



Kartlegging av behovet for testfasiliteter for hydrogen og ammoniakk

Forord

På oppdrag for katapult-senteret Sustainable Energy har Menon Economics kartlagt behovet for utvikling av testfasiliteter for verdikjeden til hydrogen og ammoniakk.

Prosjektet har vært ledet av Maren N. Basso, med Sigrid Hernes og Aljoscha Schöpfer som prosjektmedarbeidere. Even J.A. Winje har vært ansvarlig partner og kvalitetssikrer.

Menon Economics er et forskningsbasert analyse- og rådgivningsselskap i skjæringspunktet mellom foretaksøkonomi, samfunnsøkonomi og næringspolitikk. Vi tilbyr analyse- og rådgivningstjenester til bedrifter, organisasjoner, kommuner, fylker og departementer. Vårt hovedfokus ligger på empiriske analyser av økonomisk politikk, og våre medarbeidere har økonomisk kompetanse på et høyt vitenskapelig nivå.

Vi vil takke Sustainable Energy for et spennende oppdrag. Vi takker også alle intervjuobjekter for gode innspill underveis i prosessen.



September 2022

Maren N. Basso
Prosjektleder



Kilde: iStock

Side 4

1. Sammendrag

Side 7

2. Bakgrunn og innledning

Side 13

3. Behov for testinfrastruktur

Side 18

4. Kartlegging av eksisterende og planlagt testinfrastruktur i Norge

Side 27

5. Behov for kompetanse

Side 30

6. Sammenstilling og drøfting av funn

Side 40

Vedlegg A: Referanseliste

Side 41

Vedlegg B: Intervjuobjekter

Side 42

Vedlegg C: Eksisterende og planlagt testinfrastruktur



1. Sammendrag

Menon Economics har på oppdrag for katapult-senteret Sustainable Energy kartlagt behovet for utvikling av testfasiliteter for verdikjeden til hydrogen og ammoniakk. Analysen viser at det er behov for flere storskala testfasiliteter, for utstys- og teknologileverandører med fokus på produksjon samt anvendelse innen maritim næring. Vi har også identifisert et gap knyttet til distribusjon, transport og lagring samt industriell anvendelse, men hvordan disse bør innrettes er fortsatt usikkert. Kartleggingen viser at de viktigste barrierene for etablering og utvidelse er knyttet til kapitalintensitet og høy risiko. Vi peker på fem områder som vi mener det videre arbeidet bør fokusere på, herunder utvikling av mer standardiserte og fleksible testfasiliteter som kan benyttes av et bredere aktørmangfold.

For å utvikle ledende løsninger og skape nye konkurransefortrinn i umodne markedssegment er man avhengig av testfasiliteter av tilstrekkelig skala og kvalitet. Testfasiliteter bidrar til å øke den teknologiske kompetansen i verdikjeden samt kommersiell modning. Testfasiliteter er med andre ord viktig for å både bygge konkurransekraft i en norskbasert verdikjede knyttet til hydrogen, men også i sektorene som skal ta løsningene i bruk.

Størst behov for testfasiliteter for utstys- og teknologileverandører. Vår analyse viser at behovet for testfasiliteter er spesielt stort for utstys- og teknologileverandører som utvikler løsninger som brukes i produksjon av hydrogen og ammoniakk, til distribusjon, transport og lagring, samt til maritim og industriell anvendelse av hydrogen og ammoniakk. Videre er det et behov for å teste ut i stor skala, spesielt for mer modne teknologier og i forbindelse med anvendelse.

Begrenset testkapasitet i dag. Det eksisterer i dag flere testfasiliteter for hydrogen/ammoniakk i Norge som er rettet inn mot forskning, hos eksempelvis SINTEF, IFE (HYNOR) og NORCE. Dette er imidlertid fasiliteter som i større grad er rettet mot komponent- og materialtesting, og da i mindre skala. Per dags dato er Energy House (Sustainable Energy) tilnærmet eneste fasilitet som tilbyr testing inn mot produksjon og maritim anvendelse i større skala – 5 MW sett opp mot labfasiliteter på noen 10-talls kW.

Hva finnes av eksisterende og planlagt testinfrastruktur innen hydrogen og ammoniakk?



Hva er norske aktørers behov for testinfrastruktur innen hydrogen og ammoniakk i dag og perioden fremover?

Behovet er større enn tilbudet. Selv om det foreligger flere planer for utvikling av testfasiliteter, vurderer vi at det er et behov for både flere testfasiliteter (antall) og testfasiliteter av større skala. For å tette gapet er det nødvendig å etablere nye testfasiliteter, øke kapasiteten på eksisterende testfasiliteter og gjøre eksisterende testfasiliteter allment tilgjengelig. Behovet er størst for løsninger knyttet til produksjon og maritim anvendelse. Vi har imidlertid også identifisert et gap mellom hva som finnes og hva som etterspørres innenfor distribusjon, transport og lagring, samt industriell anvendelse. Her er det imidlertid fortsatt usikkerhet knyttet til innretning og hvor stor skala man vil trenge for å kunne teste relevante løsninger for fremtidens energisystem. For å sikre at utviklingen følger den kommersielle og teknologiske modningen, er det viktig med ytterligere analyser av denne delen av verdikjeden.

Flere barrierer begrenser etablering/tilgjengeliggjøring av testfasiliteter. Kartleggingen viser at det er flere barrierer knyttet til hvorfor bedrifter ikke etablerer og tilgjengeliggjør testfasiliteter som gjenspeiler behovet i markedet.

- *Kapitalintensivt.* Den største barrieren er at det er en betydelig kostnad forbundet med å etablere testinfrastruktur. Både testfasilitetene, infrastrukturen rundt og driften, er svært kapitalintensive. For førstnevnte øker også kostnaden med skala, og/eller om man skal legge til rette for standardiserte og fleksible testsentre for ulike formål. Barrierer er ikke begrenset til nyinvesteringer, men også til skalering og ombygging av eksisterende kapasitet for å imøtekomme nye behov.
- *Manglende risikoavlastning.* En barriere som er tett knyttet til kapitalintensitet er markedsrisiko. Flere peker på at det er utfordrende å få andre bedrifter/ investorer til å investere i sentrene, ettersom teknologien som testes er rettet mot nye og umodne markeder hvor usikkerhet knyttet til anvendelse og markedspotensial er stor. Risikoavlastning fra myndighetsaktører kan bidra til å redusere disse barrierene.
- *Konfidensialitet og integrasjon i produksjonslinje.* Det er i dag utfordringer for å tilgjengeliggjøre eksisterende testfasiliteter. Mange testfasiliteter er innrettet som en del av den eksisterende produksjonslinjen, noe som gir utfordringer knyttet til IP og konfidensialitet.

I tillegg eksisterer det barrierer for aktører som skal ta i bruk allment tilgjengelige testfasiliteter, som manglende informasjon om hva som eksisterer, kapital til å gjennomføre tester og behov for bistand i forkant og underveis.

Videre arbeid med testfasiliteter for hydrogen og ammoniakk. Hydrogen- og ammoniakkmarkedet er fremdeles umodent. Det er usikkert hvilken type testinfrastruktur man vil ha behov for i fremtiden, både med hensyn til skala, teknologi og anvendelse. Det vil være et løpende behov for kartlegginger for å sikre at kunnskapsgrunnet utvikler seg i takt med det som skjer, både hos norske aktører og i det globale markedet.

Med utgangspunkt i vår analyse peker vi på fem hovedområder som vi mener det videre arbeidet med tilrettelegging av testfasiliteter for hydrogen- og ammoniakk bør fokusere på:

1. **Utvikling av mer standardiserte og fleksible testfasiliteter**, hvor et bredere sett av teknologier kan testes og utvikles, gjerne av flere aktører samtidig. Slike testfasiliteter vil være relevante, spesielt sett opp mot usikkerheten rundt hva teknologibehovet til være fremover.
2. **Tilgjengeliggjøre eksisterende infrastruktur**, spesielt hos aktører med ledig kapasitet og innenfor områder hvor det er et stort behov.
3. **Utforske muligheter for risikoavlastning** i forbindelse med investering i testinfrastruktur. Dette er både knyttet til konkrete virkemidler samt tydeliggjøring av ambisjoner fra myndighetenes side.
4. **Mer formidling og åpenhet rundt testfunn**, for å spre kunnskap på tvers av næringen, og dermed få størst mulig verdi av testfasilitetene som eksisterer.
5. **Økt synlighet av testinfrastrukturen som finnes**, og hvilke tester som kan gjennomføres på disse.



2. Bakgrunn og innledning

Bakgrunn og innledning

Verden står overfor et stort felles problem i form av menneskeskapt global oppvarming som følge av klimagassutslipp. Gjennom Parisavtalen har verdens land forpliktet seg til å begrense klimaendringene til en 2 graders økning, og helst ikke mer enn 1,5 grader. De vedtatte klimamålene krever en rask, grønn omstilling av verdensøkonomien og ikke minst måtene vi bruker og produserer energi på. Overgangen til et lavutslippssamfunn er en stor utfordring, men innebærer også store næringsøkonomiske muligheter. Økonomisk litteratur peker på at det er land som evner rask strukturell omstilling, gjennom å tilrettelegge for og flytte investeringer mot nye vekstområder, som har størst sannsynlighet for å lykkes med å gjøre grønn omstilling om til grønn vekst.¹

Hydrogen og ammoniakk vil spille en viktig rolle i det grønne skiftet. I tekstboksen til høyre presenteres mer informasjon om hydrogen og ammoniakk som energibærere, og hvordan de kan bidra til å nå verdens klimamål. Hydrogen og ammoniakk har i løpet av de senere årene fått en viktig rolle i flere lands klima- og næringspolitikk. Eksempelvis ble hydrogen fremhevet som et av syv særlige innsatsområder i Regjeringens veikart for grønt industriløft lansert i juni 2022, og EU har selv hevet sine ambisjoner for bruk av hydrogen (REPowerEU) samme vår.

Den norske regjeringens visjon for hydrogen som et særlig innsatsområde er at *Norge skal utvikle en verdikjede for produksjon, distribusjon og bruk av hydrogen produsert med ingen eller lave utslipp, og bidra til å utvikle hydrogenmarkedet i Europa.*

Den ambisiøse agendaen krever stor innsats av både myndigheter, næringsliv og akademia for å oppnå målene.

Hydrogen og ammoniakk

Hydrogen er en energibærende gass som avgir energi og vann under forbrenning. Hydrogen blir for øyeblikket stort sett etterspurt i næringer knyttet til oljeraffineri og kjemisk industri. Mer enn halvparten av dagens hydrogenkonsum brukes til å produsere ammoniakk. Ammoniakk blir hovedsakelig brukt som gjødsel, men anses også å ha potensial som drivstoff innen maritim sektor.

Etterspørsel etter hydrogen har mer enn tredoblet seg siden 1975 og lå på om lag 70 mill. tonn per år i 2020.² Omtrent 90 prosent av hydrogenet som brukes i Europa produseres gjennom reformering av naturgass – en prosess som slipper ut betydelige mengder CO₂. Det internasjonale energibyrået (IEA) forventer at etterspørselen etter hydrogen vil øke til over 200 mill. tonn per år innen 2030 drevet av en økt anvendelse innen transport og som energibærere i kraftsystemet.³

For å nå klimamålene er det derfor viktig å dekarbonisere produksjonsprosessen. Det finnes to tilnærminger til dette: For det første kan hydrogen produseres under elektrolyse ved hjelp av grønn strøm (grønt hydrogen). For det andre er det mulig å reformere naturgass til hydrogen og fange CO₂-utslippene med et karbonfangst og -lagringssystem (blått hydrogen). Det utslippsfrie hydrogenet kan så brukes i produksjonsprosessen for grønt eller blått ammoniakk.

1) Se blant annet Rodrick (2013) og Aghion mfl. (2016)

2) Olje- og energidepartementet og Klima- og miljødepartementet (2020). Regjeringens hydrogenstrategi - På vei mot lavutslippssamfunnet

3) IEA (2021)

Test og pilotering

I Stortingsmeldingen «Verktøy for vekst – om Innovasjon Norge og Siva SF» fra 2012, var et av hovedbudskapene at fysisk infrastruktur for utvikling og innovasjon kan være helt avgjørende for at ny kunnskap skal bli til faktisk innovasjon, og i neste ledd bidra til verdiskaping.¹ I Industrimeldingen fra 2017 ble budskapet gjentatt og man pekte på at det var et økende behov blant bedrifter for å teste, simulere og visualisere løsninger som en integrert del av utviklings- og innovasjonsprosessen.² Videre beskrev Industrimeldingen at majoriteten av testanleggene den gang var innrettet for å dekke behovene som store enkeltbedrifter har i sin innovasjonsprosess. Små og mellomstore bedrifter har ikke alltid de samme mulighetene for å etablere egne anlegg for å teste nye produkter og produksjonsmetoder.

Formålet med testinfrastruktur er å utforske ny teknologi eller nye løsninger i en begrenset skala. Dette innebærer at det meste av forskningsarbeidet og mye av utviklingsarbeidet er tilbakelagt. Et pilotanlegg lar ofte både bedriften og dens kunder gjøre seg erfaringer med produktet i anlegget før produksjonen eventuelt skal skaleres opp. Denne type infrastruktur kan egne seg for deling mellom flere bedrifter, da anleggene ofte vil kreve betydelige investeringer, samtidig som få bedrifter har løpende behov for slike fasiliteter. I en tidligere Menon-rapport ble det fremhevet at ifølge Innovasjon Norge og SIVA kjøper mange norske bedrifter slike tjenester ved sentre i utlandet, noe som kan medføre tap av relevant kompetanse.³

Norsk katapult

Norsk katapult ble lansert som ett av ni prioriterte tiltak da Solberg-Regjeringen i mars 2017 la frem Industrimeldingen. Ordningen ble etablert i løpet av samme år og forvaltes av Siva. Norsk katapult er et næringsrettet virkemiddel som skal bidra til å forsterke den nasjonale infrastrukturen for utvikling og innovasjon. Hensikten bak ordningen er at gjennom tilgjengeliggjøring av ekspertise, utstyr og hensiktsmessige lokaler skal veien fra konseptstadiet til markedsintroduksjon bli *enklere* og gå *raskere*.

Det eksisterer i dag fem katapult-sentre under ordningen. Et av disse sentrene er Sustainable Energy. Sustainable Energy arbeider med å bistå bedrifter i det grønne skiftet og overgangen til mer klima- og miljøvennlige energikilder. Senteret tilbyr bedrifter kompetanse og testfasiliteter til lands, til havs og på skip for å utvikle, teste og simulere bærekraftige energiløsninger.



NORSK
KATAPULT

1) Nærings- og handelsdepartementet (2012). Verktøy for vekst – om Innovasjon Norge og Siva SF. Meld. St. 22 (2011-2012)

2) Nærings- og fiskeridepartementet (2017). Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende. Meld. St. 27 (2016-2017)

3) Menon Economics (2014). Pilotinvest. Menon-publikasjon nr. 13/2014.

Rammeverk for analysen

Hovedformålet med denne studien er å vurdere hvorvidt det er et *gap* mellom hva som etterspørres av testfasiliteter og hva som tilbys av testfasiliteter rettet mot hydrogen og ammoniakk. For å vurdere dette gjennomføres følgende analysesteg, som utgjør rammeverket i denne studien:

1. Kartlegging og vurdering av behovet for testinfrastruktur for hydrogen og ammoniakk blant norske aktører
2. Kartlegging og systematisering av eksisterende og planlagt testinfrastruktur i Norge for hydrogen og ammoniakk
3. Vurdering av *gap* mellom behov for testinfrastruktur og hva som finnes av testinfrastruktur

Rapporten er strukturert på tilsvarende måte, hvor vi først vurderer hva som er behovet for testfasiliteter (kapittel 3) og hva som finnes av testfasiliteter (kapittel 4), før vi deretter analyserer hvorvidt det er et *gap* (kapittel 6). I tillegg inkluderer analysen en vurdering av behov for kompetanse for å benytte seg av testinfrastruktur (kapittel 5).

