



Hydrogen og hydrogenbaserte energibærere

Porteføljeanalyse for temaområdet 2020-2025

Porteføljeanalysen er godkjent av avdelingsdirektør [30.09.2026]



Innhold

1. Sammen drag	3
2. Bakgrunn	5
2.1 Regjeringens hydrogenstrategi og veikart	5
2.2 Forskningsrådets hydrogensatsing	6
2.3 Hensikt med analysen	7
3. Oversikt over finansieringen	7
3.1 Fordeling av finansieringen på ordninger	8
3.2 Fordeling av finansieringen på delområder	9
4. Analyse av de enkelte delområdene	10
4.1 Fremstilling	10
4.2 Distribusjon	15
4.3 Bruk og system	18
4.4 Sikkerhet	22
4.5 Energiomstilling	23
4.5 Balanse i porteføljen av ordinære prosjekter	25
5. Pilot-E og Grønn Plattform prosjekter	26
5.1 Pilot-E	26
5.1 Grønn Plattform	29
6. Forskningssentre for miljøvennlig energi (FME)	30
5.1 FME HYDROGENi	30
5.1 FME HyValue	32
7. Veien videre	33



1. Sammendrag

Måloppnåelse og utvikling i porteføljen etter fem år med hydrogensatsing

Vår analyse av hydrogenporteføljen over de siste fem årene viser en utvikling i tråd med det som ble lagt fram i Regjeringens Hydrogenstrategi [1] og Veikart [2]. Den totale finansieringen har gått opp sammenlignet med nivået før hydrogen ble innført som et temaområde (se **Feil! Fant ikke referanse kilden.**).

Hydrogenstrategien har mål om å bygge opp komplette og konkurransedyktige verdikjeder innen hydrogen, og understreker dermed viktigheten av å støtte forskning langs hele verdikjeden, inkludert fremstilling, distribusjon, bruk og system, og sikkerhet. Historisk sett har hydrogenporteføljen vært sterkt dominert av prosjekter innen delområdene fremstilling og bruk og system, men siden 2020 har sikkerhet og spesielt distribusjon vokst frem. I tillegg er det mer finansiering på tverrgående temaer som reguleringer, forretningsmodeller, samfunnsinvolvering, miljø, bærekraft, og livsløpsanalyser. De siste fem årene har finansieringen vært godt balansert ved at det har vært forskningsinnsats innen hvert av de ulike delområdene. Analysen viser imidlertid at det kunne vært (i) flere rene prosjekter innen sikkerhet, og (ii) flere ordinære prosjekter med fokus på forskning og teknologiutvikling innen bruk og system, spesielt rettet mot industri; en stor del av finansieringen på dette området har vært gjennom de næringsrettede ordningene Pilot-E og Grønn Plattform.

Det konkrete målet fra Veikartet for Forskningsrådet om å etablere to særskilte Forskningsssentre for Miljøvennlig Energi (FME) er oppfylt gjennom de to sentrene HYDROGENi og HyValue, ledet av henholdsvis SINTEF og NORCE, som startet opp i 2021. Sentrene er komplementære og dekker samlet sett hele verdikjeden for hydrogen på en god måte. Den langsiktige finansieringen som FME ordningen representerer er svært viktig for å opprettholde forskningsaktivitet over tid, slik at norske miljøer innen hydrogen ikke faller bort på grunn av svingninger i markedet. Sentrene spiller også en avgjørende rolle for å rekruttere og utdanne nye eksperter på området. Sentrene er viktige samlingspunkter for kompetanse, forskning og innovasjon innen hydrogen, og har ført til mange spin-off prosjekter.

Hydrogenporteføljen har også bidratt til det konkrete målet fra Veikartet om flere pilot og demo-prosjekter, spesielt gjennom Pilot-E og Grønn Plattform ordningene i samarbeid med det øvrige virkemiddelapparatet. Flere av disse prosjektene kom ikke i mål med fysisk bygging av piloter. Dette gjelder spesielt prosjekter som omhandlet marine fartøy, hvor det er konkurranse fra elektriske alternativer for mindre fartøy og det har vært usikkerhet rundt tilgang på hydrogen. Alle prosjektene har imidlertid lagt viktige grunnlag, og det er flere baller som ruller videre og har lyktes etter videre finansiering fra Enova: Yara åpnet sitt demonstrasjonsanlegg for grønn ammoniakk på Herøya (SKREI) etter Pilot-E og en rekke IPN prosjekter. Pilot-E-prosjektet Hellesylt Hydrogen Hub åpnet i 2024; denne omfatter en Norwegian Hydrogen fabrikk med kapasitet på 1,3 tonn grønt hydrogen per dag, og en Vireon fyllestasjon. Green H, med tidligere Pilot-E prosjekt, er i gang med å bygge en hydrogenfabrikk i Bodø (en av flere fabrikker med tilsagn om tilskudd fra Enova) som skal være i full drift fra 2027, og primært forsyne Torghatten Nord sin hydrogenferje som skal seile den lengste ferjestrekningen i Norge. Med utspring i et Grønn Plattform prosjekt, sikret Azane Fuel Solutions seg nylig et tilsagn om tilskudd fra Enova for å bygge tre bunkringsanlegg for ammoniakk på Vestlandet. Flere Pilot-E og Grønn Plattform prosjekter har altså bygget godt opp mot Enova sin satsing for å etablere fungerende maritime verdikjeder for hydrogen og ammoniakk i Norge. Denne marine satsingen har også blitt ytterligere styrket i 2025 ved at Green H, Norwegian Hydrogen og Gen2Energy ble tildelt 96,6 MEUR i støtte gjennom EU sin hydrogenbank for å bygge flere produksjonsanlegg. Med denne satsingen, og den nylige tildelingen fra EU sitt innovasjonsprogram til NorHyWay – Norges første Large Scale Hydrogen Valley (ledet av RENERGY i samarbeid med SINTEF/HYDROGENi og 16 industrielle partnere) – ser det lovende ut for etableringen av komplette hydrogenverdikjeder i Norge.



Forskningen i hydrogenporteføljen har de siste fem årene også dreid seg mer i retning innovasjon. Majoriteten av de ordinære prosjektene i porteføljen er innovasjonsprosjekter ledet av bedrifter, eller kompetanseprosjekter ledet av forskningsorganisasjoner med krav om brukerfinansiering. Det har vært økt fokus på industrinære problemstillinger og kostnadsreduksjon for markedsnære teknologier. For eksempel har NEL og Hystar fått støtte gjennom en rekke IPN prosjekter innen elektrolyse, som har gitt gode resultater og vært med på å utløse videre støtte til begge aktørene gjennom EUs innovasjonsfond. Hystar bygger nå en moderne fabrikk for masseproduksjon av PEM-elektrolysestakker i Høvik, med en forventet produksjonskapasitet på 1.5 GW/år fra 2027. NEL har nylig lansert sin neste-generasjons AEL teknologi på markedet, med forventet CAPEX reduksjon på 40-60 prosent sammenlignet med dagens markedsløsninger. Innovasjonsprosjekter hos ZEG Power har også ført til utvikling av teknologi innen blått hydrogen, med åpning av «H1» anlegget på Kollsnes i 2021. Regjeringens hydrogenstrategi peker på høye kostnader og lav teknologimodenhet som sentrale barrierer for markedsintroduksjon av hydrogen. Dette er klart adressert gjennom forskning i prosjektene over. Med nesten 100 år lang tradisjon innen vannelektrolyse, leverer Norge verdensledende teknologi for hydrogen-produksjon i dag. Eksemplene viser tydelig at støtten til forskning spiller en viktig rolle, og at mye av hydrogenforskningen er godt koblet til innovasjon og realisering.

For å sikre den videre utviklingen av hydrogen er det imidlertid viktig med en parallell innsats på lovende teknologi med lavere modenhetsnivå, eksempelvis neste-generasjons elektrolyseteknologi, fotokatalytiske materialer, pyrolyse, materialbasert lagring, og naturlig hydrogen. Forskning innen slike temaer kan potensielt føre til store gjennombrudd, blant annet teknologier som ikke legger beslag på fornybar elektrisitet. Dette er viktig for videre skalering av hydrogen på lang sikt. Selv om fokuset på mange delområder i hydrogenporteføljen har vært på moden teknologi, finnes det en rekke prosjekter på ny og lovende teknologi i porteføljen. Et nylig eksempel er Grønn Plattform prosjektet ledet av NORCE (HyCarbon) som skal jobbe med en innovativ teknologi for pyrolyse av metan. Det kan også nevnes at man finner spesielt mange prosjekter på slike temaer finansiert gjennom EU utlysningen CETP, f.eks. innen naturlig hydrogen og materialbasert lagring.

Til tross for at det skjer mye positivt rundt hydrogen, opplevde hydrogensektoren en global nedgang i 2025, preget av kansellerte prosjekter og strammere kapitaltilgang. Dette er ikke uvanlig, da det tar lang tid å bygge en ny grønn industri (CCS er et annet eksempel). Det er typisk store prosjekter som har falt, til dels grunnet for høye ambisjoner og utfordringer rundt balanse mellom produksjon og forbruk. Små og mellomskala prosjekter fortsetter som planlagt, med investeringsbeslutninger på flere av disse, og den langsiktige utviklingen går steg for steg. [3] Det er naturlig at en slik nedgang også kan påvirke forskningsaktiviteten på hydrogen, og dermed tilfanget av søknader.

I siste industrimelding (Meld. St. 16 (2024-2025) Industrien – konkurransekraft for en ny tid) kom en statusoppdatering på hydrogen. [4] Med dagens geopolitiske situasjon er det for tiden mye usikkerhet i økonomien, og forsyningssikkerhet har havnet høyt på agendaen. I en slik tid er det viktig at støtten til forskning fortsetter, slik at forsknings og teknologi-miljøene innen hydrogen opprettholdes. I tillegg kan hydrogen, som en fleksibel energibærer man kan produsere på mange måter og lokasjoner, spille en viktig rolle for å øke forsyningssikkerhet og redusere importavhengighet i Norge og Europa.



2. Bakgrunn

2.1 Regjeringens hydrogenstrategi og veikart

Norge skal i tråd med Parisavtalen bli et lavutslippssamfunn innen 2050. Regjeringen har satt mål om at klimagassutslippene, sammenlignet med 1990-nivå, skal reduseres med 90-95% innen 2050 og 50-55% innen 2030. Hydrogen og relaterte energibærere som ammoniakk har stort potensial til å bidra inn mot disse målene i en rekke utslippssektorer, gitt at de produseres med lave eller ingen utslipp. Dette kan for eksempel være hydrogen produsert gjennom elektrolyse av vann drevet med fornybar strøm eller gjennom reformering av karbon-basert brensel med karbonhåndtering.

I 2020 lanserte regjeringen sin hydrogenstrategi [1]. Her ble det påpekt at en satsing på hydrogen kan skape grønne verdier for norsk næringsliv, og at Norge har en rekke fortrinn for å lykkes: (i) en lang industriell erfaring (tilbake til 1927), (ii) konkurransedyktige og kompetente teknologimiljøer, (iii) høy andel fornybar strøm, (iv) store naturgassressurser, (v) potensial for lagring av CO₂ i norsk sokkel, og (vi) en maritim industri som dekker store deler av den maritime verdikjeden.

Det er fremdeles stor usikkerhet rundt hvilke segmenter hydrogen som energibærer eventuelt vil vinne fram i som beste løsning, men de mest aktuelle bruksområdene for Norge er sannsynligvis den maritime sektoren, tungtransport og industrielle prosesser—sektorer som ellers vil være vanskelige å avkarbonisere. Regjeringens strategi fokuserer på å bygge opp konkurransedyktige og energieffektive verdikjeder rundt disse sektorene. Etablering av knutepunkter for produksjon og distribusjon av hydrogen til maritime og industrielle formål i disse verdikjedene vil også kunne forsyne andre formål i rimelig nærhet. Sentrale barrierer for introduksjon av hydrogen er høye kostnader og lav teknologimodenhet, samt usikkerhet rundt utviklingen av disse sammenlignet med alternative løsninger som direkte elektrifisering. For å senke barrierene og bidra til tidlig markedsintroduksjon av hydrogen vil regjeringen, som del av hydrogenstrategien, fortsette å gi støtte til forskning, utvikling, pilotering og demonstrasjon av nye hydrogenløsninger og -teknologier i et verdikjedeperspektiv. Flere pilot- og demonstrasjonsprosjekter skal iverksettes for å modne og kommersialisere teknologien og fremme bruk og produksjon av hydrogen i Norge. I tillegg til den teknologiske forskningen skal det bygges opp et forskningsbasert kunnskapsgrunnlag på de sikkerhetsmessige og samfunnsfaglige problemstillingene rundt bruk av hydrogen.

I 2021 ble regjeringens hydrogenstrategi fulgt opp av et veikart med konkrete mål på kort (2025), mellomlang (2030) og lang (2050) sikt [2]. En bred satsing gjennom et virkemiddelapparat som dekker hele innovasjonskjeden fra forskning til markedsintroduksjon står sentralt også i veikartet. Det ble presentert kortsiktige mål for virkemiddelapparatet om å etablere fem hydrogenknutepunkt innen maritim transport, ett til to industriprosjekter med tilhørende produksjonsanlegg, og mellom fem og ti pilotprosjekter for utvikling og demonstrasjon. FoU-områder for en norsk hydrogensatsing konkretiseres også med eksempler (Boks 4.12 i Veikartet [2]). Spesielt for Forskningsrådet kom det et kortsiktig mål om etablering av et særskilt Forskningsssenter for Miljøvennlig Energi (FME) på hydrogen og ammoniakk som skulle dekke hele verdikjeden, inklusive teknologier for grønn og blå produksjon; bruk innen energi, mobilitet og industri; samt sikkerhet og miljøaspekter.

For å følge opp hydrogenstrategien kom det øremerkede tildelinger på 100 MNOK i statsbudsjettet for 2021 [5], og 120 MNOK i tredje tiltakspakke i forbindelse med koronapandemien [6].



2.2 Forskningsrådets hydrogensatsing

Hydrogen og hydrogenbaserte energibærere har vært et temaområde i målrettede utlysninger innen miljøvennlig energi siden 2020. Satsingen svarer på tydelige føringer for de øremerkede tildelingene beskrevet over [5, 6], og finansieres videre av de årlige bevilgningene fra Energidepartementet og Klima- og miljødepartementet til Forskningsrådet.

I tillegg til regjeringens hydrogenstrategi, bygger satsingen på FoU-strategien Energi2021 (Norges nasjonale strategi for forskning, utvikling og kommersialisering av klimavennlig energiteknologi), som har et teknologiområde dedikert til hydrogen [7]. Satsingen omfatter rent hydrogen med lave eller ingen utslipp, og inkluderer hele verdikjeden – det vil si nye utfordringer og løsninger for sikker, bærekraftig og kostnadseffektiv produksjon, transport, lagring, distribusjon og bruk av hydrogen.

De aktuelle forskningstemaene under satsingen kan deles i fem delområder (med eksempler):

Fremstilling, f.eks.:

- Teknologi for hydrogenproduksjon ved elektrolyse av vann drevet med fornybar strøm eller for reformering av karbon-basert brensel med karbonhåndtering
- Produksjon av ammoniakk og andre hydrogen-relaterte energibærere fra hydrogen
- Membraner for separasjon av hydrogen fra gassblanding

Distribusjon, f.eks.:

- Komprimering, flytendegjøring, og materialbasert lagring av hydrogen
- Transport av hydrogen med fartøy/kjøretøy eller gjennom rørledninger
- Storskalalagring av hydrogen i underjordiske reservoarer eller saltdekke

Bruk og system, f.eks.:

- Produksjon av kunstgjødsel, raffinering av petroleum og annen kjemisk industri
- Hydrogen som reduksjonsmiddel eller til høytemperatur industrielle prosesser
- Hydrogenbaserte brenselceller, forbrenningsmotorer eller gassturbiner til maritim og annen transport som krever lang rekkevidde og høyt energiforbruk

Sikkerhet, f.eks.:

- Brann- og eksplosjonssikkerhet ved produksjon, distribusjon og bruk av hydrogen
- Risiko ved lekkasje av nedkjølt og trykksatt ammoniakk

Energiomstilling, f.eks.:

- Reguleringer, virkemidler og samfunnsinvolvering
- Miljøkonsekvenser, bærekraft og livsløpsanalyser
- Forretningsmodeller, tekno-økonomiske analyser og systemkunnskap

Følgende FoU-satsinger er de mest sentrale for hydrogensatsingen:

- *Miljøvennlig energi* – Stor og tematisk bred energisatsing hvor teknologier og løsninger for produksjon, lagring og bruk av hydrogen står sentralt.
- *CLIMIT* – Samarbeid mellom Forskningsrådet og Gassnova for karbonfangst og -lagring (CCS), der hydrogen fra naturgass med CCS er et viktig område.

I tillegg er følgende satsing relevant:

- *Grønn Plattform* – Samarbeid mellom Forskningsrådet, SIVA og Innovasjon Norge for forsknings- og innovasjonsdrevet grønn omstilling i næringslivet, inkludert hydrogen.



