



RAPPORT

Vurdering av FME-ordningen

Delrapport 2 av 2



Foto: iStock

Av Annegrete Bruvoll, Leo Grünfeld, Sigrid Hernes, Inger Nielsen Hole, Mikael Storhaug Amari, Piotr Śpiewanowski, Ingvald Sundal Smelvær, Bjarne Børresen, Sigmund Sørensen Kielland, Morten Solstad, Carl Godager Kaas, Alexander Ross Cowie-Sailer, Kaj Halvorsen, Øyvind Handberg og Even Winje.

Forord

På oppdrag for Norges forskningsråd har Menon Economics og Multiconsult utarbeidet en studie av effekter av energiforskning. Formålet med arbeidet er å dokumentere effekter av forskningen i Forskningssentre for miljøvennlig energi (FME) og programmene ENERGIX og CLIMIT. Studien tar utgangspunkt i energiforskning i perioden 2016 og fram til i dag, og bygger videre på den tidligere studien av energiforskning som Impello gjennomførte sammen med Menon Economics i 2018.

Studien presenteres i to delrapporter. Dette er delrapport 2 som omhandler vurdering av FME-ordningen. Delrapport 1 presenterer effekter av utvalgte forskningscase som har vært gjennomført i regi av FME-ordningen.

Annegrete Bruvoll (administrativt ansvarlig, faglig ansvarlig del 1) og Leo Grünfeld (faglig ansvarlig del 2) har vært ansvarlige for prosjektet. Sigrid Hernes, Inger Nielsen Hole, Piotr Śpiewanowski, Mikael Storhaug Amari har vært prosjektmedarbeidere fra Menon. Ingvild Sundal Smelvær har ledet teamet med fagekspert og kvalitetssikrere fra Multiconsult, med Bjarne Børresen, Sigmund Sørensen Kielland, Morten Solstad, Carl Godager Kaas, Alexander Ross Cowie-Sailer, og Kaj Halvorsen. Even Winje og Øyvind Handberg har vært kvalitetssikrere fra Menon.

Vi takker Norges forskningsråd for et spennende oppdrag. Takk også til alle involverte fra FME-ene for gode innspill og informasjonsdeling underveis i prosessen.

April 2025

Annegrete Bruvoll
Prosjektansvarlig Del 1
Menon Economics

April 2025

Leo Grünfeld
Prosjektansvarlig Del 2
Menon Economics

Om Menon Economics

Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter. Vi er et konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked.

Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt.

Les mer om vårt arbeid på menon.no.

Om Multiconsult

Multiconsult ASA er et ledende norsk ingeniør- og arkitekturselskap. Med nærmere 3500 høyt kompetente medarbeidere fordelt på sterke fagområder kan Multiconsult påta seg de mest komplekse prosjektene markedet har å tilby. Multiconsult har lang erfaring med prosjekter for offentlige og private kunder innen bygg og eiendom, energi og industri og anlegg. Vår rådgivning dekker et bredt spekter av fagområder, blant annet energiledelse og energieffektivisering, fornybar energiproduksjon, transport og klimagassutslipp og klimagassreduksjon med kjent og ny teknologi.

Om Forskningsrådet

Forskningsrådet skal sikre at de beste forsknings- og innovasjonsprosjektene blir finansiert og deler ut ca. 11 mrd. kroner hvert år på vegne av alle departementene. Forskningsrådet er forvaltningens og regjeringens rådgiver innen forskning og innovasjon og gir råd om på hvilke områder samfunnet trenger mer kunnskap og nye løsninger. Forskningsrådet har også ansvar for ulike arenaer for dialog mellom forskere, næringsliv, offentlig sektor og andre brukere av forskning og innovasjon og kobler sektorene slik at de kan lære av hverandre og samfunnet får tatt ny kunnskap raskere i bruk. I tillegg utfører Forskningsrådet ulike eksternt finansierte oppdrag, satsinger og strategiprosesser, på vegne av departementene og andre offentlige organ.

Innhold

Sammendrag	4
1 Innledning og metode	9
1.1 Innledning og formål	9
1.2 Rammeverk og informasjonskilder	10
2 Kort om FME-ordningen	12
3 Finansiering av energiforskning og FME-ordningen	15
3.1 Finansiering av energiforskning i Norge	15
3.2 Finansiering av energiforskning i Forskningsrådet	19
3.3 Finansiering av energiforskning i FME-ene	21
4 Vurderinger av FME-ordningen	25
4.1 Samarbeid i FME-ene og FME-ordningen	25
4.2 Kompetanseutvikling – Forskerutdanning	29
4.3 FME-enes utgivelser og publikasjoner	38
4.4 Flerfaglighet i forskningen	45
4.5 Overordnede betraktninger rundt hvordan FME-ene har jobbet internasjonalt	47
4.6 Øvrige resultater av FME-enes arbeid	48
5 Oppsummering og samlet vurdering	53
Vedlegg	55
Vedlegg A: Oversikt over tidligere FME-er og sammenlignbare SFF-er og SFI-er	55

Sammendrag

I lys av den grønne omstillingen står Norge og verden overfor store utfordringer. En viktig del av dette henger sammen med behovet for et mer robust energisystem som kan håndtere høye effekttopper, inkorporere nye regulerbare energikilder, redusere flaskehalser i strømmettet, samt minimere kostnader og naturpåvirkning fra nye energikilder eller energieffektiviserende tiltak. I tillegg kreves utvikling av nye grønne teknologier, som hydrogen, forbedret bruk av restmaterialer, bioteknologier og karbonfangst og -lagring (CCS). Forskning er avgjørende for å lykkes med disse utfordringene.