Vi har innhentet informasjon gjennom intervjuer (se vedlegg B) og gjennomgang av offentlig informasjon.

Analysteg 1:

Hva er behovet for testinfrastruktur i Norge innen hydrogen og ammoniakk?

Analysteg 2:

Hva finnes av eksisterende og planlagt testinfrastruktur i Norge innen hydrogen og ammoniakk?

Analysteg 3:

Er det et *gap* mellom hva som etterspørres og hva som tilbys?

Verdikjeden for hydrogen: I denne kartleggingen tar vi utgangspunkt i en stilisert inndeling av hydrogen- og ammoniakknæringen ved å se på verdikjeden. Verdikjeden er illustrert under og består av:

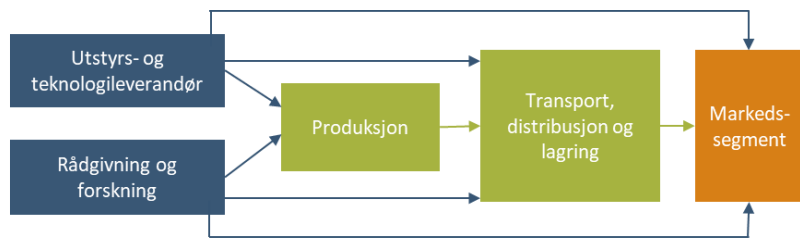
Utstys- og teknologileverandører: Denne gruppen utgjør aktører som utvikler teknologi og produserer utstyr, ofte enkeltkomponenter, til de ulike delene av verdikjeden. Eksempler på aktører er Nel, HydrogenPro og Hystar.

Rådgivning og forskning: Norge har flere kompetente forskningsmiljøer som arbeider opp mot hydrogen og ammoniakk, blant dem SINTEF og IFE.

Produksjon: Hydrogen er en energibærer som i seg selv er energikrevende å fremstille. De to mest velutviklede formene for hydrogenproduksjon er vannelektrolyse (grønn) og damp-reformering (blå). Gen2Energy er et av selskapene som ønsker å etablere storskala produksjon av grønn hydrogen.

Transport, distribusjon og lagring: Hydrogen er en gass med høyt energiinnhold som er lett og tar stor plass. Mange av de fysiske utfordringene er knyttet til både komprimering, kjøling, omdanning og lagring.

Figur: Illustrasjon over verdikjeden til hydrogen



Markedssegment

Siste ledd i verdikjeden er det vi kaller markedssegment. Dette innebærer aktører som skal ta hydrogenet/utstyret i bruk, altså anvende det. I denne kartleggingen opererer vi i hovedsak med følgende markedssegment:

- *Industri.* Industrisegmentet innebærer næringsvirksomheter som bearbeider råstoff eller råvarer. Hydrogen bidrar til å gjøre industriprosesser grønnere, som innsatsfaktor i produksjonsprosesser og varmeproduksjon, eller som råstoff til kjemisk industri.
- *Maritim transport.* Maritim næring består av rederier, verft, utstys- og tjenesteleverandører. Hydrogenbrensel og ammoniakk som drivstoff ansees som en nødvendig løsning for å nå ambisjonene om nullutslipp for sjøtransport.
- *Landtransport.* Landtransport er en bransje som består av alle transportnæringer på land. Hydrogen anses som en god løsning for transportoppdrag over lengre strekninger.

Teknologisk modenhet (TRL)

For å vurdere den teknologiske modenheten til løsninger som utvikles, og dermed hvilken teknologisk modenhet testfasiliteter er rettet mot, tar vi utgangspunkt i TRL-skalaen (*Technology Readiness Level*). Denne skalaen sier noe om hvor langt man har kommet i en utviklingsprosess, og dermed hvilke deler av utviklingen en testfasilitet i hovedsak er rettet inn mot. Skalaen går fra 1 til 9, hvor TRL 1 er hvor forskningen starter, mens TRL 8 markerer første gang teknologien introduseres i markedet. Da har teknologier vært gjennom både pilot og demonstrering (TRL 5 til 7).

Denne siden av rapporten er utarbeidet av Steffen Møller-Holst, SINTEF.

Europas arbeid mot testinfrastruktur

Det finnes allerede betydelig infrastruktur for utvikling og testing av hydrogenteknologi i Europa.¹ Andre store Europeiske forskningsinstitutter, så som CEA, Fraunhofer, DLR og ENEA, har over en årrekke bygget opp betydelig testinfrastruktur.

I forbindelse med EUs H2-strategi, er det kommet en rekke initiativer for å samkjøre Europeisk infrastruktur på hydrogenområdet. Hydrogen Europe Research (HER)² har jobbet fram konseptet Open Innovation Technology Platform (OITB) for å sikre høyere utnyttelse av hydrogeninfrastruktur, gjennom å dele og åpne testinfrastruktur for andre aktører (akademia og industri) i Europa. HER har våren 2022 initiert en kartlegging av eksisterende hydrogeninfrastruktur for hydrogen i Europa hos sine rundt 100 medlemmer (FoU-institutter og universiteter). Arbeidet forventes ferdigstilt ila høsten 2022.

HER er i dialog med European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) og EU-kommisjonen, som viser stor interesse og engasjement for at H2-infrastruktur skal innlemmes i ESFRI-ordningen. Forskerutveksling er et element som trekkes fram i flere av initiativene i denne sammenheng.

European Hydrogen Alliance (EHA) har i CEO Round Table for H2-produksjon foreslått en Open pan-European Technology Platform, hvor det pekes på behov for *equipment manufacturing* og *integrated infrastructure*. Koordinering mellom HER og EHA er iverksatt.

Siden februar 2021, har det vært dialog mellom SINTEF, TNO, Fraunhofer, CEA m.fl. og HER, om tiltak som skal bidra til at man trekker i samme retning. I Norge har man forsøkt å koble H2-infrastruktur-initiativet opp mot Nordisk Energiforskning, som også viser interesse for at Norden skal bli med på en slik satsing.

Norges utgangspunkt sett opp mot Europa

Norge har relativt gode laboratorier og testfasiliteter for hydrogen, også sett i et europeisk perspektiv. Dette må naturligvis sees i lys av vår betydelige FoU-aktivitet på området, men samtidig størrelsen på den norske økonomien sammenlignet med andre europeiske land. Laboratoriene i Norge favner bredt både tematisk og når det gjelder teknologimodenhet, fra materialutvikling og -testing, til validering av komponenter under realistiske driftsprofiler og -betingelser. Norske fagmiljøer har laboratorier som dekker alle deler av verdikjedene fra produksjon, via lagring og distribusjon til sluttbruk. Laboratoriene er imidlertid jevnt over beskjedne i størrelse (og kapasitetsmessig) sammenliknet med de største FoU-institusjonene i Europa. Mens de aller fleste laboratoriene hos de norske FoU-miljøene fremdeles er oppad begrenset til noen 10-talls kW, har noen institutter i Europa allerede lang erfaring med testing i 100 kW skala. Testfasiliteter i MW-skala, som den Sustainable Energy katapult-senter representerer, finnes det imidlertid svært få av i verden.

1) Eksempelvis har tyske ZSW over en årrekke testet bensenceller for bilindustrien i betydelig skala (>100 kW).

2) <https://hydrogeneuroperesearch.eu/>

An aerial photograph of a lush green forest with a winding stream. The text '3. Behov for testinfrastruktur' is overlaid in the center of the image.

3. Behov for testinfrastruktur

Vår kartlegging viser at behovet for testfasiliteter knyttet hydrogen- og ammoniakkverdikjeden er størst for utstørs- og teknologileverandører som utvikler løsninger til bruk i produksjon; til distribusjon, transport og lagring; samt til maritim og industriell anvendelse av hydrogen og ammoniakk. Videre er det et behov for å teste ut i større skala, spesielt for mer modne teknologier og i forbindelse med anvendelse.

Generelt om behov for testinfrastruktur

I Industrimeldingen fra 2017 trekkes det frem at gode testfasiliteter kan gi nye muligheter for norsk industri. Tilgang på testfasiliteter vil bidra til at norske bedrifter får testet, simulert og visualisert teknologier, produkter og løsninger. Dette vil igjen kunne resultere i at bedrifter kan levere produkter av høyere kvalitet og/eller til lavere pris, og at markedsintroduksjonen skal bli enklere og gå raskere. Flere rapporter trekker frem at det er et økende behov hos næringsaktører for testinfrastruktur *generelt* i Norge, hvor løsninger/teknologier kan testes.¹ Rapportene viser til at næringslivsaktører har pekt på at behov for tilgang til fysisk infrastruktur for gjennomføringen av denne type aktiviteter er av stor betydning for konkurransekraften, og at tilbudet i Norge på dette området er lite.

Behov for testinfrastruktur for hydrogen og ammoniakk i Norge²

Det finnes ingen systematiske kartlegginger av behovet for testsenter tilknyttet hydrogen og ammoniakk i Norge. I intervjuene gjennomført i forbindelse med denne analysen oppgav imidlertid tilnærmet samtlige at det *er et behov for slik infrastruktur i Norge i dag*. Det er flere grunner til at det er et behov:

- Tilgang på testfasiliteter vil i første omgang bidra til at enkeltbedrifter utvikler bedre produkter og hever egen kompetanse. Med andre ord bygger man opp bedriftens konkurransekraft både i et regionalt, nasjonalt og internasjonalt marked.
- Gjennom å benytte testfasilitetene sammen med andre aktører og kunder vil man både kunne utvikle løsninger som i større grad er rettet mot kundens behov og bygge kunnskap på tvers av næringen, samt bidra til å spre kunnskap blant relevante aktører. De næringsøkonomiske effektene forsterkes hvis man samtidig legger til rette for koblinger opp mot internasjonale aktører, som vil kunne komme til Norge for å benytte disse testfasilitetene. Aktiv bruk av innovative og krevende kunder i utviklingen av løsninger og teknologier er en *enabler*, ettersom tilgang på krevende kunder er antatt å korrelere med høyere innovasjonsgrad.² Bakgrunnen for dette er at nærhet til krevende kunder legger press på leverandører til å levere produkter og tjenester av høy standard. Ved at internasjonale aktører deltar i prosjekter på norsk testinfrastruktur, bidrar de med positive læringseffekter ved å overføre sentral teknologi og kompetanse til norske aktører. I senere faser vil internasjonale aktører kunne ha en «lokomotivrolle» for norske teknologileverandører, og gi verdifull drahjelp i form av å øke markedsforståelsen og gi tilgang til et utvidet internasjonalt nettverk. Dersom testfasilitetene ikke er lokalisert i Norge ville man ikke hatt samme mulighet for dette.

1) Se eksempelvis Menon Economics (2016). Infrastruktur for testing, pilotering, visualisering og simulering. Menon-publikasjon nr. 41/2016, og Nærings- og fiskeridepartementet (2017). Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende. Meld. St. 27 (2016-2017).
2) Samarbeid med krevende kunder ble trukket frem som et viktig suksesskriterium i alle utviklingsfaser, og da spesielt pilot- og demonstrasjonsfasen i en studie Menon Economics har gjennomført for Energi21 om klimavennlig energiteknologi i 2021.

- Hydrogen er ikke en ny teknologi, men utviklingen som skjer nå omhandler spesielt anvendelsen av den i nye markeder. Testfasiliteter kan bidra til å modne markeder, eksempelvis ved at teknologileverandører kan invitere kunder til testfasilitetene for å demonstrere at teknologien fungerer.
- Et annet viktig perspektiv er hvordan bruk av testfasiliteter kan føre til nye forretningsmuligheter og at spin-off selskaper blir etablert. Gjennom testing og utvikling skapes altså nye ideer.

Samlet bidrar dette til å bygge opp konkurransekraften til en norsk verdikjede og bidrar til et aktørmangfold i næringen. Testfasiliteter er således en viktig del av en teknologisk plattform for å legge til rette for vekst hos eksisterende og kommende bedrifter i næringen. Sistnevnte gjelder både bedrifter som nå omstiller seg fra andre næringer, og oppstartsbedrifter.



Kilde: iStock

Viktigheten av å bygge opp en komplett verdikjede

Tre av Norges viktigste eksportnæringer er komplette verdikjeder, noe som betyr at norske aktører er å finne i alle ledd. Dette er olje- og gassnæringen, maritim næring og havbruksnæringen.

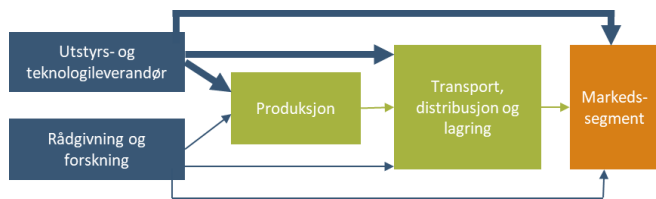
De tre næringene kan også sees på som komplette næringsklynger, hvor elementer i klyngen forsterker hverandre. Bedrifter og kunnskapsaktører kobles sammen og bidrar til å styrke hverandres internasjonale konkurransekraft. Klyngeegenskaper er den viktigste kilden til innovasjon og langsiktig konkurranseevne.

Dersom man på samme måte lykkes innenfor hydrogen- og ammoniakknæringen, vil man ha et godt fundament for å etablere en ledende verdikjede, hvor aktørene spiller hverandre gode. Norge har kompetente og konkurransedyktige miljøer som kan bidra til å utvikle verdikjeder for hydrogen.

I kartleggingen har vi forsøkt å identifisere *hvor* det er behov for testfasiliteter i verdikjeden til hydrogen og ammoniakk. Vi har identifisert følgende behov.

Behov for testing blant utstys- og teknologileverandører:

Våre funn peker på at det spesielt er et behov for testing blant *utstys- og teknologileverandører*. Med utgangspunkt i et verdikjedeperspektiv er behovet størst langs tre akser, som fremhevet i figuren under.



Mer konkret er denne aktørgruppens behov rettet inn mot å:

- **Teste teknologier, utstyr og løsninger som skal inngå i produksjonsprosesser.** Herunder å utvikle mer effektive løsninger for kjente teknologier, til en lavere kost og som kan brukes i større skala. I tillegg til utvikling og testing av nyere og mer umodne teknologier.
- **Teste teknologier, utstyr og løsninger for å anvende hydrogen og ammoniakk.** Herunder testing av løsninger for sluttbrukerapplikasjoner til en større portefølje av anvendelsesområder. Innen maritim anvendelse er det et behov for å teste løsninger i så driftsreelle situasjoner som mulig og i stor nok skala. Innen industrien er det større usikkerhet om behov ettersom testing gjennomføres i større grad hos industriaktørene.

- **Teste teknologier, utstyr og løsninger for å distribuere, transportere og lagre hydrogen/ammoniakk.** F.eks. testing av materialer som skal være i kontakt med hydrogen, samt utvikling av teknologier som cracking. I tillegg har vi identifisert et behov for å utvikle og teste løsninger rettet inn mot prosessen rundt og kobling mellom transportledd, eksempelvis rettet mot energitap. Dette verdikjedeleddet ble i mindre grad trukket frem i kartleggingen, og det er derfor usikkerhet rundt faktisk behov.