Forskningsrådet administrerer *Miljøvennlig energi* og FoU-delen av *CLIMIT*. Forskningsrådet har i tillegg finansiert (fra KD) infrastruktur innen hydrogen: Norwegian Fuel Cell and Hydrogen Centre og SMART-H: Materialforskning for bedre transport av hydrogen-gass. Deler av CCS infrastrukturen ECCSEL på høytemperatur membraner brukes også til hydrogenframstilling. Det finnes også hydrogenprosjekter i mange andre satsinger som ikke er inkludert i denne analysen, f.eks. innenfor petroleum, maritim og nanoteknologi.

Virkemiddelapparatet jobber sammen om hydrogen gjennom HEILO-samarbeidet, som inkluderer Forskningsrådet, Enova, Gassnova og Innovasjon Norge. [HEILO](#) skal bidra til bedre samkjøring av aktørenes virkemidler og aktiviteter på området, og lager en oversikt over hydrogenprosjekter (merk at HEILO statistikken er basert på bevilgede beløper og ikke faktisk forbruk i prosjekter).

Hydrogenstrategien omtaler også sentrale internasjonale forsknings- og innovasjonsarenaer for Norge på hydrogenområdet. Forskningsrådet forvalter den norske deltakelsen i det internasjonale teknologinettverket IEA Hydrogen TCP, og i European Clean Hydrogen Partnership.

2.3 Hensikt med analysen

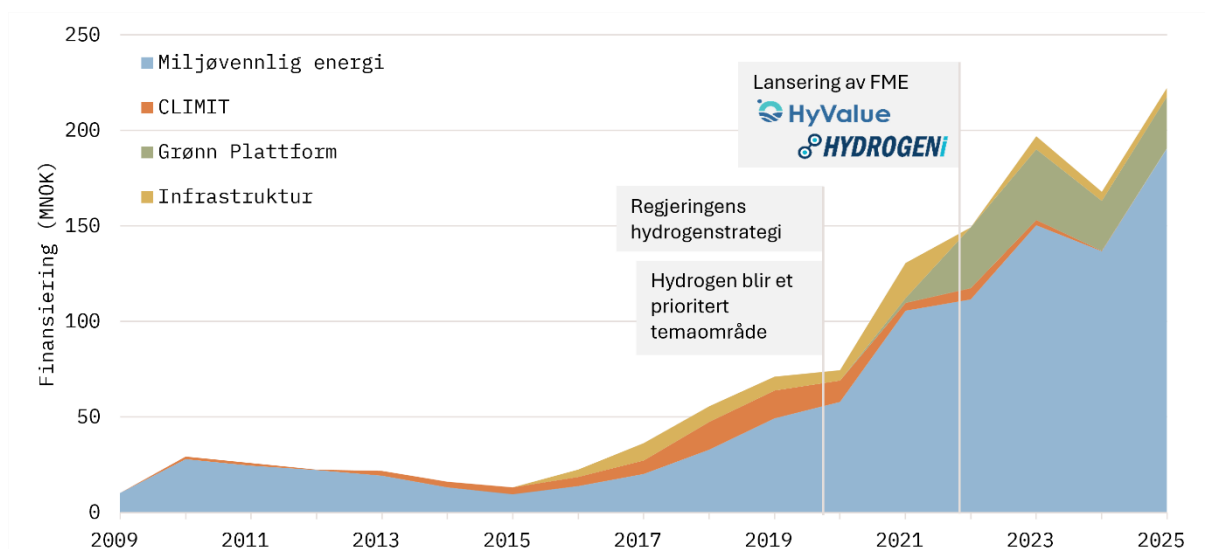
2025 markerte det femte året med hydrogen og hydrogenbaserte energibærere som temaområde, og er dermed et godt tidspunkt for å gjennomføre en porteføljeanalyse. Analysen har som hovedformål å gi en oversikt over porteføljen innenfor dette temaområdet. Analysen baserer seg på administrasjonens oversikt over forbruk i pågående og tidligere hydrogen prosjekter. Utvalget omfatter prosjekter som er finansiert gjennom målrettede midler til miljøvennlig energi, CO₂-håndtering og utlysninger fra Grønn plattform og Forskningsinfrastruktur registrert til og med 2025 (datauttak juni 2026). Det legges mest vekt på utviklingen siden temaområdet ble innført i 2020, men vi vil bruke porteføljen før 2020 som et referansepunkt for å måle endringer de siste fem årene på et overordnet nivå.

Porteføljeanalysen vil også evaluere måloppnåelse mot Regjeringens veikart fra 2021, og spesielt de konkrete målene for Forskningsrådet i løpet av den første fasen (altså fram til 2025). Resultater og effekter av forskningen vil også vises gjennom eksempler. Til slutt presenteres en diskusjon av veien videre. Analysen er oppsummert i begynnelsen av dokumentet.

Overgang fra netto- til bruttobudsjettering: Med virkning fra 1. januar 2025 er Forskningsrådet underlagt de krav som stilles til statlig økonomiforvaltning for bruttobudsjetterte virksomheter. Den påfølgende overgangen fra netto- til bruttobudsjettering har medført behov for endringer i regnskapsprosesser og systemoppsett, som videre har ført til at fristen for godkjenning og bokføring av inngående faktura var 12. desember, mot medio februar som var tidligere praksis. Endringen betyr at utbetalinger er betydelig lavere og høyere i hhv. 2024 og 2025. Dette gjenspeiler ikke en faktisk tilsvarende nedgang og oppgang i aktivitetsnivået for temaområdet.

3. Oversikt over finansieringen

Figur 1 viser den årlige finansieringen av forskningsprosjekter innenfor temaområdet Hydrogen og hydrogenbaserte energibærere for perioden 2009 til 2025, med noen viktige milepæler indikert. FoU-satsingen *Miljøvennlig energi* utgjør den desidert største delen av finansieringen, men *Grønn Plattform*, *CLIMIT* og *Infrastruktur* har periodevis bidratt betydelig. For de siste årene gjelder dette spesielt *Grønn Plattform* som har hatt årlige utlysninger i perioden 2021-2023, med nye runder i 2025 (resulterte i ett innvilget prosjekt innen hydrogen) og 2026.



Figur 1. Årlig finansiering av forskningsprosjekter innenfor temaområdet Hydrogen og hydrogenbaserte energibærere. Lansering av Regjeringens hydrogenstrategi, øremerkede bevilgninger og hydrogen FMEene er vist.

Det har vært en kraftig økning i finansiering siden 2020, da regjeringen lanserte hydrogenstrategien og temaområdet ble innført i målrettede utlysninger innen miljøvennlig energi. I årene før dette var også trenden positiv, med ny finansiering fra CLIMIT og Infrastruktur.

Regjeringens veikart for hydrogen inkluderte et kortsiktig mål om å etablere et særskilt FME på hydrogen og ammoniakk som skulle dekke hele verdikjeden. En utlysning i 2021 førte til at to slike sentre ble etablert i 2022: Det første – *Norwegian centre for hydrogen and ammonia research and innovation (HYDROGENi)* – er ledet av SINTEF. Det andre – *Hydrogen value chain research (HyValue)* – er ledet av NORCE. De to sentrene er komplementære og dekker samlet sett hele verdikjeden for hydrogen. Disse sentrene bidrar til at finansieringen til hydrogen opprettholdes på et stabilt nivå i mange år. Slik langsiktig finansiering er viktig for å bygge opp og vedlikeholde norske forskningsmiljøer innen hydrogen, som, i likhet med mange andre områder knyttet til den grønne omstillingen er forbundet med usikkerhet og svingninger.

3.1 Fordeling av finansieringen på ordninger

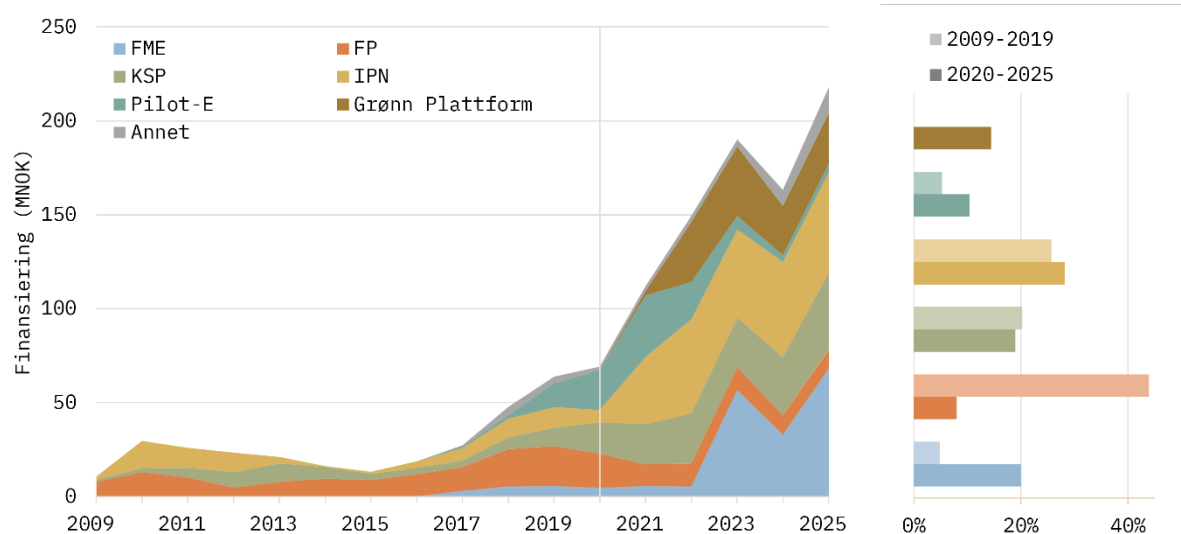
Figur 2 viser den årlige finansieringen (uten Infrastruktur) fordelt på ulike ordninger:

- **Forskningssenter (herunder FME)** – Sentre er konsentrerte og langsiktige satsinger for å styrke og videreutvikle fremragende og nyskapende forsknings- og innovasjonsmiljøer eller for å bygge opp forskningsmiljøer på strategisk viktige områder. Forskningssentre for miljøvennlig energi (FME) samler forskningsmiljøer og et stort antall brukerpartnere fra næringslivet og offentlig forvaltning innenfor tematisk prioriterte områder.
- **Forskerprosjekt (FP)** – Rene forskerprosjekter for forskningsorganisasjoner, med formål om å fremme fornyelse og utvikling i forskningen innenfor alle fag og tematiske områder, samt å bidra til viktig ny innsikt i den internasjonale kunnskapsfronten.
- **Kompetanse- og samarbeidsprosjekt (KSP)** – Prosjekter ledet av forskningsorganisasjoner som forutsetter samarbeid mellom forskningsmiljøer og næringsliv eller offentlig sektor. Formålet er å utvikle ny kunnskap og bygge opp kompetanse og miljøer som næringslivet og samfunnet trenger for å møte viktige nærings- og samfunnsutfordringer.
- **Innovasjonsprosjekt i næringslivet (IPN)** – Prosjekter ledet av bedrifter og offentlig sektor, med mulig innkjøp av FoU-tjenester fra forskningsorganisasjoner. Formål om å bidra til økt

konkurransesevne i nytt og eksisterende næringsliv, styrke omstillingsevne i norsk økonomi og offentlig sektor, samt å bedre samspill og kunnskapsoverføring på tvers av aktører.

- **Pilot-E** – Samarbeid mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova, rettet mot norsk næringsliv. Formål om at helt nye produkter og tjenester innenfor klima- og miljøvennlig energiteknologi skal bli raskere utviklet og tatt i bruk for å bidra til utslippskutt både i Norge og internasjonalt, samtidig som nytt og eksisterende næringsliv utvikles.

Grønn Plattform prosjekter benytter en blanding av IPN og KSP ordningene, og er i likhet med Pilot-E et samarbeid med andre aktører i virkemiddelapparatet.



Figur 2. Venstre: Årlig finansiering fordelt på ordning (Forskningssenter for miljøvennlig energi (FME), Forskerprosjekt (FP), Kompetanse- og samarbeidsprosjekt (KSP), Innovasjonsprosjekt i næringslivet (IPN), Pilot-E, Grønn Plattform og Annet). Høyre: Sammenligning av fordelingen mellom de ulike programmene i perioden før og etter 2020.

Figur 2 inneholder også et søylediagram som viser prosentandelen for hver ordning i periodene 2009-2019 (lyse farger) og 2020-2025 (mørke farger). Denne fremstillingen viser at det siden 2020 har vært en økning i prosjekter innenfor ordningene FME¹, IPN, Pilot-E og KSP, og en kraftig nedgang i Forskerprosjekter. Ser man på absolutte tall er nedgangen i FP imidlertid svakere; den drastiske nedgangen i andel FP skyldes altså først og fremst økende finansiering for andre ordninger, spesielt FME og IPN, men også Pilot-E. Det totale bildet viser altså at satsingen på hydrogen har vært dreiet mot ordninger med sterk involvering av næringslivet og mål om økt innovasjon.

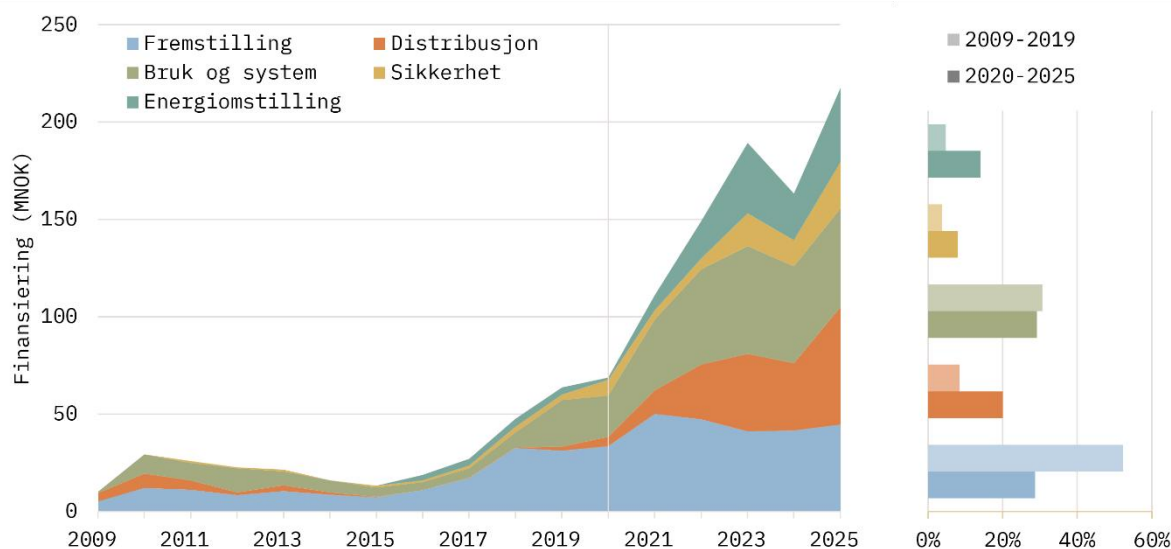
3.2 Fordeling av finansieringen på delområder

Figur 3 viser den årlige finansieringen fordelt på de ulike delområdene i temaområdet, inkludert *Fremstilling, Distribusjon, Bruk og system, Sikkerhet og Energiomstilling*. Hydrogenstrategien inneholder et mål om å støtte forskning i hele verdikjeden, og dermed har det vært ønskelig med en fordeling av finansiering som vil gi tilstrekkelig forskningsinnsats i hvert av de ulike delområdene. Delområdene energiomstilling og sikkerhet utgjør de minste andelen av finansieringen siden 2020. Det er imidlertid

¹ FME finansieringen før 2022 skyldes at FME-MoZEES og -NCCS inneholdt aktiviteter innen hydrogen



vanlig at prosjekter innen andre delområder inneholder enkelte arbeidspakker innenfor sikkerhet og energiomstilling. Dermed fremstår porteføljen siden 2020 relativt godt balansert. Før 2020, derimot, var det en overvekt av prosjekter innen bruk og system, og spesielt fremstilling.



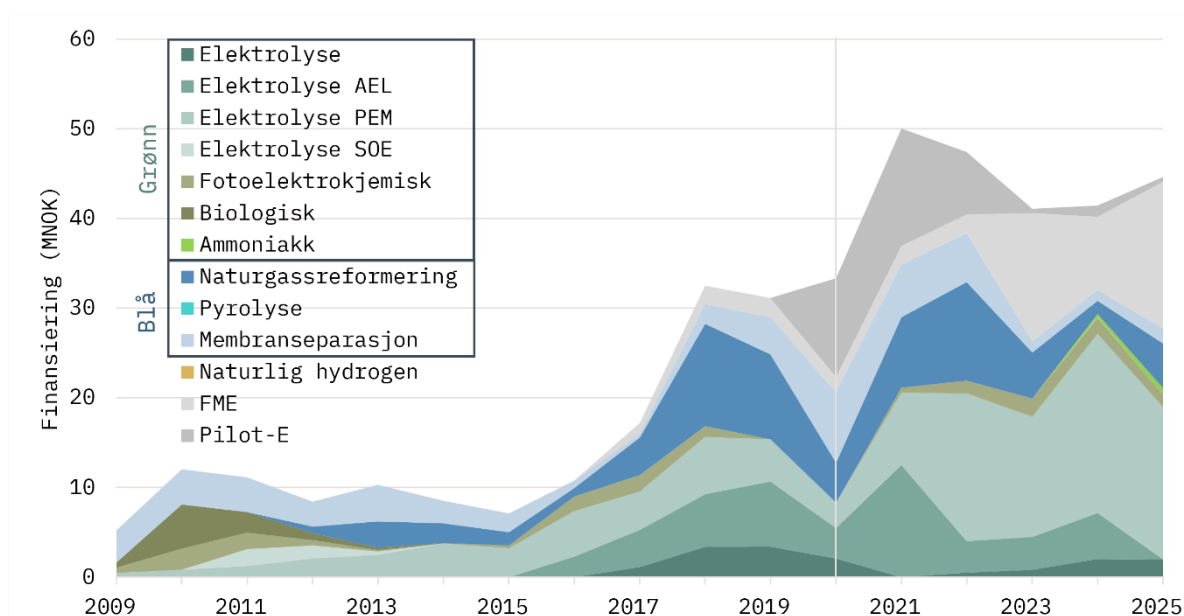
Figur 3. Venstre: Årlig finansiering fordelt på delområde (Fremstilling, Distribusjon, Bruk og system og Sikkerhet). Høyre: Sammenligning av fordelingen mellom de ulike delområdene i perioden før og etter 2020.

