

Dato: 11.03.2026

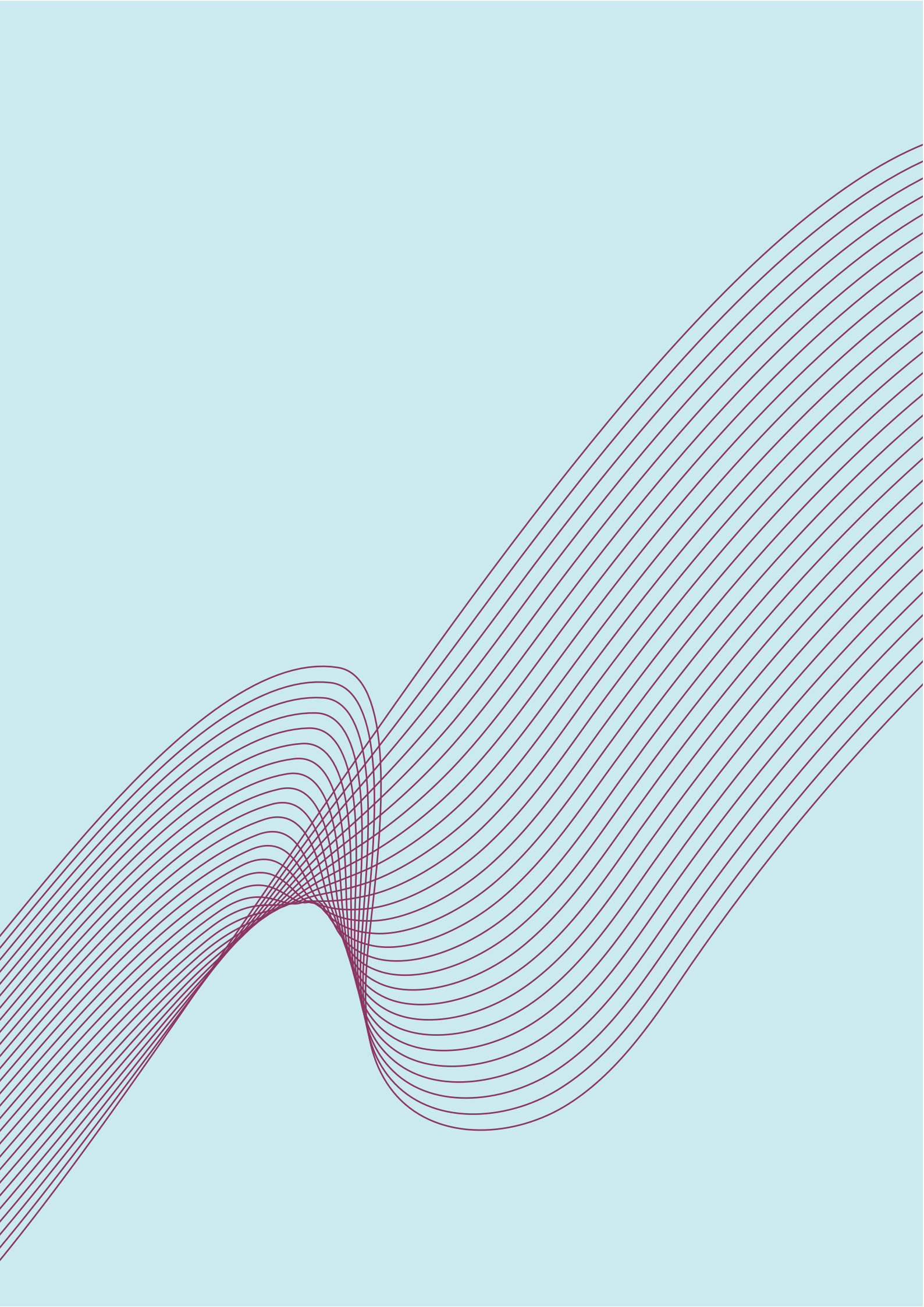
Referat fra innspills-møte – Systemintegrasjon – land og hav