En viktig del av Forskningsrådets innsats innen energiforskning har vært gjort gjennom Forskningssentre for miljøvennlig energi (FME), samt programmene ENERGIX og CLIMIT. Formålet med denne studien er å belyse effekter av energiforskningen som har vært delfinansiert av Forskningsrådet. Dette arbeidet oppsummeres i to delrapporter, hvor denne rapporten er delrapport 2:

- **Delrapport 1: Effekter av energiforskning.** Vurdering av økonomiske og miljømessige effekter av 60 case som har fått støtte fra FME-ordningen, CLIMIT og/eller ENERGIX.
- **Delrapport 2: Vurdering av FME-ordningen** i lys av sentrenes egenskaper. Dette inkluderer strukturer for samarbeid, forskerutdanning, publikasjoner, flerfaglighet, internasjonalisering og øvrige resultater utover det som presenteres i delrapport 1.

Vi vurderer i denne delrapporten FME-ordningen. Vurderingene er basert på statistikk fra Forskningsrådet og FME-ene, diverse rapporteringer fra sentrene, tidligere evalueringer og intervjuer med senterledelsene. Å vurdere ordningen krever en form for sammenlignbarhet opp mot ett eller flere referansepunkt. Det er ikke alltid enkelt å finne relevante referanser å måle mot. Vi har i denne rapporten både vurdert FME-enes aktivitet opp mot aktiviteten til tidligere FME-er, samt andre forskningssentre med støtte fra Forskningsrådet, mer spesifikt Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI) og Sentre for fremragende forskning (SFF).¹ I tillegg har vi sammenlignet aktiviteten i FME-ene opp mot hverandre, samt opp mot bevilgninger de har mottatt fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Sist, men ikke minst har vi vurdert FME-enes måloppnåelse basert ledelsens egenrevisninger. Disse er naturligvis preget av interessebildet, men gir likevel mye relevant informasjon om senterets evne til å nå sine mål.

Kort om FME-ordningen og de ni FME-ene som inngår i denne analysen

FME-ene har som formål å drive forskningsaktivitet på høyt internasjonalt nivå i samarbeid med brukere fra næringsliv, forvaltning og samfunnet for øvrig. Forskningen i sentrene skal bidra til å løse sentrale utfordringer på energi- og klimaområdet og styrke innovasjonsevnen i norsk næringsliv. FME-ordningen har siden den ble opprettet i 2009 støttet et betydelig antall teknologiske FME-er. I denne analysen ser vi nærmere på åtte FME-er som har vært aktive i perioden 2016-2025², og et FME som har vært aktiv siden 2021³. De ni FME-ene er gjengitt i punktlisten under, sammen med deres forskningsområde.

- FME HydroCen – Vannkraft
- FME Bio4Fuels – Biodrivstoff

¹ Det er 13 SFF-er og 17 SFI-er som inngår i denne analysen, disse har vært aktive i henholdsvis 2013-2023/2024/2025 og 2015-2023/2024/2025.

² Dette er FME NCCS, FME HydroCen, FME Bio4Fuels, FME CINELDI, FME HighEFF, FME SuSolTech, FME MoZEES og FME ZEN.

³ FME NorthWind. Merk at denne FME-en avsluttes i 2029.

- FME CINELDI – Energisystem
- FME HighEFF – Energieffektivisering i industrien
- FME SuSolTech – Solenergi
- FME MoZEES – Nullutslipp transport
- FME ZEN – Energibruk i bygg og områder
- FME NorthWind – Vindenergi

FME-enes utgivelser og publikasjoner

Fra 2016 til 2024 har de ni sentrene produsert totalt 1838 vitenskapelige utgivelser. De *åtte* sentrene som avsluttes i 2025 har i gjennomsnitt hatt 197 utgivelser hver, noe som er lavere enn det vi finner for SFF-er (446), men noe høyere enn for SFI-er (151) som har operert i samme tidsperiode. Vi vurderer at det er som forventet at FME-ene ligger et sted mellom SFF-ene og SFI-ene mht. publisering, ettersom målsettingen om næringsrettet innovasjonsfokus også ligger et sted mellom disse sentrene. I tillegg til volum, vurderes kvaliteten basert på publiseringsskilt fra Cristin. Blant registrerte publikasjoner fra FME-ene i Cristin per februar 2025, er 25 prosent på høyeste kvalitetsnivå (nivå 2) og 75 prosent på nivå 1.⁴ Sammenlignet med statistikk fra Cristin totalt sett, finner vi at FME-ene ligger på nivå med gjennomsnittet målt i lys av kvalitet.

Samarbeid i FME-ene og FME-ordningen

Samarbeid er en sentral komponent og målsetting i FME-ordningen, hvor det er ønskelig å sikre et tett og direkte samarbeid mellom forskningsinstitusjoner, bedrifter og andre relevante aktører. Formålet er at forskning og teknologiutvikling gjøres i fellesskap mellom academia og næringslivet.

Viktigheten av samarbeid vektlegges i alle intervjuene vi har avholdt med senterledere. Samtlige understreker viktigheten av et godt samarbeid for å komme frem til de resultater og for å få til den forskningen man ønsker. Å lykkes med et godt samarbeid mellom ulike typer aktører krever et større arbeid fra sentrene, og dette er noe de har jobbet bevisst med. En viktig del av dette har vært knyttet til det organisatoriske, altså hvordan de har tilrettelagt for at det etableres relasjoner og koblinger mellom næringspartnere og forskningsinstitusjoner/universiteter. Samtlige sentre peker på viktigheten av å innrette aktiviteter og arbeidspakker som er relevante for alle typer aktører. For å lykkes med dette må sentrene kjenne sin målgruppe (konsortiedeltakerne) og finne sammenfallende interesseområder. I hovedsak oppgir sentrene å ha lyktes med samarbeidet, noe som understøttes av at flere av konsortiepartnere er med videre i det neste kullet av FME-er som fikk status i 2024.