4. Analyse av de enkelte delområdene

Delkapitlene under viser hvordan finansieringen til hvert delområde fordeler seg på underområder, etterfulgt av en kortfattet beskrivelse av tema og målsetting for enkeltprosjekter i hvert underområde. Informasjon om prosjektene er hentet fra Prosjektbanken på Forskningsrådets nettsider. Denne analysen er fokusert på prosjekter bevilget siden temaområdet ble innført i 2020, og er kun gjort for ordinære IPN, KSP og FP prosjekter finansiert gjennom FoU-satsingene *Miljøvennlig energi* og *CLIMIT*. De store og mer markedsfokusede prosjektene fra Grønn Plattform og Pilot-E er analysert i egne kapitler. Det samme gjelder FME-HYDROGENi og -HyValue. FME, Grønn Plattform og Pilot-E finansiering i hvert delområde er imidlertid synliggjort i alle figurer under, slik at størrelsen kan sammenlignes med finansieringen til ordinære prosjekter i hvert delområde.

4.1 Fremstilling

Innen delområdet *Fremstilling* kan prosjektene deles inn i 5 underområder: *elektrolyse*, *naturgass-reformering*, *membranseparasjon*, *pyrolyse*, *fotoelektrokjemisk*, *ammoniakk* og *naturlig hydrogen* hvorav de fire siste er relativt små. **Feil! Fant ikke referanse-kilden..** viser finansiering til prosjekter innen delområdet fremstilling fordelt på disse underområdene. Merk at *pyrolyse* og *naturlig hydrogen* først blir synlig i 2026. Det er klart mest finansiering av prosjekter innenfor underområdet elektrolyse, etterfulgt av naturgassreformering og membran-separasjon. Underområdene i **Feil! Fant ikke referanse-kilden..** er også delt inn i «Grønn» og «Blå» for å gi et overblikk over finansiering til ulike typer hydrogenproduksjon; denne fordelingen viser en overvekt av grønn produksjon. Innenfor fremstilling er det verdt å merke seg at det har vært betydelig aktivitet også i årene før temaområdet ble innført i 2020.



Figur 4. Årlig finansiering gjennom satsingene Miljøvennlig energi og CLIMIT fordelt på underområder innen delområdet fremstilling. FME, Grønn Plattform og Pilot-E finansiering til delområdet er også inkludert, men ikke fordelt på underområder. Elektrolyse er splittet opp i ulike teknologier, inkludert proton-utvekslingsmembran (PEM), alkalisk (AEL) og fast-oksid (SOE) elektrolyse. Underområdene er også kategorisert i grønn og blå produksjon.

Grønn produksjon

Grønt hydrogen omfatter rent hydrogen, som hovedsakelig produseres ved elektrolyse av vann med strøm fra fornybare energikilder som vannkraft, vindkraft og solkraft. Det inkluderer imidlertid også hydrogen produsert ved vannsplitting drevet direkte av sollys.

Elektrolyse: hydrogenproduksjon ved elektrolyse av vann drevet med fornybar strøm

Siden 2020 har det vært en vekst i prosjekter på fremstilling av hydrogen gjennom elektrolyse. Elektrolyse er den mest modne teknologien for produksjon av grønt hydrogen, og Norge har lang industriell erfaring og konkurransedyktige teknologimiljøer på dette området. Det finnes flere konkurrerende teknologier med ulike særtrekk, og det er ikke opplagt at én teknologi vil være best egnet for alle bruksområder. De mest modne og velprøvde teknologiene for elektrolyse (TRL 9) er imidlertid proton-utvekslingsmembran (PEM) og alkalisk elektrolyse (AEL), som stod for ca. 80% (hhv. 60 og 20%) av den globale installerte kapasiteten i 2024. [8] AEM er energieffektiv og har lengst levetid, men krever stort areal. PEM er plassbesparende og håndterer dynamiske laster bedre, men har lavere virkningsgrad og bruker kostbare kritiske råmaterialer som iridium og platina. Majoriteten av elektrolyse-prosjektene er IPNer som fokuserer på de markedsnære teknologiene AEM og PEM.

Feil! Fant ikke referansekilden. lister opp elektrolyse-prosjekter bevilget siden 2020. Gitt det høye TRL nivået på AEL og PEM er prosjektene på disse teknologiene hovedsakelig fokusert på industrinære problemstillinger med mål om å få ned CAPEX og OPEX, da kostnad er en stor barriere for implementering. Dette kan f.eks. være forbedring av elektroder i form av virkningsgrad og levetid, utvikling av kostnadseffektive prosesser for produksjon av elektrolysører, optimalisert drift på dynamiske fornybare strømkilder, og redusert bruk av kritiske råmaterialer. Siden 2020 har det vært bevilget 10 prosjekter innen elektrolyse. Av disse har fire prosjekter gått til Hystar (PEM elektrolyse), og fire prosjekter gått til NEL (to AEM og to PEM prosjekter), som er de to største norske leverandørene av elektrolysører. De siste to bevilgede prosjektene er et FP på mikroporøse katalysatorer, ledet av NTNU, og et KSP for å utvikle et designverktøy og veikart for å realisere kostnadseffektive GW-anlegg, ledet av SINTEF.

Tabell 1. Teknologi, prosjektansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen elektrolyse siden 2020.

Prosjekt	Tekn.	Ansv.	Målsetting
IPN 313974	AEL	NEL	Få ned kostnader for trykksatt AEL ved utvikling av materialer/komponenter, og optimalisering for drift på fornybare strømkilder med krav til fleksibilitet, dynamikk og rask responstid
IPN 321466	PEM	Hystar	Utvikle ferdig design av en PEM elektrolysør som er optimalisert for automatisk masseproduksjon
FP 325873	PEM	NTNU	Fremstille mikroporøs katalysator for tynnere membraner og dermed bedre utnyttelse av iridium
KSP 326809	flere	SINTEF	Utvikle design verktøy og lage veikart for å realisere kostnadseffektive GW-anlegg for elektrolyse
IPN 332178	PEM	Hystar	Utvikle en pålitelig og kostnadseffektiv løsning for automatisk masseproduksjon av PEM-stakker
IPN 332279	AEL	NEL	Redusere bruken av nikkel i en trykksatt AEL med 50% uten å gå på bekostning av ytelse og levetid
IPN 332314	PEM	NEL	Utvikle og kvalifisere akselererte stress-test protokoller og identifisere indikatorer for degradering
IPN 346531	PEM	Hystar	Redusere CAPEX for PEM elektrolysøren i 321466 med 50% ved å redusere eller eliminere kritisk materialbruk (iridium, titan, platina), samt erstatte miljøskadelige PFAS-membraner
CETP 347437	PEM	Hystar	Demonstrere og validere PEM elektrolysør med redusert bruk av kritiske materialer og membran uten miljøskadelig PFSA, og gjennomføre en komplett livssyklus- og miljøeffekt-analyse
IPN 355860	PEM	NEL	Utvikle et verktøy for elektrolysør-tilstandsmonitorering for å øke effektivitet, levetid og sikkerhet

NEL og Hystar har nylig sikret støtte gjennom EU sitt innovasjonsfond til noe av teknologien som er støttet av Forskningsrådet gjennom prosjektene i **Feil! Fant ikke referanseilden..** Hystar rapporterer i Prosjektbanken at resultatene fra «Autostack» prosjektet (IPN 332178) var en avgjørende faktor for å sikre EU tilskuddet på 26,2 millioner euro for å bygge sin løsning for masseproduksjon av PEM-elektrolysestakker i Høvik, med en forventet produksjonskapasitet på 1.5 GW/år fra 2027. NEL sikret på sin side et tilskudd på 135 millioner euro for å starte produksjon av sin neste-generasjons trykksatte AEL teknologi. Det nye elektrolysesystemet ble kommersialisert i Mai 2026, og forenkler hydrogenprosjekter samtidig som kostnader, effektivitet og skalerbarhet forbedres betydelig; samlet forventes det nye systemet å redusere CAPEX med hele 40-60 prosent sammenlignet med dagens markedsløsninger. [9]

Det er svært få prosjekter på andre lovende varianter med lavere TRL, som fast oksid elektrolyse (SOE), proton-keramisk elektrolyse (PCE) eller anion-utvekslingsmembran (AEM). [10] Nylig ble det imidlertid bevilget et IPN til Yara (360654) på produksjon av grønn mineralgjødsel (dette prosjektet ligger under delområde *Bruk og system*, underområde *Industri*), som involverer SOE.

Fotoelektrokjemisk: fotoelektrokjemisk vannsplitting drevet av sollys

Fotoelektrokjemisk vannsplitting er en mindre moden teknologi for produksjon av grønt hydrogen hvor vann splittes direkte til hydrogen og oksygen under sollys ved hjelp av et fotoelektrokjemisk materiale. Det har vært 3 slike prosjekter i porteføljen, hvorav alle har vært FP. Her jobbes det mest med å identifisere egnede fotoelektrokjemiske materialer, samt øke effektiviteten og stabiliteten. Teknologien har en lang vei å gå for kommersialisering, men er interessant for fremtiden da den muliggjør grønn produksjon uten å legge beslag på eksternt produsert fornybar strøm.

Det nyeste fotoelektrokjemisk-prosjektet ble bevilget i 2021 og er et radikalt nyskapende FP ledet av UiO (se **Feil! Fant ikke referanseilden..**). I tillegg finnes det aktivitet på fotoelektrokjemisk vannsplitting i FME HyValue. Det ble også nylig bevilget et prosjekt (359246) i en samarbeidsutlysning mellom Forskningsrådet og National Research Foundation i Korea, hvor det er aktivitet på dette området.

Tabell 2. Prosjektansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen «fotoelektrokjemisk» siden 2020.

Prosjekt	Ansv.	Målsetting
----------	-------	------------



FP 320714	UiO	Øke effektiviteten ved å utvikle strukturer av materialer som kan absorbere og oppkonvertere deler av sollyset til den delen av spekteret som kan benyttes av det fotoelektrokjemiske materialet.
-----------	-----	---

Ammoniakk: produksjon av den hydrogenrelaterte energibæreren ammoniakk

Ammoniakk er et karbonfritt molekyl med relativt høy energitetthet, som enten kan brukes som energikilde i seg selv eller som energibærer for hydrogen. Det er kun ett ordinært prosjekt som hovedsakelig retter seg mot teknologiutvikling for produksjon av ammoniakk; KSP 336583, ledet av UiB, har som mål å utvikle en ny elektrokatalytisk prosess for å fremstille ammoniakk fra vann og nitrogen. Ammoniakk produseres i dag hovedsakelig fra hydrogen og luft gjennom Haber-Bosch prosessen, som krever høy temperatur og trykk og er mest velegnet for store anlegg. Utvikling av nye prosesser kan være nyttig for å oppnå småskala distribuert produksjon av ammoniakk.

Tabell 3. Prosjektansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen ammoniakk siden 2020.

Prosjekt	Ansv.	Målsetting
KSP 336583	UiB	Utvikle en trygg, effektiv og potensielt skalerbar elektrokatalytisk prosess for ammoniakk fra vann og nitrogen.

Blå produksjon

Blått hydrogen er produsert fra naturgass med håndtering av karbon inkludert i prosessen, slik at man sitter igjen med lavutslipps-hydrogen. Siden CCS er en sentral del av verdikjeden for blått hydrogen, er en stor andel av dette underområdet finansiert gjennom CLIMIT, med tre prosjekter finansiert allerede før hydrogen ble innført som temaområde i 2020. De siste fem årene har det blitt bevilget ytterligere ett prosjekt gjennom CLIMIT og 3 gjennom Miljøvennlig energi. Det er også finansiert prosjekter innenfor blått hydrogen gjennom satsinger innenfor petroleum.

Naturgassreforming: prosesser for reformering av naturgass med håndtering av karbon

Ved reformering av naturgass reagerer metan og vanndamp i en reaktor ved høy temperatur, med hydrogen og CO₂ som produkter, hvorav hydrogen filtreres ut, vanligvis ved trykk-sving adsorpsjon (PSA). Dampreforming med varme tilført ved å brenne naturgass (SMR), eller ved partiell oksidering av naturgass med oksygen i reaktoren (ATR) er de vanligste teknologiene. Integrert karbonfangst er også tilgjengelig og demonstrert i stor skala (TRL 9) for disse metodene. ATR har en effektivitet på rundt 70% for et anlegg designet med en fangstrate på 94,5%. [10]

Andre teknologier som er mindre modne (TRL 5-6), men potensielt kan oppnå høyere virkningsgrad og fangstrate, er protonmembran- (PMR) og sorpsjonsforbedret-reforming (SER). Ved å benytte biogass som brensel kan man potensielt oppnå negative CO₂ utslipp. [10]

Som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden..** har det siden 2020 blitt bevilget to prosjekter innen naturgassreforming: ett ATR-prosjekt hos SLB Capturi (IPN 314635) og ett SER-prosjekt hos ZEG Power (IPN 355686). Sistnevnte bygger på tidligere prosjekt IPN 270015 fra 2017, samt IPN 332335 som ble bevilget gjennom PETROMAKS i 2022. I 2021 åpnet ZEG sitt «H1» anlegg på Kollsnes (CCB Energipark), som verdens første kommersielle anlegg for produksjon av blått hydrogen med integrert karbonfangst og nærhet til Northern Lights for lagring. Dette anlegget kan produsere 1 tonn blått hydrogen i døgnet. Det siste IPN prosjektet til ZEG ble bevilget i 2024 og har som mål å oppskalere teknologien til et «H5» anlegg.

Tabell 4. Teknologi, ansvarlig og mål for ordinære prosjekter bevilget innen naturgassreforming siden 2020.

Prosjekt	Tekn.	Ansv.	Målsetting
----------	-------	-------	------------



KSP 294629	PMR	SINTEF	Utvikle og optimalisere hybridsystem for hydrogenproduksjon fra metan ved kombinasjon av PMR-teknologi med påfølgende lavtemperatur CO ₂ -fangst i en ny, integrert prosess.
IPN 314635	ATR	SLB Capturi	Verifisere en komplett løsning basert på ATR med PSA og flytendegjøring av CO ₂ for transport.
IPN 317873	SMR	Hydrogen Source	Produksjon av hydrogen fra naturgass under overflaten hvor karbonet beholdes i reservoaret.
IPN 331908	SMR	Hyper Energy	Utvikle en arealeffektiv roterende SMR reaktor med integrert fangst av mer enn 90% av produsert CO ₂ i flytende form, uten varmetap og dermed med høy energieffektivitet.
IPN 355686	SER	ZEG Power	Utvikle en mer effektiv prosess for blå hydrogenproduksjon med integrert karbonfangst, basert på to nye innovasjoner (segregering av katalysator og sorbent, og bruk av oksidasjonsresistent katalysator) som forenkler oppskalering av ZEG teknologi til høyere volum hydrogen.

Pyrolyse: oksygenfri termisk dekomponering av metan til hydrogen og karbon i fast form

Såkalt «turkis» hydrogen kan produseres fra metan gjennom pyrolyse ved høy temperatur, slik at karbonet blir til faststoff i stedet for CO₂ gass, hvilket kan forenkle karbonhåndtering. Faststoffet er som oftest i form av «carbon black», som kan brukes i industrielle prosesser. Prosessen kan være mer energieffektiv enn konvensjonell naturgassreforming hvis man tar hensyn til energien som kreves for karbonfangst, og er spesielt aktuell for dekarbonisering av industrier som bruker karbon, f.eks. til bildekk, eller til silisiumproduksjon som krever både hydrogen og karbon. Den norske bedriften SEID har de siste årene, gjennom Horisont Europa finansiering, utviklet en «kald» pyrolyse (ColdSpark) teknologi hvor man bruker ikke-termisk plasma for å splitte metanet ved lavere temperatur, noe som gir høyere virkningsgrad. I et nylig bevilget KSP-prosjekt (358859) skal IFE i samarbeid med SEID kombinere denne prosessen med en fluidized bed reactor (FBR) med en karbonbasert katalysator for å senke reaksjonstemperaturen og dermed øke effektiviteten, samt forenkle produksjonen av fast karbon ved at den ikke må skilles fra katalysatoren. SEID og IFE er også involvert i Grønn Plattform prosjektet HyCarbon, ledet av NORCE, som ble bevilget på slutten av 2025.