Innholdsfortegnelse

Introduksjon	5
Markedsmuligheter, næringens ambisjoner og konsekvenser for Norge	6
Norsk undervannsteknologi og offshorekompetanse som konkurransefortrinn	6
Havvind, nettinfrastruktur og hybridprosjekter i Nordsjøen	6
Fleksibilitet, vannkraft og energilagring	7
Modernisering og forsterkning av kraftinfrastruktur	7
Sektorkobling, termisk energi og karbonfangst	7
Hydrogen og naturgass i energiomstillingen	8
Kraftelektronikk, digitalisering og overvåking	8
Energisikkerhet, beredskap og geopolitikk	8
Sosial legitimitet, arealbruk og regional rettferdighet	8
Maritim elektrifisering og småskala desentraliserte løsninger	9
<hr/>	
Sentrale forsknings- og innovasjonstema	10
Kostnadseffektiv undervannsteknologi og neste generasjons komponenter	10
Overvåking, kontroll og systemstabilitet	10
Digitalisering, kunstig intelligens og cybersikkerhet	10
Energilagring og fleksibilitet	11
Integrerte energisystemer og sektorkobling	11
Samfunnsvitenskap, regulering og beslutningsstøtte	11
Helse, miljø og sikkerhet og kompetanse for nye energisystemer	12
Regulatoriske tilpasninger og markedsdesign	12
Standardisering og leverandørkjeder	12

Tiltak og virkemidler	13
Pilotprosjekter og demonstrasjonsanlegg med bredere omfang	13
Finansiering, forskningsprogrammer og FME-sentre	13
Kompetanse, utdanning og rekruttering	13
Internasjonalt samarbeid og europeisk integrasjon	14
Samarbeid mellom forskning, industri og myndigheter	14





Introduksjon

Dette referatet oppsummerer innspill fra et arbeidsmøte om Systemintegrasjon – land og hav i forbindelse med utviklingen av Energi2050-strategien. Møtet ble gjennomført 11.03.2026 og samlet om lag 75 deltakere fra næringsliv, leverandørindustri, forsknings- og innovasjonsmiljøer, universiteter, og offentlig sektor.

Formålet med møtet var å samle innspill til hvilke markedsmuligheter som finnes innen systemintegrasjon på land og hav, hvilke forsknings- og innovasjonsbehov som bør prioriteres fremover, samt hvilke virkemidler som kan bidra til å utløse potensialet. Referatet oppsummerer innspillene fra møtet, samt skriftlige innspill innsendt i forkant og etterkant av møtet.

Møtet ble innledet med informasjon om Energi2050, strategiprosessen, eksisterende FoUI-strategi innen systemintegrasjon på land og hav og perspektiver knyttet fremtidig utvikling av fremtidens energisystemer og markeder.

Deltakerne ble delt inn i mindre grupper for diskusjon og innspill. Diskusjonene var organisert i to innspillsrunder. Den første innspillsrunden omhandlet markedsmuligheter, næringens ambisjoner og mulige konsekvenser for kunnskaps- og teknologibehovet innen systemintegrasjon. Den andre innspillsrunden handlet om forsknings- og innovasjonsbehov samt hvilke tiltak og virkemidler som er nødvendig for realisering.



Markedsmuligheter, næringens ambisjoner og konsekvenser for Norge

Norsk undervannsteknologi og offshorekompetanse som konkurransefortrinn

Norge har gjennom flere tiår med olje- og gassvirksomhet bygget opp en unik kompetanse innen undervannsteknologi, kabelinfrastruktur og offshoreoperasjoner.

Modernisering, automatisering og elektrifisering av eksisterende olje- og gassproduksjon forblir relevant, selv om de største elektrifiseringsprosjektene allerede er realisert eller under gjennomføring.

Videre gir denne kompetansen et klart konkurransefortrinn i det voksende markedet for havbaserte energisystemer. Det utvikles nå subsea-løsninger for havvind, blant annet undervanns koblingsanlegg (switchgear). Norske aktører har allerede gjennomført forprosjekter for slike løsninger og er i dialog med europeiske prosjekter.

