft utvikles på flere områder og kan bidra positivt til å opprettholde en sikker energiforsyning i energiomstillingen, spesielt i våre naboland. Det jobbes blant annet med neste generasjons konvensjonell kjernekraft og småskala modulære reaktorer (SMR). Førstnevnte jobbes det for eksempel med i Frankrike gjennom utviklingen av European Pressurised Water Reactor (EPR). Sistnevnte er under utvikling på flere fronter, blant annet i Sverige, Estland, Polen og Storbritannia gjennom både store og små selskaper som Blykalla, Vattenfall, Fortum, Fermi Energia, NuScale Power og Rolls Royce SMR. Det finnes over 70 SMR-design og -konsepter globalt, og de fleste av dem er fortsatt under utvikling (IAEA, 2022). Foreløpig er det kun fire SMR-anlegg globalt som er i byggefasen med snarlig ferdigstilling, men stadig flere land vurderer muligheten for å sette i gang egne prosjekter (IAEA, 2021).

Fremtidens kjernekraft inkluderer følgende temaer:

- Små modulære reaktorer (SMR)
- Neste generasjon reaktortechnologi
- Varmevekslingsteknologi
- Komponenter og materialteknologi for kjernekraft
- Sikkerhet og digitalisering i fremtidens kjernekraft

Fordelen med små modulære reaktorer er at de er mer fleksible enn konvensjonelle kjernekraftverk, har lavere kostnad, kortere ledetider og bedre skalerbarhet og sikkerhet. Mer effektiv bruk av brensel trekkes også fram som en fordel. For mange land kan etablering av SMR-reaktor være en sikrere og mer overkommelig vei til avkarbonisering av kraftsektoren. En testreaktor av fjerdegenerasjons blykjølt SMR planlegges av selskapene Blykalla og Uniper i Oskarshamn i Sverige (TU, 2022).

Norge har lang erfaring med forskning på kjernekraft gjennom enkelte forskningsinstitusjoner, og noen av de største og lengstlevende forskningsprosjektene i Norge knytter seg til kjernekraft. I det siste har man også i de norske forskningsmiljøene begynt å jobbe mer med SMR. Blant annet skal det etableres en SMR-simulator i Norge for å kunne forske på sikkerheten i fremtidens kjernekraft (Tecnatom, 2022).

Det er en begrenset mengde næringsliv knyttet til kjernekraft i Norge, og det er dermed få muligheter til økt verdiskaping for norsk næringsliv knyttet til fremtidens kjernekraft i nærmeste fremtid.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Driftssikkerhet og cybersikkerhet i SMR ▪ Skalerbare systemer, modularisering ▪ Varmevekslingsteknologi ▪ Systemintegrasjon og oppetidsbetraktninger	▪ Støtte til sentrale forsknings- og innovasjonsbehov ▪ Støtte til deltakelse i internasjonale forsknings- og innovasjonssamarbeid.

Kilder:

- Teknisk ukeblad (2022), URL: <https://www.tu.no/artikler/bygger-testreaktor-for-sikrere-kjernekraft/516723?key=DzJfH7n4>
- IAEA (2021), Small Modular Reactors, URL: <https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors>
- IAEA (2022), Accelerating SMR Deployment: New IAEA Initiative on Regulatory and Industrial Harmonization, URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/accelerating-smr-deployment-new-iaea-initiative-on-regulatory-and-industrial-harmonization>

- Tecnatom (2022), Tecnatom to supply an SMR-based simulator for the Institute of Energy Technology URL: <https://www.tecnatom.es/blog/en/tecnatom-to-supply-an-smr-based-simulator-for-the-institute-of-energy-technology/>
- IFE (2021), UK join the HaldenHTO Project URL: <https://ife.no/en/uk-joins-the-halden-hto-project/>

7.5.10 Fusjonsenergi

Fusjonsenergi kan, hvis teknologiutviklingen lykkes, representere et paradigmeskifte på energifeltet. Teknologien vil være en forsyningssikker og arealbesparende varme- og kraftteknologi som på lang sikt kan bidra med tilnærmet ubegrensede mengder konkurransedyktig og sikker energiforsyning. Teknologien håndterer utfordringene knyttet til driftssikkerhet og avfallshåndtering ved tradisjonelle fisjonskraftverk. I

Fusjonsenergi inkluderer følgende temaer:

- Plasmafysikk – grunnforskning
- Magneter og superledere
- Fusjonsreaktor-konsepter
- Varmevekslingsteknologi
- Komponenter og materialteknologi for fusjon
- Digitalisering

motsetning til fisjon innebærer fusjon sammensmelting av atomer som frigjør varme. Lette atomkjerner kombineres til større og tynge atomer, vanligvis kombineres hydrogenatomkjerner til helium. For at atomene skal fusjonere og frigjøre varme er det behov for at plasma med temperatur på 100 millioner grader opprettholdes over lengre tid. Frigjøringen av varme fra fusjonsprosessen kan ved hjelp av varmevekslere utnyttes til kraftproduksjon. Det kreves store mengder energi for å opprettholde fusjonsprosessen, og så langt har ingen lykkes i å hente ut mer energi enn man putter inn i prosessen.