Tabell 5. Teknologi, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen pyrolyse siden 2020.

Prosjekt	Tekn.	Ansv.	Målsetting
KSP 358859	Plasma + FBR	IFE	Utvikle en hybrid prosess som kombinerer ikke-termisk plasma pyrolyse (utviklet hos SEID) med pyrolyse i en FBR med en karbonbasert katalysator ved lavere temperatur.

Membranseparasjon: filtrering av H₂ fra gassblanding gjennom membran

Det er mange prosjekter innen fremstilling som handler om teknologi for separasjon av hydrogen fra en gassblanding ved selektiv diffusjon gjennom en membran. Dette er spesielt viktig i forbindelse med blå hydrogenproduksjon, siden det muliggjør separasjon av blandet H₂ og CO₂ som produseres ved reformering av naturgass. Underområdet er dermed kategorisert som blått i **Feil! Fant ikke referanseilden..** Teknologien er imidlertid relevant for andre områder, f.eks. for å skille ut hydrogen ved cracking av ammoniakk. Som nevnt filtreres hydrogen etter naturgassreforming gjennom PSA, men dette er en areal-krevende og relativt kostbar teknologi. Membranseparasjon er et lovende alternativ.

De fleste membran-prosjektene er basert på palladium (Pd), som har den egenskapen at den kan blokkere alt utenom hydrogen. Det forskes imidlertid også på andre teknologier, f.eks. såkalte MOFer (metal-organic framework). En rekke FP siden 2009 ledet av SINTEF og NTNU (190779, 215666, 280903) har ført til utvikling av en unik teknologi for fabrikasjon av membraner basert på Pd i legering med sølv (Ag), som har blitt kommersialisert av den norske bedriften Hydrogen Mem-Tech. Hydrogen Mem-Tech fikk nylig innvilget et IPN prosjekt (355921) hvor målet er å gjøre membranen tynnere, slik at man bruker mindre materiale, øke den mekaniske styrken, samt utvikle en resirkuleringsprosess.



Tabell 6. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen membranseparasjon siden 2020.

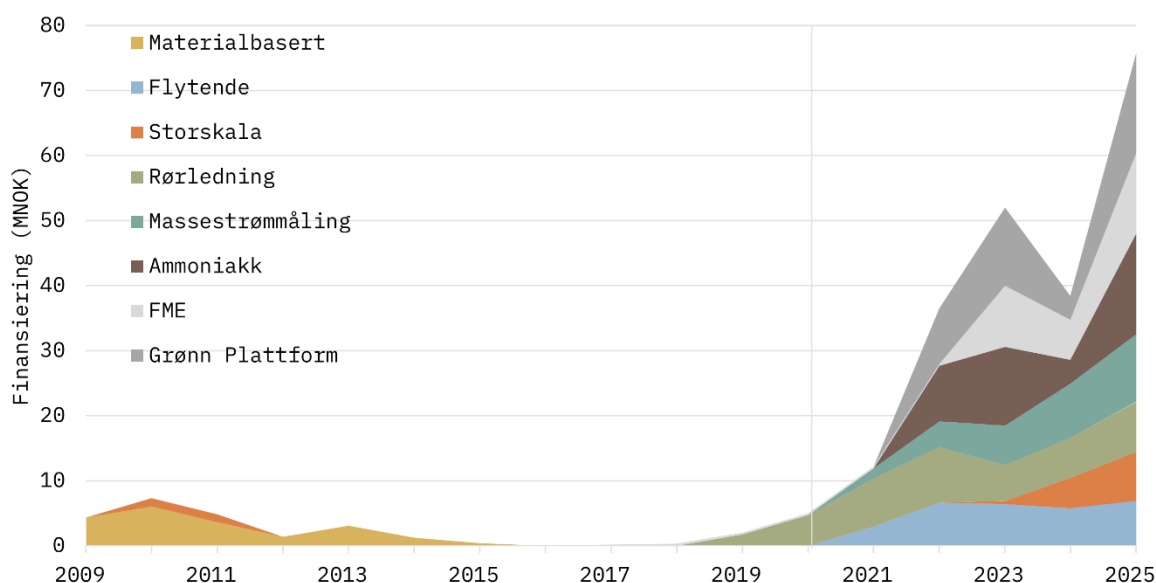
Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
FP 294533	NTNU	Utvikle en ny, mer effektiv og billigere separasjonsteknologi gjennom en CO ₂ selektiv membran basert på grafen derivater og en type amin-polymer som reduserer (øker) H ₂ (CO ₂) transporten.
IPN 332357	Hydrogen Mem-Tech	Muliggjøre bruk av deres kommersialiserte membran for å skille ut hydrogen ved ammoniakk-cracking
IPN 355921	Hydrogen Mem-Tech	Utvikle en tynnere (<5 µm) Pd-basert membran med økt levetid og mekanisk styrke over 450°C, og en optimal resirkuleringsprosess for membranen ved slutten av levetiden.

Naturlig hydrogen

Et område som har vekket interesse de siste årene er såkalt naturlig eller geologisk hydrogen, som innebærer utvinning av naturlige forekomster av hydrogen som dannes gjennom geologiske prosesser i jordskorpen. Flere land har igangsatt aktiv leting etter slike forekomster (f.eks. USA, Australia, Frankrike og Finland). Det ble nylig innvilget et CETP prosjekt (361041) på dette underområdet. I Norge kan naturlig hydrogen potensielt forekomme i ultramafiske bergarter, og det er økt fokus på FoU. [3]

4.2 Distribusjon

Innen delområdet distribusjon kan prosjektene på hydrogen deles inn i følgende underområder: *materialbasert, flytende, storskala, rørledning og massestrømmåling*. Det er også et underområde på distribusjon av *ammoniakk* som energibærer. **Feil! Fant ikke referanseilden.** viser finansiering til prosjekter innen distribusjon fordelt på disse 6 underområdene. Siden hydrogen og andre relaterte energibærere er tenkt brukt i flere sektorer, volum og former, er distribusjon en svært viktig del av verdikjeden. Distribusjon er også krevende og kostbart, da hydrogen har visse egenskaper som byr på utfordringer, f.eks. med tanke på energitetthet og reaktivitet. FoU på dette området er altså svært viktig for å få ned kostnadene i hydrogen-verdikjeder. Det bør også nevnes at sikkerhet er et betydelig aspekt ved distribusjon, både for hydrogen og ammoniakk, og det finnes dermed flere prosjekter innen sikkerhet og energiomstilling som er relevante for distribusjon.



Figur 5. Årlig finansiering gjennom satsingene Miljøvennlig energi og CLIMIT fordelt på underområder innen delområdet distribusjon. FME og Grønn Plattform finansiering til delområdet er også inkludert, men ikke fordelt på underområder.

Det er vanlig å bunkre hydrogen i tanker som trykksatt gass (typisk 200-700 bar), men det er ingen ordinære prosjekter på dette i porteføljen, og dermed er det ikke et eget underområde i denne analysen. Teknologien er relativt moden og kommersielt tilgjengelig på markedet (sylindere av kompositt eller en kombinasjon av metalliske og plastmaterialer er mest vanlig), men alternative materialer, nye produksjonsmetoder, resirkulering og effektiv utnyttelse av ressurser for å få ned kostnadene er aktuelle problemstillinger for FoU-prosjekter.

Flytende: flytendegjøring av hydrogengass og lagring av flytende hydrogen

Flytende hydrogen har en høyere volumetrisk energitetthet (8.5 MJ/L) enn trykksatt hydrogen i gassform (4.5 MJ/L ved 700 bar), og det lave trykket muliggjør bruk av større enkelttanker, som kan være en fordel hvis man skal lagre og transportere store volum av hydrogen. [10] Flytende hydrogen er imidlertid kostbart, da det krever utstyr for nedkjøling til -253°C og isolerte kryogene tanker, rør og slanger, samt at det kan være utfordringer knyttet til såkalt «boil-off» (fordamping) som kan føre til trykkoppbygging under transport som må ventileres på en trygg og kostnadseffektiv måte. Her er det behov for forskning og utvikling for å senke kostnadene. Det har vært bevilget 4 prosjekter innen flytende hydrogen siden 2020, som vist i **Feil! Fant ikke referanseilden.** (ingen flytende-hydrogen prosjekter ble innvilget i perioden før dette).

Tabell 7. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen flytende hydrogen siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
KSP-320233	SINTEF	Utvikle et realistisk konseptuelt design for kritiske komponenter og prosesser (inkludert løsninger for boil-off) for transport av flytende hydrogen på tilsvarende skala som for LNG.
IPN-321591	Moss Maritime	Rask utvikling av lagringsteknologi for transport av flytende hydrogen på skip, med basis i eksisterende LNG teknologi (tilsvarende materialer, termisk modellering, tank design).
KSP-336403	IFE	Bruke materialinformatikk for å søke etter materialer som er mindre kritiske, men som fremdeles viser en god magnetokalorisk effekt for bruk til flytendegjøring av hydrogen.
IPN-346500	Moss Maritime	Muliggjøre utrulling av MOSS LH2 teknologi ved å utvikle et opplegg for demonstrasjon, testing og verifisering av teknologien, inkludert planlegging for å bygge en testtank



To av prosjektene er IPNer ledet av Moss Maritime, som utvikler skipsdesign for storskala-transport av flytende hydrogen. Disse prosjektene har som mål å utvikle en kommersiell lagringsteknologi med utgangspunkt i eksisterende LNG teknologi og med ambisjoner om tilsvarende kapasitet. De resterende prosjektene er KSPer som omhandler utvikling av et design for transport av flytende hydrogen, inkludert optimal håndtering av boil-off (320233), og en kombinasjon av kvantemekanisk modellering og maskinlæring for å identifisere nye materialer med en sterk magnetokalorisk effekt som kan brukes til magnetokalorisk nedkjøling av hydrogen, men som ikke inneholder kritiske mineraler og metaller, og dermed kan føre til lavere kostnader (336403).

Materialbasert: reversibel kjemisk lagring av hydrogen i faste materialer

Et alternativ til fysisk lagring av hydrogen (flytende eller trykksatt gass) er såkalt materialbasert lagring, hvor hydrogen oppbevares i materialet ved at det integreres i strukturen gjennom kjemisk reaksjon eller adsorpsjon. Typisk er det snakk om metall-hydrider (materialer som under moderat trykk reagerer med hydrogengass, som dermed blir opptatt i hydridet, og som deretter kan frigjøres ved oppvarming) eller adsorbenter som zeolitter eller MOFer (porøse materialer som kan adsorbere hydrogen i hulrommene i materialstrukturen uten å danne noen kjemisk forbindelse). Dette er et lovende alternativ for å oppnå lagring ved lavere trykk og med høy volumetrisk energitetthet. Det er imidlertid utfordringer knyttet til vekt, kostnader, varmehåndtering og sykluser. Det har ikke vært noen ordinære prosjekter på dette underområdet siden 2015, men det ble nylig innvilget et CETP prosjekt (361013) på entropi-stabiliserte metallhydrider som har potensiale til å tåle flere sykluser.

Storskala: lagring av hydrogen i store naturlige reservoarer i undergrunnen

Materialbasert, trykksatt og flytende hydrogen kan brukes for lagring i liten skala, i nær forbindelse med bruk. Hvis hydrogen skal brukes som et energilager i stor skala som kan balansere svingninger i energiproduksjon og etterspørsel behøver man andre løsninger. Lagring av hydrogen i store naturlige reservoarer i undergrunnen er en mulig løsning som det forskes en del på, eksempelvis storskala lagring av hydrogen i saltkaverner. Andre typer reservoarer er imidlertid også aktuelle, f.eks. kan tidligere naturgassreservoarer være relevant for Norge.

Det er mange problemstillinger ved storskala hydrogenlagring som krever innsats i form av FoU. Siden 2020 har det vært bevilget 3 KSP/IPN prosjekter på forskjellige temaer innen underområdet, som vist i **Feil! Fant ikke referansebildet.**, inkludert en helhetlig studie av mulighetene og utfordringene ved storskala offshore lagring av hydrogen i saltkaverner, undersøkelse av mikrober under overflaten som potensielt kan forbruke det injiserte hydrogenet, og testing av barriereplugger fra petroleumsindustrien.

Tabell 8. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen storskala lagring siden 2020.

Prosjekt	Ansv.	Målsetting
KSP-336442	SINTEF	Helhetlig studie av storskala offshore lagring av hydrogen i saltkaverner, inkludert identifikasjon av lokasjoner og evaluering av økonomisk potensial, tekniske utfordringer og sikkerhetsaspekter.
KSP-344183	NORCE	Studere mikrobielle prosesser i reservoarer under feltspesifikke betingelser for å forstå hvilken rolle og innflytelse mikroorganismer kan ha på injisert hydrogen. Tok prøver fra 6 reservoarer.
CETP-347634	NORCE	Karakterisere og analysere ulike potensielle lagringssteder for hydrogen over hele Europa, med fokus på de mikrobielle effektene på de forskjellige stedene. Identifisere nøkkelfaktorer.
IPN-355952	Interwell	Interwell leverer barriereplugger til olje- og gassbrønner, og vil teste om deres produkt også kan benyttes til hydrogen, inkludert testing av lekkasjerate i elastomerene som tetningene består av.

Rørledning: distribusjon av hydrogen over lange avstander gjennom rørledninger

Transport av hydrogen i gassform gjennom rørledninger er i hovedsak relevant ved større volumer og mellomlange distanser, hvor det vil være mer kostnadseffektivt å etablere en fast infrastruktur for transport fremfor å bruke land- og sjøtransport. Det finnes allerede hydrogenrørledninger i Europa, samt planer for utvidelse av nettverket. [10] Et av problemene med et så lite og reaktivt atom som hydrogen er at det kan trenge inn og påvirke egenskapene til materialer. I stål, som man bruker til å lage rørledninger, kan atomært hydrogen trenge inn og forårsake såkalt hydrogen-sprøhet, som påvirker den strukturelle integriteten til materialet. Etablering av rørlinjer er svært kostbart, og det kan være behov for



konvertering ved bruk av eksisterende infrastruktur ment for naturgass. Dermed er det mange viktige FoU problemstillinger på dette området.

Som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden.**, er det bevilget 5 rørledning-prosjekter siden 2020. De aller fleste omhandler hydrogensprøhet, inkludert karakterisering for å forstå hvordan det oppstår, benytte kunnskapen til å redusere eller unngå degraderingen, samt utvikle motstandsdyktige materialer for beskyttelse. Det har også vært et prosjekt på tilsvarende effekt av hydrogen på polymerbaserte materialer, som også brukes i transportinfrastruktur. I tillegg har NEXANS ledet et IPN for å utvikle en forsynings-streng som kan transportere energi fra offshore vind til land både i form av strøm og hydrogen, som potensielt kan være en mer kostnadseffektiv løsning sammenlignet med ren transmisjon av strøm.

Tabell 9. Prosjekt, ansvarlig og mål for ordinære prosjekter bevilget innen hydrogenrørledninger siden 2020.

Prosjekt	Ansv.	Målsetting
IPN-313585	NEXANS	Utvikle en forsyningsstreng bestående av flere elementer, inkludert rør og strømledere tvinnert sammen, f.eks. for transmisjon av energi (både hydrogen og strøm) fra havvind til land.
KSP-344377	SINTEF	Studere og karakterisere hydrogensprøhet i rørledningsstål som har vært utsatt for varme ved sveising. Tidligere prosjekt KSP-294739 har vist at slike soner er mer sårbare for hydrogen.
IU-347726	SINTEF	Kartlegging av mekanismer for hydrogensprøhet, eksperimentell og numerisk vurdering som kan brukes i rørledningsdesign, og validering av design for rørledninger til transport av hydrogen.
KSP-352862	SINTEF	Undersøke effekten av hydrogen på polymer- og komposittmaterialer, som også er essensielle for transportinfrastruktur, og dermed bidra til riktig valg av polymerbaserte materialer.
KSP-352929	SINTEF	Undersøke beskyttende robuste metallbarrierer som kan forhindre hydrogensprøhet i det underliggende materialet når det eksponeres for hydrogen under høyt trykk.

Massestrømmåling: måling av massestrøm av hydrogen-gass

Hydrogen har en svært lav tetthet og viskositet sammenlignet med naturgass, noe som gjør det vanskelig å måle nøyaktig massestrøm for hydrogen med tradisjonelle målere. Ved kjøp og salg av hydrogen er det en forutsetning at mengde og kvalitet blir målt nøyaktig og sporbart. Hvis man skal overføre måleteknologi fra olje/gassindustrien eller etablere nye målesystemer med tilstrekkelig nøyaktighet er det behov for et omfattende FoU-arbeid på dette området.

Som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden.**, er det bevilget 3 prosjekter innen massestrømmåling av hydrogen siden 2020. NORCE leder et KSP med mål om å bygge opp kunnskap og kompetanse på temaet, samt etablere metodologi for å oppnå pålitelig, sporbar og nøyaktig måling av hydrogenbaserte energibærere. Cignus Instruments har to IPN prosjekter med et spissere mål om å utvikle en massestrømmåler basert på gassens treghet. Dagens målere basert på denne «coriolis» effekten har begrensninger, blant annet med hensyn på rørets diameter. Cignus har patentert en løsning som vil kunne løse dette problemet, og utvikler en industriell prototype i det pågående IPN prosjektet (346661).