Hver av de ni FME-ene inkluderer flere forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler, samt private bedrifter og offentlige organisasjoner. Antall konsortiepartnere varierer fra 20 til 50 per senter, med totalt 337 konsortiepartnere (ikke unike) involvert i de ni sentrene. Det er med andre ord snakk om et betydelig antall involverte aktører, og et høyere antall enn det første kullet med FME-er som var aktive i perioden 2009-2017. Enkelte aktører har vært med i flere sentre. Dette gjelder spesielt enkelte universiteter og forskningsinstitutter som SINTEF og NTNU, samt noen store bedrifter.

Et tilleggsmoment som er verdt å bemerke er at sentrene også samarbeider med mange forskere som ikke nødvendigvis er en del av FME-et gjennom konsortiepartnere. For å illustrere bredden i hvem som har bidratt inn i arbeidet, har vi tatt utgangspunkt i medforfattere til sentrenes publikasjoner registrert

⁴ Nivå 2 er det høyeste nivået og omfatter de ledende kanalene i et fagområde. Nivå 2 omfatter således de mest betydelige og kvalitetskrevenne kanalene. Mens nivå 1 tilfredsstiller minimumskravet til vitenskapelighet (ekstern fagfelleevaluering, vitenskapelig redaksjon og minimum nasjonal forfatterkrets).

i Cristin. Totalt 2074 unike forfattere var oppført på de 1123 publikasjonene som FME-ene har registrert som senter-relaterte i Cristin.

Kompetanseutvikling og forskerutdanning

Utdanning av forskere er et sentralt mål med FME-ordningen, og sentrene har en viktig rolle i å utdanne den neste generasjonen av forskere. Denne utdanning skjer gjennom aktiv involvering av både PhD-kandidater og masterstudenter. Sentrene har jobbet dedikert med å rekruttere relevante PhD-kandidater – noe som skjer gjennom typiske utlysningsskanaler som universitetene og forskningsinstituttene benytter, og gjennom forskernes egne nettverk. Totalt 211 PhD-kandidater har vært involvert i FME-ene vi har informasjon fra, med variasjoner mellom sentrene fra 15 til 36 stipendiater.⁵ I gjennomsnitt har hver FME hatt tilnærmet like mange PhD-kandidater som det første kullet av FME-er (23 versus 26). Imidlertid har det tidligere kullet hatt betydelig flere PhD-kandidater sett i lys av bevilgningene de har fått fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. De hadde også postdoktorer (både totalt, gjennomsnitt og i lys av bevilgninger). Enkelte eksterne forhold kan ha påvirket denne utviklingen. For det første hadde FME-ene i siste runde flere år med pandemi hvor det var perioder med innreiserestriksjoner. Effektene ser vi i en generell trend i Norge, da det ble observert færre doktorgrader under pandemien.⁶ For det andre kan strengere krav til hvilke nasjonaliteter som har tilgang på viktig infrastruktur og systemer i Norge, ha redusert *poolen* av potensielle kandidater.

Omtrent 942 masterstudenter har skrevet oppgaver ved åtte av sentrene som vi har mottatt statistikk fra. HydroCen har hatt flest masterstudenter (445), fulgt av CINELDI med 147, og de andre sentrene med 30-90 hver. Bruken av masterstudenter har med andre ord vært skjevt fordelt mellom sentrene. Sett opp mot det tidligere kullet av FME-er (2009-2017) har FME-ene vi vurderer hatt et større antall masterstudenter (både totalt sett og i gjennomsnitt). Dette er imidlertid grunnet HydroCen sin betydelige aktivitet innenfor feltet.

Flerfaglighet i forskningen

Innslag av flerfaglig forskning har vært et uttalt mål for FME-ordningen. Gjennom flere av intervjuene med FME-enes ledelse har vi fått et klart inntrykk av at muligheten til å jobbe flerfaglig ses på som en viktig kilde for høy resultatoppnåelse i sentrene. Dette henger blant annet sammen med at det har vært behov for å koble ulike fagfelt for å lykkes i prosjektene. For å belyse innslaget av flerfaglighet har vi tatt utgangspunkt i sentrenes publikasjoner på Cristin og kategorisert hver publikasjon innenfor et eller flere fagfelt. Vi finner at blant sentrenes 1123 publikasjoner på Cristin, dekker 63 prosent av disse minimum to fagfelt, og kan dermed klassifiseres som flerfaglige. Vi vurderer dette som et høyt innslag av flerfaglig forskning, sett i lys av tall for flerfaglighet i forskningsprosjekter i Forskningsrådets porteføljer.

Internasjonal involvering og samarbeid

Utviklingen av det norske energisystemet skjer i samspill med det europeiske, og internasjonal deltakelse i forskningsprogrammer er viktig. Norske forsknings- og utviklingsmiljøer samarbeider aktivt med europeiske partnere for å fremme kunnskapsutvikling og teknologiske løsninger som både kan implementeres nasjonalt og bidra til EUs energiomstilling. Dette ser vi tydelig i FME-ene som vi har vurdert. Grad av internasjonalisering vurderes gjennom flere dimensjoner:

- **Konsortiepartnere:** Internasjonale aktører utgjør 13 prosent av totalt 337 konsortiepartnere. FME ZEN og CINELDI har ingen registrerte internasjonale partnere, mens de øvrige har

⁵ Dette inkluderer både PhD kandidater som er finansiert av FME-ene og kandidater som har vært tilknyttet senteret, men finansiert av andre.

⁶ <https://www.forskerforum.no/for-forste-gang-pa-fem-ar-gikk-antallet-doktorgrader-ned-i-fjor-pandemien-far-skylden/>

mellom 5-40 prosent. Disse inkluderer forskningsinstitutter og private bedrifter fra ulike geografiske områder. Vår vurdering er at innslaget av internasjonale partnere har vært lavt for enkelte av sentrene.