Tokamak-reaktorer er de mest brukte reaktorene. I tillegg utvikles mer eksperimentelle *magnetized target* reaktor og *linear (colliding beams)* reaktorer. International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) er et stort internasjonalt samarbeid med eksperimentoppstart i 2025 som utvikler en 500 MW Tokamak-reaktor. Videre ønsker programmet å etablere demokraftverk i tidlig 2030-årene. I tillegg er det flere private aktører med ambisjoner om å utvikle mindre reaktorer, og modularisering er viktig for å lykkes med raskere oppskalering. Ambisjonene innebærer pilotskala Proof of Concept (POC) som demonstrerer at det er mulig å hente ut mer energi enn prosessen bruker i 2025 og utvikling av modulære kommersielle konsepter innen 2030-tallet med flere reaktorer som kan kombineres til et større anlegg.

Fordelen med modularisering er at plasseringen av anleggene er fleksibel, og at de dermed kan plasseres nærmere kunder. Teknologien er også i stor grad uavhengig av naturressurser ettersom det er tilstrekkelig tilgang på innsatsfaktorene som består av hydrogenisotoper. Foreløpig er det flere teknologiutfordringer som må løses, deriblant opprettholdelse av tilstrekkelig temperaturer for kontinuerlig fusjonering og hyppig komponentutskiftning. I tillegg møter teknologien på omdømmeskepsis og manglende forståelse for forskjellen mellom fisjon og fusjon som må adresseres for eventuell bred anvendelse i fremtiden.

Norge har ingen industri innenfor fusjonsenergi, men vi har forskningsmiljøer innenfor områder som nordlys, plasma og materialteknologi som deltar i internasjonale forskningsprosjekter relatert til fusjonsenergi. Deltakelse i internasjonale forskningsprosjekter er derfor viktig for internasjonal kompetansetilgang og utvikling av kompetansemiljøer nasjonalt.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Materialteknologi spesielt knyttet til magneter og superledere. ▪ Småskala reaktorer ▪ Skalerbare systemer, modularisering ▪ Varmevekslingsteknologi ▪ Systemintegrasjon og opptidsbetraktninger	▪ Støtte til sentrale forsknings- og innovasjonsbehov ▪ Norsk deltakelse i EUROfusion ▪ Støtte til deltakelse i internasjonale forsknings- og innovasjonssamarbeid.

--	--

Kilder:

- TU (2021), Gjennombrudd for fusjonskraft: Super-X kjøler ned plasma med elektromagneter. URL : <https://www.tu.no/artikler/gjennombrudd-for-fusjonskraft-super-x-kjoler-ned-plasma-med-elektromagneter/511143>
- Foredrag med Kjetil Skaugset, Teknologisjef for fusjonskraft i Equinor (04.03.2021)
- UiT (2021), UiT inngår samarbeid med MIT URL: https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=728774

7.5.11 Bølge- og tidevannskraft

Bølge- og tidevannskraft utnytter bevegelsen i vann til å genere kraft og er en relativt stabil forsyningskilde. Teknologien bidrar til en sikker energiforsyning og til utviklingen av nye marine energiteknologier. Bølgekraft har et stort teknisk potensial langs norskekysten anslått til 600 TWh. Under en forutsetning om akseptert utbygging tilsvarende 20 prosent av potensialet og en årsvirkningsgrad på 10-25 prosent er potensialet i Norge anslått til 12-30 TWh (Sweco, 2007).

Bølge- og tidevannskraft inkluderer følgende temaer:

- Innovative bølgekraft-konsepter
- Komponenter og materialteknologi for marin energiteknologi
- Rollen i energisystemet
- Kostnadsreduksjon i utbygging, drift og vedlikehold

Bølgekraft er foreløpig en umoden teknologi med en installert kapasitet på 2,3 MW globalt, men de kommende årene venter IRENA basert på sin prosjektdatabase at installert kapasitet øker til 100 MW (IRENA, 2020). Mange konsepter er fortsatt i testing- og demonstrasjonsfasen, først i 2020 ble det installert konsepter med en kapasitet på over 1 MW. Ocean Energy Europe (2020) anslår et behov på minst 500 MW i kumulativ installert kapasitet som tilstrekkelig skalering for å nå energikostnader på 110 euro/MWh (2020). De fleste prosjektene realisert til nå er relativt små, og det er flere som ønsker å fokusere videre på småskala anlegg tilpasset nisjemarkeder som olje- og gassinstallasjoner eller oppdrett (IRENA, 2020). Svingende vannsøyle er konseptet som dominerer dagens prosjekter, mens det fremover foreligger flere prosjekter av typen punkt-absorbator. Miljøpåvirkningen fra bølgekraftverk er foreløpig antatt å være begrenset, men samspill med andre brukere av havrommet må koordineres.

Norge har flere utviklere av bølgekraftkonsepter i test- og piloteringsfasen. I 2017 ble et bølgekraftanlegg for første gang tilkoblet nettet i Norge, en fullskala pilot med en bølge på 100-200 kW. Fortsatt er teknologien relativt dyr, men det er ventet at teknologien som følge av oppskalering vil bli konkurransedyktig på sikt. For videre utvikling er det sentralt med utvikling av robuste anlegg som tåler påkjenningene fra bølgekraft og støtte til patentering, oppskalering og kommersialisering av konsepter. I tillegg vil det med utviklingen av nye konsepter gi muligheter for norske sertifiseringsmiljøer og etter hvert for maritim tjenestenæring ved installasjon og drift av bølgekraftanlegg.