Norsk leverandørindustri har tatt betydelige markedsposisjoner innen havvind internasjonalt. De største eksportsegmentene er maritime operasjoner og logistikk, bygging av spesialfartøy for installasjon av vindparker, omformerstasjoner og kabler.

Det er et særlig potensial knyttet elektrotekniske komponenter og systemer som :

- Utvikling av flytende og subsea-baserte omformerstasjoner, der norsk olje- og gasskompetanse kan kombineres med kraftelektronisk ekspertise.
- Dynamiske kabler og kabelleggingsteknologier- Dette er områder med aktiv utvikling og hvor materialvalg og kabeldesign fortsatt kan forbedres.

Havvind, nettinfrastruktur og hybridprosjekter i Nordsjøen

Norge har ambisiøse planer for havvindutbygging, med mål om 30 gigawatt tildelt arealer innen 2040. Dette innebærer et stort behov for nettinfrastruktur til havs og gir utfordringer knyttet til kostnadseffektiv integrasjon av kraftproduksjon til eksisterende kraftsystem.

Internasjonalt er det økende fokus på samarbeidsprosjekter mellom flere land, der havvindparker kobles til flere nasjoners kraftnett gjennom hybridløsninger og energiøyer. Danmarks og Tysklands energiøy-prosjekt ved Bornholm er et eksempel på denne utviklingen. Dette kan være en mulighet for kompetanse- og leverandørutvikling i Norge.



Det er ulike synspunkter knyttet til hvilken rolle havnettet vil spille fremover (nasjonalt- og internasjonalt). Kapasitetsbegrensninger til dagens offshore kabler medfører at 30 gigawatt havvind vil kreve svært mange transmisjonskabler til land, og at et masket nett kan være nødvendig for effektiv kapasitetsutnyttelse. Samtidig kan en del systemintegrasjon også skje på land, da offshore-infrastruktur raskt blir svært kostbar og vanskelig å utvide i ettertid. Utbygging på sokkelen har historisk vært preget av prosjektspesifikke løsninger, og det er behov for økt standardisering for å muliggjøre mer kostnadseffektiv og utvidbar infrastruktur.

Fleksibilitet, vannkraft og energilagring

Norges vannkraftsystem representerer en unik ressurs for fleksibilitet i et europeisk kraftsystem med økende andel variabel fornybar produksjon. Evnen til å håndtere store variasjoner i produksjon og forbruk, og å levere energi på gunstige tidspunkter, gir en merverdi som bør utnyttes bedre gjennom effektive markedsmekanismer. Jevn energileveranse har høyere verdi enn tilfeldig leveranse, og det norske systemets evne til å levere regulerbar kraft er et viktig eksportprodukt.

Batteriteknologi har de siste årene fått en langt mer fremtredende rolle som løsning for å balansere kraftsystemet. Prisene på batterier har falt betydelig og forventes å fortsette å falle, noe som gjør batteriparker stadig mer konkurransedyktige som balanseringsløsninger både for havvind, landvind og solparker. Kina dominerer celleproduksjonen, men det er bred enighet om at Europa må opprettholde kompetanse og delvis uavhengighet på hele batteri-verdikjeden. Energilagring i bredere forstand, inkludert underjordisk lagring, er også relevant for å jevne ut prissvingninger.

Modernisering og forsterkning av kraftinfrastruktur

Det er et stort investeringsbehov i landbasert nettinfrastruktur, både nasjonalt og internasjonalt. Nettkapasitet er allerede en flaskehals for ny kraftproduksjon og nytt forbruk, og utfordringen forsterkes av lange konsesjons- og utredningsprosesser som kan gi ledetider på 7 til 10 år. Transformatorstasjoner har leveringstider på opptil 36 måneder og er kritiske komponenter der sårbarheten i leverandørkjeder bør adresseres.