I intervjuer med *produsenter* av hydrogen ble også dette fremhevet, hvor de pekte på at størstedelen av testingen knyttet til deres virksomhet gjøres av utstys- og teknologileverandørene. Dette inkluderer også testing rundt spesifikke forhold ved «*siten*» som skal huse produksjonsanlegget. Produsentene kjøper inn ferdig testet utstyr som settes sammen på «*site*». Det vil foregå noe testing i oppstartsfasen av produksjonsanlegget og ved forbedringer underveis, men dette er i hovedsak i forbindelse med optimalisering.

Behov for testfasiliteter av større skala

Kartleggingen viser at det er et behov for å kunne teste løsninger i større skala og på systemnivå, og ikke kun enkeltkomponenter. Eksempelvis trakk en aktør frem at testfasiliteter i den skalaen de har behov for i dag ikke eksisterer i Norge, og at man må til utlandet for å gjennomføre tester. Ettersom det finnes få relevante fasiliteter utenlands er det betydelig ventetid for å få teste løsninger for aktøren, som har ført til at man ikke har kommet like langt i utviklingsprosessen som ønsket.

Behov for testfasiliteter for ulike utviklingsfaser (TRL)

Hvilket behov aktører har for type testinfrastruktur gjenspeiles også i hvor langt teknologiutviklingen er kommet. For modne teknologier er behovet i større grad knyttet til storskala demonstrasjonstester for å kunne sette teknologien i et system og teste applikasjoner. For teknologier som fremdeles er tidlig i utviklingsstadiet vil man i hovedsak ha behov for lab-tester og fasiliteter for å teste komponenter. Her er forskningsinfrastruktur viktig. Overordnet viser dette til at jo mer moden teknologien er, desto større er behovet for testfasiliteter av en viss skala, hvor man kan teste i et større system.

Behov for allment tilgjengelige testfasiliteter¹ for SMBer

For små og mellomstore bedrifter (SMBer), herunder oppstartsbedrifter, ble det i intervjuene fremhevet at det spesielt er viktig med testfasiliteter som er allment tilgjengelige. Bakgrunnen for dette er at de ikke har ressurser og kapital til å etablere egne testfasiliteter. Dette sammenfaller med konklusjonene trukket frem i Industrimeldingen 2017, og formålet med Katapult-ordningen til Siva.

Behovet for små og mellomstore bedrifter er også rettet mot at de kan gjennomføre tester på testfasiliteter uten en for stor kostnad, og at de kan teste ideer og produkter på relativt kort sikt. Bakgrunnen for sistnevnte er at man i slike bedrifter er avhengig av kortere prosesser for å utvikle produkter.

Behov for generiske og fleksible testfasiliteter

I intervjuene ble også behov for generiske og fleksible testfasiliteter trukket frem. Det vil si fasiliteter som gir mulighet for test av forskjellige teknologier og prosesser innenfor samme felt. Testfasiliteter hos enkeltbedrifter er i hovedsak rettet inn mot og bygget opp om test av en spesifikk teknologi. Dette betyr at dersom man ønsker å teste en annen teknologi må testsenteret bygges om, noe som både er tids-, ressurs- og kapitalkrevende.

Spesifikke teknologiområder hvor det er behov for testfasiliteter

I arbeidet ble det fremhevet eksempler på spesifikke teknologiområder innenfor hydrogen og ammoniakk hvor det er behov for testing. Vi presenterer her teknologiområdene som ble trukket frem, men gjør oppmerksom på at listen ikke er uttømmende.

- Teste stacking av/på elektrolyserer
- Teste full elektrode-stack
- Teste belegg og ulike membraner
- Teste cracking fra ammoniakk til hydrogen
- Teste sikkerhetsapplikasjoner
- Teste fremdriftssystemer og generatorer (maritimt)
- Teste roterende maskineri og forbrenningsmotorer hvor man går bort fra fossilt drivstoff
- Teste CCS i tilknytning til hydrogenproduksjon

1) Infrastruktur som er allment tilgjengelig kan benyttes av andre aktører enn dem som eier testfasilitetene.



4. Kartlegging av eksisterende og planlagt testinfrastruktur

Oversikt over eksisterende og planlagt testinfrastruktur

I denne delen av analysen presenteres funn fra kartleggingen av eksisterende og planlagt testinfrastruktur for hydrogen og ammoniakk i Norge. Dette må sees på som en *overordnet oversikt* over testinfrastrukturen, hvor vi har kategorisert fasilitetene langs følgende dimensjoner:

- Verdikjede (herunder anvendelse og skala)
- Eksisterende versus planlagt
- Teknologisk modenhet
- Geografi

I vedlegg C gjennomgås hver testfasilitet i mer detalj.

Denne kartleggingen inneholder informasjon om den testinfrastrukturen vi har lyktes med å identifisere i løpet av oppdragets periode. Det kan være infrastruktur som vi har ikke lyktes med å identifisere, men vi mener at den viktigste infrastrukturen er kartlagt. Tilsvarende er det også variasjon i hvor mye informasjon vi har lyktes med å innhente for hver testfasilitet. Vi gjør leseren oppmerksomme på at i de tilfeller hvor et testsenter har tydelig delte testfasiliteter som retter seg mot flere deler av verdikjeden/områder, så presenteres disse delt.

I kartleggingen benytter vi oss av begrepene *allment tilgjengelig* og *ikke allment tilgjengelig*. Infrastruktur som er allment tilgjengelig kan benyttes av andre aktører enn dem som eier testfasilitetene. Testfasiliteter som er en del av den *nasjonale forskningsinfrastrukturen* er også definert som allment tilgjengelig. For nasjonal forskningsinfrastruktur hos universiteter og høyskoler foreligger det begrensninger knyttet til hvor mye av kapasiteten som kan leies ut dersom disse er lokalisert på campus.



Kilde: Bilder hentet fra <https://sustainableenergy.no/fasiliteter/>

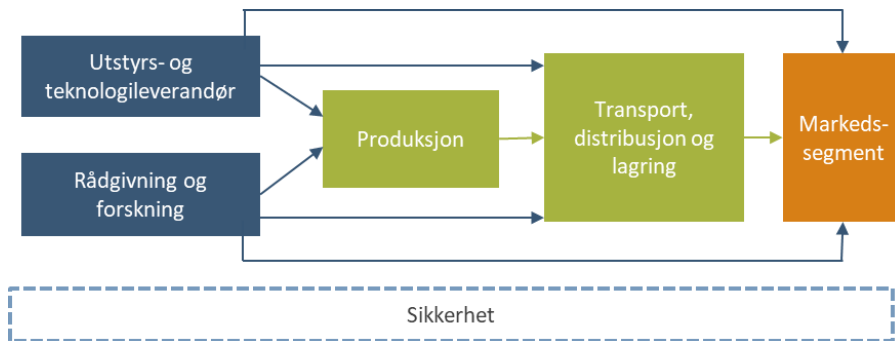
Fordeling av testinfrastruktur langs verdikjeden

Den første dimensjonen i denne kartleggingen er knyttet til verdikjede. Med andre ord hvordan eksisterende og planlagt testinfrastruktur fordeler seg på de ulike leddene i verdikjeden. Kartleggingen vår har vist at testfasiliteter som eksisterer og planlegges i hovedsak er knyttet til det første leddet i verdikjeden, altså forskning og rådgivning samt utstys- og teknologileverandører. Det er disse aktørene som i hovedsak benytter/ har testfasiliteter for å teste teknologi og utstyr, som leveres til de tre neste leddene: 1) produksjonsenheter, 2) distribusjon, transport og lagring, og 3) markedsegment.

På neste side (side 21) presenterer vi en systematisk kategorisering av planlagte og eksisterende testfasiliteter langs denne dimensjonen. Vi har først kartlagt hvorvidt testfasilitetene er knyttet til enten forskning eller til utstys- og teknologileveranser, for i neste omgang å kartlegge hvilke neste ledd i verdikjeden de er rettet inn mot. Denne kartleggingen er gjennomført på basis av tilgjengelig informasjon, og det er i flere tilfeller utfordrende å presist vise til hvilke ledd i verdikjeden testfasilitetene er rettet mot. I tillegg eksisterer testfasiliteter som er rettet inn mot flere av leddene. I kartleggingen har vi derfor forsøkt å etter beste evne kategorisere planlagt og eksisterende testinfrastruktur.

Sikkerhet er i kartleggingen blitt trukket frem som et sentralt element. Dette inngår i alle leddene i verdikjeden, og presenteres derfor samlet for verdikjeden, som illustrert i figuren til høyre.

Figur: Illustrasjon over verdikjeden til hydrogen







Som tidligere nevnt i rapporten er det ulike markedsegment som utstys- og teknologileverandører samt forskning kan levere til. Det er med andre ord ulike anvendelsesområder, som eksempelvis maritim, industri, landtransport og kraftsystem, for å nevne noen. Med utgangspunkt i dette har vi også forsøkt å systematisere hvilke testfasiliteter som er knyttet til de ulike anvendelsesområdene. Dette vises på side 22.

	Til produksjon	Til distribusjon, transport og lagring	Til anvendelse	Ukjent
FoU-aktører	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • HYNOR (metanreformering) • HYNOR (vannelektrolyse) • SINTEF 	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • SINTEF (Anvendt Geoscience lab) 	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • HYNOR (brenselcelle) • Corvus/HVL* • SINTEF (hybridlab. og brenselcelle) 	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • Clara Venture Labs • NORCE
Teknologi- og utstyrsleverandører	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • Energy House (Sustainable Energy) • Seidr Energipark* Ikke allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • H2 Production* • HydrogenPro • Hardanger Hydrogen Hub* • Deep Purple* 	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • Energy House (Sustainable Energy) • Seidr Energipark* Ikke allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • Hardanger Hydrogen Hub* • Deep Purple* 	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • Energy House (Sustainable Energy) • SEAM • Mo Industripark • Seidr Energipark* Ikke allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • PSW Power & Automation 	Ikke allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • K-lab og P-lab (Equinor)**
Sikkerhet	Allment tilgjengelig: <ul style="list-style-type: none"> • Clara Venture Labs • GEXCON • USN Campus Porsgrunn 			

*Testfasiliteter som per september 2022 ikke er i drift, men er enten under bygging eller planlagt er markert med en stjerne.

**P-lab og K-lab har per dags dato ikke test-fasiliteter for hydrogen, men det planlegges/er åpnet for å gjennomføre tester av nye grønne teknologier.

Til anvendelse	 <p>Industri</p>	<p>Allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mo Industripark (MIP bærekraft) 	<p>Ikke allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ingen testfasiliteter kartlagt</i>
	 <p>Maritim transport</p>	<p>Allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HYNOR (brenselcelle) • Energy House – Sustainable Energy (applikasjon) • SEAM • SINTEF (hybrid lab) • CORVUS/HVL* 	<p>Ikke allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PSW Power & Automation
	 <p>Land-transport</p>	<p>Allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HYNOR (brenselcelle) 	<p>Ikke allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ingen testfasiliteter kartlagt</i>
	 <p>Øvrig</p>	<p>Allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seidr Energipark (energisystem)* • SINTEF (brenselcelle) 	<p>Ikke allment tilgjengelig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ingen testfasiliteter kartlagt</i>

*Testfasiliteter som per september 2022 ikke er i drift, men er enten under bygging eller planlagt er markert med en stjerne.

Produksjonskapasitet på testinfrastruktur

Som det fremgår av oversikten på side 21 er en del av testinfrastrukturen knyttet opp mot produksjon. Noe av denne infrastrukturen er rettet inn mot test av produksjon i mindre skala, mens noe er rettet inn mot større skala. Her presenterer vi skala i form av produksjonskapasitet.

Som det fremkommer av tabellen er det en betydelig forskjell i kapasitet mellom testfasilitetene. Eksempelvis er forskningsinfrastrukturen til IFE (HYNOR) og SINTEF småskala, mens de øvrige aktørene har en betydelig høyere kapasitet (større skala).

Tabellen til høyre viser produksjonskapasitet på de ulike testanleggene, sortert fra minst til størst kapasitet. Vi presenterer både oppgitt kapasitet og omregnet kapasitet til kilo produsert per dag. Vi gjør leseren oppmerksomme på at det kan være ulike effekt på anleggene, som avhenger av de teknologiske egenskapene ved disse.

For å illustrere størrelsen på produksjonen til disse testfasilitetene kan vi vise til typisk forbruk i transportsektoren. En bil har et typisk dagsforbruk på 1 kg hydrogen (per 100 km), en buss har 25 kg og en ferje 200-300 kg.¹

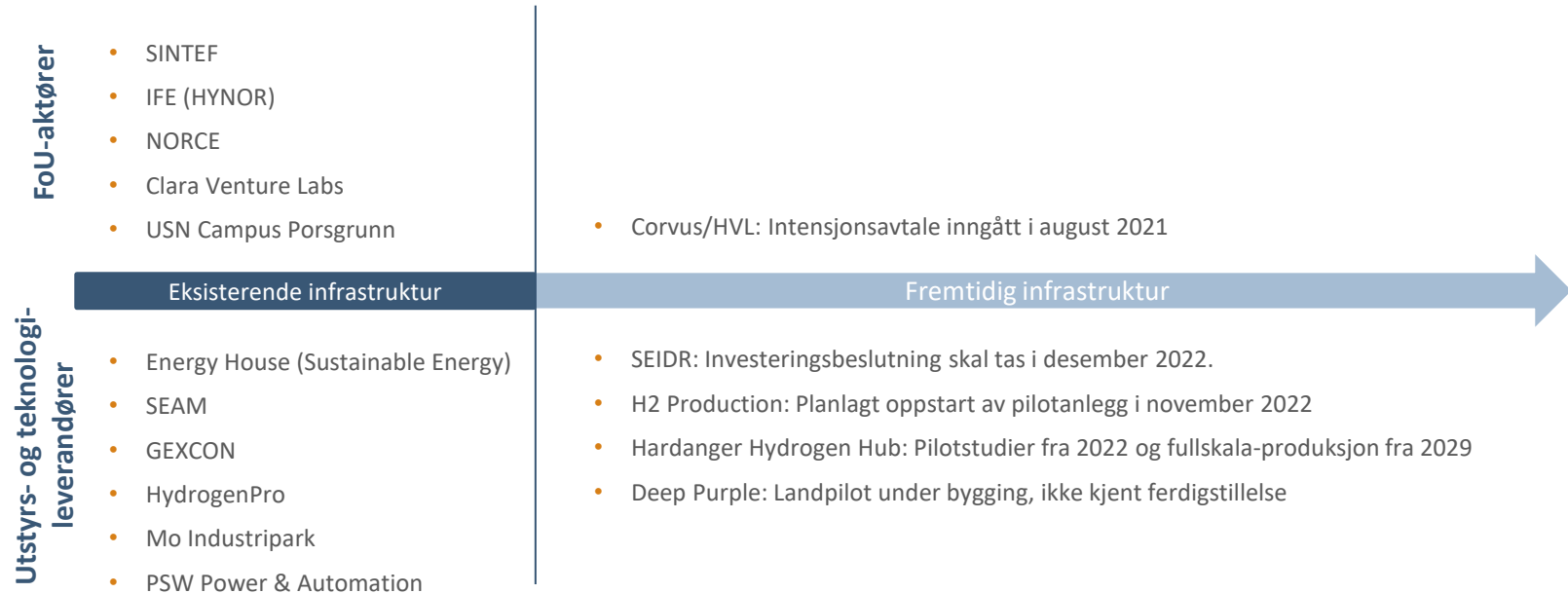
Navn	Oppgitt kapasitet	Kapasitet (kg/dag)	Type
SINTEF (lavtemperatur) ²	12 kW	5 kg/dag ³	Grønt hydrogen
HYNOR (metanreforming)	20 kg/dag	20 kg/dag	Blått hydrogen
HYNOR (vannelektrolyse)	1 kg/time (33 kW)	24 kg/dag	Grønt hydrogen
HydrogenPro	4-5 kg i timen	96-120 kg/dag	Grønt hydrogen
Energy House – Sustainable Energy (hydrogenproduksjon)	400 kg/dag	400 kg/dag	Grønt hydrogen
H2 Production AS*	250 tonn i året	Ca. 700 kg/dag	Blått hydrogen
Hardanger Hydrogen Hub*	ukjent		Grønt hydrogen
Deep Purple*	ukjent		Grønt hydrogen
Seidr Energipark* (hydrogenproduksjon)	ukjent		Ukjent

*Testfasiliteter som per september 2022 ikke er i drift, men er enten under bygging eller planlagt er markert med en stjerne.