Tidevannskraft deles inn i to hovedkonsepter, tidevannsdemning og vannturbiner som henholdsvis utnytter høydeforskjellen fra tidevann og tidevannstrømningene. Av totalt 535 MW installert havenergi globalt utgjør tidevannsdemning nesten 98 prosent, mens tidevannsturbiner utgjør omtrent 2 prosent. Utbredelsen av demninger skyldes teknologiens modenhet, men fremover er veksten ventet å komme med kommersialisering av tidevannsturbiner. Allerede finnes prosjekter tilsvarende 2,5 GW i pipeline for tidevannsturbiner, i tillegg til de 10,6 MW som allerede er installert (IRENA, 2020). Tidevannsturbiner bygges nå på MW-skala, og det er spesielt stor aktivitet i UK. I Norge er det lite aktivitet innenfor området, og det norske realistiske utbyggbare tidevannspotensialet ble i 2007 estimert til under 1 TWh, men potensialet kan være større (Sweco, 2007).

EU satser på teknologiutvikling innenfor bølge- og tidevannskraft

EU har i sin Offshore Renewable Energy Strategy mål om minst 1 GW installert kapasitet for bølge- og tidevannskraft i 2030 med en økning til 40 GW i 2050. Havenergi er inkludert som en av arbeidsgruppene i EU SET Plan for å være ledende på fornybar kraft. Som en del av SET Plan er det også satt mål for kostnadsreduksjoner innenfor både bølge- og tidevannskraft. Prosjektet OceanSET

skal bidra til å gjennomføre arbeidsgruppens planer og bidra til informasjonsdeling mellom medlemsland og sentrale aktører i industrien. ETIP Ocean skal bidra til å prioritere FoUI-områder innenfor havenergisektoren og sammen med Ocean Energy Europe pekes det i et vekstscenario på muligheten for installert kapasitet på 2.6 GW i 2030 i europeiske områder (Ocean Energy Europe, 2020). En slik skalering kan anslagsvis redusere en energikostnad til 90 euro/MWh for tidevannsturbiner og 110 euro/MWh for bølgekraft.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Utvikling av robuste anlegg som tåler påkjenningene fra bølgekraft ▪ Kostnadseffektive konsepter	▪ Støtte til patentering, oppskalering og kommersialisering av konsepter

Kilder:

- Teknisk ukeblad (2017), URL: <https://www.tu.no/artikler/norge-har-fatt-sitt-forste-bolgekraftverk-som-leverer-strom-til-kraftnettet-slik-virker-det/395569> (2017)
- Teknisk ukeblad (2019), URL: <https://www.tu.no/artikler/denne-sylindriske-boyen-kan-gi-bolgekraften-en-ny-giv/479442> (2019)
- Sweco (2007), Potensialstudie av havenergi i Norge. Rapport på oppdrag fra Enova. URL: https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/76E5C28463734B7081A918A3AC2C2B76.pdf
- IRENA (2020), Innovation Outlook - Ocean Energy Technologies. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Innovation_Outlook_Ocean_Energy_2020.pdf
- Ocean Energy Europe (2020), 2030 Ocean Energy Vision - Industry analysis of future deployments, costs and supply chain. URL: https://www.oceanenergy-europe.eu/wp-content/uploads/2020/10/OEE_2030_Ocean_Energy_Vision.pdf

7.5.12 Høydevind

Høydevind er en kraftproduksjonsteknologi i utvikling som skal utnytte vindressurser på høyder mellom 200 til 1500 meter. På disse høydene er vindressursene sterkere og mer konstante som muliggjør en høyere kapasitetsfaktor.

Høydevindkonsepter er ofte vinge- eller dragelignende konfigurasjoner fortløyd til bakken.

Konseptene kan deles inn to hovedkonsepter, en med generator i luften og en med generator plassert på bakken.

Høydevind er i en tidlig kommersialiseringsfase. Plasseringen av et enkelt høydevindanlegg er fleksibel og krever relativt lite areal. Følgelig er det egnet for distribuert fornybar kraftproduksjon på land eller offshore, men det utvikles nå også for konfigurasjoner i større kraftverk. En videre fordel med høydevind er at det krever mindre materialer sammenlignet med tradisjonelle vindturbiner.

Høydevind inkluderer følgende temaer:

- Innovative høydevind-konsepter
- Kontrollsystemer
- Komponenter og materialteknologi
- Rollen i energisystemet
- Kostnadsreduksjon i utbygging, drift og vedlikehold

Kitemill er den eneste norske leverandøren (OEM) av høydevindteknologi og er en ledende aktør innenfor utvikling av høydevind internasjonalt. Kitemill har i flere omganger mottatt bevilgninger fra EUs forskningsprogrammer, til sammen over 100 millioner kroner blant annet fra Horisont 2020, Interreg og EUs Innovasjonsfond. Norske universitetsmiljøer er også aktive i konsept- og komponentutvikling. De siste årene har det vokst frem et internasjonalt miljø med etablering av bransjeorganisasjoner og initiativer for høydevind. Den europeiske bransjeorganisasjonen Airborne Wind Europe ble etablert i 2018 med deltakelse fra det norske miljøet anført av Kitemill som en sentral bidragsyter.