- PhD-kandidater: 65 prosent av FME-enes PhD-kandidater er internasjonale (dersom vi holder de med ukjent nasjonalitet utenfor). Dette er en relativt høyt andel, både sett opp mot doktorgradskandidater innenfor energi- og petroleumsaktiviteter finansiert av Forskningsrådet i perioden 2005-2021 (48 prosent)⁷, og for Norge som helhet i perioden 2016-2024 (41 prosent)⁸, sistnevnte målt ved avlagte doktorgrader.
- Publikasjoner: Våre analyser av hvorvidt forfattere på sentrenes publikasjoner i Cristin tilhører nasjonale eller internasjonale institusjoner, viser at et sted mellom 30-40 prosent av forfatterne per FME er knyttet til utenlandske institusjoner. Dette peker på et betydelig samarbeid opp mot internasjonale aktører, også for FME-ene som har færre internasjonale konsortiedeltakere.

Resultater av FME-enes arbeid, herunder IPR og spin-off

I delrapport 1 av dette arbeidet presenteres effekter av energiforskning som har blitt finansiert av FME-ordningen, ENERGIX og/eller CLIMIT. Dette belyses i form av presentasjoner av 60 forskningscase, hvorav det er gjennomført en detaljert effektanalyse på seks av de som er vurdert som særlig suksessfulle med hensyn til samfunnsøkonomiske effekter. Overordnet sett peker denne analysen på at nytten av energiforskningen overstiger kostnadene med stor margin. Samlet finner vi store realiserte og potensielle effekter knyttet til disse seks casene. Anslått prissatt nåverdi av samfunnsøkonomisk gevinst for Norge er 9 - 36 mrd. kroner for de seks casene alene hvor vi har gjort detaljerte effektanalyser. Av dette finner vi at om lag 5 mrd. kroner allerede er realisert, mens resten må anses som potensielle forventede effekter som det er knyttet stor usikkerhet til. Vi peker på at vi finner lave realiserte verdiskapingseffekter for norsk næringsliv. Så langt synes med andre ord norske bedrifter i begrenset grad ha klart å nyttiggjøre seg av innovasjonene knyttet til casene vi har sett på.

FME-enes resultater kan også vurderes ut fra øvrige indikatorer, eksempelvis IPR og spin-off til næringslivet.

- Immaterielle rettigheter (IPR) er brukt som et mål på resultater av forskning og innovasjon. Vi finner at det i løpet av perioden 2016-2024 har blitt søkt om 7 patenter. Det var kun fire av ni sentrene som rapporterer om søkte patenter.
- Spin-off for næringslivet. Spin-offs refererer til kommersialisering av forskning, enten gjennom opprettelse av nye bedrifter eller utvikling av nye forretningsområder i eksisterende bedrifter. Totalt for de ni sentrene er det etablert 5 nye foretak og 30 nye forretningsområder. Seks av sentrene rapporterer om slike spin-offs.

Det er vår vurdering at omfanget av IPR og bedriftsetableringer/forretningsområder (spin-offs) fra sentrene er lavt. Sammenligninger opp mot andre forskningssentre viser at SFF-er har skapt markant færre patenter og nye foretak enn eksempelvis SFI-ene. Sett i lys av hvilken del av innovasjonskjeden de ulike sentrene er rettet inn mot er dette muligens naturlig. SFF-er har et enda større fokus på tidligfase forskning, mens SFI-ene i større grad er rettet inn mot innovasjonsaktiviteter. FME-ene vi vurderer har skapt flere nye forretningsområder enn både SFF-ene og SFI-ene. Dette skyldes særlig et betydelig antall nye forretningsområder hos en av FME-ene. Vi er dog usikre på om dette senteret har tolket konseptet «forretningsområde» på samme vis som andre sentre.

⁷ SSB (2023). Rekruttering til forskning innenfor energi og petroleum. Tilgjengelig [her](#).

⁸ SSB Tabell 13522.

Et annet sentralt resultat er videre prosjekter som forskningen i FME-ene har ført til, såkalte spin-off prosjekter. Dette er nye prosjekter som har sprunget ut av sentrenes aktiviteter eller som senterne har lagt grunnlaget for. På bakgrunn av metodiske utfordringer har vi ikke lyktes med å identifisere og sammenligne disse.

FME-ene har viktige egenskaper som gjør at de er spesielt godt egnet for bidrag til robuste energisystemer

Utvikling av et robust energisystem er avgjørende for å håndtere fremtidige utfordringer knyttet til grønn omstilling. Det handler om å etablere en helhetlig tilnærming til både energiproduksjon og miljøpåvirkning. FME har vært tiltenkt en sentral rolle i norsk forskning, utvikling og integrasjon av teknologiske løsninger som er nødvendige for å møte utfordringene knyttet til grønn omstilling. Vi har identifisert tre spesifikke egenskaper ved FME-ene som gjør de spesielt godt egnet for bidrag til robuste energisystemer:

- Samarbeidsarena: De fungerer som viktige plattformer for samarbeid mellom forskningsinstitusjoner, næringsliv og offentlige aktører, noe som fremmer utvikling av felles mål. Koblingen mellom forskning og næringsliv sikrer at forskningen adresserer relevante problemer og legger til rette for systemiske koblinger.
- Langsiktig perspektiv: Sentrene tillater langsiktige forskningsprioriteringer, som opprettholder stabilitet og kontinuitet. Dette er viktig for å vedlikeholde samarbeid og relasjoner, noe som er kritisk ettersom utfordringer kan oppstå på forskjellige stadier av utviklingen.
- Helhetsperspektiv og tverrfaglighet: Med bredt definerte forskningsområder, fremmer FME-ene et helhetsperspektiv og tverrfaglighet, som er viktig for robusthet i energisystemer.