1) Hentet fra: <https://www.glomfjordhydrogen.no/ac/muligheter>
 2) Dette gjelder en av teststasjonene (G400 test station). I tillegg har SINTEF også andre teststasjoner i deres lavtemperaturlaboratorium.
 3) Regnet ut med en effektivitet på 60 prosent.

Testfasiliteter fordelt etter hva som eksisterer i dag og hva som planlegges

Testinfrastrukturen som er identifisert i denne studien inkluderer både fasiliteter som er i drift i dag og fasiliteter som er under planlegging. I figuren under har vi kategorisert fasilitetene langs denne dimensjonen. Som illustrert er det i dag betydelig forskningsinfrastruktur som er i drift, mens det fremover planlegges i større grad for fasiliteter rettet inn mot utstøys- og teknologileverandører.

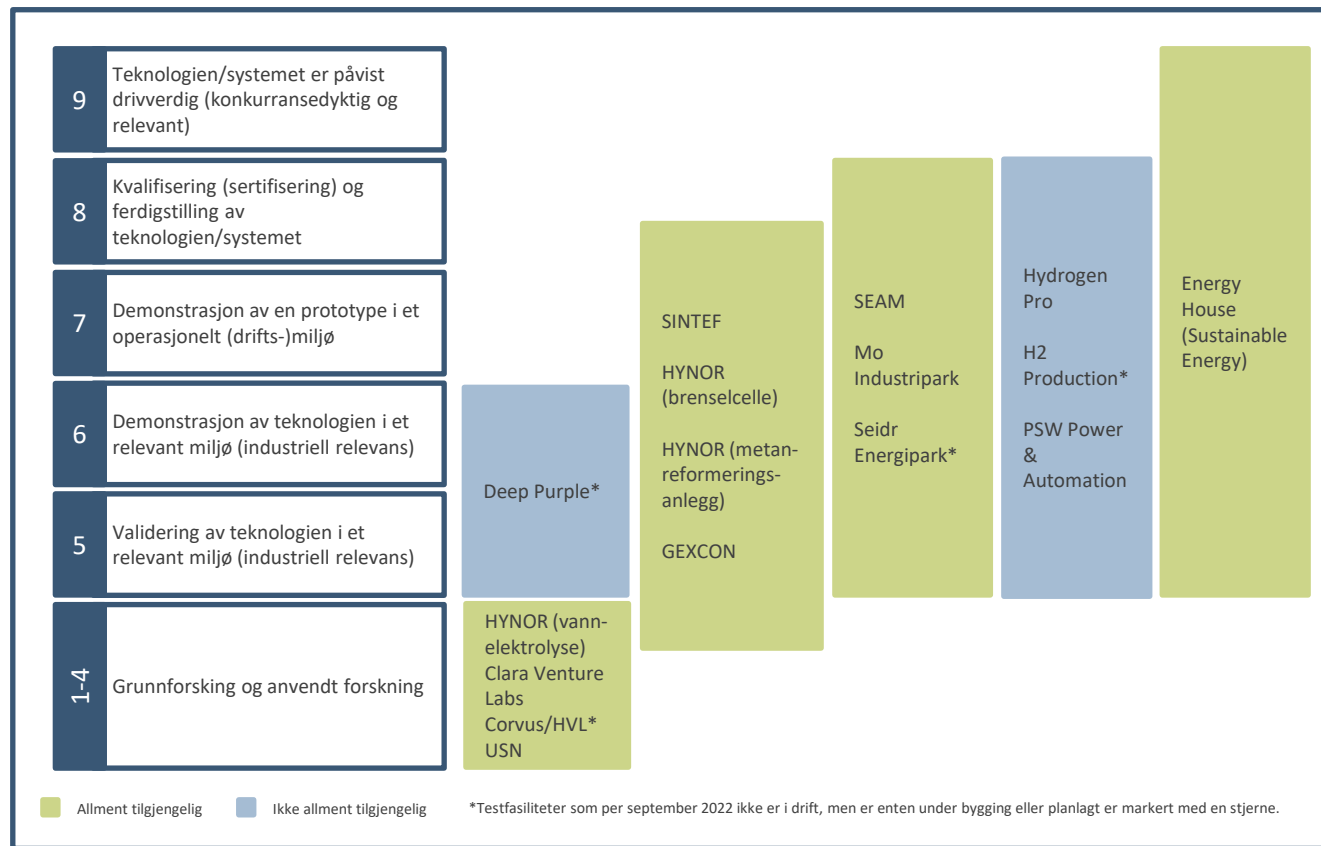


Testinfrastruktur fordelt etter teknologisk modenhet¹

Infrastrukturen som er kartlagt i denne studien er innrettet mot teknologier som er på ulike stadier av teknologisk modenhet. Ved bruk av TRL-skalaen illustrerer vi hvordan infrastrukturen fordeler seg mellom de ulike stadiene.

Som presentert i figuren er flere av testfasilitetene rettet mot et større spenn i TRL-skalaen. Bakgrunnen for dette er for det første at testfasiliteter er både rettet mot validering av teknologi, og demonstrasjon av teknologi og prototype. For det andre er det utfordrende å presist definere hvor testfasilitetene er innrettet.

Vi gjør leseren oppmerksomme på at TRL-nivå for enkelte av testfasilitetene er basert på egne vurderinger, og feil kan forekomme. Det er også enkelte testfasiliteter som ikke er kategorisert innenfor denne dimensjonen.



1) Beskrivelse av TRL-nivå er hentet fra: Menon Economics (2014). Pilotinvest. Menon-publikasjon nr. 13/2014.

Geografisk fordeling av testinfrastruktur

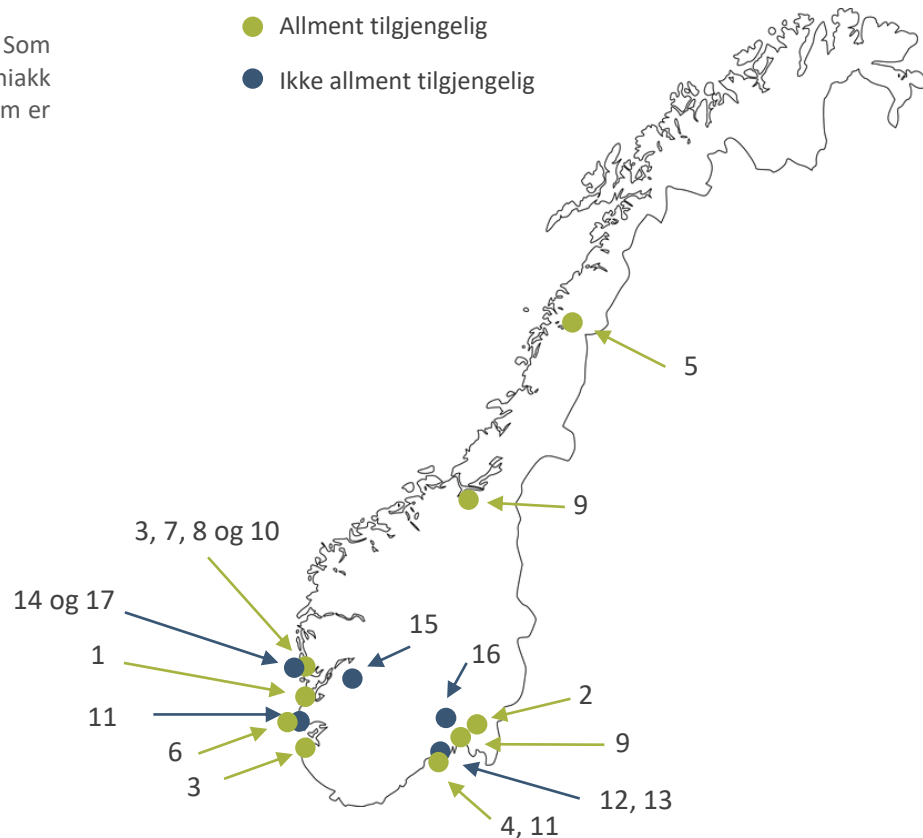
I kartet presenteres den kartlagte testinfrastrukturens geografiske lokasjon. Som illustrert er det et tyngdepunkt av testinfrastruktur rettet mot hydrogen og ammoniakk på Vestlandet og Østlandet. I punktlisten under presenteres hvilken infrastruktur som er lokalisert hvor, fordelt på allment og ikke allment tilgjengelighet.

Allment tilgjengelig:

1. Energy House (Sustainable Energy)
2. HYNOR (IFE Kjeller)
3. NORCE
4. SEIDR Energipark*
5. Mo Industripark (MIP Bærekraft)
6. SEAM
7. Corvus/HVL*
8. Clara Venture Labs
9. SINTEF
10. GEXCON
11. USN

Ikke allment tilgjengelig:

12. P-lab og K-lab (Equinor)**
13. HydrogenPro
14. H2 Production*
15. Hardanger Hydrogen Hub*
16. Deep Purple*
17. PSW Power & Automation



* Testfasiliteter som per september 2022 ikke er i drift, men er enten under bygging eller planlagt er markert med en stjerne.

** P-lab og K-lab har per dags dato ikke test-fasiliteter for hydrogen, men det planlegges/er åpnet for å gjennomføre tester av nye grønne teknologier.

An aerial photograph of a lush green forest. A winding river or stream flows through the center of the forest, surrounded by thick, white mist or low clouds that partially obscure the trees. The overall scene is serene and natural.

5. Behov for kompetanse

Kompetanse er viktig

Kompetanse er viktig for at Norge skal kunne etablere en konkurransedyktig og helhetlig verdikjede innenfor hydrogen og ammoniakk. Som beskrevet i Perspektivmeldingen 2021 er høy kompetanse i arbeidsstyrken avgjørende for å kunne *nyttiggjøre* seg innovasjoner fra utlandet og for å *skape* innovasjoner. For økonomien som helhet betyr økt kompetansenivå at arbeidsstyrken blir mer produktiv.

Kompetanse er også et sentralt tema i forbindelse med testinfrastruktur i Norge. Kompetanse omfatter i denne sammenheng ikke bare den tekniske bistanden som blir gitt til bedrifter ved bruk av testinfrastrukturen, men også faglig bistand og sparring. Ordningen Norsk katapult har som formål at bedrifter skal få lettere tilgang på både testfasiliteter og kompetanse.

Kompetanse for å nyttiggjøre seg testfasiliteter

I kartleggingen gjennomført i forbindelse med denne analysen ble aktørene spurt om hvorvidt det var nok kompetanse i dag hos bedrifter til å nyttiggjøre seg testfasiliteter for hydrogen og ammoniakk på best mulig måte. Et flertall oppga at det ikke er nok kompetanse i dag. Imidlertid ble det i intervjuene fremhevet at det er store variasjoner på tvers av brukergrupper. Spesielt små og mellomstore bedrifter ble trukket frem som en gruppe hvor man ikke har nok kompetanse i dag til å nyttiggjøre seg testfasiliteter. Derimot ble det fremhevet at mange bedrifter er flinke til å tilknytte seg kompetanse i slike prosjekter gjennom partnerskap.

Hvilken type kompetanse er det behov for?

Gjennom intervjuene har vi identifisert følgende områder hvor det er behov for kompetanse for å kunne nyttiggjøre seg testfasiliteter for hydrogen/ammoniakk på best mulig måte.

- *Kompetanse om og erfaring fra å gjennomføre tester.* Prosesskompetanse ble fremhevet, i tillegg til et behov for spesifikk kompetanse for å håndtere utstyret i testfasiliteter. Dette er kompetanse som i hovedsak er viktig at de som eier og drifter testfasiliteter har.
- *Kompetanse rundt sikkerhet og sikkerhetsprosesser.* Dette er knyttet både til sikkerhet rundt testfasiliteter, og til anvendelsen av hydrogen/ammoniakk.
- Generell kompetanse om og forståelse av hydrogen/ammoniakk.

Utover kompetansebehovet knyttet til bruk av testfasiliteter er det også et generelt kompetansebehov i næringen. Eksempelvis oppgir om lag 50 prosent av respondentene at mangel på (relevant) arbeidskraft er i stor eller svært stor grad en barriere for videre vekst fram mot 2030, i en pågående analyse som Menon Economics gjennomfører om den norske hydrogennæringen.¹ Det fremheves spesielt et behov for ingeniører innen elektro/kjemi, hvor hydrogennæringen kjemper om de samme ressursene med olje- og gassnæringen, samt nye grønne næringer som havvind og batteriproduksjon.²

1) Kartlegging gjennomført i forbindelse med en kommende studie om den norske hydrogennæringen.

2) Kartlegging gjennomført i forbindelse med en kommende studie om kompetansebehovet i nye grønne næringer.

Hvordan testfasiliteter kan bidra til å styrke kompetanse i næringen

Analysene vi har redegjort for over viser at det både er behov for kompetanse i hydrogennæringen generelt og for å benytte seg av testfasiliteter spesielt. I intervjuer ble det fremhevet at tilgang på testfasiliteter vil bidra til å styrke og bygge kompetanse i hydrogennæringen, både i enkeltbedrifter og for næringen samlet.

Et sentralt aspekt relatert til dette er den kunnskapsutviklingen og -overføringen som skjer i forbindelse med testing og i test- og piloteringsprosjekter. Eksempelvis vil man kunne skape positive kunnskapseksternaliteter når en bedrift gjennomfører tester på fasiliteter hos en samarbeidspartner eller annen bedrift. Disse bedriftene vil igjen bidra med kunnskaps-spredning i nye samarbeid. Dette skaper næringsøkonomiske synergier på tvers av enkeltaktører slik at den samlede gevinsten er større enn summen av nytten til de direkte involverte. Dette understøtter funnet til en britisk professor som jobber tett opp mot den britiske katapult-ordningen. I en rapport av Dr. Hauser om teknologi- og innovasjonssentre i Storbritannia pekes det på potensielle-spillover effekter av å tilgjengeliggjøre testinfrastruktur.¹ En av disse spillover-effektene er knyttet til kompetanse. I rapporten trekkes det frem at slike teknologi- og innovasjonssentre har blant annet spilt en viktig rolle i opplæring og utvikling av ingeniørferdigheter. Catapult UK, som er den britiske versjonen av ordningen Norsk katapult, refererer også til denne rapporten, og fremhever hvordan slike sentre har støttet utviklingen av en høyt kvalifisert arbeidsstyrke. I tillegg trekkes kunnskapsoverføring mellom forskning og industri frem.

Imidlertid ble det i intervjuene stilt spørsmål ved i hvilken grad dagens testaktivitet bidrar til generell kompetanseheving. Bakgrunnen for dette er at resultatene av testingen vil utgjøre bedriftens konkurransefortrinn og kommer derfor ikke allmennheten til gode. Et tiltak for å heve kompetansen på tvers som ble trukket frem er involvering av akademia/FoU-institusjoner for å bidra til å spre kunnskapen.