Tabell 10. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen massestrømmåling siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
IPN-327715	Cignus Instruments	Utvikle en TRL5 coriolismåler for hydrogen og flytende CO ₂ egnet for undervannsinstallasjoner, og uten begrensninger for stort rørdiameter, høyt operasjonstrykk eller lav gasstetthet.
KSP-336565	NORCE	Undersøke hvilke begrensninger som finnes med dagens tilgjengelige målere under relevante prosessbetingelser, og studere metoder for å forbedre ytelsen til enkeltmålere.
IPN-346661	Cignus Instruments	Utvikle industriell prototype av patentert coriolismåler for hydrogen-avendelser og utføre lab-skala tester for å demonstrere høy ytelse (total nøyaktighet under 1%)

Ammoniakk: distribusjon av ammoniakk som energibærer

For å frakte ammoniakk i flytende tilstand behøver en kun å kjøle ned til –33°C. Fordelen med å transportere ammoniakk på skip fremfor hydrogen er den høye volumetriske energitettheten, men prosessen for å produsere ammoniakk fra hydrogen og eventuell cracking tilbake er en ulempe (opp



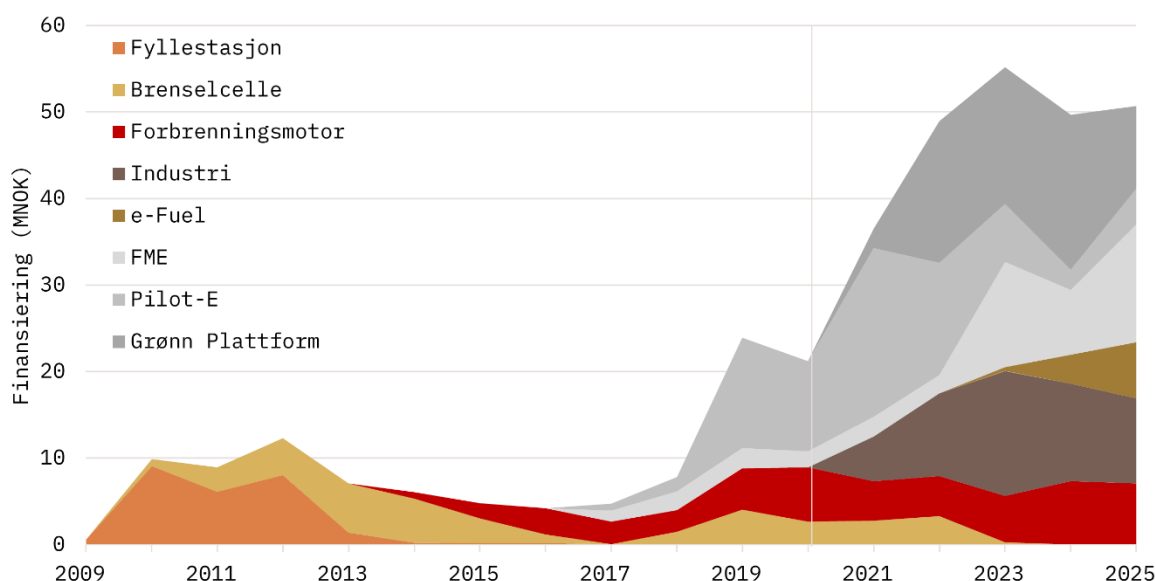
mot dobling av energiforbruk sammenlignet med direkte bruk av hydrogen [10]). Ammoniakk er en av verdens største handelsvarer, men det vil kreve betydelig FoU-innsats for å muliggjøre distribusjon av ammoniakk som energibærer, f.eks. er det behov for bunkringsløsninger for å levere ammoniakk til skip. Azane Fuel Solutions har ledet et IPN på dette temaet, som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden..** Det finnes også to store Grønn Plattform prosjekter i porteføljen innenfor distribusjon av ammoniakk, ledet av EConnect Energy, som er delvis eier av overnevnte Azane Fuel Solutions, (328723) og Wärtsilä (340884), samt et Pilot-E prosjekt ledet av Grieg Ammonia (321103), som beskrevet i eget kapittel om Grønn Plattform og Pilot-E prosjekter.

Tabell 11. Prosjekt, ansvarlig og mål for ordinære prosjekter bevilget innen ammoniakk-distribusjon siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
IPN-354926	Azane Fuel Solutions	Utvikle og bygge en skalerbar, sikker og fleksibel bunkringsterminal som kan levere både trykksatt og nedkjølt ammoniakk, og pilotere denne i en norsk havn.

4.3 Bruk og system

Det er i prinsippet mange anvendelsesområder for hydrogen og hydrogenrelaterte energibærere, men det er spesielt tre bruksområder som er mest relevant for Norge: *maritim sektor*, *tungtransport* og *industri*. De fleste prosjektene i porteføljen er dermed knyttet til disse områdene. Som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden..**, kan de ordinære prosjektene innen delområdet bruk og system deles inn i følgende fem kategorier: *Fyllestasjon*, *Brenselcelle*, *Forbrenningsmotor*, *e-Fuel* og *Industri*. På samme måte som for fremstilling, har det vært finansiering innen *Bruk og system* over lang tid. Nye områder har imidlertid vokst frem de siste årene, med sterk vekst innen industri, forbrenningsmotor og e-fuel. På brenselceller har det vært stabil aktivitet i mange år. Det er lenge siden det har vært aktivitet på fyllestasjoner, så dette underområdet vil ikke inkluderes i analysen under, men det kan nevnes at Enova har lyst ut investeringsstøtte til fyllestasjoner flere ganger i nyere tid. **Feil! Fant ikke referansekilden.** inkluderer også finansiering til Pilot-E prosjekter, siden mange prosjekter under denne ordningen hører under *Bruk og system*. Selv om delområdet utgjør om lag 25% den totale finansieringen av hydrogenprosjekter (se **Feil! Fant ikke referansekilden.**), er det dermed en relativt lav andel ordinære prosjekter på dette området. Pilot-E prosjektene er beskrevet i et eget kapittel under; mange av disse er innen *maritim sektor*.



Figur 6. Årlig finansiering gjennom satsingene Miljøvennlig energi og CLIMIT fordelt på underområder innen delområdet bruk og system. FME, Grønn Plattform og Pilot-E finansiering er også inkludert, men ikke fordelt på underområder.

De ordinære prosjektene innen *forbrenningsmotor*, *brenselcelle* og *e-fuel* er for det meste knyttet til bruk innen transport (maritim sektor, tungtransport og luftfart), men det er også prosjekter på gassturbiner for sesongbasert produksjon av strøm. Energi til transportformål stod i 2024 for 25% av netto innenlands energiforbruk, og en tredjedel av nasjonale klimagassutslipp. [11, 12] Forbruket av elektrisitet og biomasse i veitransporten har økt de siste årene, bla. drevet av krav, avgiftsfritak og andre incentiver for nullutslippskjøretøy, som har ført til reduksjon i klimagass-utslipp fra veitrafikken. Hydrogen og hydrogenrelaterte energibærere kan på tilsvarende vis fungere som et utslippsfritt alternativ innen maritim transport, tungtransport og luftfart. Her er det verdt å merke at FN sin internasjonale sjøfartsorganisasjon (IMO) i 2025 godkjente et regelverk med krav for å redusere klimagassutslipp fra internasjonal skipsfart. Dette har bidratt til økt interesse for hydrogen og ammoniakk som drivstoff til skipsfart, noe som er reflektert i underområdene brenselcelle og forbrenningsmotor under.

Brenselcelle: omdanning av hydrogen til elektrisitet gjennom brenselcelle

Brenselceller er elektrokjemiske celler som omdanner hydrogen og oksygen til elektrisk energi og vann, altså motsatt av elektrolyse. Brenselceller har typisk en energieffektivitet på 50-65% dersom man ikke benytter seg av spillvarmen, og det finnes flere konkurrerende teknologier på linje med de presentert for elektrolyse over: protonledende membran eller polymer elektrolytt (PEMFC), alkalisk (AFC), fosforsyre (PAFC), og fast oksid (SOFC) brenselcelle. De tre førstnevnte fungerer ved romtemperatur, mens SOFC krever høy temperatur, men er mer energieffektiv. Det finnes også brenselceller som kan bruke hydrogenrelaterte energibærere som ammoniakk og metanol. Også på dette området er flere av teknologiene relativt modne, og det tilhørende FoU behovet primært relatert til problemstillinger som kan drive kostnadene ned og øke markedsmodenheten.

Selv om det historisk sett har vært mye aktivitet innen brenselceller, har det siden 2020 kun blitt bevilget ett ordinært prosjekt (327180), ledet av SINTEF. Prosjektet er internasjonalt (fra utlysning i samarbeid med Nordic Energy Research) og ser på muligheten for å kombinere ulike brenselcelle-teknologier for å bruke ammoniakk som drivstoff til skipsfart med en virkningsgrad over 60%. Konseptet består av cracking av ammoniakk gjennom en SOFC, filtrering av hydrogenet gjennom en protonledende elektrokjemisk membran (PEMFC), og bruk av hydrogenet som drivstoff gjennom en PEMFC. Integrasjonen av trinnene bidrar til økt energieffektivitet og lavere totalt volum og vekt.

Tabell 12. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen brenselceller siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
IU-327180	SINTEF	Undersøke muligheten for å kombinere SOFC, PCEMR og PEM teknologier med mål om å lage et system med høy virkningsgrad (over 60%) for konvertering av ammoniakk til elektrisk energi til skip.

Forbrenningsmotor: ulike motorer drevet av hydrogen som drivstoff

Hydrogen og ammoniakk kan også brukes som brensel i en forbrenningsmotor til å produsere mekanisk energi for transport, eller elektrisk energi for strømproduksjon. En av utfordringene med ammoniakk er at det er mer krevende å antenne enn for eksempel naturgass. NTNU har ledet et FP (320776) som har undersøkt muligheten for å antenne ammoniakk mer effektivt. Teknologien tar utgangspunkt i at karbon-nanorør antennes når de utsettes for et sterkt lysglimt, og siden disse kan fordeles jevnt inni motoren kan de antennes på mange ulike punkter samtidig. En annen utfordring med ammoniakk er at det vil generere utslipp under forbrenning. Manta Marine Technologies har ledet et IPN (332136) med fokus på å utvikle en teknologisk løsning som minimerer utslipp, inkludert ammoniakk som forblir uforbrent (helserisiko), NO_x gasser (bidrar til sur nedbør) og N₂O (sterk drivhusgass).

Bergen Engines har ledet to IPN (327767 og 346515) med mål om å utvikle drivstoff-fleksible forbrenningsmotorer som kan drives på hydrogen og ammoniakk. Ombygging av eksisterende naturgassmotorer til hydrogendrift kan øke levetiden på eksisterende motorer og redusere kostnadene ved overgang til fornybart drivstoff, men her oppstår det flere utfordringer som må løses gjennom FoU. I det nyeste prosjektet er målet å undersøke hvordan ulike kritiske motor-komponenter påvirkes av hydrogensprøhet (som forklart under distribusjon). Dette vil gjøre det mulig å velge materialer og motordesign som kan tåle langvarig eksponering for hydrogen.

Tabell 13. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen forbrenningsmotorer siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
FP-320776	NTNU	Undersøke mer effektiv tenning av ammoniakk i motorer gjennom fototening av karbon-nanorør.
IPN-327767	Bergen Engines	Utvikle en ny type drivstoff-fleksibel, ren og effektiv maritim motor, inkludert nye metoder for å simulere injeksjons-systemer, og studier av ammoniakkforbrenning i mindre forsøksmotorer.
IPN-332136	Manta Marine Technologies	Utvikle teknologiske løsninger som minimerer utslipp av ammoniakk, NO _x og N ₂ O ved forbrenning av ammoniakk som maritimt drivstoff (reduksjons-systemer og katalysatorer).
IPN-346515	Bergen Engines	Utvikle en hydrogendrevet forbrenningsmotor som er motstandsdyktig mot hydrogensprøhet.

E-fuel: bærekraftig drivstoff fremstilt fra hydrogen og karbondioksid

E-fuel (electrofuel) eller såkalt syntetisk drivstoff kan potensielt være bærekraftig og har nærmest like egenskaper som dagens fossilbaserte jet fuel. E-fuel produseres i en Fischer-Tropsch syntese med CO₂ og hydrogen som de viktigste innsatsfaktorene. Til tross for at e-fuel er en enkel løsning, ved at den kan anvendes i konvensjonelle flymotorer, er det en mindre effektiv bruk av energi enn direkte bruk av hydrogen. Bruk av e-fuel fordrer også sporbarhet av CO₂ som inngår for å være bærekraftig. Bruk av hydrogen som drivstoff i luftfart er imidlertid ikke teknologisk modent, og forventes å bli kommersielt tilgjengelig på markedet først i 2035. [10] FoU innen e-fuel kan være med på å senke kostnader sammenlignet med fossilbasert jet fuel, og dermed fremskynde en potensiell overgang til bærekraftig drivstoff. Det kan også gi en lavere inngangsterskel for fornybart hydrogen. [3] Det er også interesse for e-fuel produksjon som en viktig kapabilitet for Europa fra et forsyningssikkerhetsperspektiv. [13]

Det finnes tre e-fuel-prosjekter i porteføljen (se **Feil! Fant ikke referanse-kilden.**). Nordic Electrofuel AS har gjennom et IPN prosjekt (346574) utviklet et patentert konsept for en «SAFIRE» reaktor for omdanning av H₂ og CO₂ til syntesegass (ett av stegene for produksjon av e-Fuel). Reaktoren krever ikke katalysator eller elektrisk oppvarming, og vil dermed være mer kostnads- og energieffektiv sammenlignet med konvensjonelle systemer. Oppfølgeren til dette prosjektet (361880, «SAFIRE 2») ble

nylig bevilget, og skal bidra til eksperimentell verifisering av konseptet, som til nå kun har vært basert på simuleringer. Nordic Electrofuel AS koordinerer samtidig et pilot-prosjekt, finansiert gjennom EUs innovasjonsfond, med mål om å etablere og operere et førstegenerasjonsanlegg for e-fuel på Herøya. Dette temaet er strategisk viktig for å nå EUs mål for bærekraftig luftfart (ReFuelEU).

Tabell 14. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen e-fuel siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
KSP-336215	NTNU	Utvikle ny katalysator og design konsept for å oppnå ett-stegs konvertering av CO ₂ til e-fuel ved moderate temperaturer (300-400°C) som er optimert mht. energi-, økonomi- og miljøperspektiv.
IPN-346574	Nordic Electrofuel	Forstå hvordan turbulent blanding og spesifikke kjemiske reaksjoner interagerer i SAFIRE-reaktor og forbedre prosessen og oppskalere reaktoren. Prosessmodellering og lage designverktøy.
IPN-361880	Nordic Electrofuel	SAFIRE 2 – eksperimentell verifisering av modelleringen gjennomført i IPN-346574

Industri: bruk av hydrogen som innsatsfaktor for å avkarbonisere industri

I 2021 stod norsk fastlandsindustri for omtrent en fjerdedel av norske CO₂ utslipp, hvorav den største andelen kom fra kjemisk industri (40%), produksjon av ferrolegeringer og andre metaller (19%), mineralsk industri (12%) og næringsmiddelindustri (6%). [10] Hydrogen har potensiale til å bidra til å kutte utslipp i denne sektoren på tre områder: (i) ved å erstatte grått hydrogen som råstoff/innsatsfaktor i kjemisk industri (petrokjemi, fremstilling av ammoniakk, etylen, polyetylen, vinylklorid osv.), (ii) ved å erstatte fossilt karbon som reduksjonsmiddel i enkelte metallurgiske prosesser (produksjon av ilmenitt og råstål, forreduksjon av mangan), og (iii) som en høytemperatur varmekilde (aluminiumsindustrien, stålindustrien, og mineralindustrien, f.eks. asfalt- og sementproduksjon). Det vil kreve FoU og teknologi-verifisering for å legge om dagens prosesser til å benytte hydrogen i stedet for fossilt brensel.

Det har vært fire ordinære prosjekter i porteføljen innen industri siden 2020. Noen teknologier er allerede teknisk modne, og krever i hovedsak kun omlegging av eksisterende anlegg og prosesser. Andre vil kreve mer forskning og utvikling; hydrogen kan for eksempel ikke brukes direkte som erstatning for karbon ved produksjon av Si fra SiO₂. Som vist i **Feil! Fant ikke referanse kilden.**, leder SINTEF for tiden et FP med mål om å løse dette problemet gjennom en to trinns prosess, hvor SiO₂ først reagerer med ferdig Si materiale og danner en SiO gass, som deretter kan reduseres til Si ved bruk av hydrogen.