Relevante forsknings- og innovasjonsbehov og tiltak

Noen sentrale forsknings- og innovasjonsbehov	Utvalgte tiltak
▪ Kontrollsystemer og full-automatisering av oppsending og landing av vindkraftdrage ▪ Lette og slitesterke materialer (for å tåle et høyt antall sykluser) ▪ Økt pålitelighet og driftssikkerhet, både tekniske og regulatoriske aspekter	▪ Støtte norsk deltakelse i IEA Wind Task 48 – Airborne Wind Energy ▪ Midler til FoU-I og demonstrasjon, kommersialisering og oppskalering

Kilder:

- Innspill til Energi21-prosess fra Kitemill (29.10.2021) og Airborne Wind Europe (17.11.2021)
- Airborne Wind Europe (2021), Airborne Wind Energy – an emerging renewable technology (16/04/2021). URL: https://airbornewindeurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Airborne-Wind-Europe-Intro-Airborne-Wind-Energy_2-pager_2021-04-16.pdf

7.6 Vedlegg 6: Premissgrunnlag for strategiske prioriteringer

Premissene for strategivalget er gitt gjennom OEDs mandat og føringer til Energi 21. I 2016 ble mandatet utvidet og omfatter nå også transport og et sterkere internasjonalt fokus. Energi 21 har som visjon å bidra til at Norge er en klimavennlig energinasjon med internasjonale leveranser av energi, effekt, teknologi og kunnskap.

Energi21-strategien skal henge sammen med den norske energipolitikken og bygge opp under de hovedmål myndighetene har satt for satsingen på energiforskning:

- Bidra til økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiressurser og energiutnyttelse
- Bidra til energiomlegging gjennom utvikling av ny teknologi for å begrense energibruk og klimagassutslipp samt produsere mer miljøvennlig energi på en effektiv måte
- Utvikle internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse innenfor energisektoren

7.6.1 Strategisk gjennomgang av 19 fagområder

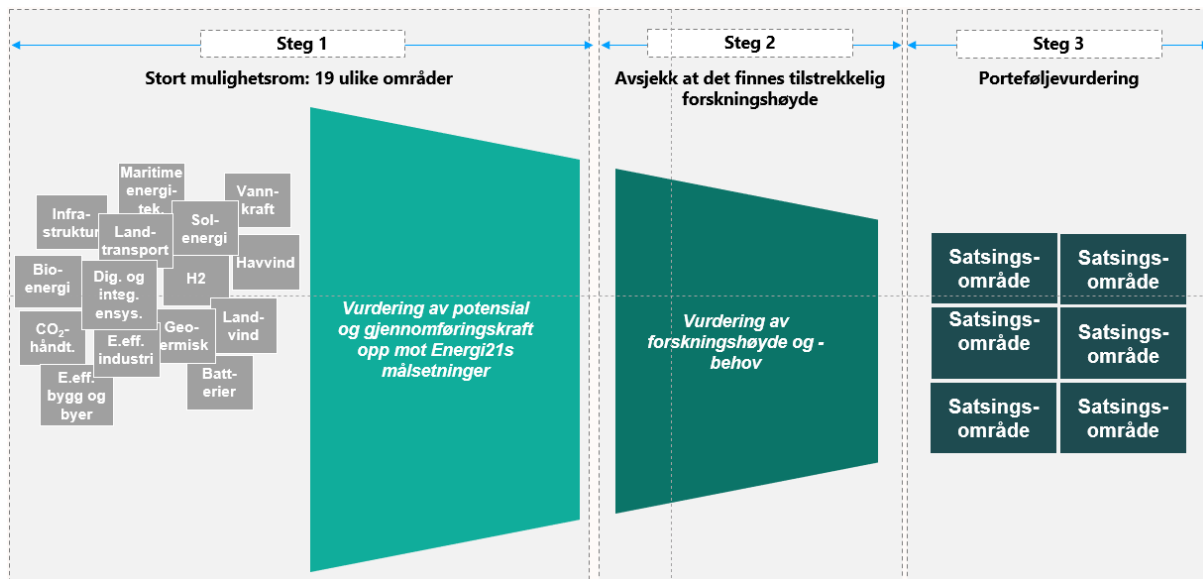
Energi21s valg av strategiske satsingsområder og anbefalinger om gjennomføring bygger på en analyse av 19 fagområder innenfor energi- og transportsystemet. Vurderingene omfatter forhold som Energi21 mener har betydning for prioritering av strategiske satsingsområder.

Den strategiske analysen beskriver for hvert fagområde (kap. 3.1-3.7 og vedlegg 7.5) forhold som Energi21 anser spesielt relevante for norske aktører, norsk energiforsyning og norsk næringsutvikling. I tillegg synliggjøres de mest sentrale:

- ♦ markedsmulighetene og næringsambisjonene
- ♦ strategiske forsknings- og innovasjonstemaene
- ♦ tiltakene

7.6.2 Systematikk for sammenlignende analyse

Med utgangspunkt i den strategiske gjennomgangen av teknologi- og temaområder er det gjennomført en helhetlig analyse hvor samtlige teknologi- og temaområder er vurdert opp mot potensial for å bidra til realisering av Energi21s mål, forskningshøyde og -behov, samt en helhetlig porteføljevurdering. Metoden er illustrert i Figur 5. Selv om prosessen er illustrert med tre steg i figuren, har prosessen i praksis vært iterativ. Det er gjort flere vurderinger av inndelingen av fagområder, og stegene har vært igjennom flere iterasjoner.



Figur 5: Metode for gjennomføring av sammenlignende analyse

Steg 1: Vurdering av potensial og gjennomføringskraft opp mot Energi21s målsetninger

I det første steget er hvert satsingsområde vurdert opp mot hvert av de tre målene til Energi21. Det første steget inkluderer en vurdering av fagområdets *potensial for måloppnåelse* for hvert av Energi21s mål, og *Norges gjennomføringskraft* innen fagområdet.