Kilde: iStock

1) Dr. Hauser (2010). The current and future role of technology and innovation centres in the UK.



6. Sammenstilling og drøfting av funn

Sammenstilling og drøfting av funn

I denne studien har vi kartlagt behovet for testfasiliteter knyttet til verdikjeden for hydrogen og ammoniakk, hva som finnes av testinfrastruktur i Norge i dag samt kompetanse tilknyttet dette. Dette kapitlet sammenstiller kunnskapen vi har hentet inn og vurderer behovet for tiltak for å sikre den videre utviklingen i den norske verdikjeden.

- Først vil vi vurdere *hvorvidt* det er et gap mellom behovet for og hva som finnes av testinfrastruktur, og *hvor* dette gapet er.
- Deretter presenterer og analyserer vi barrierer for å etablere, tilgjengeliggjøre samt øke utnyttelsen av eksisterende testinfrastruktur.
- Avslutningsvis vil vi peke på fem hovedområder som vi mener det videre arbeidet med tilrettelegging av testfasiliteter for hydrogen og ammoniakk bør fokusere på.

Vi gjør leseren oppmerksomme på at våre analyser og vurderinger tar utgangspunkt i tilgjengelig informasjon og informasjon innhentet gjennom intervjuer. Det kan både være testfasiliteter og behov som ikke er identifisert.

Vurdering av behov opp mot eksisterende/planlagt testinfrastruktur

Hovedformålet med denne studien er å vurdere hvorvidt og på hvilke områder det er *et gap* mellom hva som finnes av eksisterende og planlagt testinfrastruktur og hva det underliggende behovet er. For å vurdere dette tar vi utgangspunkt i de to dimensjonene som er presentert i figuren til høyre.



Vi har identifisert et særlig behov for testfasiliteter for **utstys- og teknologileverandører**, jf. kapittel 3. Gap-analysen fokuserer derfor på denne aktørgruppen og de tre områdene hvor vi har identifisert et særlig behov for testing for utstys- og teknologileverandører. På de to neste sidene presenterer vi hovedfunnene fra kartleggingen med hensyn til behov, hva som finnes av relevant testinfrastruktur og våre vurderinger knyttet til hvorvidt det eksisterer et *gap* mellom behov og kapasitet.

Det er i denne sammenheng viktig å påpeke at det også er identifisert et behov for testfasiliteter for andre deler av verdikjeden. Dette gjelder spesielt testfasiliteter knyttet til sikkerhetsaspekter, som er svært sentralt i tilknytning til hydrogen og ammoniakk. Grunnet begrensninger i analysens omfang og usikkerhet i kunnskapsgrunnlaget knyttet til den øvrige verdikjeden har vi imidlertid ikke hatt mulighet til å vurdere hvorvidt det for disse også eksisterer et gap mellom behov og faktisk tilbud.

Videre viser vår kartlegging at det eksisterer mye testfasiliteter rettet inn mot forskningsaktiviteter¹ og forskningslab-utstyr, som i mange tilfeller er mindre kapitalintensivt.

1) Dette til tross for begrensninger knyttet til hvor mye av kapasiteten til nasjonal forskningsinfrastruktur som kan leies ut til næringslivet og benyttes av eksempelvis utstys- og teknologileverandører. Men vi har ikke identifisert noen særskilte behov for grunnforskning blant aktørene vi har intervjuet.

		Verdikjedeledd	Beskrivelse av behov	Allment tilgjengelige testfasiliteter	Ikke allment tilgjengelige testfasiliteter	Gap
Utstys- og teknologiverandører	Til produksjon		<ul style="list-style-type: none"> • Test av mer effektive løsninger for kjente teknologier • Test av nyere og mindre kjente teknologier • Test i større skala 	<ul style="list-style-type: none"> • Energy House (Sustainable Energy) testing mot hydrogenproduksjon, liten og medium skala, planer om utvidelse (større skala, ammoniakk) • SEIDR, planer om å tilby testfasiliteter for hydrogen/ ammoniakkproduksjon 	<ul style="list-style-type: none"> • HydrogenPro, Deep Purple og Hardanger Hydrogen Hub (grønn hydrogen) • H2 Production (blått hydrogen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Behov for flere testfasiliteter, både i antall og skala
	Til distribusjon, transport og lagring		<ul style="list-style-type: none"> • Test av materialer som skal være i kontakt med hydrogen og ammoniakk • Test av teknologier som cracking • Test av prosess/kobling mellom transport-ledd 	<ul style="list-style-type: none"> • Energy House (Sustainable Energy) • SEIDR, testing av transport av hydrogen ved bruk teknologier som cracking • Flere FoU-institusjoner har testfasiliteter for materialtesting og -utvikling. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hardanger Hydrogen Hub og Deep Purple (transport og lagring under vann) 	<ul style="list-style-type: none"> • Behov for flere testfasiliteter, men vurdering beheftet med usikkerhet • Ytterligere analyser behøves
	Til anvendelse		<ul style="list-style-type: none"> • Test av sluttbruker-applikasjoner i flere anvendelsesområder, som maritim og industri • Test i driftsreelle situasjoner • Test i større skala 	<ul style="list-style-type: none"> • Maritim: Energy House (Sustainable Energy) og SEAM. Flere FoU-institusjoner har/planlegger å etablere testfasiliteter for brenselceller. • Industri: Mo Industripark • Energisystem: SEIDR 	<ul style="list-style-type: none"> • Maritim: PSW Power & Automation <p><i>Ingen øvrige testfasiliteter kartlagt, trolig gjennomføres testing internt hos industrikunder.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mest umodne delen av verdikjeden, stor usikkerhet rundt fremtidig behov. • Behov innen maritim anvendelse, mer usikkert innen industriell anvendelse.

Er det et gap?

I det følgende vil vi redegjøre for våre vurderinger rundt hva gapet er innenfor de ulike delene av verdikjeden som utstyr- og teknologileverandører har leveranser til. Vi gjør leseren oppmerksom på at vurderingene er på et overordnet nivå.

Testfasiliteter for utstyr/teknologi til produksjon: Våre analyser peker på at det er et behov for å etablere flere testfasiliteter som er rettet mot test av løsninger inn mot produksjon, hvorav enkelte bør være av større skala. Bakgrunnen til dette er at til tross for at det finnes en del testfasiliteter på dette området, er det ikke tilstrekkelig sett i lys av antall aktører som har et behov, og at kapasiteten/skalaen på anleggene som finnes i dag er ikke tilstrekkelig for prosjektene som ønskes gjennomført. Dette gjelder spesielt innenfor nye teknologiområder, eller teknologi-områder som i mindre grad er utviklet.

Testfasiliteter for utstyr/teknologi til transport, distribusjon og lagring: Vi vurderer at det foreligger et gap mellom hva som finnes av testfasiliteter og hva som etterspørres med hensyn til transport, distribusjon og lagring. Denne vurderingen er imidlertid beheftet med betydelig usikkerhet. Dette verdikjedeleddet har i mindre grad blitt trukket frem av aktørene i vår kartlegging, noe som kan peke på at behovet for testing er mindre enn i andre deler av verdikjeden. Samtidig viser vår gjennomgang at det eksisterer lite testfasiliteter på området, sett bort fra testfasiliteter for eksempel knyttet til materialutvikling på forskningsnivå. På bakgrunn av teknologiutviklingen som må finne sted i distribusjons- og transportleddet for å i større grad ta i bruk hydrogen og ammoniakk som en energibærer, vurderer vi at det eksisterer et gap i dag. For å vurdere hvor det konkret er behov for mer testfasiliteter, og i hvilken skala, bør det gjennomføres ytterligere kartlegginger.

Testfasiliteter for utstyr/teknologi til anvendelse: Vi finner at det er behov for flere testfasiliteter knyttet til anvendelse hos sluttbruker, men at usikkerheten omkring innretning og behov for skalering er betydelig. Dette henger tett sammen med at hydrogen og ammoniakk er svært lite utviklet innen transport, industri og andre områder. Lav teknologisk og kommersiell modenhet gjør det vanskelig å vurdere hvilke løsninger som vil etterspørres på sikt, og dermed hvilke type testfasiliteter det vil bli behov for. Det er videre utfordrende å utvikle tilstrekkelig standardiserte fasiliteter med fleksibilitet til å kunne tilpasses ulike formål.

- Innenfor maritim anvendelse er det et behov for flere testfasiliteter og av større skala, sammenlignet med hva som finnes av testfasiliteter i dag. Bakgrunnen for førstnevnte er at gjennomføring av tester kan ta opp mye kapasitet og ressurser over lang tid (gjør gjerne flere måneder/år av gangen). Dette peker på et behov for flere testfasiliteter, eller testfasiliteter hvor tester kan kjøres parallelt.
- Innenfor industriell anvendelse er testfasiliteter viktig for å utvikle gode løsninger og applikasjoner. Sammenlignet med maritim sektor vil utstyr og teknologi til industri i større grad spesialtilpasses hvert anlegg. Dette begrenser mulighetene for å etablere relevant testinfrastruktur som flere kan bruke. I tillegg gjennomføres også mye av testingen *on site* hos industriaktører. Det vil være behov for ytterligere analyser for å mer presist identifisere hvordan best tilrettelegge for mer testinfrastruktur innenfor industriell anvendelse.

Hva skyldes gapet?

Våre analyser peker på at det eksisterer et gap mellom hva som finnes og hva som etterspørres av testinfrastruktur for hydrogen og ammoniakk. Gapene vi har identifisert har bakgrunn i tre årsaker:

- Det eksisterer ikke testfasiliteter innenfor området
- Eksisterende testfasiliteter har for liten kapasitet
- Eksisterende testfasiliteter er ikke allment tilgjengelig

Barrierer for å etablere testinfrastruktur

Som nevnt over, er en av årsakene til at det er et gap, at det ikke eksisterer testfasiliteter innenfor området. For å imøtekomme dette er det altså behov for å etablere nye testfasiliteter. Bakgrunnen for at bedrifter ikke etablerer testinfrastruktur som gjenspeiler det overordnede behovet henger sammen med flere barrierer.

Den største barrieren vi har identifisert er at det er en betydelig kostnad forbundet med å etablere testinfrastruktur. Tilnærmet alle intervjuobjektene trakk frem dette som en barriere. Kostnaden ved dette er knyttet både til selve investeringen i infrastrukturen som bygges, og driften av testfasilitetene i etterkant. For førstnevnte øker også kostnaden dersom man ønsker å bygge infrastruktur som enten er av stor nok skala, eller som er så standardiserte og fleksible som mulig, slik at man kan teste flere ulike løsninger. I tillegg er infrastruktur et behov for å kunne etablere et testsenter, som eksempelvis tilgang på areal, elektrisk kraft, kjølevann, sikkerhetsutstyr og lignende.

Denne barrieren understreker poenget presentert tidligere om at små og mellomstore bedrifter har færre muligheter for å etablere egne testfasiliteter, og er avhengig av å koble seg på større aktører eller få tilgang på allment tilgjengelig infrastruktur.

En tilknyttet barriere er mangel på risikoavlastning. Eksempelvis er det utfordrende å få andre bedrifter/investorer til å investere i testfasiliteter, når de er rettet mot utvikling av løsninger i nye og umodne markeder. Dette forsterkes av at man ønsker å etablere et anlegg hvor man gjerne ikke har kunder som har forpliktet seg til å bruke sentrene de neste årene.

Disse barrierer må sees i sammenheng med generell markedssvikt ved utvikling av nye (grønne) teknologier. Markedssvikten innebærer at det er positive eksternaliteter knyttet til forskning og utvikling av ny teknologi som utvikleren ikke kan forvente å få hele fordelene av. Dette gjelder også etablering av testfasiliteter, hvor kunnskapen som utvikles (og deles) er verdt mer for verdikjeden samlet enn for enkeltaktøren. Videre er det usikkert om de negative eksternalitetene knyttet til utslipp vil prises tilstrekkelig inn for å legge til rette for en fremskyndet omstilling.

Barrierer for å øke kapasitet ved eksisterende testfasiliteter

Kapital er også den største barrieren for å øke kapasiteten ved eksisterende testfasiliteter. For å øke kapasiteten må det gjennomføres kapitalintensive investeringer enten ved å investere i ombygging av eksisterende testfasiliteter eller å investere i nye testfasiliteter i et eksisterende anlegg. I tillegg kan det påløpe kostnader dersom man må dimensjonere om infrastrukturen som er tilknyttet anlegget.

Barrierer for å tilgjengeliggjøre eksisterende infrastruktur

Den tredje årsaken er at det eksisterer infrastruktur, men at denne ikke er allment tilgjengelig. Med andre ord, kan deler av behovet imøtekommes ved at ledig kapasitet på allerede etablerte testfasiliteter tilgjengeliggjøres for andre aktører.

I denne kartleggingen er *ikke* kapasitetsutnyttelsen på testfasilitetene kartlagt, og om aktører som har testfasiliteter er åpne for å la andre få tilgang på disse. Menon Economics har tidligere kartlagt dette for testinfrastruktur *generelt*. Vi viser til tekstboksen for mer informasjon om funnene til denne studien.

I vår kartlegging har vi derimot identifisert flere barrierer for å tilgjengeliggjøre infrastruktur.

- Ønske om å hegne om *intellectual property*, med andre ord er barrieren tilknyttet konfidensialitet.
- Testfasilitetene er en del av produksjonslinjen eller er innenfor murene, som vanskeliggjør testing for utenforstående.
- Ofte er det behov for å bygge om testfasilitetene i forbindelse med nye tester som gjennomføres. Dette gjør det vanskeligere å tilgjengeliggjøre infrastruktur, ettersom det krever kapital og er avhengig av at testfasilitetene kan bygges om.

Flere av barrierene vi har identifisert er sammenfallende med årsaker til hvorfor bedrifter ikke vil la eksterne få tilgang til egne testfasiliteter som Menon tidligere har kartlagt (se tekstboks). Dette viser at flere av barrierene i

hovedsak er knyttet til tilgjengeliggjøring av infrastruktur generelt, og ikke spesifikke barrierer for hydrogen og ammoniakk. Ettersom studien av Menon Economics ble gjort for flere år siden, understreker dette at barrierene som foreligger ikke er *nye*.

Tidligere Menon-studie om tilgjengeliggjøring av testinfrastruktur¹

Menon Economics har i en tidligere studie kartlagt hvorvidt det er ledig kapasitet på testfasiliteter i Norge. Studien tok for seg testinfrastruktur generelt, ikke rettet mot spesifikke teknologi- eller anvendelsesområder.

Studien fant at mer enn 60 prosent av bedriftene hadde ledig eller ubenyttet kapasitet, mens 70 prosent av FoU-aktører svarte det samme. Resultatene fra denne kartleggingen viser at flere anlegg ikke opererer på full kapasitet og at det burde være gode muligheter for andre aktører å benytte eksisterende fasiliteter til å teste ny teknologi og nye produkter.

Blant bedrifter med ledig kapasitet oppgav 85 prosent at de var åpne for å la andre aktører få tilgang til testfasilitetene, mens blant forskningsmiljøene var andelen 90 prosent.

I studien ble også årsaker for hvorfor bedrifter ikke vil la eksterne få tilgang til egne testfasiliteter kartlagt. I hovedsak omhandlet begrunnelsene konkurransesituasjonen i markedet, hensyn til bedriftshemmeligheter, kostnader og praktiske hensyn, i tillegg til at anleggene var tett integrert i normal produksjonslinje.

1) Menon Economics (2016). Infrastruktur for testing, pilotering, visualisering og simulering. Menon-publikasjon nr. 41/2016.