Tabell 15. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen industribruk siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
IPN-321464	Yara	Prosjektet har utviklet en ny, fleksibel og integrert produksjonsprosess for hydrogen, ammoniakk og salpetersyre for nedstrøms produksjon av mineralgjødelse basert på grønn fornybar energi.
FP-325464	SINTEF	Utvikle grunnlag for en ny prosess hvor silisium kan produseres uten CO ₂ utslipp ved å bruke hydrogen i stedet for karbon som reduksjonsmiddel for å fjerne oksygen trinnvis fra silisiumkilden (silisiumoksid).
IPN-332227	Yara	Utvikle SOFC teknologi for fleksibel hydrogen- og kraftproduksjon, kombinert med kjemisk produksjon av NO _x fra NH ₃ . SOFC med utnyttelse av spillvarme er mer effektiv enn tradisjonell vannelektrolyse.
IPN-340988	Yara	Bruke kvantemekanisk modellering kombinert med maskinlæring til å identifisere egnede materialer til en elektrokjemisk celle som produserer grønt hydrogen med høy effektivitet.

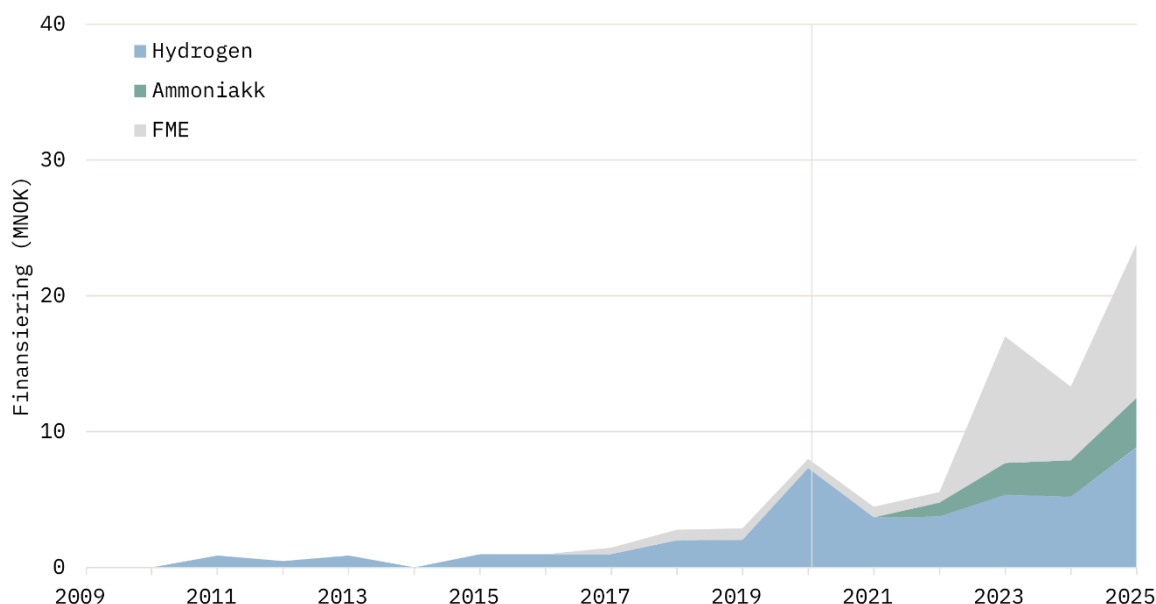
Yara har gjennomført en rekke IPN og Pilot-E prosjekter for å legge om til grønn produksjon av kunstgjødelse basert på fornybar energi. Selv om slik produksjon har vært teknisk mulig i lang tid, er den lite økonomisk lønnsom. Yara har gjennom disse prosjektene jobbet for å få ned kostnadene ved produksjon av grønn mineralgjødelse ved å utvikle nye og forbedrede produksjonsprosesser. Tiltak for å redusere energiforbruket og dermed senke kostnadene har vært økt intern energigjenvinning, integrering av delprosesser, reduksjon av investeringskostnadene og maksimering av produksjons-effektiviteten. Disse IPN prosjektene er gode eksempler på hvor mye en industri kan effektivisere ved å



forske fram og utvikle skreddersydde og optimale løsninger i stedet for å benytte «hyllevare» for hvert enkelt trinn i en industriell prosess. Yara åpnet i 2024 piloten «SKREI» på Herøya, som kan produsere fornybart hydrogen og ammoniakk til produksjon av gjødsel og maritimt drivstoff. [14]

4.4 Sikkerhet

Innenfor delområdet sikkerhet er det for få ordinære prosjekter til at det er meningsfylt å dele det opp i underområder på spesifikke tema. Prosjektene er derfor kun delt opp i type energibærere, i.e., hydrogen og ammoniakk, som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden..** Sikkerhet er delområdet med klart lavest finansiering (ca. 8%, se **Feil! Fant ikke referansekilden..**), og FME utgjør en betydelig andel av denne (32%). Som nevnt, er sikkerhet et viktig aspekt i alle delene av verdikjeden for hydrogen og ammoniakk, og derfor inneholder mange av prosjektene fra de andre delområdene enkelte arbeidspakker dedikert til sikkerhet.



Figur 7. Årlig finansiering gjennom satsingene Miljøvennlig energi og CLIMIT fordelt på hydrogen og ammoniakk innen delområdet sikkerhet. FME finansiering til delområdet er også inkludert, men ikke fordelt på underområder.

Både hydrogen og ammoniakk har egenskaper som medfører betydelig risiko og fare, og dermed er det viktig med en god forståelse rundt sikkerhet, f.eks. helse- og miljø-konsekvenser ved lekkasje, eller brann- og eksplosjonssikkerhet. Slik kunnskap danner også informasjonsgrunnlag for å innføre standarder og regulering som sikrer trygg bruk, distribusjon og håndtering, samtidig som man unngår for stor grad av konservativisme (fastsettelse av sikkerhetsavstand anses som en barriere for hydrogen). Hydrogen og ammoniakk har i lang tid vært brukt i stor skala industrielt, og reguleres i Norge av brann- og eksplosjonsvernloven som forvaltes av direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. [15] Introduksjon av hydrogen og ammoniakk som energibærere vil likevel medføre nye bruksområder som ikke er godt dekket av eksisterende regelverk, som betyr at det fremdeles finnes mange kunnskapshull knyttet til sikkerhet. Ulykker kan ha en stor innvirkning på allmenhetens oppfatning og aksept av teknologien, f.eks. hydrogenstasjon-eksplosjonen som fant sted i Oslo i 2019. I tillegg til økt FoU innen sikkerhet er det dermed også et behov for å øke kunnskapen i den generelle befolkningen.

Hydrogen er en fargeløs, luktfri og ikke-giftig gass som har mye lavere tetthet enn luft. Siden hydrogen ofte er trykksatt til svært høye trykk, og vil være nedkjølt ved bruk av flytende hydrogen, stilles det andre krav til design for å unngå lekkasjer enn de vi er vant med fra andre drivstoff. Ved store lekkasjer og



oppopping til høyere konsentrasjon av hydrogen i luft vil blandingen lett kunne antenne. Mitigerende tiltak kan f.eks. være fordeling av hydrogenet i separate tanker, bruk av lekkasje-detektorer, eller design for god utlufting. [15] Siden 2020 har det vært bevilget fire prosjekter innen hydrogensikkerhet. Fellestrekk for mange av prosjektene er at de kombinerer fysikkbasert modellering med eksperimenter som er basert på relevante scenarioer identifisert ved involvering av aktører fra industrien, og at de bruker kunnskapen til å komme med anbefalinger for trygg bruk av hydrogen. Prosjektene har spesielt fokus på problemstillinger som er relevante for Norge, f.eks. knyttet til maritim sektor, men det finnes også internasjonale prosjekter i porteføljen, inkludert norsk bidrag til IEA Hydrogen TCP Task 37: Hydrogen Safety, og et prosjekt (347411) i samarbeid med Nordic Energy Research.

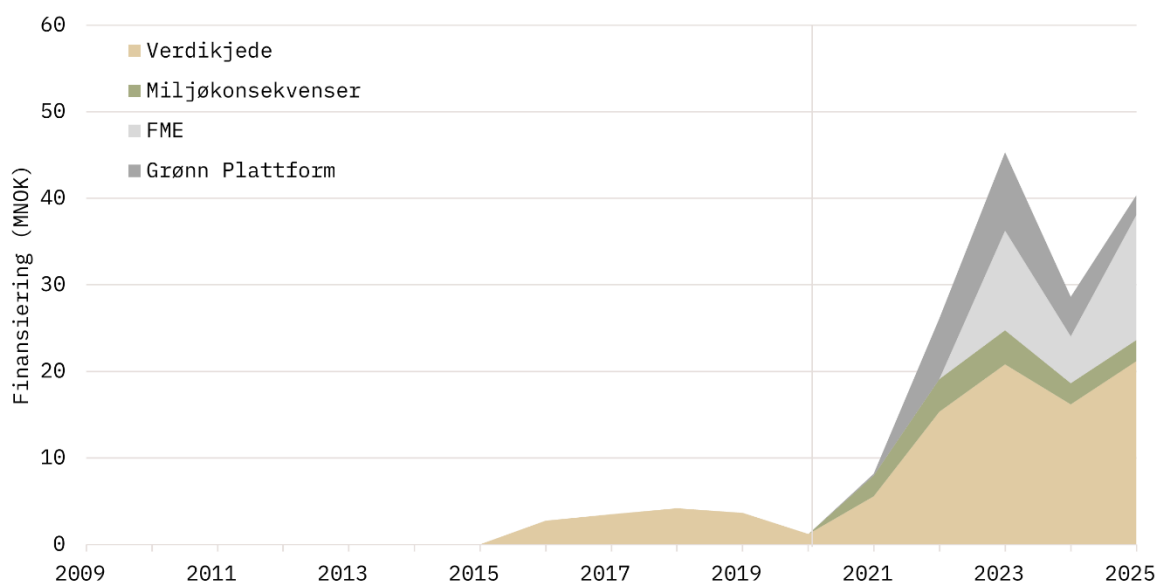
Tabell 16. Prosjekt, ansvarlig, og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen sikkerhet siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
FP-326281	UiB	Tverrfaglig FP med hovedmål om å bidra med anbefalinger til et internasjonalt regelverk som kan danne grunnlag for sikker utbygging av skipsfart med hydrogen og relaterte drivstoff.
KSP-327009	SINTEF	Tette kunnskapshull identifisert av aktører fra industri og myndigheter gjennom utvikling av modelleringsverktøy og validering gjennom lekkasje-, brann- og eksplosjonseksperimenter i ulik skala, samt forskningsbaserte innspill til retningslinjer for sikker bruk av hydrogen.
IPN-327942	Corvus Energy Fuel Cell	Forskning og utvikling av deteksjonsmetode for tap av inneslutning av hydrogen for maritime brenselcellesystemer. Resultatene har blitt brukt for å kommersialisere systemet.
KSP-344210	SINTEF	Utføre eksperimenter og termofysisk modellering for å øke den kvantitative forståelsen av fenomener knyttet til ammoniakkløsning, blanding og fordamping, samt opptak i sjøvann.
IPN-346627	SAFETEC	Etablere ny kunnskap om ulike tennmekanismer og utvikle bedre modeller for estimering av hydrogen tennsannsynlighet for industriapplikasjoner i hydrogenforsyningskjeden.
IU-347411	NTNU	Utvikle en strategi for å redusere hindringer for implementeringen av hydrogen i de nordiske landene, fra et tillatelses-, sikkerhets-, og sosial akseptperspektiv.
KSP-358064	SINTEF	adressere risiko ved lekkasje og spredning av ammoniakk i et temperatur- og trykkområde som er relevant, men ikke tilstrekkelig analysert, ved hjelp av eksperimenter og fysikkbasert simulering.

Ammoniakk er klassifisert som farlig fordi det er giftig, brennbart og har høy korrosivitet, og bruk av ammoniakk i f.eks. maritim sektor medfører dermed flere alvorlige HMS utfordringer i forhold til arbeidsmiljø (lav grenseverdi i arbeidsatmosfære, kronisk eksponering [3]). Det kan også være en trussel mot akvatisk liv ved store utslipp. SINTEF leder et KSP (344210) på dette temaet (se **Feil! Fant ikke referansebildet.**), og det ble nylig innvilget et KSP (358065) som vil studere lekkasje og dispersjon av nedkjølt og trykksatt ammoniakk gjennom fysikkbaserte modeller og eksperimenter, samt slukking med vann.

4.5 Energiomstilling

De ordinære prosjektene innen delområdet energiomstilling kan deles inn i to hovedkategorier: *klima- og miljøkonsekvenser* og *verdikjede*. Førstnevnte handler om potensielle negative effekter av hydrogen og hydrogenrelaterte energibærere på klimaet. Hydrogen er ikke i seg selv en drivhus-gass, men vil kunne føre til kjemiske reaksjoner i atmosfæren som potensielt kan bidra indirekte til økt global oppvarming. Kategorien *verdikjede* omfatter diverse analyser av potensielle verdikjeder, f.eks. eksport av blått hydrogen til Europa, optimal drift av hydrogen-energisystemer med tanke på lønnsomhet, klima, samfunn osv. Slike analyser kan bidra til å identifisere potensielle barrierer og effektive virkemidler for etablering av verdikjeder innen hydrogen – f.eks. offentlig politikk og regulering, karbonprising, sosial involvering, teknologi, balanse og utvikling av energisystemer – og gi kunnskapsbaserte grunnlag for beslutninger.



Figur 8 Årlig finansiering gjennom satsingene Miljøvennlig energi og CLIMIT fordelt på underområder innen delområdet energiomstilling. FME og Grønn Plattform finansiering er også inkludert, men ikke fordelt på underområder..

Som vist i **Feil! Fant ikke referansekilden.**, har det vært bevilget 12 prosjekter innen energiomstilling siden 2020, hvorav to er innenfor klima- og miljøkonsekvenser, og seks er innenfor verdikjede. Begge prosjektene innen førstnevnte underområde er KSP prosjekter ledet av CICERO. Det første prosjektet har kvantisert det globale oppvarmingspotensialet ved utslipp av hydrogen til å være 11.6 ganger høyere enn for CO₂ over 100 år, som skyldes økt mengde metan, ozon og vanddamp i stratosfæren. Resultatet har vakt oppmerksomhet, og bidratt til økt fokus på å detektere og forhindre utslipp i de ulike delene av verdikjeden for hydrogen. I det andre prosjektet benyttes tilsvarende modellverktøy til å undersøke klima- og miljøeffekter av ammoniakkutslipp.

Tabell 17. Prosjekt, ansvarlig og målsetting for ordinære prosjekter bevilget innen energiomstilling siden 2020.

Prosjekt	Ansvarlig	Målsetting
KSP-308811	SINTEF	Utvikle en strategisk veiledning og investeringsstøtte for å utnytte Norge sitt potensial for energi-eksport til Europa, basert på eksisterende policy, strategier og klimaavtaler.
KSP-320240	CICERO	Kvantisere den totale klima- og miljøeffekten av hydrogenutslipp ved å beregne hydrogenets globale oppvarmingspotensial fra numeriske modeller av atmosfærens transport og kjemi.
FP-324892	Frischsenteret	Studere hvordan sosial aksept, offentlig politikk og reguleringer, og nye forretningsmodeller kan opprettholde konkurransedyktige verdikjeder for hydrogen og CCS i Europa
KSP-326769	IFE	Etablere kunnskapsgrunnlag for: (i) rollen hydrogen kan spille i det norske energisystemet, og (ii) hvordan Norge kan bidra til energiomstillingen i EU med fokus på hydrogeneksport
IU-327137	SINTEF	Analysere alternativer for klimanøytralt marint drivstoff fra et nordisk perspektiv, og bidra til forskningsbasert beslutningsstøtte for industri, offentlig politikk og andre aktører.
KSP-336227	CICERO	Bruke observasjoner og modellverktøy for å øke kunnskapen om klima- og miljøeffekter, samt atmosfæreeffekter relatert til både historisk og potensiell framtidig bruk av ammoniakk.
FP-343732	SINTEF	Utvikle optimale driftsstrategier for batteri og hydrogen energilagringssystemer (BESS og HESS)
KSP-344423	IFE	Studere og optimere design og operasjon av elektrolysesystemer på industriell skala som er basert på PEM teknologi og fornybar strømprøduksjon fra vindkraft og solenergi.
IU-346870	SINTEF	Identifisere muligheter for opprettelse av nordiske hydrogen valleys i 2030 og 2040, ved å adressere teknologidemonstrasjon, sikkerhet og standardisering, sosioøkonomiske barrierer og energisystemer.
IU-349448	NTNU	Utvikle energisystem-modellering for analyse av hydrogenverdikjeder fra tilbud og etterspørsel globalt og ned til operasjons-nivå ved spesifikke hydrogen og ammoniakk fasiliteter.
KSP-358871	SINTEF	Utvikle kunnskap og teknologikompetanse på storskala blå hydrogenproduksjon med fangst av CO ₂ i flytende form, nye CO ₂ logistikk-kjeder og regionale industrielle symbioser.
KSP-328679	SINTEF	Utvikle og formidle kunnskap som bidrar til teknologiutvikling i ammoniakk-verdikjeden for maritim sektor, mht. ulike risiko, brenselcellelevetid, teknøkonomisk og GHG analyse osv.



4.5 Balanse i porteføljen av ordinære prosjekter

Porteføljen vil ikke kunne dekke alle områder helt likt. For det første er det relativt få prosjekter, og for det andre vil både utviklingen og behovet innen forskjellige områder variere over tid, slik at det periodevis vil være mange prosjekters innen særlig aktuelle temaer som vinner frem. Fokuset på forskningen og spesialkompetansen i norske miljøer vil også være utslagsgivende for hvilke temaer som når opp. Det er likevel verdt å merke seg hvilke underområder som er underrepresentert, og hvilke underområder som utgjør en dominerende andel.