Vurdering av potensial for måloppnåelse

Fagområdenes potensial for måloppnåelse er en vurdering av det sannsynlige potensialet for fagområdets bidrag til oppnåelse av Energi21s målsetninger, henholdsvis potensial for verdiskaping fra norske energiresurser, potensial for bidrag til energiomlegging i Norge, og potensial for utvikling av norsk næringsliv og kompetanse. Vurderingen av fagområdenes potensial for måloppnåelse per mål er vurdert ved hjelp av følgende definerte underkriterier:

Mål 1:

- Hvilket potensial har fagområdet for videre utnyttelse av norske energiresurser?
- Hvilket potensial har fagområdet for å bidra til økt fleksibilitet i energisystemet?

Mål 2:

- Hvilket potensial har fagområdet for å bidra til reduksjon av klimagassutslipp?
- Hvilket potensial har fagområdet for å bidra til energieffektivisering?

Mål 3:

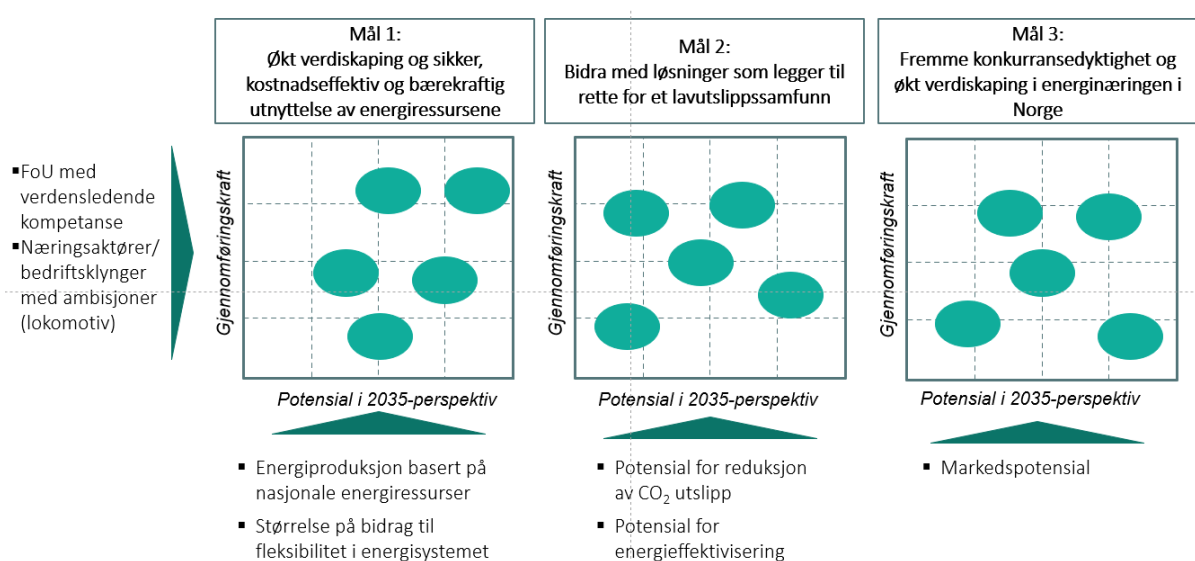
- Hvilket markedspotensial (nasjonalt og internasjonalt) har fagområdet? Finnes det markeder som norske aktører kan levere produkter og tjenester til innen fagområdet?

Vurdering av Norges gjennomføringskraft

Norges gjennomføringskraft sier noe om hvilke forutsetninger norske aktører har for å lykkes innen hvert av fagområdene. Lykkes med å bidra til Energi21s målsetninger. Gjennomføringskraften bestemmes ut fra følgende kriterier:

- Det omfatter en vurdering av norske aktørers erfaringer og kompetanse- og teknologibase, og er for alle Energi21s målsetninger vurdert ved hjelp av følgende definerte underkriterier:
- Nivå, kvalitet og styrke til FoU- og utdanningsmiljøene innen fagområdet
- Teknologi- og kompetansebase
- Industriell erfaring
- Næringsaktører og bedriftsklynger med ambisjoner, vilje og evne til å satse innen fagområdet?
- Potensiale for kompetanseflyt og synergier mellom sektorer

Første steg av den strategiske analysen gir en grovkornet sortering av de ulike fagområdene med hensyn til Energi21s målsetninger. Steget vurderer fagområdenes potensial for bidrag til målsetningene, samt sannsynligheten for at norske aktører utløser dette potensialet. Første steg ble sammenstilt og forenklet illustrert i diagrammer, for å synliggjøre fagområdenes relative relevans for hvert av Energi21s mål.



Steg 2: Vurdering av forskningshøyde og -behov

I det andre steget av analysen er fagområdenes forsknings- og innovasjonshøyde og -behov vurdert. Denne vurderingen er viktig fordi Energi21s anbefalinger forutsetter at det er behov for forsknings- og innovasjonsaktiviteter. Samtlige faser av innovasjonsskjeden er nødvendige for vellykket gjennomføring av prosjekter og oppnåelse av resultater. I de strategiske analysene som er gjennomført, er dette blitt tillagt vekt i vurderingen av forskningshøyde og -behov. Det er gjort en vurdering av:

- Fagområdet og tilhørende teknologiers plassering langs innovasjonsskjeden, og om det er tilstrekkelig forskningshøyde

I tillegg er EUs forskningsaktiviteter innen hvert fagområde vurdert, hvilken rolle Norge kan spille innen disse, og hvordan Norge bør posisjonere seg på EUs forsknings- og innovasjonsarena. EUs forskningsagenda beskrives nærmere i kapittel 4.

Steg 3: Porteføljevurdering

Til slutt er det gjort en samlet porteføljevurdering av satsingsområdene med henblikk på å vurdere om den samlede porteføljen bygger tilstrekkelig oppunder alle Energi21s målsetninger.