Barrierer for å ta i bruk testfasiliteter

Utover barrierer for å etablere og tilgjengeliggjøre testfasiliteter, har kartleggingen vår også identifisert at det eksisterer barrierer for å ta i bruk testfasiliteter som er allment tilgjengelige. Dette er barrierer som spesielt gjelder små og mellomstore bedrifter, og er i hovedsak knyttet til:

- Manglende informasjon over tilbudet av testfasiliteter
- Usikkerhet om hvilke type tester som bør/behøves å gjennomføres
- Lite kapital tilgjengelig for å gjennomføre tester

Tidsdimensjonen er også sentral for små og mellomstore bedrifter, hvor man har et ønske om raskt å kunne sette i gang med testing etter at behov for test er identifisert. Bakgrunnen for dette er at små og mellomstore bedrifter ofte er avhengig av raskere prosesser enn større selskaper.

I tillegg har små og mellomstore bedrifter mer behov for bistand underveis, både i forbindelse med avklaring (hvilke tester som bør gjennomføres) og i løpet av testingen.

Det er viktig at disse barrierene adresseres ettersom små og mellomstore bedrifter ønsker å bruke testfasiliteter i større grad enn de gjør i dag, og er viktig for innovasjonen og nyskapingen som skjer i Norge.



Kilde: iStock

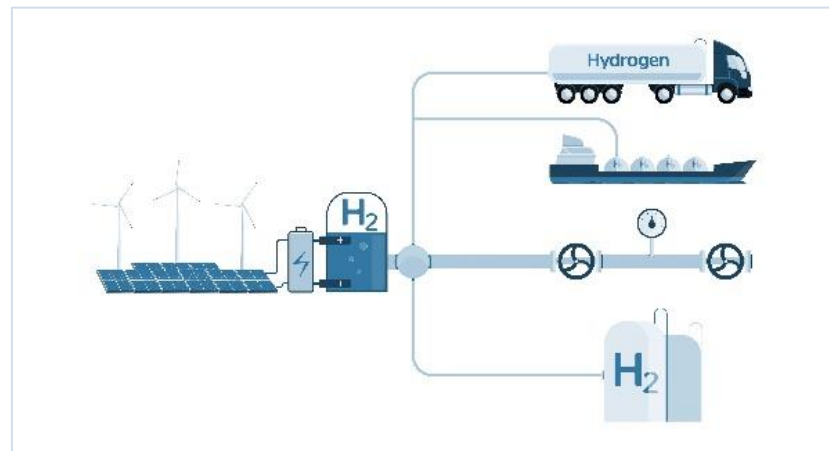
Videre arbeid med testfasiliteter for hydrogen og ammoniakk

Økt bruk av hydrogen i ulike deler av økonomien, nasjonalt og globalt, kan bidra til å etablere lønnsomme arbeidsplasser knyttet til teknologi, kompetanse og utstyr til hydrogenproduksjon og -bruk. Ettersom teknologien og markedet er i sterk utvikling er man imidlertid avhengig av miljøer i Norge hvor utstys- og teknologileverandører kan teste utstyr og/eller teknologi, både knyttet til produksjon og distribusjon, og på et senere stadium anvendelse. Dette vil også kunne bidra til både sysselsetting og verdiskaping.

Dersom man ikke får utviklet et godt nok tilbud for testing, må norske bedrifter isteden benytte seg av fasiliteter i utlandet, som kan føre til at man både mister kompetanse/kompetansespredning samt får et mindre aktørmangfold i næringen. En slik utvikling vil være negativ for konkurransekraften til en norskbasert næring.

Ettersom markedet for hydrogen og ammoniakk fremdeles er relativt umodent, støter vi på høna og egget-problematikken – hva bør komme først, tilbudet av hydrogen eller etterspørselen etter hydrogen. Samme problemstilling kan også sees i sammenheng med testfasiliteter: Skal testfasiliteter være operative når behovet oppstår eller skal man gå i gang med planleggingen?

Det er derfor usikkert hvilke behov man vil ha fremover i tid, og hvilke teknologier/løsninger som vil være gjeldende. Det vil være behov for kontinuerlige kartlegginger for å sikre at kunnskapsgrunnlaget utvikler seg i takt med den øvrige utviklingen, både hos norske aktører og i det globale markedet.



Kilde: iStock

Med utgangspunkt i våre analyser vil vi på neste side peke på fem hovedområder som vi mener det videre arbeidet med tilrettelegging av testfasiliteter for hydrogen- og ammoniakk bør fokusere på.

- 1. Utvikling av mer standardiserte og fleksible testfasiliteter.** Det er et behov for standardiserte og fleksible testfasiliteter hvor flere teknologier rettet inn mot enkeltområder kan testes og utvikles, gjerne av flere aktører samtidig. Standardiserte og fleksible testfasiliteter kan bidra til at man i noe mindre grad er nødt til å bygge om testfasiliteter for neste test/prosjekt, noe som reduserer kapitalintensiteten. Slik infrastruktur bør vurderes i dialog med de ulike aktørene i verdikjeden, og kan være relevant innenfor:
 - i. Områder hvor det er stor usikkerhet rundt hva teknologibehovet vil være fremover
 - ii. Blant små og mellomstore bedrifter/oppstartsbedrifter hvor slike fasiliteter kan fungere som en *lekegrind* og hvor de raskt kan sette i gang med testing etter at behov for test er identifisert
- 2. Tilgjengeliggjøre eksisterende infrastruktur.** Kartleggingen viser at det er testfasiliteter som ikke er allment tilgjengelig, men som vil være av interesse for enkeltaktører. Dette representerer en særlig verdi dersom det er ubenyttet kapasitet på testfasilitetene som eksisterer.
- 3. Utforske muligheter for risikoavlastning.** Det er kapitalintensivt å etablere testinfrastruktur, spesielt i større skala og knyttet til umodne teknologier/markeder. Aktørene etterlyser instrumenter for risikoavlastning i forbindelse med investering i testinfrastruktur. Videre vil en tydeliggjøring av ambisjoner fra myndighetenes side om satsing på norsk hydrogennæring redusere markedsrisiko og gjøre det enklere å foreta større kapitalinvesteringer.
- 4. Mer formidling og åpenhet rundt testfunn.** For å få størst mulig verdi av testfasilitetene som finnes og tester som gjennomføres på disse, bør man i større grad tilrettelegge for formidling og åpenhet knyttet til resultater fra tester som gjennomføres. Bakgrunnen for dette er at det gjennomføres mye lukkede innovasjonsprosjekter som i hovedsak kommer enkeltbedrifter til gode, og som i mindre grad bidrar til å heve kompetansen i hele næringen.
- 5. Økt synlighet av testinfrastrukturen som finnes.** For at allment tilgjengelige testfasiliteter faktisk benyttes, er det viktig at man i større grad og mer målrettet gir bedrifter informasjon om hvilke testfasiliteter som eksisterer og hvilke tester man kan gjennomføre på fasilitetene. Dette er spesielt relevant for små og mellomstore bedrifter, samt oppstartsbedrifter. For å lykkes med dette er det sentralt å ha god informasjon om hva som i dag er allment tilgjengelig, hva som *vil bli* allment tilgjengelig av infrastruktur, og at denne informasjonen oppdateres løpende.



Referanseliste

- Aghion, P., Dechezlepetre, A., Hemous, D., Martin, R., & Van Reenen, J. (2016). Carbon taxes, path dependency and directed technical change: Evidence from the auto industry. *Journal of Political Economy*, 124.
- Dr. Hauser (2010). *The current and future role of technology and innovation centres in the UK*.
- IEA (2021), *Hydrogen*, IEA, Paris. Tilgjengelig på: <https://www.iea.org/reports/hydrogen>, hentet den 05.09.2022
- Innovasjon Norge, Siva og Forskningsrådet (2018). *Norsk katapult: beskrivelse av ordningen*.
- Nærings- og fiskeridepartementet (2017). *Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*. Meld. St. 27 (2016-2017)
- Nærings- og handelsdepartementet (2012). *Verktøy for vekst – om Innovasjon Norge og Siva SF*. Meld. St. 22 (2011-2012)
- Menon Economics (2016). *Infrastruktur for testing, pilotering, visualisering og simulering*. Menon-publikasjon nr. 41/2016
- Menon Economics (2014). *Pilotinvest: En vurdering av ordninger med statlig involvering for å stimulere til investeringer i pilot- og demonstrasjonsanlegg*. Menon-publikasjon nr. 13/2014
- Menon Economics (2021). *Klimavennlig energiteknologi: Forsknings- og innovasjonsdrevet næringsutvikling*. Menon-publikasjon nr. 54/2021
- Olje- og energidepartementet og Klima- og miljødepartementet (2020). *Regjeringens hydrogenstrategi - På vei mot lavutslippssamfunnet*. Publikasjonskode: Y-0127 B. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/regjeringens-hydrogenstrategi---pa-vei-mot-lavutslippssamfunnet/id2704860/>, hentet den 05.09.2022
- Rodrik, D. (2013). Structural change, fundamentals and growth: an overview. Institute for Advance Study.

Intervjuobjekter

I forbindelse med kartleggingen har vi innhentet innspill fra relevante aktører i Norge. Til sammen er det gjennomført intervjuer med 18 bedrifter/organisasjoner. Slutninger og vurderinger som er trukket i rapporten er Menon Economics sine egne.

- **Equinor** Jarann Pettersen¹
- **Gen2Energy** Odd-Arne Lorentsen
- **Glomfjord Hydrogen** Finn Nordmo
- **Herøya Industripark** Asgeir Knutsen
- **HydrogenPro** Richard Espeseth
- **Hyon**
- **H2 Cluster** Bjørn Ottar Elseth
- **IFE** Øystein Ulleberg
- **Mo Industripark** Jan Gabor

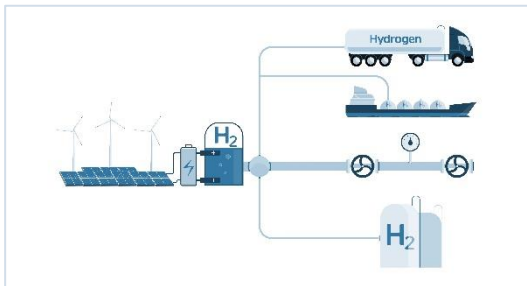
- **NEL**
- **NORCE**
- **Ocean Hyway Cluster**
- **SINTEF** Steffen Møller-Holst
- **Sustainable Energy** John Bjordal
- **Teco2030** Fredrik Aarskog
- **USN** Morten Christian Melaaen
- **USN** Knut Vågsæther
- **Wärtsilä** Egil Hystad
- **Yara** Jon Sletten

Gjennomgang av eksisterende og planlagt testinfrastruktur

I dette vedlegget vil vi presentere mer utdypende informasjon om hver av de ulike testfasilitetene. Vi henviser til kapittel 4 for en mer overordnet oversikt over testfasilitetene, hvor de er kategorisert langs en rekke dimensjoner.

Informasjonen som presenteres er hentet inn gjennom intervjuer og tilgjengelig offentlig informasjon. Som gjennomgangen viser er det variasjon i hvor mye informasjon som er presentert per testfasilitet. Dette henger både sammen med at ikke all informasjon er offentlig tilgjengelig, og at det ikke er all informasjon som foreligger på dette tidspunktet. Sistnevnte gjelder spesielt planlagt testinfrastruktur.

Vi gjør også leseren oppmerksomme på at i de tilfeller et testsenter har tydelig delte testfasiliteter som er rettet mot flere deler av verdikjeden/områder, så presenteres disse delt.



Kilde: iStock

Her følger en liste over infrastrukturen som vil gjennomgå i resten av kapittelet, i presentert rekkefølge.

1. SINTEF
2. HYNOR
3. NORCE
4. Clara Venture Labs
5. Corvus/Høgskulen på Vestlandet
6. GEXCON
7. USN (Campus Porsgrunn)
8. SEAM
9. Energy House (Sustainable Energy)
10. Seidr Energipark (Herøya Industripark)
11. HydrogenPro
12. H2 Production
13. PSW Power & Automation
14. Mo Industripark
15. Hardanger Hydrogen Hub
16. Deep Purple
17. K-lab og P-lab (Equinor)

Avslutningsvis inkluderer kapittelet informasjon om øvrige testfasiliteter og andre initiativ.

Testfasiliteter hos SINTEF

Generell nøkkelinfo på tvers av testfasilitetene til SINTEF:

- Aktør: SINTEF
- Sted: Trondheim og Oslo
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, nasjonal forskningsinfrastruktur
- Verdikjede: Forskning (til produksjon, transport og lagring og anvendelse)
- Kapasitet: 12 kW – 5 kg/dag¹ (lavtemperaturlaboratorium, G400 test station)
- TRL-nivå: 3-8 (forskning/pilot/demo)

SINTEF er et av Europas største forskningsinstitutter innen anvendt forskning, teknologi og innovasjon. SINTEF har flere ulike laboratorier rettet inn mot hydrogen og ammoniakk. SINTEF har testfasiliteter (laboratorium) på følgende områder:

- **Materialtesting og -utvikling.** SINTEF har flere laboratorier og en mekanisk testrigg som er knyttet til materialtesting og -utvikling, herunder hvordan ulike materialer reagerer på kontakt med hydrogen og hvilke legeringer er egnet til å håndtere hydrogen trygt over tid. På fasilitetene er det mulig å utvikle og teste alle materialer som inngår i elektrolyserer og brenselceller. Laboratoriene er lokalisert i Trondheim.

- **Test av egenskaper ved hydrogen og ammoniakk.** SINTEF har fasiliteter for testing av kjemiske og fysiske egenskaper ved hydrogen og ammoniakk. På fasilitetene er det eksempelvis mulig å gjennomføre forsøk og tester knyttet til flytendegjøring og forbrenning av hydrogen og ammoniakk.
- **Lavtemperaturlaboratorium.** Fasiliteter for test av både brenselceller og elektrolyserer som opererer opp til 110°C. Muligheter for test fra FoU-skala enkeltcellestesting opp til kW-skala kortstakktesting. Fasilitetene er lokalisert i Trondheim og er del av den nasjonale forskningsinfrastrukturen på brenselceller og hydrogen (NFCH).
- **Høytemperaturlaboratorium.** Fasiliteter for test av både brenselceller og elektrolyserer, som opererer opp til 1 100°C og 10 bar trykk. Det er mulig å teste større enkeltceller, korte stabler², enkeltkomponenter og materialer. Altså kan celleproduksjon oppskaleres fra liten (akademisk) prøvestørrelse til større og mer applikasjonsrealistisk størrelse, og mer realistisk testing av celler. Fasilitetene er lokalisert i Oslo og er del av den nasjonale forskningsinfrastrukturen på brenselceller og hydrogen (NFCH).
- **Ammoniakk brenselcelle.** I tilknytning til høytemperaturlaboratoriet i Oslo har SINTEF nylig etablert testfasiliteter for ammoniakk, hvor det er mulighet for å teste direkte konvertering av ammoniakk i brenselcelle og produksjon av hydrogen fra ammoniakk (liten skala).
- **Hybrid-laboratorium (maritime fremdriftssystemer).** Systemlaboratorium der forbrenningsmotorer, batterier og brenselceller sammenstilles og testes. Laboratoriet er lokalisert hos SINTEF Ocean i Trondheim.
- **Anvendt Geoscience lab.** Laboratoriet har infrastruktur for underjordisk forskning knyttet til hydrokarbonproduksjon og CO₂-lagring. Infrastrukturen og tilhørende metodikk er også nyttig for forskning på underjordisk hydrogenlagring.

1) Omregnet til kg/dag med effektivitet på 60 prosent.