Det påpekes at Norges eksisterende offshore-infrastruktur har begrenset gjenbruksverdi for fremtidig nettutbygging, da den er dimensjonert for helt andre formål. Samtidig har forlenget operasjonstid og utsatt nedstengning av offshore-infrastruktur betydelig teknisk og økonomisk verdi, både for operatørselskapene og for samfunnet som helhet, blant annet gjennom økt ressursutnyttelse, forbedret levetidsoptimalisering og mer effektiv utnyttelse av eksisterende elektriske og mekaniske systemer

Sektorkobling, termisk energi og karbonfangst

Systemintegrasjon på land handler i stor grad om samspillet mellom ulike energibærere og infrastrukturer. Det er et betydelig uutnyttet potensial i termisk energi fra avfallsforbrenning, spillvarme fra industri og geoenergi. Den norske bygningsmassen



representerer et potensial på anslagsvis 40 TWh for termisk energiintegrasjon, noe som kan frigjøre elektrisk kraft til andre sektorer. Fjernvarme, varmepumper og geoenergi bør i større grad integreres i energisystemplanleggingen.

Karbonfangst og -lagring kombinert med avfallsforbrenning og fjernvarme er et område der Norge har en pionerrolle. Samtidig er effektiv transport av CO₂ fra små og mellomstore punktutslipp til mottaksanlegg en uløst utfordring som krever nye teknologiske løsninger.

Hydrogen og naturgass i energiomstillingen

Naturgass vil fortsette å spille en rolle i den europeiske energiomstillingen, både som direkte energikilde og som råstoff for produksjon av lavkarbonhydrogen. Det forskes på nye produksjonsmetoder som pyrolyse, som kan være mer energieffektive enn tradisjonell elektrolyse. Blått hydrogen produsert fra norsk naturgass med CO₂-fangst er en mulighet som har vært utredet over flere år, men som ennå ikke er realisert i stor skala. Gjenbruk av eksisterende rørledningsinfrastruktur for hydrogentransport er også et tema det forskes på.

Kraftelektronikk, digitalisering og overvåking

Norge har sterke næringsklynger innen kraftelektronikk, sensorteologi og digitalisering. Disse miljøene representerer et eksportpotensial for digitale energiløsninger og systemintegrasjon. Overvåking av undervannsinfrastruktur og autonome fartøy er områder der norsk maritim og offshorekompetanse gir særlige forutsetninger. Forskningsinfrastruktur som Smartgrid-laboratoriet i Trondheim og laboratoriemiljøene i Stavanger er viktige ressurser for testing og utvikling av integrerte energiløsninger.

Energisikkerhet, beredskap og geopolittikk

I en mer ustabil geopolitisk situasjon får energisikkerhet og beredskap økt betydning. Kraftsystemet blir mer komplekst med færre synkrone generatorer, mer variabel produksjon og flere utenlandskabler. Systemet må kunne håndtere både fysiske angrep, sabotasje og cybertrusler. Sikring av kritiske komponenter, redundans og mulighet for øydrift er sentrale problemstillinger. Det pekes også på at fiberoptiske nett ofte er koblet sammen med kraftkabler, noe som gir ekstra dimensjoner til sårbarheten.

Det framheves at Europa søker større autonomi og industriell kapasitet, og at norske aktører bør søke samarbeid med europeiske partnere for å bygge større og mer konkurransedyktige enheter. Et regionalt perspektiv på energisystemene, særlig i Nordsjøregionen og mot Storbritannia, kan åpne for nye markedsmuligheter og styrke forsyningsikkerheten.

Sosial legitimitet, arealbruk og regional rettferdighet

Utbygging av ny energiinfrastruktur medfører arealkonflikter og behov for sosial legitimitet. Overgangssonen mellom hav og land er et område der det trengs



teknologier som kan redusere miljøpåvirkning og naturinngrep. Lokale områder belastes med høye anleggsbidrag og nettleie uten å oppleve umiddelbare gevinster, noe som skaper akseptproblemer. Nye måter å finansiere og fordele kostnader på etterlyses for å sikre at energiomstillingen oppleves som rettferdig.

Maritim elektrifisering og småskala desentraliserte løsninger

Elektrifisering av skipsfart og muligheter for lading til havs representerer et voksende marked. Dersom utslippsfri skipsfart blir et krav, vil løsninger for å lade fartøy offshore og underveis kunne gi norske aktører et konkurransefortrinn. I tillegg pekes det på viktigheten av å inkludere små desentraliserte energiløsninger i den overordnede energisystemplanleggingen, både som forsyningskilde og for beredskap. Det ble også levert et skriftlig innspill som trekker fram demonstrasjonsanlegg som viktige for å utvikle, demonstrere og markedsføre innovative energiløsninger.