7.6.3 Informasjonskilder til den strategiske analysen

En viktig del av den strategiske gjennomgangen var gjennomføringen av strategiske arbeidsmøter for hvert fagområde. Ved disse møtene var myndigheter, næringsaktører og forskningsmiljøer representert, og ga relevante innspill og synspunkter. Arbeidsmøtene og innspillsrundene i etterkant dannet et godt og viktig fundament for Energi21-strategien som har som mandatfestet oppgave å *koble myndigheter, næringslivet og forskningsmiljøer nærmere sammen*. Til sammen har rundt 600 deltakere bidratt til strategiprosessen. Fullstendig oversikt over møter og selskapene deltagerne representer finnes i Vedlegg 9: Aktører representert på innspillsmøter og annen dialog.

I tillegg til de strategiske arbeidsmøtene har Energi21 hatt løpende dialog med relevante næringslivaktører, myndigheter, virkemiddelaktører og interesseorganisasjoner. Det har gitt et helhetlig og robust bilde av Norges posisjon innen de ulike fagområdene. Til grunn for den strategiske analysen ligger også vurderinger basert på omverdensanalysen Energi21 gjennomførte i 2021, og utredningsprosjektet "Forsknings- og innovasjonsdrevet næringsutvikling". I tillegg har en rekke andre rapporter og underlagsanalyser fra anerkjente kilder og relevant offentlig tilgjengelig informasjon gitt informasjon til strategien. Sist, men ikke minst, har Energi21 benyttet den samlede kompetansen som styret til Energi21 besitter. Styrets medlemmer representerer aktører fra store deler av strategiens fagområder.

7.7 Vedlegg 7: Begrepsliste

FoU:

Forskning og utviklingsarbeid (FoU) er en kreativ virksomhet som utføres systematisk for å oppnå økt kunnskap- herunder kunnskap om mennesket, kultur og samfunn – og omfatter også bruken av denne kunnskapen til å finne nye anvendelser. FoU kan deles inn i følgende tre aktiviteter:

Grunnforskning er eksperimentell eller teoretisk virksomhet som primært utføres for å skaffe til veie ny kunnskap om det underliggende grunnlag for fenomener og observerbare fakta, uten sikte på spesiell anvendelse. Anvendt forskning er også virksomhet av original karakter som utføres for å skaffe til veie ny kunnskap. Anvendt forskning er imidlertid primært rettet mot bestemte praktiske mål eller anvendelser. Utviklingsarbeid er systematisk virksomhet som anvender eksisterende kunnskap fra forskning og praktisk erfaring, og som er rettet mot å: fremstille nye eller vesentlige forbedrede materialer, produkter eller innretninger, eller å innføre nye eller vesentlige forbedrede prosesser, systemer og tjenester. Et hovedkriterium for å skille FoU fra annen beslektet virksomhet er at FoU må inneholde et element nyskaping og reduksjon av vitenskapelig eller teknologisk usikkerhet. Kilde: OECD

Innovasjon:

Innovasjon er introduksjon av nye eller vesentlig forbedrede produkter (varer eller tjenester), eller prosesser, nye metoder for markedsføring, eller nye organisatoriske metoder i for- retningspraksis, arbeidsrutiner eller eksterne relasjoner. En innovasjon kan være basert på resultater av enten ny teknologisk utvikling, nye kombinasjoner av eksisterende teknologi eller utnyttelse av annen kunnskap ervervet av bedriften. Det kan skilles mellom 4 typer innovasjon: produktinnovasjon, prosessinnovasjon, organisatorisk innovasjon og markedsinnovasjon. Kilde: OECD

Test- og demonstrasjon (demo- D)

Test- og demonstrasjonsanlegg er relevant for teknologi- og temaområder hvor det er behov for å verifisere og justere inn teknologiske produkter og løsninger i realistisk skala. Test- og demonstrasjonsanlegg kan både være isolert og integrert i et operativt anlegg.

Nettselskap

Selskap som eier og driver kraftnett for overføring av elektrisk energi, som distribusjonsnett og/eller regionalnett. Monopolregulert.

Leverandørbedrift

Bedrift som leverer utstyr eller tjenester inn i verdikjeden for produksjon og bruk av energibærere..

Teknologileverandør

Bedrift som leverer teknologi og løsninger inn i verdikjeden for produksjon og bruk av energibærere.

Teknologiutvikler

Aktør som utvikler ny, eller forbedrer eksisterende teknologi. Aktøren kan være en leverandørbedrift eller FoU-miljøer på universitet, høyskoler eller privatperson/gründervirksomhet.

Teknologibruker

Aktør som anskaffer og bruker utviklet teknologi.

Magasin

En naturlig eller kunstig innsjø, hvor en samler vann i perioder med høyt tilsig og lavt forbruk. Når forbruket er stort, nyttiggjør en seg dette vannet

Magasinkapasitet

Den totale mengde vann (m³) som det er plass til i et reguleringsmagasin mellom høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV). Magasinkapasiteten oppgis også ofte som den elektriske energi som kan produseres av det lagrede vannet.

Balansekraft

Balansekraft er ikke et entydig begrep. I rent kommersiell forstand på dagens nordiske kraftmarked handler det om en eksakt prissatt størrelse som regnes i kWh, og der prisen varierer fra time til time.

I et mer overordnet perspektiv handler balansekraften ikke minst om behovet for å utjevne de stadig større svingningene som vil oppstå i kraftforsyningen som funksjon av en økende andel varierende fornybar kraft som for eksempel vindkraft.