2) Vanligvis 5x5 til 10x10 cm²

HYNOR: Pilotanlegg for testing av hydrogenproduksjon med karbonfangst – metanreformeringsanlegg

- Type: Testing av hydrogenproduksjon med karbonfangst
- Aktører: IFE (ZEG Power AS)
- Sted: Kjeller, Viken (del av IFE Kjeller)
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja
- Verdikjede: Forskning (til produksjon)
- Kapasitet: 20 kg hydrogen/dag
- TRL-nivå: 4-7 (forskning og pilot/demo)

Testsenter for hydrogenproduksjon med karbonfangst er et av testfasilitetene ved IFE sitt Hydrogen Technology Center (HYNOR). Testfasiliteten er et laboratorium for å eksperimentere på reformering av metan til hydrogen. Utstyret ved senteret inkluderer «SER reformer pilot plant» som kan produsere 20 kg hydrogen per dag. Anlegget kan operere med ulike råstoffer, inkludert biogass, naturgass, syngass fra forgassing/pyrolyse, samt gasser fra smelteverk. Det er utformet på en fleksibel måte og kan brukes til å teste katalysator- og sorbentmaterialer, samt for å utforske integrasjonen med brenselceller, hydrogenkompresjonssystemer og syngassproduserende reaktorer. Testfasilitetene er allment tilgjengelige, men per dags dato brukes de til et spesifikt prosjekt, og er ikke ledige før i 2024.

HYNOR: Vannelektrolyse testenhet for produksjon av hydrogen (NFCH)

- Type: Vannelektrolyse testenhet for produksjon av hydrogen
- Aktører: IFE
- Sted: Kjeller, Viken (del av IFE Kjeller)
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, nasjonal forskningsinfrastruktur
- Verdikjede: Forskning (til produksjon)
- Kapasitet: 1 kg/time (24 kg/dag) / 33 kW
- TRL-nivå: 1-4 (forskning)

Testsenter for produksjon av hydrogen ved hjelp av vannelektrolyse er et av testfasilitetene ved IFE sitt Hydrogen Technology Center (HYNOR). Testfasiliteten er også en del av den nasjonale forskningsinfrastrukturen på brenselceller og hydrogen (NFCH), som er et felles initiativ mellom IFE, SINTEF, NTNU og UiO.

Selve testfasilitetene består av et høytrykk elektrolysesystem med opp til 200 bar som har en kapasitet på 33 kW. Laboratoriet er rettet mot en lavere teknologisk modenhet enn metanreformeringsanlegget ved HYNOR. Elektrolysøren kan bli brukt for å undersøke driftssykluser og for å teste ytelsen til vannelektrolysører, batterier og hybridsystemer.

HYNOR: Brenselcelle testenhet for tunge bruksområder (NFCH)

- Type: Brenselcelle testenhet for tunge bruksområder (vei, jernbane sjø)
- Aktører: IFE
- Sted: Kjeller, Viken (del av IFE Kjeller)
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, nasjonal forskningsinfrastruktur
- Verdikjede: Forskning (til anvendelse)
- Kapasitet: 20 kW
- TRL-nivå: 4-7 (forskning og pilot/demo)

Brenselcelle-laboratoriet er et av testfasilitetene ved IFE sitt Hydrogen Technology Center (HYNOR). Testfasiliteten er også en del av den nasjonale forskningsinfrastrukturen på brenselceller og hydrogen (NFCH), som er et felles initiativ mellom IFE, SINTEF, NTNU og UiO.

Testsystemet har en kapasitet på 20kW og er designet for å teste og validere lavtemperatur Proton Exchange Membrane (PEM) brenselcellestabler. Balance of Plant (BoP)-komponentene for brenselcellestribgen inkluderer et overvåkings- og kontrollsystem. Referansebrenselcellestabler, komponenter og kontrollsystemer leveres fra kjente produsenter. Laboratoriet kan brukes til å undersøke driftssykluser (f.eks. motorer) og teste ytelse for brenselceller, batterier og hybrid brenselcelle/batterisystemkonfigurasjoner. Bruksområder inkluderer: vei, jernbane, hav.

NORCE: Laboratorium for test av kjemiske prøver

- Type: Kjemiske prøver som kan sendes inn og analyseres, borsimulator
- Aktører: NORCE
- Sted: Bergen, Vestland og Stavanger, Rogaland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, forskningsinfrastruktur
- Verdikjede: Forskning
- TRL-nivå: 1-4 (forskning)

Forskningsinstituttet NORCE har laboratorium i Bergen som kan benyttes til forskning på hydrogen/ammoniakk. Dette er laboratorium som er rettet inn mot kjerneprøver, for å eksempelvis studere oppførsel ved strømminger under høye trykk og temperaturer. Det blir trukket frem at dette er prøver som også er relevante for lagring av hydrogen.

Testfasilitetene er allment tilgjengelige. I tillegg til muligheten for å gjennomføre forskningsprosjekter på testinfrastrukturen, er det også muligheter for kunder å sende inn prøver av materialer, hvor man eksempelvis kan teste ut kvaliteten på hydrogen.

I tillegg til laboratoriet i Bergen, har NORCE også laboratorium i Stavanger hvor man kan sende inn prøver for å få dem målt.

Norwegian Fuel Cell and Hydrogen Centre (NFCH)¹

Den nasjonale forskningsinfrastrukturen på brenselceller og hydrogen (NFCH) er et felles initiativ mellom SINTEF, IFE og NTNU. De tre institusjonene er viktige aktører innenfor forskning og utvikling av brenselceller og hydrogenteknologi i Norge. Målet til NFCH er å være et operativt senter med avanserte laboratoriums- og testfasiliteter. Det skal muliggjøre utvikling av enkeltkomponenter og testing av systemer for brenselceller og elektrolysører som er rettet inn mot hele verdikjeden. Laboratoriums- og testfasilitetene finnes i Trondheim, Oslo og Kjeller.

Følgende fasiliteter inngår i NFCH og er presentert i vår kartlegging

- SINTEF lavtemperaturlaboratoriet, side 43
- SINTEF høytemperaturlaboratoriet, side 43
- IFE (HYNOR) Brenselcelle testenhet for tunge bruksområder, side 45
- IFE (HYNOR) Vannelektrolyse testenhet for produksjon av hydrogen, side 44



Clara Venture Labs: Forskningslaboratorium

- Type: Forskningslaboratorium for innovasjon
- Aktører: Clara Venture Labs, Aker ASA
- Sted: Bergen, Vestland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, gjennom katapult-ordningen
- Verdikjede: forskning, sikkerhet
- TRL-nivå: 1-4 (forskning)

Clara Venture Labs (tidligere Prototech) er en organisasjon for utvikling og testing av innovativ teknologi og material. Clara har flere laboratorier for å utvikle og teste teknologi som f. eks gassinfrastruktur og sikkerhetssystemer (energy lab). I tillegg finnes det et laboratorium for å teste vibrasjon, renromfasiliteter, fabrikkasjonsfasiliteter, et målings- og et materialkarakteriseringslaboratorium. Det er mulig å teste både hydrogen og ammoniakk i Clara sine laboratorier. Fasilitetene er allment tilgjengelige gjennom katapult-ordningen (Sustainable Energy-katapulten). Clara har videre lansert Alma, en venture som tilbyr rene kraftsystemer for maritime næringer.

1) Informasjon hentet fra: <https://www.sintef.no/projectweb/nfch/>

Corvus/Høgskulen på Vestlandet: Hydrogenlaboratorium

- Type: Testfasiliteter tilknyttet brenselcelle (hydrogen)
- Aktører: Corvus Energy og Høgskulen på Vestlandet (HVL)
- Sted: Bergen, Vestland
- Status: Planlagt, intensjonsavtale inngått
- Allment tilgjengelig: Ukjent, men trolig tilgang gjennom studentoppgaver for næringslivet
- Verdikjede: Forskning (trolig til anvendelse)
- TRL: Ukjent, trolig 1-4 (forskning)

HVL og Corvus Energy AS har inngått en intensjonsavtale som skal sikre samlokaliserte testfasiliteter og utveksling av kompetanse innen hydrogenteknologi. Bakgrunnen for dette er at Corvus Energy planlegger å bygge en ny fabrikk for brenselceller (hydrogen) i Bergensområde. HVL vil få tilgang til Corvus sine testfasiliteter som kan nyttes i utdanning og forskning.

Både HVL og Corvus Energy er en del av HyKAP (Kapasitetsløft for hydrogen), sammen med andre FoU-partnere fra Vestland og Rogaland, samt øvrige næringssamarbeidspartnere. Kapasitetsløft skal styrke samarbeidet mellom FoU og næringsliv, og gi næringslivet tilgang på relevant utdanning og forskning i sin region. Med andre ord skal kapasitetsløftet bidra til verdiskaping og omstillingsevne i næringslivet, og forsknings- og utdanningskapasitet i regioner.

GEXCON Test Senter Sotra

- Type: Gass- og støvekspløsjonstesting
- Aktører: GEXCON
- Sted: Bergen og Sotra, Vestland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja
- Verdikjede: Sikkerhet
- TRL-nivå: Ukjent, trolig 3 til 7/8 (forskning, pilot og demo)

Gexcon er et internasjonalt brann- og eksplosjonskonsultentselskap. Selskapet gjennomfører sikkerhetstester for kunder og er blant annet spesialisert på hydrogensikkerhet. Gexcon har fasiliteter for både små-, medium og storskalatester. Småskalatesting gjøres i laboratoriet ved Fantoft i Bergen, mens medium- og storskalatesting gjøres på deres testsenter på Sotra. Testene inkluderer både utstyrstesting, gass- og støvekspløsjonsforskning samt dedikerte kundeoppdrag. Det finnes gassbeholder fra en liter (småskala) til 50 kubikkmeter (storskala) som kan brukes til testing.

USN (Campus Porsgrunn)

- Type: Laboratorium tilknyttet sikkerhet, forbrenning og eksplosjoner
- Aktører: Universitetet i Sørøst-Norge (Campus Porsgrunn)
- Sted: Porsgrunn, Vestfold og Telemark
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja (ikke nasjonal forskningsinfrastruktur)
- Verdikjede: Forskning, sikkerhet
- TRL: 1-4 (forskning, trolig noe pilotering)

USN har lab-fasiliteter for testing rettet mot sikkerhet, forbrenning og eksplosjoner på campuset i Porsgrunn, innenfor hydrogen og ammoniakk. Testfasilitetene er tilgjengelig for bruk av andre aktører, og er ikke en del av den nasjonale forskningsinfrastrukturen. På bakgrunn av lab-fasilitetenes størrelse og at de er tett integrert i øvrig bygningsmasse ved campuset gjennomføres bare tester i små skala. Dette er også tilknyttet sikkerhetsmessige begrensninger.

På campuset i Porsgrunn etablerer også USN i samarbeid med CORVUS en brenselcellelab, som vil bestå av en modul. Laben vil være på plass i løpet av høsten 2022, og man vil da starte med forsøk. Hovedformålet med testing på denne laben vil være sikkerhetsdimensjonen. Til sammenligning er laben som CORVUS og HVL etablerer i Bergen (se side XX) større og vil bestå av flere moduler.

SEAM

- Type: Egen lab for testing av hydrogenbaserte leveranser
- Aktører: SEAM
- Sted: Karmøy, Rogaland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, gjennom katapult-ordningen
- Kapasitet: 200 kW
- Verdikjede: Anvendelse (til maritim)
- TRL-nivå: Ukjent, men trolig 5-8 (pilot/demo)

SEAM (tidligere Westcon) er en leverandør av grønne teknologiløsninger og tilbyr blant annet fremdriftssystemer for skip og maritim industri. SEAM har egne kontor-, fabrikkasjons- og testfasiliteter på Karmøy i Rogaland. Testsenteret har blitt bygget opp rundt testing av verdens første hydrogendrevne ferje MS Hydra. Fasiliteten er utstyrt blant annet med brenselcelle som har en kapasitet på 200 kW og er generelt rettet mot maritime anvendelser.

Energy House, Sustainable Energy: Hydrogenproduksjonsanlegg

- Type: Hydrogenproduksjonsanlegg
- Aktører: Katapult-senteret Sustainable Energy, The Switch Marine Drives Norway AS, Clara Venture Labs, Future Energy Solutions, Alltec Services
- Sted: Stord, Vestland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, gjennom katapult-ordningen
- Verdikjede: Produksjon, lagring og distribusjon
- Kapasitet: 400 kilo/dag
- TRL-nivå: ukjent, trolig 5-9 (pilot/demo)

Energy House er et bygg som har fasiliteter for testing blant annet av ammoniakk og hydrogen. Energy House har et hydrogenproduksjonsanlegg. Per dags dato er det mulig å teste hydrogenproduksjon på en elektrolyser som har en kapasitet som tilsvarer en produksjon på 400 kg hydrogen per døgn. Det er planer om å utvide dette, samt planer om å bygge et produksjonsanlegg for grønt ammoniakk.

Energy House, Sustainable Energy: Applikasjonstestsenter energibærere

- Type: Fullskala hydrogen- og ammoniakkbaserte operasjoner på (maritimt) fartøy
- Aktører: Katapult-senteret Sustainable Energy, The Switch Marine Drives Norway AS, Clara Venture Labs, Future Energy Solutions, Alltec Services
- Sted: Stord, Vestland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja, gjennom katapult-ordningen
- Verdikjede: Anvendelse
- TRL-nivå: 5-9 (pilot/demo)

Energy House er et bygg som har fasiliteter for testing blant annet av ammoniakk og hydrogen. Testsenteret har fasiliteter for å teste applikasjoner for energibærere, hvor fremtidens energibærere testes i driftsreelt miljø. Senteret har tilgang til ammoniakk, hydrogen, biogass, i tillegg til vanlige drivstoff. Videre planlegges det å installere brenselceller i Energy House.

Selskapet Wärtsilä har eksempelvis testet en fullskala skipsmotor på 3 MW som går på ammoniakk i Energy House. For å kjøre testene har Wärtsilä bygget et eget motorrom som ble brukt til testene i en periode over 18 måneder.

SEIDR Energipark: Storskala test av produksjon

- Type: Storskala produksjonstesting av hydrogen og ammoniakk
- Aktører: Herøya Industripark AS med partnere
- Sted: Herøya (Porsgrunn), Vestfold og Telemark
- Status: Planlagt
- Allment tilgjengelig: Ja
- Verdikjede: Produksjon, distribusjon
- Kapasitet: Ukjent
- TRL-nivå: Ukjent, men trolig 5-8 (pilot/demo)

Seidr Energipark er et prosjekt av Herøya Industripark. Målet er å opprette infrastruktur som gjør det mulig å teste både produksjon av ammoniakk og bruk. Prosjektet er delt i to, hvor en av delene vil bestå av en storskala produksjonsanlegg for hydrogen og ammoniakk. Det skal være innenfor gjerdet av industriparken, hvor det er mulig å koble anlegget på Yara sin ammoniakk tank. Det finnes også hydrogenlager som skal kobles på hydrogenproduksjon. Fokuset på anlegget skal ligge på skalering av produksjon. I tillegg vil det være mulig å teste ny teknologi som for eksempel reformering av ammoniakk til hydrogen (cracking).