Innen *Fremstilling* er porteføljen på elektrolyseprosjekter noe ubalansert ved at 10/10 prosjekter siden 2020 er innen AEL og PEM. Det ingen tvil om at disse prosjektene har vært vellykkede og bidratt til utvikling av i konkurransedyktige teknologier, men denne ubalansen er verdt å merke seg, dersom man ønsker en samtidig utvikling av de mindre modne, men lovende teknologiene som SOE, PEC og AEM.

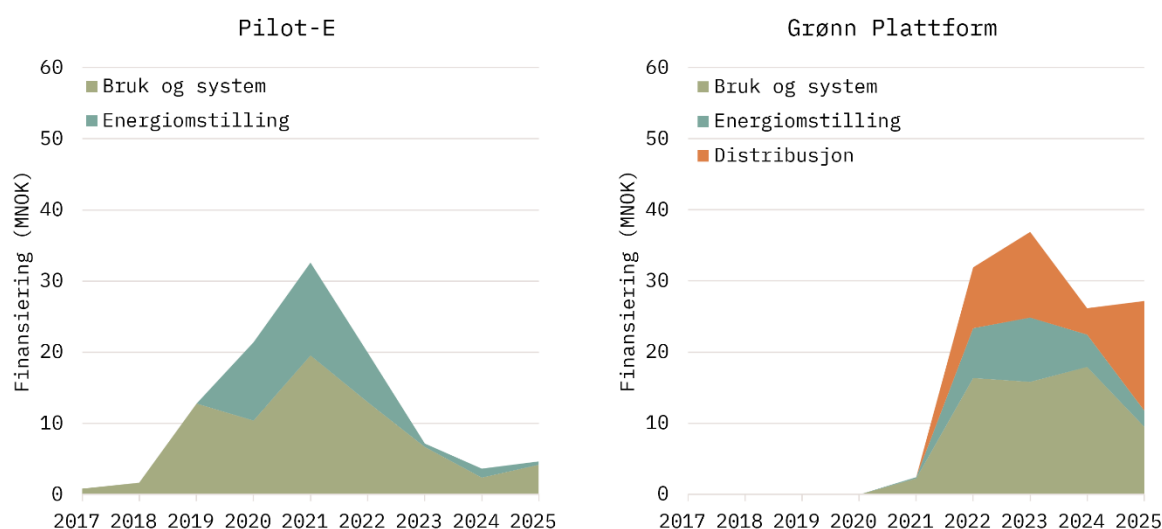
Innen *Distribusjon* består porteføljen av en god blanding av prosjekter rettet mot diverse aktuelle og viktige problemstillinger tilknyttet distribusjon ved etablering av hydrogenverdikjeder, f.eks. rørledning, massestrømmåling, og storskala lagring. Det er imidlertid relativt få prosjekter innen ammoniakk, til tross for økt fokus på ammoniakk innen skipsfart, men dette temaet er totalt sett godt dekket gjennom Grønn Plattform prosjektene på ammoniakk (328679, 328723 og 340884). Også innen dette området er det noe lite fokus på mindre moden teknologi. De siste ti årene har det for eksempel ikke vært finansiert noen nasjonale prosjekter innen materialbasert lagring.

Innen *Bruk og system* har veksten i finansiering i løpet de siste fem årene hovedsakelig kommet fra underområdet *Industri*, og til dels *forbrenningsmotor* og *e-fuel*. Finansieringen av ordinære prosjekter innen *Bruk og system* er altså rettet mot få bruksområder. Det er positivt at prosjektene innen disse områdene lykkes og tiltrekker seg finansiering i flere runder, men flere prosjekter på andre områder, spesielt innen industri kunne vært positivt med tanke på å balansere produksjon og bruk. Det bør også merkes at Pilot-E og Grønn Plattform utgjør en ganske stor del av finansieringen, som betyr at det er relativt få ordinære prosjekter innen Bruk og system (12) sammenlignet med Fremstilling (21) og Distribusjon (17).

Underområdet *Sikkerhet* inneholder ganske få ordinære prosjekter (7), men de er godt fordelt mellom ulike ordninger (IPN, KSP, FP) og type energibærere (hydrogen og ammoniakk). Som påpekt over er det også mange prosjekter innen andre underområder som inneholder aktiviteter innen sikkerhet. Det hadde likevel vært positivt med flere rene prosjekter på sikkerhet.

5. Pilot-E og Grønn Plattform prosjekter

De følgende delkapitlene oppsummerer Pilot-E og Grønn Plattform prosjektene innen hydrogen. Disse prosjekttypene er mer markedsnære og er tildelt med større forventninger om effekter. **Feil! Fant ikke referanse kilde.** viser den årlige finansieringen siden 2017 fordelt på delområder innen hydrogen.



Figur 9. Årlig finansiering gjennom Pilot-E og Grønn Plattform fordelt på delområder innen hydrogen.

5.1 Pilot-E

Pilot-E er et finansieringstilbud til norsk næringsliv, etablert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova i samarbeid. Målet med ordningen er at helt nye produkter og tjenester innen miljøvennlig energiteknologi skal bli raskere utviklet og tatt til markedet for å bidra til utslippskutt både i Norge og internasjonalt. Ordningen omfatter én søknad for bedriften(e) og samordnet beslutning om støtte for hele utviklingsløpet. Sluttkunden som skal ta i bruk den nye løsningen vil kunne kvalifisere for investeringsstøtte fra Enova. Det er lagt opp til tett oppfølging og sterk koordinering mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova. Løpet avsluttes når løsningen er klar for å tas i bruk kommersielt for første gang. Et Pilot-E prosjekt skiller seg fra Forskningsrådets andre søknadstyper ved at kravet til forskningshøyde er noe lavere. De fleste prosjektene bygger på kunnskap og teknologi utviklet i andre, mer grunnleggende FoU-prosjekter. Ordningen ble evaluert av Menon i 2020. [16]

Pilot-E har hatt jevnlig tematisk spissede utlysninger siden 2016, siste gang i 2024. Totalt er det gitt finansiering til 43 prosjekter. Temaene «Utslippsfri maritim transport» (2016, 2018, 2020 og 2021) har generert hydrogenrelaterte prosjekter i maritim sektor. Temaet «Fremtidens bærekraftige industri» (2018) har generert hydrogenrelaterte prosjekter i prosessindustrien. I tillegg har Pilot-E hatt to utlysninger spesifikt rettet mot hydrogen; «Hydrogenverdikjede med lave eller ingen utslipp» (2019) og «Hydrogenknutepunkt» (2021).

Prosjektene skal være ambisiøse og legge opp til rask utvikling av ny teknologi som kan tas til markedet. Dette innebærer at det i mange prosjekter har vært betydelig risiko og samlet sett har



prosjektene i varierende grad blitt realisert. Status for gjennomføring og realisering per våren 2026 er oppsummert under.

Pilot-E har siden 2016 tildelt finansiering til 9 prosjekter innen bruk av hydrogen og ammoniakk i maritim transport, som vist i **Feil! Fant ikke referanse kilden..**

Tabell 18. Pilot-E prosjekter innen bruk av hydrogen og ammoniakk i maritim transport.

Prosjekt	Ansvarlig	Tittel
269091	Fiskerstrand Holding AS	Hydrogen- og batteriteknologi for innovative drivlinjer i skip
296103	Selfa Arctic AS	ZeFF – Zero emission Fast Ferry
296172	EQVA ASA	Havyard - Zero-Emission ROPAX Vessel
321120	Moen Verft	Hydrogen – hybrid arbeidsbåt
331846	Viridis Bulk Carriers	FlexBulk
331862	Heidelberg Materials	HySupply
321117	FLAKK	H2CarbonCat
321103	Grieg Ammonia	MS Grieg Ammonia
321028	Felleskjøpet Agri	Green Bulk

Prosjekt 321120 fra **Moen Verft** har resultert i en hybrid arbeidsbåt for havbruk «Pilot-E» som er bygget og i drift for SalMar. Den er en hydrogen-elektrisk hybrid, med et batteri på 276 kWh i tillegg til fire hydrogentanker og en brenselcelle med kapasitet på 145 kW. Fartøyet er verdens første hydrogendrevne arbeidsbåt til havbruk.

Selfa Arctic AS (296103) hadde som ambisjon å designe og bygge en utslippsfri hurtigbåt som kombinerte batteri, hydrogenteknologi og hydrofoil. Konsortiet designet et foilbasert fartøy som bruker foiler til å løfte skroget og redusere energibruken betraktelig. Ambisjonene om bygging ble skrinlagt, men ZeFF-konseptet har fungert som en viktig teknologisk plattform. Prosjektet gikk over i det fylkeskommunale samarbeidsprosjektet Fremtidens Hurtigbåt, som fullførte en detaljert design- og spesifikasjonsfase for batteri- og hydrogenhurtigbåter i 2023. Kompetansen herfra er tatt med videre i Grønn plattform-prosjektet ZeroKyst for bygging av hydrogendrevne fartøy for fiske og havbruk. Per i dag er det i hovedsak bygd hybrid-elektriske fiskebåter som er klargjort for hydrogen når dette er kommersielt forsvarlig og tilgjengelig til en akseptabel pris.

Grieg Ammonia/Eyder AS (321103) har utviklet ferdig designkonsept for ammoniakktankere i forskjellige størrelser som er godkjent av DNV (AIP). Fartøyene vil bli bygget etter hvert som produksjonen og etterspørselen etter ammoniakk materialiserer seg.

Prosjektet **Green Bulk/With Orca** (321029) hadde som målsetting å bygge verdens første nullutslipps bulkskip drevet av hydrogen og vindkraft, for å frakte korn, stein og pukk i en rundtur mellom Østlandet og Vestlandet. Prosjektet vant en prestisjefyllt 15-årig transportkontrakt i 2021, men strandet på grunn av svært høye byggekostnader. Prosjektet er omstrukturert og videreført i selskapet Halten Bulk som i januar 2026 bestilte to fartøy designet med rotorseil, batteri og hybridelektrisk fremdrift som skal bygges i Kina.

Usikre rammebetingelser, fortsatt høyt kostnadsnivå og usikkerhet omkring oppbygging av en infrastruktur for tilgang til hydrogen har medført at de øvrige prosjektene er utsatt eller terminert før siste fase (investeringsbeslutning og bygging). Dette gjelder **Fiskerstrand Holdings** prosjekt, **Havyard**, **FlexBulk** og **H2Carbon Cat**. Imidlertid tas kunnskapen som er utviklet i de første fasene av prosjektene til andre prosjekter. Dette handler om ferdig utviklede og skalerbare design og teknologiløsninger,



utvikling av regelverk og standardisering, osv. Pilot-E har bidratt til etablering av nettverk mellom vareeiere, rederier, verft, designere og systemleverandører som igjen har gitt grunnlag for samarbeid om ulike typer nullutslippsløsninger i maritim transport. DNVs Grønt skipsfartprogram har også vært en viktig bidragsyter i dette arbeidet.

Til utlysningene i 2019 og 2021 knyttet til hel verdikjede for hydrogen og hydrogenkutupunkter ble det finansiert tre prosjekter (**Feil! Fant ikke referansekilden.**). Her er to realisert eller i ferd med å bli klart for produksjon.

Tabell 19. Pilot-E prosjekter innen hydrogenproduksjon.

Prosjekt	Ansvarlig	Tittel
309872	Norwegian Hydrogen	Hellesylt Hydrogen Hub
310032	BKK AS, nå Eviny	Liquid hydrogen to decarbonize maritime transport in Norway
331887	Green H	H2nærnode - Hydrogenknutepunkt for nærforsyning

Pilot-E-prosjektet **Hellesylt Hydrogen HUB (HHH)** (309872) som ble åpnet i 2024, er en av Norges største produsenter av grønt hydrogen. Anlegget produserer daglig opp til 1,3 tonn hydrogen som skal brukes i industri og på sikt i tunge kjøretøy og ferger.

Produksjonsanlegget til **Green H AS** (331887) i Bodø er under bygging og skal etter planen fra 2027 produsere opp til 8,5 tonn grønt hydrogen hver dag. Hydrogenet skal primært forsyne Torghatten Nord sine nye hydrogenferger som skal gå i drift mellom Bodø og Lofoten fra årsskiftet 2026/27. Det er også planer om utnyttelse av overskuddsvarme fra hydrogenproduksjonen som skal kobles på fjernvarmenettet til Bodø Energi Varmer.

BKKs (nå Eviny) Pilot-E-prosjekt, **Aurora** (310032), hadde som målsetting å bygge Europas første komplette forsyningskjede for fornybart flytende hydrogen for maritim industri. Anlegget på Mongstad skulle produsere 6 tonn fornybart flytende hydrogen per dag via elektrolyse og planen var kommersiell drift fra 2024. Prosjektet ble skrinlagt i 2022 etter at konsortiet ikke klarte å sikre seg nok kommersielle kunder som ville forplikte seg på grunn av prisgapet mellom grønt hydrogen og tradisjonell marin diesel.

I 2018 bidro Pilot-E også med finansiering til et prosjekt hos **Yara** (296434) for utvikling av gjødsel produsert med lave CO₂-utslipp (**Feil! Fant ikke referansekilden.**). Prosjektet ble senere videreført med finansiering fra flere IPN-prosjekter (se tabell 18) og har deretter mottatt 283 mill. kroner i støtte fra Enova til realisering av anlegget. Som nevnt over, ble pilotanlegget «SKREI» på Herøya åpnet i 2024. Ved bruk av en 24 MW elektrolyse-fabrikk som erstatning for naturgass kuttes CO₂-utslippene med anslagsvis 41 000 tonn årlig. Gjødselen markedsføres i Yaras ultra-lavkarbon-portefølje under navnet *Yara Climate Choice*.

Tabell 20. Pilot-E prosjekter innen industriell bruk.

Prosjekt	Ansvarlig	Tittel
296434	Yara International ASA	Realisering av en verdikjede for grønn mineralgjødsel

5.1 Grønn Plattform

Grønn Plattform er en samarbeidsutlysning mellom Innovasjon Norge, Siva og Forskningsrådet. Målet er å utløse flere og raskere investeringer fra norske bedrifter i grønne bærekraftige løsninger og produkter, styrke norsk eksport og verdiskaping, og gjøre oss i stand til å gjennomføre nødvendig grønn omstilling og skape grønn vekst. Det er en forventning om at Grønn plattform prosjektene skal gi økt verdiskaping og styrke norske bedrifters konkurransekraft, ha målbare positive virkninger på klima og miljø, og utvikle flere arbeidsplasser. Prosjektene skal levere på disse forventningene allerede i et 2030-perspektiv, med ytterligere positive effekter i et 2050-perspektiv.

Siden den første utlysningen i 2021 har det vært bevilget 4 prosjekter innen temaområdet Hydrogen og hydrogenbaserte energibærere, hvorav to (to) er innen ammoniakk (hydrogen). Under følger en kortfattet beskrivelse av hvert av disse Grønn Plattform prosjekt.

Tabell 21. Grønn Plattform prosjekter innen hydrogen.

Prosjekt	Ansvarlig	Tittel
KSP-328721 IPN-328718	SINTEF Energi Selfa Arctic AS	ZeroKyst: Avkarbonisering av sjømatnæringen
KSP-328679 IPN-329723	SINTEF Energi Azane Fuel Solutions	Ammoniakk som maritimt drivstoff Bunkringsnettverk for ammoniakkdrivstoff
340884	Wärtsilä Gas Solutions Norway	Ammoniakk som hydrogenvektor til energimarkedet
360147	NORCE Teknologi	Low Emission Hydrogen and Carbon Value Chains (HyCarbon)

Grønn Plattform prosjektet **ZeroKyst** (2021) har hatt som mål å akselerere overgangen til lav- og nullutslippsløsninger i fiskeri- og havbruksnæringen, med fokus på å utvikle og demonstrere teknologi, kunnskap og verktøy som muliggjør trygge, pålitelige og kostnadseffektive nullutslipps-drivlinjer for ulike typer fartøy. Dette prosjektet bygger som nevnt videre på kompetanse som ble opparbeidet i Pilot-E prosjektet til Selfa Arctic AS (296103), og består av to deler: et kompetanse-byggende prosjekt ledet av SINTEF Energi (328721) og et innovasjonsprosjekt ledet av Selfa Arctic AS (328718). Prosjektene inneholder aktiviteter rettet mot både hydrogen- og batteridrevne fartøy.

Prosjektet har levert teknologi- og kompetanseutvikling innen lav- og nullutslippsløsninger, inkludert ferdige teknologikonsepter for elektriske og hybride fiskefartøy, dokumentert metodikk for dimensjonering og integrasjon av energisystemer, samt regulatorisk og teknisk forarbeid for hydrogenproduksjon og -distribusjon. I tillegg er det bygget kompetanse hos verft, leverandører og havneaktører, og utviklet digitale verktøy og beslutningsstøtte. Samtidig har eksterne rammevilkår begrenset tempoet i faktisk markedsutrudding knyttet til planlagt ombygging av 10 fartøy til nullutslippsdrift, og etablering av en hydrogenstasjon på Vannøya. Det kan nevnes at Selfa Arctic AS har bygd en helelektrisk fiskebåt som er klargjort for hydrogen. Samlet sett har ZeroKyst vist at tilgjengelig teknologi muliggjør betydelige utslippsreduksjoner i deler av sjømatnæringen, og lagt et grunnlag for videre utrudding og skalering av nullutslipps-løsninger i den norske kystflåten.