Sentrale forsknings- og innovasjonstema

Kostnadseffektiv undervannsteknologi og neste generasjons komponenter

Utvikling av kostnadseffektive elektrotekniske undervannsløsninger er et prioritert forskningsområde. Det trengs videre arbeid med DC-brytere, subsea-konnektorer, dynamiske kabler og kompakte omformerløsninger. Spenningsnivåene øker og det stilles nye krav til kabelteknologi og tilhørende komponenter. Standardisering av løsninger er nødvendig for å redusere kostnader og muliggjøre skalerbar utbygging. Forskningsinnsatsen bør spisse seg mot områder der det er reelle teknologigap, og at det er viktig å kartlegge hva som allerede er industrielt tilgjengelig før nye forskningsprosjekter igangsettes.

Det er behov for neste generasjons komponenter med høyere robusthet, enklere vedlikehold og erstatning, samt interoperabilitet og standardiserte grensesnitt. Forsyningskjeder og beredskap for kritiske komponenter er et eget forskningsområde der det trengs bedre forståelse av sårbarheter og kostnadsdrivere.

Overvåking, kontroll og systemstabilitet

Et fremtidig integrert kraftsystem til havs og på land krever avanserte systemer for sanntidsovervåking og kontroll. Det er behov for sensorer, kommunikasjonssystemer med millisekunders responstid og analyseverktøy som kan håndtere den økte kompleksiteten. *Wide Area Monitoring, Protection and Control Systems* er nødvendige for å sikre stabil drift. Disse behovene gjelder på tvers av land- og havbaserte systemer, og hendelser i nettet kan forplante seg fra den ene siden til den andre.

Vindkraftverkenes evne til å bidra til systemstabilitet gjennom grid-forming-teknologi og leveranse av systemtjenester er et viktig forskningsområde. Omformerbaserte systemer har andre egenskaper enn synkrongeneratorer, og det krever ny kunnskap om hvordan kraftsystemet kan driftes stabilt med en høy andel slik produksjon. Synkronkompensatorer har fått en renessanse som supplement til kraftelektronikkbaserte løsninger.

Digitalisering, kunstig intelligens og cybersikkerhet

Digitalisering er et gjennomgående tema for fremtidens energisystem. Det trengs forskning på bruk av kunstig intelligens for planlegging og drift av komplekse energisystemer, edge computing for desentralisert prosessering, og digitale tvillinger for beslutningsstøtte. Et skriftlig innspill fremhever behovet for et FME-senter for en



nasjonal digital tvilling av det norske energisystemet, som skal støtte sektorkobling, øke systemets robusthet og muliggjøre kostnadseffektiv energiomstilling.

Cybersikkerhet er en økende utfordring i et mer integrert energisystem. Trusselaktører blir stadig flinkere til å trenge inn i industrielle kontrollsystemer, og et integrert system har større angrepsflate. Det trengs forskning på beskyttelse av kommunikasjon mellom systemer, robuste systemer som tåler angrep, og integrerte arbeidsprosesser for håndtering av cyberhendelser. Datatilgang, dataeierskap og sikker datadeling mellom aktører er også sentrale problemstillinger, og det vises til EUs arbeid med et felles europeisk datamiljø for energisektoren som er relevant i denne sammenheng.

Energilagring og fleksibilitet

Distribuert energilagring er et forskningsområde med økende relevans. Batteriteknologi og batterisystemer utvikler seg raskt og brukes i økende grad til systembalansering: Det er behov for videre forskning og innovasjonsinnsats på optimal integrering av batterier i kraftsystemet, både stasjonære anlegg og bruk av elbilbatterier som fleksibilitetsressurs. Underjordisk lagring, hydrogenlagring og andre lagringsformer bør også utforskes. Funksjon og plassering av energilagring i det samlede energisystemet er et nøkkelspørsmål der systemanalyse og markedsdesign henger tett sammen.