SEIDR Energipark: Energisystem

- Type: Test av anvendelse i et energisystem
- Aktører: Herøya Industripark AS med partnere
- Sted: Herøya (Porsgrunn), Vestfold og Telemark
- Status: Planlagt
- Allment tilgjengelig: Ja
- Verdikjede: Anvendelse
- TRL-nivå: Ukjent, men trolig 5-8 (pilot/demo)

Seidr Energipark er et prosjekt av Herøya Industripark. Målet er å opprette infrastruktur som gjør det mulig å teste både produksjon av ammoniakk og bruk. Prosjektet er delt i to, hvor en av delene er rettet mot test av anvendelse i et energisystem. Med andre ord test av for eksempel sol- og vindkraft, batterier, hydrogen og brenselceller i et integrert system. Fordelen av å ha et integrert system med ulike komponenter er at det er mulig å teste samkjøring av teknologier. Energisystemet vil være lokalisert utenfor gjerdet av industriparken, men er fortsatt en del av terrenget til parken.

Testsenter hos HydrogenPro

- Type: Testsenter for hydrogenproduksjon
- Aktører: Hydrogen Pro
- Sted: Herøya, Vestfold og Telemark
- Status: Ja (deler er i drift)
- Allment tilgjengelig: Nei
- Verdikjede: Produksjon
- Kapasitet: 4-5 kg/time (96-120 kg/dag)
- TRL: 5-8 (pilot/demo)

HydrogenPro er et selskap som designer og leverer storskala elektrolysører til næringen. Selskapet har etablert testfasilitet med to 40-fots containere i Herøya industripark, som vil kunne ha en samlet kapasitet på 4-5 kilo hydrogen produsert i timen. Formålet med testfasilitetene er å teste nye teknologier. På testfasilitetene tester Hydrogen Pro i større skala et nyutviklet elektrodeopplegg og coating-belegg for å kunne redusere energiforbruket til elektrolysører. Den ene containeren ble satt i drift våren 2022, hvor tester har blitt gjennomført. Den andre containeren vil settes i drift høsten 2022. Fasilitetene skal benyttes sammen med studenter fra Universitetet i Sørøst-Norge (USN).

I tillegg til containerne har HydrogenPro et større anlegg innenfor området i Herøya Industripark hvor formålet med fasiliteten er å verifisere vanlige elektroder. Dette anlegget har en produksjonskapasitet på 100 kg i timen. Videre har HydrogenPro planer om å bygge et tredje anlegg ved containeren som skal ha en kapasitet på om lag 20-30 kilo i timen.

Pilotanlegg hos H2 Production AS

- Type: Pilotanlegg for produksjon av blå hydrogen
- Aktører: H2 Production AS, CCB Energy Holding
- Sted: Øygarden, Vestland
- Status: Ukjent
- Allment tilgjengelig: Nei
- Verdikjede: Produksjon
- Kapasitet: 250 tonn i året (cirka 700 kg/dag)
- TRL: Ukjent, trolig 5-8 (pilot/demo)

CCB Energy Holdings datterselskap H2 Productions har kjøpt et pilotanlegg for produksjon av hydrogen fra ZEG Power AS, som er en spin-off av IFE. Hydrogenet produseres med naturgass kombinert med CO₂-fangst. Formålet med pilotanlegget er å muliggjøre produksjon av blått hydrogen i større skala. Pilotanlegget skal ha kapasitet til å produsere 250 tonn hydrogen i året ved bruk av natur- eller biogass.

Testfasiliteter hos PSW Power & Automation

- Type: Fullskalatesting av hydrogenbaserte fremdriftssystemer
- Aktører: PSW Power & Automation
- Sted: Sotra (Ågotnes), Vestland
- Status: Planlagt (strategisk kollaborasjonsavtale)
- Allment tilgjengelig: Ukjent, men trolig kun for egne kunder
- Verdikjede: Anvendelse/fremdriftssystemer
- TRL-nivå: Ukjent, trolig 5-8 (pilot/demo)

PSW er en leverandør av løsninger innenfor elektrifisering og fornybar energi med fokus på integrering av elektriske kraftsystemer, infrastruktur, lagrings- og kontrollsystemer. Selskapet har testfasiliteter for sine produkter i Ågotnes utenfor Bergen. Fasilitetene inkluderer et område for hydrogentank, brenselceller, batterikontainer, et konverteringssystem og kontrollrom. På anlegget på Sotra skal PSW ha HySeas III hydrogenteststasjon i samarbeid med Kongsberg Maritim, hvor det skal være fullskalatesting av hydrogenbaserte fremdriftssystemer.

Mo Industripark (MIP bærekraft)

- Type: Tilgjengeliggjøring av aktører i Mo Industripark for industriell anvendelse av teknologi
- Aktører: Mo Industripark AS, SINTEF, Nordlandsforskning, SIVA, Senter for Industriell Forretningsutvikling/Nord universitet, Kunnskapsparken Helgeland
- Sted: Mo i Rana, Nordland
- Status: I drift
- Allment tilgjengelig: Ja
- Verdikjede: Anvendelse
- TRL-nivå: Ukjent, men trolig 5-8 (pilot/demo)

Mo Industripark legger gjennom prosjektet MIP Bærekraft til rette for at bedrifter kan komme å teste teknologier/løsninger i industriell anvendelse hos aktører som er lokalisert i industriparken. Med andre ord tilbys industriparken som testarena for bedrifter. Dette innebærer at bedrifter kan, etter FoU-fasen teste deres produkter på reelle industrielle prosjekter. Det er etablert et leverandørnettverk og et forskningsmiljø som vil være en del av dette.

MIP Bærekraft er et større prosjekt som har som mandat å finne områder hvor man kan koble ulike industrier sammen for å bli en grønn industripark. Sintef Helgeland er prosjektleder for MIP Bærekraft.

1) <https://pswpower.no/news/facilitating-a-full-scale-hydrogen-test-station/>, hentet den 13.09.2022.

2) <https://pswpower.no/company/facilities/>, hentet den 13.09.2022.

3) <https://live.euronext.com/en/node/7900519>, hentet den 13.09.2022.

Hardanger Hydrogen Hub

- Type: Produksjon, lagring og bruk av hydrogen i industrielle prosesser
- Aktører: Hardanger Industri, TiZir, Odda Technology, Statkraft, TechnipFMC, Kongsberg Innovasjon, GCE Ocean Technology og Næringshagen i Ullensvang og Hydrogenvegen
- Sted: Tyssedal/Odda, Vestland
- Status: Under bygging (fullskala produksjon fra 2029)
- Allment tilgjengelig: Ukjent, trolig ikke
- Verdikjede: Produksjon, lagring og distribusjon
- Kapasitet: Ikke kjent
- TRL: Ukjent

Hardanger Hydrogen Hub er et prosjekt av et konsortium som består av flere aktører innen hydrogen, energi og teknologi. Målet med prosjektet er å etablere effektive produksjons-, distribusjons- og lagringsanlegg for energien i Ullensvang. Produksjonen vil være i Tyssedal og lagring i Hardangerfjorden. TechnipFMC utvikler undervannsbaserte hydrogenlager som TiZir kan bruke i sin metallproduksjon i Tyssedal. Hydrogenet som produseres og lagres skal benyttes i prosessindustrien (TiZir) og til transport på land og til sjøs.

Prosjektet for å utvikle Hardanger Hydrogen Hub har fått støtte gjennom Grønn Plattform.

Deep Purple (landpilot)

- Type: Produksjon, lagring og distribusjon av grønt hydrogen ved hjelp av havvindkraft.
- Aktører: TechnipFMC, Vattenfall, Repsol, ABB, NEL, DNV GL, UMOE og Slåttland, støttet av akademia, forskningsselskaper og klynger.
- Sted: Kongsberg, Viken
- Status: Under bygging
- Allment tilgjengelig: Nei
- Verdikjede: Produksjon, lagring og distribusjon/transport
- Kapasitet: Ukjent
- TRL: Ukjent, men trolig 5-6 (pilot)

Tanken bak Deep Purple-prosjektet er å bruke havvindkraft til å produsere grønt hydrogen som kan lagres i undervannslager på havbunnen. Hydrogenet kan videre reelektrifiseres slik at offshore anleggene kan ha en stabil strømtilgang uten å måtte legge kabel fra land. Alternativ anvendelse er storskala produksjon av grønt hydrogen offshore som sendes til sluttbruker via rør på land. De neste to årene skal konsortiet designe, bygge og teste en fysisk landbasert pilot hos TechnipFMCs norske kontor i Kongsberg. Piloten vil sikre energieffektivitet og autonome operasjoner offshore, og systemet vil forberedes for storskala offshore kommersielt bruk.

K-lab og P-lab til Equinor

- Type: Storskala måle- og teknologilaboratorium for testing og kvalifisering av teknologiutstyr og produksjonsprosesser (innenfor olje og gass).
- Aktører: Equinor
- Sted: Porsgrunn (P-lab) og Kårstø (K-lab)
- Status: I drift, men testfasiliteter for hydrogen/ammoniakk ikke bygget ut (bortsett fra elektrolyser på K-lab).
- Allment tilgjengelig: Nei. Kan brukes av Equinors kunder eller i prosjekter som oppfattes som relevante for Equinor.
- Verdikjede: Vil avhenge av testfasiliteter som bygges
- TRL-nivå: Avhengig av test, men trolig 5-8 (pilot/demo)

K-lab og P-lab er to storskala testfasiliteter eid av Equinor som opprinnelig ble utviklet for olje og gass. *Fasilitetene er per i dag ikke tilgjengelig for ammoniakk og hydrogen, men Equinor er åpen for å videreutvikle testsentrene til å også inkludere dette. På K-lab har man gjennom et prosjekt installert en elektrolyser.* Testfasiliteter for hydrogen og ammoniakk vil bygges ut gradvis på bakgrunn av prosjekter som ønskes kjørt. Tilsvarende slik testfasiliteter for olje og gass har historisk blitt bygget ut. Begge testsentrene har en egen driftsorganisasjon og råstoffer som ammoniakk og hydrogen er tilgjengelige begge steder.

Equinor og deres industrielle testsenter for ny teknologi¹

På Kårstø ligger *K-lab* som er et storskala måle- og teknologilaboratorium for testing og kvalifisering av teknologiutstyr og produksjonsprosesser.

Formålet med testsenteret er å forbedre og tilgjengeliggjøre teknologi, samt få ferdig kvalifisert utstyr og prosesser ut på markedet. På K-lab er ønske å tilby realistiske testmiljø, for å unngå at utstyr feiler når det blir tatt i bruk. Med andre ord testes ny teknologi som skal ut på markedet, slik at implementeringen av teknologien skal være risikofritt.

På K-lab gjennomføres tester knyttet til olje og gass, men også mot fornybarsatsinger til industrianlegg. I en uttalelse av ressursleder for K-lab oppgir de at en stor del av deres portefølje av testfasiliteter på senteret er kompatibelt med teknologiutvikling innen det grønne skiftet i energisektoren, og at flere av deres applikasjoner vil være nyttige for å simulere og teste ut i stor skala. K-lab tilbyr både fasiliteter, kompetanse og infrastruktur for å kjøre reelle storskala-tester.

Eksempelvis skal Hystar, sammen med Equinor og Gassco, installere en (containerized) elektrolyser på K-lab. Elektrolyseren er utviklet av Hystar og vil ha en produksjonskapasitet på opp mot 500 kilo/dag. Prosjektet har mottatt støtte fra Enova.

K-lab er eid av Equinor, men gjennomfører oppdrag både for egne kunder og andre industrileverandører.

1) Informasjonen i caset om Equinor og K-lab er hentet fra <https://haugaland-park.no/2021/09/29/k-lab-industrielt-testsenter-for-ny-teknologi/>.

Øvrige testfasiliteter

Utover testsenter/-fasiliteter presentert over inkluderer også kartleggingen følgende fasiliteter:

- **NEL** er i gang med å etablere to testfasiliteter på Notodden, som vil være i drift i løpet av 2023. Testfasilitetene er rettet inn mot testing for å øke effektivitet i elektrolyseurene. Testfasilitetene vil være små fullskala og komplette anlegg. Testfasilitetene vil kun være til internt bruk, altså ikke tilgjengelige for andre.
- **Applied Hydrogen** er et selskap som bygger gravemaskiner med brenselceller og hydrogen-drift. Selskapet er i gang med å etablere montasje- og testverksted for dette, som er lokalisert på Kongsberg.
- **Bergen Engines** er et selskap som produserer motorer til maritimt bruk og er blant annet lokalisert i Bergen. Fasilitetene til Bergen Engines i Bergen inkluderer også *test bays*, hvor alle motorene de bygger blir testet. Utover dette har selskapet også permanente *test bays* for forskning og utvikling i forbindelse med motor-testing. I 2022 har selskapet lansert et omfattende test-program med målsetning om nullutslipps-motorer, hvor de går fra å bruke flytende naturgass til hydrogen som drivstoff. De første testene er gjennomført suksessfullt.¹
- **Yara** har ikke dedikerte testfasiliteter på Herøya. Testing gjennomføres dersom behov på fasiliteter i produksjonslinjen. YARA egen forskningsavdeling med småskala testfasiliteter.

Utover disse aktørene har (trolig) flere store aktører egne testfasiliteter knyttet til egen virksomhet, som eksempelvis Hydro, INOVYN, Technip FMC, Kongsberg Maritime og Siemens Energy. Vår kartlegging har ikke avdekket hva dette er, men vi anbefaler en dypere gjennomgang av dette.



Kilde: Bilder hentet fra <https://sustainableenergy.no/fasiliteter/>

1) Informasjon hentet fra: <https://www.bergenengines.com/about/our-facilities/> og <https://www.skipsrevyen.no/bergen-engines-suksess-med-hydrogeninnblanding-i-naturgass/488421>
 2) Informasjon hentet fra: <https://www.usn.no/forskning/forskningsnytt/skal-trene-brannfolk-til-a-handtere-hydrogen-ulykker> og <https://www.usn.no/nyhetsarkiv/forsker-pa-hydrogen-som-drivstoff-for-skip>

FME HYDROGENI

FME HYDROGENi er et forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) som jobber mot forskning og innovasjon innen hydrogen og ammoniakk. Formålet med senteret er å muliggjøre teknologisk utvikling som trengs for å oppfylle 2030- og 2050-målene i det norske veikartet for hydrogen. HYDROGENi ledes av SINTEF. HYDROGENi vil fokusere på kostnadseffektiv og skalerbar produksjon, transport og lagring i Norge og Europa, sluttbruksteknologier, og sikkerhet og materialintegritet. Forskningscenteret har et budsjett på omtrent 530 millioner kroner og har over 50 partnere fra industri og akademia.

FME HyValue

HyValue er et annet eksempel på et forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) i Norge. HyValue er ledet av forskningsinstituttet NORCE og utvikler kunnskap, metodikk og innovative løsninger for hydrogenenergibærere med en helhetlig tilnærming. Det adresseres produksjonsmetoder, risikovurderinger og samfunnsmessig forankring. Senteret utvikler blant annet maritim teknologi knyttet til hydrogen som for eksempel trygg drift av hydrogenbaserte ferger. HyValue har tilgang til NORCE sine fasiliteter, men også til fasiliteter ved partnerinstitusjoner. HyValue samarbeider med flere universiteter og forskningsinstitutter i inn- og utlandet. I tillegg kommer det partnere fra næringsliv og forvaltning.

Kilde: energiomstillingvest.no

FME MoZEEs

MoZEEs er et forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) i Norge. Senteret fokuserer på nullutslippssystemer for transport. Målet er å utføre forskning for utvikling og innovasjon på nye batteri- og hydrogenmaterialer, komponenter og teknologier for eksisterende og fremtidige transportapplikasjoner på vei, jernbane og sjø. Senteret er lokalisert hos IFE på Kjeller og benytter seg av IFE sine testfasiliteter. MoZEEs er et felles prosjekt av IFE, NTNU, SINTEF, TØI og UiO, men har i tillegg flere partnere fra nærings, offentlig sektor og akademia.



Norwegian Centre for Hydrogen Research



MENON ECONOMICS