Fleksibilitetstjenester

Leveranse av effekt for å kompensere for uregulerbar kraftproduksjon gjennom utnyttelse av reguleringssegenskapene til vannkraft med magasiner.

Energilagring

Energilagring, energiakkumulering; lagring av energi for senere bruk ved hjelp av mekaniske, termiske, elektriske eller kjemiske metoder.

Energisystem

Infrastruktur som knytter sammen komponenter og systemer for energiproduksjon, energioverføring og energibruk.

Energi

Energi er evne til å utføre arbeid - produktet av effekt og tid. Elektrisk energi angis ofte i kilowattimer (kWh). 1 kWh = 1000 watt brukt i 1 time. Annen energi angis i Joule (J).

Effekt

Effekt er arbeid utført per tidsenhet, eller energi per tidsenhet. Effekt angis i Watt (W), som tilsvarer en Joule per sekund (J/s).

LCOE

Kostnadene over levetiden til et kraftverk delt på energiproduksjonen over levetiden til kraftverket. LCOE angis i kr/kWh, og brukes til å sammenligne kostnadene ved kraftproduksjon for ulike produksjonsteknologier.

LCA

Life-Cycle Assessment – livsløpsanalyser. Analyser som beregner miljøpåvirkningen til et produkt eller en tjeneste gjennom hele livsløpet.

Kraftbalanse

Kraftbalanse er beregning for en viss tidsperiode av balansen mellom krafttilgang og kraftbehov. Kraftbalansen kan vise hvordan kraftbehovet dekkes under ulike tenkbare forutsetninger med hensyn til vanntilgang, utveksling av tilfeldig kraft, kraftpriser etc.

Technology Readiness Level [TRL]

System for å angi teknologiens/konseptenes modenhetsgrad. TRL systemet består av 9 nivåer.

CO2-håndtering (CCS, carbon capture and storage)

Omfatter fangst, transport og lagring av CO₂ - hele verdikjeden

Små og mellomstore bedrifter (SMB)

Blir ofte brukt om foretak med under 100 ansatte

BECCS

Fangst og lagring av CO₂ fra energi basert på biogent materiale

Komparative fortrinn

Et lands fordel i et marked som kan forsterke mulighetene for å vinne markedsposisjoner sammenlignet med et eller flere andre land: Fordel knyttet til teknologi, kompetanse, ressurser, industriell erfaring etc.

IPBES

Naturpanelet. Et globalt og uavhengig vitenskapspanel på biodiversitet og økosystemtjenester. Etablert i 2012.

IPPC

FNs klimapanel. Intergovernmental Panel on Climate Change. Etablert i 1988.

FME

Forskningssentre for miljøvennlig energi

Horisont 2020

Horisont 2020, EUs rammeprogram for forskning og innovasjon for perioden 2014-2020. Horisont 2020 er verdens største forsknings- og innovasjonsprogram med 70 milliarder euro fordelt på sju år.

IEA

Det Internasjonale Energibyrådet.

7.8 Vedlegg 8: Referanseliste og kilder

Er foreløpig inkludert i hvert kapittel.

7.9 Vedlegg 9: Aktører representert på innspillmøter og annen dialog

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner deltok og har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om havvind:

Agder Energi	Forskningsrådet	NorSea Group
Aker Offshore wind	Fred. Olsen Green Power	Norsk Eksportkreditt
Aker Solutions	Fred. Olsen Renewables	NORWEA
Amon	GCE Node	NORWEP
Baker Hughes	GCE Ocean Technology	NTNU
BKK	Giek	NVE
Deep Wind Offshore	Hafslund Eco	OED
DNV	HAV Design	Seagust
Dof Subsea Norway	IFE	SINTEF
Dr. Tech. Olav Olsen	JUS	Statkraft
Energi Norge	Lyse	Statnett
Energy Innovation	Microsoft	Total
Enova	NHH	UIB
Equinor	NORCE	UiO
FME NorthWind	Norconsult	

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har deltatt og bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om hydrogen:

Agder Energi	HAV Design	Oljedirektoratet
Aker Carbon Capture	Horisont Energi	RENERGY
Aker Clean Hydrogen	Høgskulen på Vestlandet	Safetec
Akershus Energi	Hystar	Shell
ASKO	IFE	SINTEF
Avinor	Maritime Cleantech	Sjøfartsdirektoratet
CICERO	NHH	Statkraft
DNV	NORCE	UIB
Energi Norge	Norconsult	Varanger Kraft
Enova	Norges Rederiforbund	Viken Fylkeskommune
Equinor	Norled	ZEG Power
Forskningsrådet	Norsk Hydro	
Gassco	Norsk Hydrogenforum	
Gassnova	NTNU	
Gen2Energy	NVE	
Greenstat	OED	

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om infrastruktur:

ABB	Energi Norge	Lyse elnett
Advokatfirmaet Kluge	Equinor	Mørenett
Agder Energi	FME MoZEES	Nexans Norway
Agder Energi Nett	FME NorthWind	Norsk Industri
Aibel	Forskningsrådet	Norce
Aker Carbon Capture	Fortum Oslo Varme	Norwegian Offshore Wind

Aker Offshore wind	Gassco	OED
Aker Solutions	Gassnova	Petroleumsdirektoratet
Altera Infrastructure	GCE Ocean Technology	Reinertsen New Energy
Asplan Viak	Haugaland Kraft Nett	Sintef Energi
Benestad	Høgskulen på Vestlandet	Skagerak Nett
BKK Nett	Hydrogenforeningen	Smartgridsentret
CapeOmega	Hynion	Statnett
CINELDI	IFE	Tensio
Den Norske Turistforening	Linea	Trønderenergi
DWO	LO	UIB