1 Innledning og metode

1.1 Innledning og formål

I lys av den grønne omstillingen står Norge og verden overfor store utfordringer. En viktig del av dette henger sammen med behovet for et mer robust energisystem som kan håndtere høye effekttopper, inkorporere nye regulerbare energikilder, redusere flaskehalser i strømmettet, samt minimere kostnader og naturpåvirkning fra nye energikilder eller energieffektiviserende tiltak. I tillegg kreves utvikling av nye grønne teknologier, som hydrogen, forbedret bruk av restmaterialer, bioteknologier og karbonfangst og -lagring (CCS). Forskning er avgjørende for å lykkes med disse utfordringene.

Energidepartementet har bedt Forskningsrådet om å gjennomføre en studie av effekter av energiforskningen deres. Formålet er å dokumentere effekter av forskningen i Forskningsssentre for miljøvennlig energi (FME) i tillegg til programmene ENERGIX og CLIMIT. Dette arbeidet oppsummeres i to delrapporter, hvor denne rapporten er delrapport 2:

- **Delrapport 1: Effekter av energiforskning.** I denne delrapporten er fokuset på å identifisere og beregne de samfunnsmessige (økonomiske og miljømessige) effektene av forskning som har fått støtte fra FME-ordningen, CLIMIT og/eller ENERGIX. Dette vurderes i lys av 60 forskningscase, hvorav det er gjennomført en detaljert effektanalyse på seks av disse. I 2018 ble en tilsvarende studie gjennomført av Impello og Menon Economics.⁹
- **Delrapport 2: Vurdering av FME-ordningen.** I denne delrapporten vurderes FME-ordningen i lys av dens egenskaper og måloppnåelse. Dette inkluderer strukturer for samarbeid mellom aktører fra forskning/akademie, næringsliv, det offentlige og øvrige, kompetanseutvikling og forskerarbeid, publikasjoner, flerfaglighet, internasjonalisering og øvrige resultater fra ordningen, herunder det vi dokumenterer av effekter i delrapport 1.

Denne rapporten vurderer de ni teknologiske FME-er som alle, bortsett fra én¹⁰, har vært aktive i perioden 2016 til 2025.

Tabell 1-1: Oversikt over FME-er som inngår i denne rapporten. Kilde: Norges forskningsråd

Forkortelse	FME	Tematisk område
FME NCCS	Norwegian CCS Research Centre	CO2-håndtering
FME HydroCen	Norwegian Research Centre for Hydropower Technology	Vannkraft
FME Bio4Fuels	Norwegian Centre for Sustainable Bio-based Fuel and Energy	Biodrivstoff
FME CINELDI	Centre for intelligent electricity distribution	Energisystemer
FME HighEFF	Centre for an Energy Efficient and Competitive Industry for the Future	Energieffektivisering i industrien
FME SuSolTech	Research Centre for Sustainable Solar Cell Technology	Solenergi

⁹ Impello og Menon Economics (2018). Effekter av energiforskningen. Tilgjengelig [her](#).

¹⁰ FME NorthWind sin prosjektperiode er fra 2021 til 2029.

Forkortelse	FME	Tematisk område
FME MoZEES	Mobility Zero Emission Energy Systems	Nullutslipp transport
FME ZEN	Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities	Energibruk i bygg og områder
FME NorthWind	Norwegian Research Centre on Wind Energy	Vindenergi

1.2 Rammeverk og informasjonskilder

Rammeverket som benyttes i denne rapporten har til hensikt å presentere en grundig kartlegging av aktiviteter og output fra sentrenes virksomhet gjennom åtte år. I tillegg tillater rammeverket enkle normative vurderinger av sentrenes måloppnåelse. Det er ikke vår ambisjon å gjennomføre en fullverdig virkemiddelevaluering, men våre analyser skal gjøre det mulig å belyse enkelte sentrale aspekter ved sentrenes aktivitet sett opp mot sentrale mål.

For å vurdere FME-ordningen, tar vi utgangspunkt i utvalgte egenskaper ved ordningen. Vi vurderer aspekter ved sentrene knyttet til samarbeid og struktur, publiseringer, forskningsutdanning, flerfaglighet, internasjonalisering, bidrag til innovasjon samt enkelte andre aspekter. I henhold til oppdragets mandat belyser vi følgende spørsmål.

1. Hvordan har samarbeidet i FME-ene vært?
2. Hvordan bygger FME-ene kompetanse og jobber med forskningsutdanning?
3. Hvilke omfang og kvalitet har utgivelser og publikasjoner til FME-ene hatt?
4. Hvor flerfaglige er FME-ene?
5. Hvordan har FME-ene jobbet internasjonalt?
6. Hvilke øvrige resultater og output har FME-ene hatt?¹¹

For å vurdere FME-ordningen har vi basert oss på et bredt spekter av informasjonskilder. Under gjennomgår vi disse.

- **Statistikk.** Vi har mottatt statistikk fra Forskningsrådet vedrørende resultatindikatorer og budsjett-/kostnadsinformasjon for FME-ordningen og sammenlignbare ordninger. Informasjon om samarbeidspartnere, forskerutdanning og lignende er hentet fra sentrenes års- og framdriftsrapporter, samt fra FME-ene selv. Videre har vi innhentet informasjon om sentrenes publikasjoner fra databasen Cristin.
- **Litteraturgjennomgang.** I arbeidet er sentrenes årsrapporter og annen dokumentasjon gjennomgått, i tillegg til den foregående evalueringen som er gjennomført av sentrene.
- **Intervjuer** er gjennomført med senterledelsen i alle sentrene. Formålet med intervjuene var å belyse hvordan sentrene jobber med samarbeid, internasjonalisering, tverrfaglighet og forskerutdanning. I tillegg ble intervjuene benyttet til å sjekke innhentet statistikk.