Prosjektet **Ammoniakk som maritimt drivstoff / Bunkringsnettverk for ammoniakkdrivstoff** (2021) er også delt inn i et kompetansebyggende prosjekt (328679) og et innovasjonsprosjekt (328723), ledet av henholdsvis SINTEF og Azane Fuel Solutions.

Kompetanseprosjektet har hatt som mål å utvikle og formidle ny kunnskap for å legge til rette for implementering av ammoniakk som et nullutslippsdrivstoff for skip, og har adressert en rekke utfordringer i denne forbindelse, f.eks. knyttet til sikkerhet, umoden sluttbruker-teknologi og begrenset produksjon av karbonfri ammoniakk. Dette har resultert i en avansert CFD-modell for å forutsi oppførselen ved lekkasje av kald ammoniakk under typiske norske forhold, samt to modeller som støtte



til å etablere nye maritime ammoniakk-verdikjeder i Norge. I tillegg har prosjektet gjort simuleringer på en lovende metode for å løse problemet med antenning, ineffektiv utnyttelse og uønskede NOx utslipp ved bruk av ammoniakk som drivstoff i forbrenningsmotor. Til slutt ble et testanlegg utviklet for å evaluere ytelse og bedre forstå nedbrytningsmekanismer i SOFC brensel-celler som, i motsetning til PEM brenselceller, kan drives direkte på ammoniakk.

Innovasjonsprosjektet er i slutfasen og har hatt som mål å utvikle og bygge en effektiv og skalerbar bunkrings-terminal og pilotere denne i en norsk havn, med stor vekt på sikkerhet, prosedyrer og løsninger som vil redusere risiko. I desember 2025 mottok Azane Fuel Solutions tilsagn om tilskudd fra ENOVA til bygging av tre bunkringsanlegg for ammoniakk på Vestlandet, hvor flere av partnerne er involvert og bidrar med teknologi, sikkerhetskompetanse, logistikk-løsninger og operasjonell ekspertise. Dette bygger blant annet på erfaringene, teknologien og metodene fra prosjektet.

Prosjektet **Ammoniakk som hydrogenvektor til energimarkedet** (2023) er ledet av Wärtsila Gas Solutions Norway (340884), og er i slutfasen. Prosjektet ble initiert for å etablere en komplett verdikjede for grønn ammoniakk som energibærer, med særlig vekt på dekarbonisering av maritim sektor og utfordringer knyttet til lagring og transport av hydrogen. Hovedmålet har vært å utvikle og verifisere en pilotmodul for spalting av ammoniakk til hydrogen på en maritim installasjon lokalisert ved en mottaks-terminal for hydrogen. Teknologien inkluderer utvikling av system for forbrenning av ammoniakk som varmekilde i prosessen, katalytisk omforming av ammoniakk til hydrogen og nitrogen, og rensing av hydrogenet.

Prosjektet **Low emission hydrogen and carbon value chains (HyCarbon)** (360147) er det nyeste Grønn Plattform hydrogen prosjektet, innvilget i slutten av 2025, og er ledet av NORCE. Prosjektet har per i dag ikke startet, men vil omhandle fremstilling av «Turkis» hydrogen (som nevnt i Kapittel 4) hvor metan omdannes gjennom pyrolyse til hydrogengass og karbon i fast form.

6. Forskningssentre for miljøvennlig energi (FME)

Regjeringens veikart inkluderte et mål om å etablere et særskilt FME innen hydrogen og ammoniakk som skulle dekke hele verdikjeden, inkludert grønn og blå produksjon, bruk innen energi, mobilitet og industri, samt sikkerhet og miljøaspekter. FME HYDROGENi (333118) og HyValue (333151) ble etablert i 2022 og oppfyller samlet dette målet. Sentrene har ulikt fokus, som beskrevet under, og dekker hydrogenområdet godt. Sentrene har også jevnlig møter hvor de oppdaterer hverandre på sine aktiviteter og planer. FME har en planlagt prosjektperiode på 8 år.

Begge sentrene er forbi oppstartsfasen, og opererer nå for fullt med høy vitenskapelig produksjon. Sentrene rapporterer om dette, blant annet gjennom detaljerte årsrapporter med høydepunkter og resultater som ligger ute på deres nettsider ([HYDROGENi](#), [HyValue](#)). Under følger en kort beskrivelse av mål, aktiviteter og noen resultater fra de to ulike sentrene

5.1 FME HYDROGENi

FME HYDROGENi (Norwegian centre for hydrogen and ammonia research and innovation) er ledet av SINTEF, som har med seg 5 andre forskningsorganisasjoner og 40 brukerpartnere (per dags dato) fra en rekke bransjer: energi og kraft, hydrogenproduksjon, teknologi, prosessindustri, maritim og sikkerhet.



Gjennom sin rolle som teknisk koordinator og FoU partner har HYDROGENi også bidratt sterkt til at Fremtidens Industri – Renewable Energy Cluster (REENERGY) nylig klarte å sikre seg 240 MNOK i Horisont Europa støtte til prosjektet NORHyWay, som blir en Hydrogen Valley i midt-Norge

5.1 FME HyValue

FME HyValue (Hydrogen value chain research) er ledet av NORCE, sammen med 7 norske og 4 internasjonale forskningsorganisasjoner, og 39 brukerpartnere (per dags dato). Senteret ser også på hele verdikjeden til hydrogen fra produksjon til implementering av hydrogenteknologi i samfunnet. Senteret skiller seg fra HYDROGENi ved å ha fokus på nyere, men mindre moden teknologi for produksjon av hydrogen, f.eks. fotoelektrokjemisk vannsplitting drevet av sollys, eller metansplitting ved pyrolyse. I tillegg til stort fokus på sikkerhet er det også økt fokus på økonomi, retts- og samfunnsvitenskapelig forskning. Sammensetningen av brukerpartnere gjenspeiler dette, med involvering av f.eks. advokatfirmaer, offentlige organer, kommuner og fylkeskommuner.

Forskningsaktivitetene i HyValue er delt inn i seks arbeidspakker: *WP1 Produksjon*: Grønt hydrogen gjennom PEM og fotokatalyse, turkist hydrogen, metan-splitting, nye produksjonsmetoder og mulighetsstudier. *WP2 Transport og lagring*: Effektiv transport og distribusjon, robust måling for verdikjeder, reguleringer og standarder for hydrogen infrastruktur, løsninger for storskala lagring i undergrunn, fleksible lagringssystemer. *WP3 Sluttbruk*: Maritim bruk av hydrogen og relaterte energibærere, redusere karbon-avtrykk, kostnadseffektive hydrogendrevne maritime operasjoner, bruk av hydrogen i CCU i forbindelse med industri. *WP4 Sikkerhet og risiko*: Viktigheten av kunnskap, kommunikasjon og forståelse av risiko, strukturer for sikkerhetskontroll og rammeverk for regulering, mitigerings- og konsekvens-modellering, forebygging og sikkert design, scenarioer og fenomener. *WP5 Samfunnsmessig virkning og integrering*: Sosiale dilemmaer, levende laboratorier, hvordan hydrogen er koblet og integrert i sositokniske systemer, undersøkelse av offentlig kyndighet og legitimitet med hensyn til hydrogen og teknologi. *WP6 Integrere hydrogen i verdikjeder*: EU marked og politikk, bærekraft, finansiering av hydrogen-investeringer, forretningsmodeller i hydrogenverdikjeder.

Av nylige høydepunkter fra forskningen som pågår i senteret, kan det nevnes at WP1 har utviklet fotokatalysatorer av metallsulfid/TiO₂ nanokompositt med høyere produksjon og lavere kostnad for sjøvannsplitting drevet av sollys, samt utviklet nikkelbaserte katalysatorer for metansplitting med gode resultater for samproduksjon av hydrogen og karbonnanorør. WP2 avsluttet som enkelt-stående arbeidspakke i 2025, men har blant annet levert en vurdering av ulike måleteknologier som finnes for hydrogenrike blandinger, med fokus på nøyaktig og pålitelig måling og standardisering ved eierskifte, som har lagt grunnlaget for arbeid i WP3 hvor man har bygd opp ny eksperimentell infrastruktur for gassmåling, samt brenselceller. Et resultat fra WP3 er at akustiske målinger fra sistnevnte infrastruktur ser ut til å kunne varsle «flooding» i brenselceller (akkumulering av vann som kan blokkere gasstrømmen), som kan være viktig mtp. ytelse og levetid. WP4 har fokusert på å analysere og håndtere risiko og sikkerhet i hydrogensystemer og oppskalering for industrielle applikasjoner, med kritisk undersøkelse av etablerte metoder og som stammer fra olje- og gassaktiviteter. Forskning på avanserte metodologiske tilnærminger for å vurdere risiko, usikkerhet og «kunnskapsstyrke» i hydrogenregulering og sikkerhetsvurdering muliggjør mer robust og transparent beslutningstaking i nærvær av usikkerhet. WP5 har sett på samordningen mellom aktører i det norske hydrogenfeltet i perioden 2020-2025 og funnet at samordningen var sterk fram til 2023, men senere har blitt mer fragmentert, noe som kan svekke samspillet mellom blå og grønne aktører. WP6 har dokumentert og analysert gapet mellom annonserte og realiserte grønne hydrogenprosjekter, og peker på kostnadsulemp, avtaker-usikkerhet, finansierings-utfordringer og ufullstendige virkemidler som sentrale forklaringer.



Figur 11. Oversiktsbilde fra HyValue som illustrerer de ulike delene av verdikjeden for hydrogen (fra hyvalue.no)

Det bør til slutt nevnes at begge sentrene bidrar godt med faktabaserte og mer langsiktige perspektiver i samfunnsdebatten rundt hydrogen, blant annet gjennom et felles webinar og kronikk i Dagens Næringsliv med samme tittel «Hydrogen er ingen boble» i 2025, presentert av senterledere Nils Røkke (HYDROGENi) og Arvid Nøttveit (HyValue). [17]

7. Veien videre

I disse dager jobbes det aktivt med den nye nasjonale forsknings- og innovasjonsstrategien innen utslippsfri energi, petroleum, CO₂-håndtering og havbunnsmineraler: Energi2050. [3] I mars 2026 ble det gjennomført et arbeidsmøte om hydrogen hvor det kom inn innspill fra om lag 60 deltakere fra næringsliv, leverandørindustri, forsknings- og innovasjonsmiljøer, universiteter og offentlig sektor. Det ble blant annet diskutert hvilke forsknings- og innovasjonsbehov som bør prioriteres fremover. Her er det flere interessante punkter, sett i lys av vår porteføljeanalyse:

- Kostnadsreduksjon i hele verdikjeden pekes fremdeles på som det mest gjennomgående behovet for hydrogen. Selv om det har vært positiv utvikling (som også er tydelig fra vår porteføljeanalyse), vil en fortsatt bred satsing på forskning i hele verdikjeden være viktig.
- Naturlig hydrogen pekes på som en mulig fremtidig ressurs, med aktiv leting igangsatt i USA, Frankrike, Australia og Finland, og geologiske forutsetninger i Norge som ikke enda er kartlagt. Det har som nevnt kommet noe aktivitet på dette området i porteføljen, blant annet et EU CETP prosjekt ledet av NORCE (361041).



- Hydrogen stiller andre krav til sikkerhet enn petroleum. Det er behov for bedre kunnskapsgrunnlag for presis og dynamisk risikovurdering, samt harmoniserte standarder for lagring og transport, distribusjon og produksjon både på land og offshore. Hydrogenporteføljen har fått et sterkt økt fokus på sikkerhet de siste fem årene, men vår analyse viser at det fremdeles kunne vært flere rene prosjekter innen sikkerhet.
- Økt grad av deling av forskningsresultater fra offentlig finansierte prosjekter er også nevnt, spesielt for pilotprosjekter og demonstrasjonsanlegg, som genererer verdifulle driftsdata som er kritiske for oppskalering. Også resultater fra risikoanalyser bør deles, da det vil heve kvaliteten om arbeidet blir gransket av flere. Her kan tiltak være pålegg om strukturert datadeling, med forhåndsdefinerte krav til typer, formater og anonymisering.
- Det pekes på et behov for mer balansert FoU innsats mellom produksjon og sluttbruk, i forhold til at det nå er vesentlig mer fokus på produksjon enn sluttbruk. Bruksområder som prosessvarme i metallurgisk industri, forbrenning i tungindustri, maritim fremdrift og tungtransport har alle forskningsbehov knyttet til kostnadseffektiv implementering. Dette harmonerer til en viss grad med vår analyse. Selv om den totale finansieringen innen bruk og system har vært på nivå med fremstilling, har en stor del av dette gått til Pilot-E og Grønn Plattform, som er mer fokusert på markedsnære løsninger, og mindre på forskningshøyde. Det er et klart behov for flere ordinære forskningsprosjekter på området.
- Det trekkes frem mange andre FoU-temaer med behov for utvikling som allerede er omfattet av hydrogenporteføljen (teknologiutvikling for elektrolysører, brenselceller og materialer; transport og storskala lagring av hydrogen; digitalisering og kunstig intelligens i hydrogenverdikjeden), men nye vinklinger på temaer er også diskutert. Hydrogens virkning på materialer gjennom hele verdikjeden er for eksempel en generisk utfordring som krever systematisk forskning. Sektorkobling mellom hydrogen, kraft-system, industri og transport trekkes frem som et tema det må forskes mer helhetlig på, f.eks. hydrogen og biogass sett i sammenheng, kombinasjon av CO₂ med hydrogen til e-fuel, samt optimalisering av slike koblinger. Igjen, en fortsatt bred satsing på hele verdikjeden vil sørge for at det er muligheter for støtte til forskning og utvikling på dette.

Hydrogen er et spennende temaområde, og helt avslutningsvis er det verdt å reflektere over det store bildet. IEA spår fortsatt vekst innen hydrogen [8], men det er fremdeles uklart hvilken rolle hydrogen vil spille fremover. Det som er helt sikkert er at verden trenger rent hydrogen; det forbrukes allerede i store kvanta til en rekke formål (100 millioner tonn i året globalt [8]), hvorav majoriteten er produsert med store utslipp. En vellykket grønn omstilling vil kreve at man erstatter dette med fornybart hydrogen.

Referanser

- [1] Regjeringens hydrogenstrategi - på vei mot lavutslippssamfunnet, Energidepartementet, Klima- og miljødepartementet, 2020.
- [2] Meld. St. 36 (2020-2021) Energi til arbeid - langsiktig verdiskaping fra norske energiresurser, Energidepartementet, 2021.



- [3] Energi 2050, «Referat fra innspillsmøte for Hydrogen,» [Internett]. Available: https://www.forskningsradet.no/siteassets/energi2050_referat_hydrogen_23032026.pdf.
- [4] Meld. St. 16 (2024-2025) Industrien - konkurransekraft for en ny tid, Nærings- og fiskeridepartementet, 2024.
- [5] Kunnskapsdepartementet, Prop. 1 S (2020-2021), 2020.
- [6] Finansdepartementet, Prop. 127 S (2019-2020), 2021.
- [7] Energi2021.
- [8] IEA, «Global Hydrogen Review,» 2025.
- [9] N. Hydrogenforum, «Nel har tatt investeringsbeslutning for anlegget på Herøya,» [Internett]. Available: <https://www.hydrogen.no/aktuelt/nyheter/nel-har-tatt-investeringsbeslutning-for-anlegget-pa-heroya>.
- [10] Oslo Economics, Greensight, SINTEF, «Sammenhengende verdikjeder for hydrogen: En utredning på oppdrag for Olje- og energidepartementet,» 2023.
- [11] Statistisk sentralbyrå, «Produksjon og forbruk av energi, energibalanse og energiregnskap,» [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/produksjon-og-forbruk-av-energi-energibalanse-og-energiregnskap>.
- [12] Statistisk sentralbyrå, «Utslipp til luft i Norge,» [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>.
- [13] Norsk Hydrogenforum, «Hydrogenkonferansen 2026 - Oppretthold ambisjonene,» 2026. [Internett]. Available: <https://www.hydrogen.no/aktuelt/nyheter/hydrogenkonferansen-2026-opprethold-ambisjonene>.
- [14] Yara, 2024. [Internett]. Available: <https://www.yara.com/news-and-media/media-library/press-kits/renewable-hydrogen-plant-heroya-norway/>.
- [15] Norsk Hydrogenforum, «Hydrogen og sikkerhet,» [Internett]. Available: <https://www.hydrogen.no/om-hydrogen/sikkerhet#:~:text=All%20produksjon%2C%20lagring%2C%20transport%20og,ved%20hydrogen%20er%20imidlertid%20kjente..>
- [16] Menon, «Evaluerings av Pilot-E,» 2020. [Internett]. Available: <https://menon.no/prosjekter/evaluerings-pilot-e>.
- [17] A. N. Nils Røkke, «Dagens Næringsliv,» 2025. [Internett]. Available: <https://www.dn.no/innlegg/energi/fornybar-energi/hydrogen/hydrogen-er-ingen-boble/2-1-1825061>.