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om vannkraft:

Agder Energi	Multiconsult	Scatec
BKK	NINA	SINTEF
EDR Medeso	NORCE	Sira-Kvina
Eksportfinans	Norconsult	Skagerak Energi
Energi Norge	Norske lakseelver	Småkraftforeningen
Forskningsrådet	NORWEP	Statkraft
Gassnova	NTNU	SWECO
Hafslund E-CO	NVE	Troms Kraft
Hydro	OED	UIB
FME HydroCEN	Rainpower	
Miljødirektoratet		

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om digitaliserte og integrerte energisystemer:

ABB	Fortum Varme Oslo	Norgesnett
Agder Energi	Forus Næringspark	Norsk Fjernvarme
Aidon	Gassnova	NVE
Asplan Viak	Glitre Energi Nett	Siemens
Avinor	Heimdall Power	SINTEF
BKK Varme	Hydro	Smart Innovation Norway
Cognite	IFE	Smartgridsenteret
Dalane Energi	Ishavskraft	Statkraft
Elvia	Kongsberg Digital	Statnett
Energi Norge	KTH	Tensio
Enova	Kvitebjørn varme	Tibber
Entelios	Lede	UIB
EPOS	Lyse	UiO
Equinor	Microsoft	USN
FME CINELDI	NHH	ZERO
FME NTRANS	Nodes	
Forskningsrådet	NORCE	

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om avkarbonisering av energiresurser og industri:

Aker Carbon Capture	Forskningsrådet	Norsk Industri
Alcoa	Fortum Oslo Varme	OED

Baker Hughes	Gassnova	Oljedirektoratet
Cicero	Heatwork	Rederiforeningen
CMR	IFE	Shell
Elkem	JUS	SINTEF
Energi Norge	NHH	Statkraft
Enova	NORCE	Statnett
Equinor	Nordic Electrofuel	UIB
Eydekløyngen	Norges Lastebileierforbund	Ulstein
FME NCCS	Norled	Vår Energi
FME HighEff	Norsk E-fuel	Yara

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om batterier:

ABB	IFE	Pixii
Beyonder	Innovation Norway	Repack
Cerpotech	Lede	Siemens Energy
Corvus Energy	Morrow Batteries	SINTEF
Elkem	NGU	Skagerak Energi
Energi Norge	NORCE	Skagerak kraft
Enova	Norges Forskningsråd	Statnett
Equinor	Norled	TioTech
Eydekløyngen	Norsk Hydro	UIB
Freyr	Norsk industri	Universitetet i Agder
Future Materials Katapult	NTNU	
Glencore Nikkelverk	OED	
Hydrovolt		

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om energiteknologier til havs:

ABB	Hav Design	Rederiforeningen
Agder Energi	Høgskulen på Vestlandet	RENERGY
Doxacom	IFE	SINTEF
Energi Norge	Kitemill	Statnett
Enova	Nexans Norway	UIB
Equinor	NORCE	Wilhelmsen Group
Forskningsrådet	Norwep	ZERO
GCE Ocean Technology	Ocean Sun	
Havforskningsinstituttet	OED	
Havyard	Oljedirektoratet	

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om solenergi:

Agder Energi	Inaventa Solar	Pixii
Akershus Energi	Multiconsult	REC Solar
Energi Norge	NHH	SINTEF
Enova	NORCE	Solcellespesialisten

Equinor
Forskningsrådet
Høgskulen på Vestlandet
IFE
FME SuSolTech

Norconsult
NorSun
NTNU
NVE
OED

Solgrid
Statnett
UIB

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om bioenergi:

Agder Energi
Avinor
Biogass Norge
Biokraft
Cambi
Drivkraft Norge
Enova
Equinor
Forskningsrådet
FME Bio4Fuels

Gassnova
Hyperthermics
IFE
NMBU
NOBIO
Norges Bondelag
NORSUS
OED
Oplandske bioenergi

Silva Green Fuel
SINTEF
Statkraft Varme
Statnett
Treklyngen
UIA
UIB
Viken fylkeskommune

Representanter fra følgende selskaper og institusjoner har bidratt med innspill til det strategiske arbeidsmøtet om landbasert transport:

ABB
Drivkraft Norge
Everfuel
Evig Grønn
Forskningsrådet
H2Cluster
Høgskulen på Vestlandet

Hynion
IFE
ITS Norway
Jernbanedirektoratet
NHO
Nettpartner
Norges lastebileier-forbund

Norsk elbilforening
Norsk Hydrogenforum
Norwegian Hydrogen
Ruter
Scania
SINTEF
UIB

Dialogmøter med representanter fra aktører:

CGER
Eksfin
FME MoZEES
FME SuSolTech
EVINY
IFE
IEA Innovation Global Network
Geothermal Energy Nordic
NHH
NINA
NMBU
Nasjonalt kompetansesenter for smartgrid
Norsk elbilforening
Norsk Fjernvarme
Norsk Industri
Norsk Solenergiforeningen

NORCE

NORWEA

NORWEP

NSM

NVE-RME

Nysnø

SITNEF

UIB

UIO

Forskningsrådets porteføljestyre for Transport, Energi og Lavutslipp

Dialog og koordinering med andre 21-prosesser:

- OG21
- Prosess21
- Maritim21
- Transport21
- Digital21
- Skog22