Integrerte energisystemer og sektorkobling

Det er behov for forsknings- og innovasjonsinnsats på effektivt samspill mellom ulike energibærere og infrastrukturer – kraft, varme, gass, hydrogen og transport. Tradisjonelt har norsk energiforskning fokusert på kraftsystemet isolert sett, men fremtidens utfordringer krever en helhetlig tilnærming der termisk energi, industriprosesser og transportbehov ses i sammenheng. Skriftlige innspill understreker behovet for kunnskap om systemintegrasjon, som kobler teknologi, drift, markeder, beredskap og samfunnsdimensjonen tettere sammen.

Integrerte offshore energisystemer, med samspill mellom havvind, petroleumsvirksomhet, hydrogenproduksjon og CO₂-transport, representerer et annet forsknings- og innovasjonsområder. Det er behov for å utvikle konsepter for systemer som optimaliserer lastprofiler og kapasitetsutnyttelse, samt markedsdesign som støtter integrasjon på systemnivå. Rapporten [*Nettilknytning for flytende havvind*](#) for *Samarbeidsforum for havvind* gir oversikt over viktige teknologiområder for nettilkobling av flytende havvind.

Samfunnsvitenskap, regulering og beslutningsstøtte

Det etterlyses en sterkere forsknings- og innovasjons innsats på samfunnsvitenskapelige perspektiver knyttet til systemintegrasjon. Det er behov for flerfaglige miljøer som kan se tekniske, regulatoriske, juridiske og samfunnsøkonomiske problemstillinger i sammenheng. Miljøene kan gi beslutningsstøtte for myndigheter som skal navigere i et komplekst landskap med et helt annet kostnadsbilde enn det man er vant til fra olje- og gasssektoren. Sosial legitimitet, konsesjonsbehandling,



markedsdesign og regulatoriske rammeverk bør være integrerte deler av forskningsstrategien, ikke separate aktiviteter.

Helse, miljø og sikkerhet og kompetanse for nye energisystemer

Forskning på arbeidsmiljø og helse er viktig for å ta vare på den arbeidskraften og kompetansen som allerede finnes i sektoren. Et eksempel på en bekymring som kommer frem, er risiko for nye kjemiske, fysiske og organisatoriske eksponeringer for arbeidstakere når nye energiteknologier tas i bruk. Konsekvensene kan bli forsterket der aktivitetene foregår til havs og i nordområdene. Arbeidsmiljøforskning og arbeidsmedisin bør integreres tidlig i teknologiutviklingen for å identifisere og forebygge risiko.

Regulatoriske tilpasninger og markedsdesign

Forenkling av konsesjonsbehandling og regulatoriske prosesser er nødvendig for å akselerere utbygging av ny energiinfrastruktur. Markedsdesignet bør tilpasses for å gi riktige insentiver for fleksibilitet, systemtjenester og sektorkobling. Det bør vurderes om gjeldende prinsipper for nettdimensjonering og tilknytning kan justeres for å gi mer effektiv utnyttelse av eksisterende infrastruktur. Regulering av samspillet mellom fjernvarme, elektrisitet og varmepumpeløsninger bør gjennomgås for å sikre at de beste samfunnsøkonomiske løsningene prioriteres.

Standardisering og leverandørkjeder

Standardisering er en nøkkel for å muliggjøre skalerbar utbygging, redusere kostnader og åpne for eksport av norskutviklede løsninger. Det bør arbeides aktivt med internasjonale og europeiske standarder for komponenter, grensesnitt og driftsproedyrer. Sikring av leverandørkjeder for kritiske komponenter, herunder muligheten for nasjonal eller nordisk produksjon av nøkkelkomponenter som transformatorer, vil styrke både energisikkerheten og industriens konkurranseevne.