Vurderingene er basert på statistikk fra Forskningsrådet og FME-ene, diverse rapporteringer fra sentrene, tidligere evalueringer og intervjuer med senterledelsene. Å vurdere ordningen krever en form for sammenlignbarhet opp mot ett eller flere referansepunkt. Det er ikke alltid enkelt å finne relevante

¹¹ Dette er øvrige resultater for sentrene ut over de resultater som prosjekter og caser har bidratt til (som redegjøres for i delrapport 1). Eksempler på slike øvrige resultater og outputs er spin-off bedrifter, patenter og lignende.

referanser å måle mot. Vi har i denne rapporten både vurdert FME-enes aktivitet opp mot aktiviteten til tidligere FME-er, samt andre forskningssentre med støtte fra Forskningsrådet, mer spesifikt Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI) og Sentre for fremragende forskning (SFF).¹² Vi henviser til en gjennomgang av hvilke sentre dette er i vedlegg A. I tillegg har vi sammenlignet aktiviteten i FME-ene opp mot hverandre, samt opp mot bevilgninger de har mottatt fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Sist, men ikke minst har vi vurdert FME-enes måloppnåelse basert ledelsens egenvurderinger. Disse er naturligvis preget av interessebildet, men gir likevel mye relevant informasjon om senterets evne til å nå sine mål.

¹² Det er 13 SFF-er og 17 SFI-er som inngår i denne analysen, disse har vært aktive i henholdsvis 2013-2023/2024/2025 og 2015-2023/2024/2025.

2 Kort om FME-ordningen

FME-ordningen (Forskningssentre for fornybar energi) ble etablert i 2009.¹³ Ordningen har siden oppstarten hatt som formål å stimulere til forskningsaktivitet på høyt internasjonalt nivå i samarbeid med brukere fra næringsliv, forvaltning og samfunnet for øvrig. Ordningen tilbyr langsiktig finansiering av forskningssentre, med varighet opp til åtte år. Forskningen i sentrene skal bidra til å løse sentrale utfordringer på energi- og klimaområdet og styrke innovasjonsevnen i norsk næringsliv. I den nyeste utlysningen fremheves det at forskningen i sentrene må ta for seg realiseringen av Norges energi- og klimamål for 2030 og 2050. Fokus skal også rettes mot et klimanøytralt Europa, og forsyningssikkerhet trekkes frem som et viktig forskningsfelt. FME-ene skal forske på god utnyttelse av energiresurser for å sikre bærekraftig energiforsyning til Norge og Europa.

Tekstboks 2-1: Mål med FME-ordningen. Kilde: Forskningsrådet 2017¹⁴

FME-ordningen er en konsentrert og langsiktig satsing rettet inn mot å løse energi- og klimautfordringer og bidra til næringsutvikling. FME-ordningen skal:

- Øke innovasjon og verdiskaping både hos næringsliv og forvaltning som deltar i sentrene og i det norske samfunnet for øvrig.
- Bidra til å redusere klimagassutslipp nasjonalt og internasjonalt, mer effektiv bruk av energi og større produksjon av fornybar energi.
- Fremme utvikling av forskningsmiljøer som ligger i den internasjonale forskningsfronten og som inngår i sterke nasjonale og internasjonale nettverk.
- Synliggjøre resultatene fra forskningen og bidra til en kunnskapsbasert debatt om miljøvennlig energi.

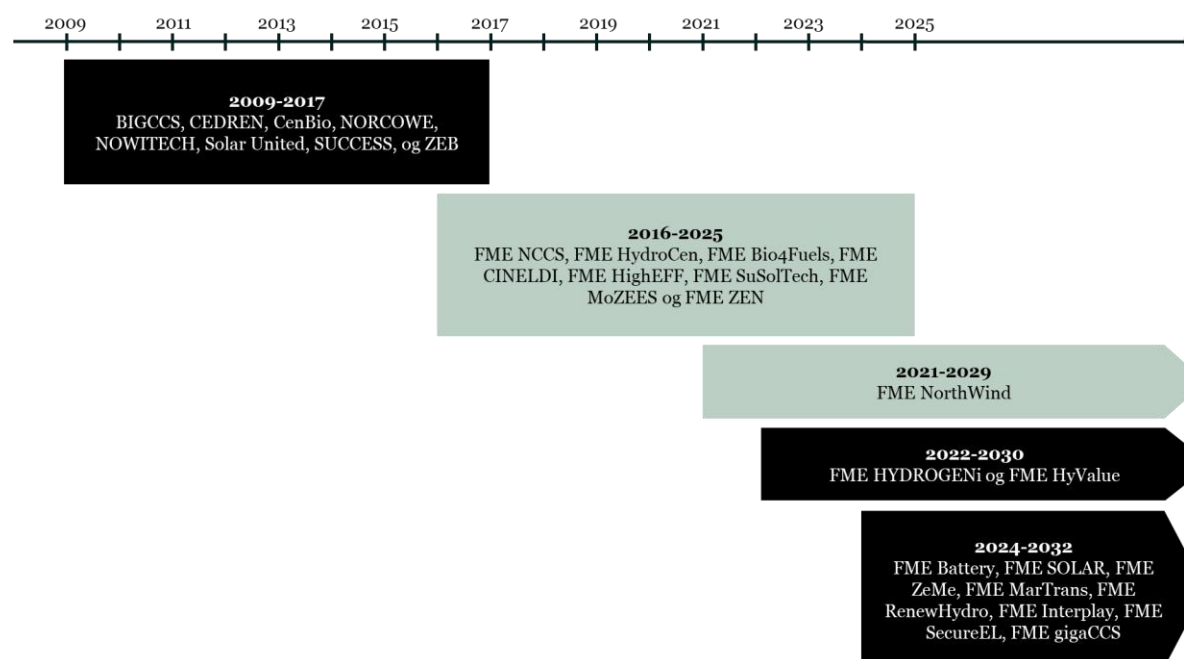
FME-ordningen har siden 2009 støttet og bidratt til opprettelsen av 32 FME-er, både knyttet til teknologi og samfunnsvitenskap. Over perioden har det blitt igangsatt sentre i tre bølger (kull) innen teknologi. De første sentrene ble etablert i 2009, den neste gruppen ble etablert i 2016/2017, og en tredje gruppe har nylig fått tilsagn på sin søknad (2024). Utover disse tre utlysningrundene ble også et eget senter for vindenergi (NorthWind) tildelt FME-status i 2021, og to sentre på hydrogen kom i 2022. En oversikt er gitt i tidslinjen under.