Tiltak og virkemidler

Pilotprosjekter og demonstrasjonsanlegg med bredere omfang

Overgangen fra forskning til industriell anvendelse er en gjennomgående utfordring, og det er behov for pilotprosjekter og demonstrasjonsanlegg som tester hele systemer og verdikjeder, ikke bare enkeltelementer. Slike anlegg bør ha tilstrekkelig skala til at flere aktører kan prøve ut sine løsninger samtidig, for eksempel innen transmisjonsteknologi, switchgear, kontrollsystemer og vindturbiner.

Dagens støtteordninger oppleves ofte som for smale, med hovedvekt på enkeltkomponenter fremfor helhetlige systemløsninger. Det er derfor behov for bredere anlagte pilot- og demonstrasjonsprosjekter, der også leverandørindustrien kan delta med sine komponenter og løsninger, ikke bare operatørene.

Erfaringene fra FOT-ordningen i olje- og gassindustrien viser verdien av et forpliktende spleiselag mellom operatører og leverandører, og en tilsvarende ordning for havvind har vært etterlyst.

Finansiering, forskningsprogrammer og FME-sentre

Det er avgjørende at Energi2050-strategien følges opp med tilstrekkelige midler i Forskningsrådets programmer. Prosjektstørrelsene har ikke økt i takt med kostnadsutviklingen, noe som reduserer forskningsinnsatsen per prosjekt.

Det etterlyses en bedre balanse mellom langsiktig grunnforskning og innovasjonsprosjekter med kortere tidshorisont som kan levere resultater innenfor en stortingsperiode.

FME-ordningen fremheves som et viktig virkemiddel, og det pekes på behov for sentre som adresserer integrerte og effektive energisystemer, digital tvilling-teknologi og energisikkerhet.

Kompetanse, utdanning og rekruttering

Mangel på kompetanse og tilgang arbeidskraft er en fundamental flaskehals for energiomstillingen, og utfordringen gjelder hele Europa. Det trengs en forsterket innsats for rekruttering til realfag og energifag på alle nivåer, fra grunnskole til industrielle PhD-er.

Lærere i naturfag og matematikk bør få påfyll og inspirasjon fra energibransjen for å gjøre fagene mer relevante og motiverende. Industriorganisasjoner og Energi2050 bør samarbeide om å popularisere energifagene og synliggjøre karrieremulighetene i sektoren.



Internasjonalt samarbeid og europeisk integrasjon

Internasjonalt samarbeid bør stimuleres sterkere enn i dag. Forskningsprogrammer bør gi uttelling for konsortier som inkluderer internasjonale partnere, noe som ikke alltid er tilfellet i dagens utlysninger.

EUs Horisont Europa-programmer og tilknyttede partnerskap er sentrale arenaer der norsk deltakelse bør styrkes. Energi2050-strategien bør fungere som et viktig forhandlingsgrunnlag i europeisk forskningssamarbeid.

Det pekes også på at norske aktører bør bli flinkere til å operere utenfor hjemlige farvann og spesialisere seg på forhold i andre klimasoner og regioner for å styrke eksportposisjonen.

Samarbeid mellom forskning, industri og myndigheter

Det etterlyses tettere samarbeid mellom forskningsinstitutter, universiteter, industri og myndigheter. Forskningsinstituttene rolle i å levere resultater med direkte samfunnsnytte bør styrkes, og prosjektene bør ha tydelig forankring i industrielle behov. Fora for kunnskapsdeling og åpen tilgang til simuleringsmodeller og data vil bidra til raskere kunnskapsoverføring og mer effektiv ressursbruk. Risikoreduserende virkemidler for leverandørindustrien er også viktig for å senke terskelen for deltakelse i kunnskapsbyggende prosjekter.

Energi2050
Besøksadresse: Drammensveien 288
Postboks 564
1327 Lysaker

Telefon: 22 03 70 00
Telefaks: 22 03 70 01

sekretariat@energi2050.forskingsradet.no
<https://www.forskingsradet.no/energi-2050/>

Publikasjonen kan lastes ned fra
<https://www.forskingsradet.no/energi-2050/>

Design: ANTI
Foto/ill. omslagsside: xxx

ISBN 978-82-12-fyll ut (xxxx-x) (trykksak)
ISBN 978-82-12- fyll ut (xxxx-x) (pdf)