I 2011 ble ordningen utvidet til også å gjelde samfunnsvitenskapelig energi- og klimaforskning. Da ble det tildelt tre sentre. Deres periode utløp i 2019 og ble erstattet av to nye samfunnsfaglige FME-er.

¹³ Forskningsrådet (2017). Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME): Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Sluttrapport 2009-2017. Tilgjengelig [her](#).

¹⁴ Forskningsrådet (2017). Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME): Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Sluttrapport 2009-2017. Tilgjengelig [her](#).

Figur 2-1: Tidslinje over FME-ordningen og teknologisk rettede FME-er. Sentre markert i grønt inngår i denne rapporten. Sentre markert i svart inngår ikke. Kilde: Menon Economics, basert på Forskningsrådet



Denne rapporten tar utgangspunkt i ni teknologiske FME-er, som i hovedsak ble etablert i 2016/2017 (markert i grønt i tidslinjen over). Under oppsummerer vi kort informasjon om disse.

Tabell 2-1: Oversikt over FME-ene som inngår i denne rapporten. Kilde: Norges forskningsråd

FME	Tematisk område	Prosjektansvarlig	Prosjektperiode	Midler mottatt fra Forskningsrådet
FME NCCS	CO ₂ -håndtering	SINTEF ENERGI	2016-2025	184 mill. kr
FME HydroCen	Vannkraft	NTNU (Fakultet for ingeniørvitenskap)	2016-2025	192 mill. kr
FME Bio4Fuels	Biodrivstoff	NMBU (Fakultet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap)	2016-2025	128 mill. kr
FME CINELDI	Energisystemer	SINTEF ENERGI	2016-2025	160 mill. kr
FME HighEFF	Energieffektivisering i industrien	SINTEF ENERGI	2016-2025	200 mill. kr
FME SuSolTech	Solenergi	IFE	2016-2025	120 mill. kr
FME MoZEES	Nullutslipp transport	IFE	2016-2025	120 mill. kr

FME ZEN	Energibruk i bygg og områder	NTNU (Fakultet for Arkitektur og design)	2016-2025	176 mill. kr
FME NorthWind	Vindenergi	SINTEF ENERGI	2021-2029	120 mill. kr

Sentrene ble midtveis-evaluert i 2021.¹⁵ Den fokuserer i liten grad på oppnådde effekter. Det konkluderes med at FME-ordningen er egnet til å møte overordnende målet med «å løse sentrale utfordringer på energiområdet, utvikle løsninger for lavutslippssamfunnet og styrke innovasjonsevnen i næringslivet». Videre konkluderes det med at sentrene samlet sett utgjør en nasjonal ressurs som er internasjonalt anerkjent. Midtveisevalueringen legger vekt på at den kanskje viktigste langsiktige effekten av ordningen er utviklingen en kohort av mennesker utdannet gjennom sentrene, som vil bidra inn i transformasjonen av energibransjen. Et annet resultat som rapporten fremhever, er styrkingen av innovasjonskapasiteten til bedrifter og offentlige aktører innenfor energirelaterte felt. Det påpekes dog at det er vanskelig å identifisere hvilke mekanismer som skal bidra til dette. Til slutt trekkes ordningens evne til å samle et stort antall partnere frem. FME-ene beskrives som katalysatorer, hvor partnerne som deltar i sentrene igjen gjennomfører prosjekter med andre finansieringskilder. På den måten bygger FME-ene en portefølje av tilknyttede prosjekter og skaper et nettverk av aktiviteter som øker deres innflytelse og bidrar til kunnskapsheving. Konklusjonen er at FME-ordningen er en moden ordning, der formål og mekanismer er forstått, men at det finnes enkelte aspekter som kanskje bør justeres.

Tekstboks 2-2: Kort om sluttrapport som vurderer første kull av FME-sentre (aktive i perioden 2009-2017).¹⁶

Sluttrapporten utarbeidet for første kull av FME-sentre oppsummerer at energiforskningen har økt i omfang, fått høyere kvalitet og økt relevans som en følge av FME-ordningen. Det trekkes videre frem at i samspill med ENERGIX og CLIMIT har det blitt skapt gode kunnskapsmiljøer innenfor viktige områder for Norge. Sentrene utga samlet over 2000 vitenskapelige publikasjoner og kan vise til flere priser til forskere tilknyttet sentrene. Rapporten peker på at FME-ene bidrar til økt forskningskapasitet både hos deltakende forskningsinstitusjoner og bedrifter. FME-ene har også vært med på å finansiere mange doktorgradsstudenter, samtidig som flere postdoktorer og masterstudenter har vært tilknyttet sentrene. Det trekkes også frem at FME-ene med sin størrelse og langsiktige finansiering gir gode muligheter for internasjonalt samarbeid. Videre fremhever rapporten viktigheten av FME-ene som plattformer for samarbeid om forskningsinfrastruktur, og har bidratt til en bedre og mer rasjonell struktur på norsk energiforskning. Sentrene har vist høye tall innenfor vitenskapelige utgivelser og formidlingstiltak, men det er stor variasjon i næringsrettede og kommersielle resultater, delvis på grunn av forskjellige målgrupper og rapporteringsmetoder.

¹⁵ Forskningsrådet (2021) Midway Evaluation of eight Centres for Environment-friendly Energy Evaluation Department for Energy Research

¹⁶ Forskningsrådet (2018). Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME) Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Tilgjengelig [her](#).

3 Finansiering av energiforskning og FME-ordningen

Den offentlige finansierte energiforskningen i Norge er i hovedsak organisert gjennom Forskningsrådet, og Forskningsrådets programmer: ENERGIX, CLIMIT og FME-ordningen. Mellom 2017 og 2023 har disse tre programmene årlig bevilget mellom 600 og 800 mill. kroner i støtte. ENERGIX har bevilget størstedelen av dette (omtrent 65 prosent), etterfulgt av FME-ordningen og CLIMIT. De ni sentrene som vi fokuserer på i denne rapporten hatt et samlet budsjett på 3,3 mrd. kroner. 1,4 mrd. kroner av dette (43 prosent) har vært bevilget fra Norges forskningsråd gjennom FME-ordningen. Vi finner at for hver krone finansiert av Forskningsrådet gjennom FME-ordningen, følger andre aktører opp med 1,33 kroner.

Dette kapittelet har som formål å gi et overblikk over energiforskning fra et finansielt perspektiv. Formålet er å illustrere innsatsen som legges ned i energiforskning både i prosjekter som støttes fra Forskningsrådets programmer, men også øvrig energiforskning. Dette bidrar til å presentere et helhetsbilde over energiforskning i Norge, samt illustrere innsatsen som legges ned, både av det offentlige og det private. I det følgende presenteres statistikk knyttet til:

- Finansiering av energiforskning i Norge
- Finansiering av energiforskning i Forskningsrådet
- Finansiering av energiforskning i FME-ene

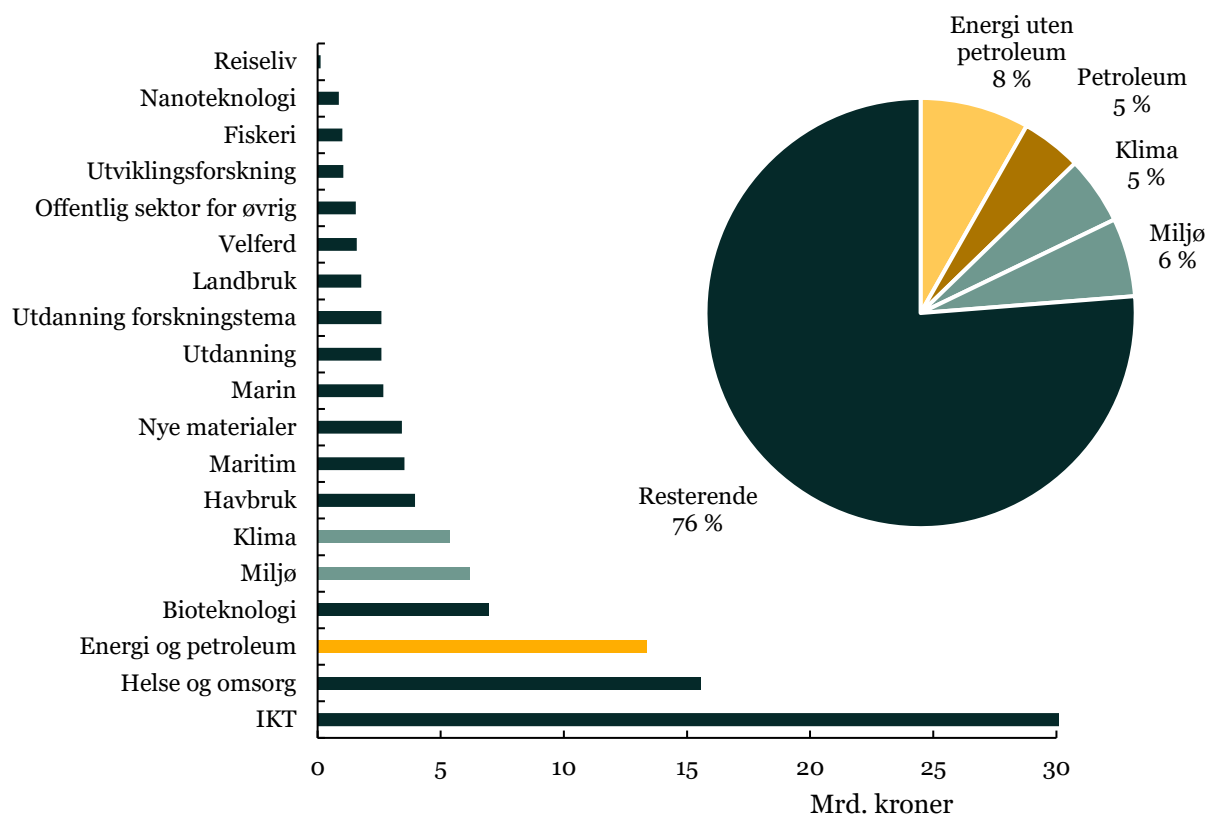
3.1 Finansiering av energiforskning i Norge

Det forskes betydelig på energirelaterte problemstillinger i Norge i dag. Dette understøttes blant annet av statistikk fra SSB som viser at driftsutgiftene til energirettet forskning utgjorde over 13 mrd. kroner i 2023.¹⁷ Sett i lys av andre forskningsområder, var energi (og petroleum) det tredje største forskningsområde i Norge (jamfør figur under). Tilgrensende områder som klima og miljø mottok henholdsvis 5,4 og 6,2 mrd. kroner i finansiering. Til sammen utgjør disse tre tematiske områdene litt under 25 mrd. kroner i driftsutgifter til FoU. Dette betyr at forskning innenfor energi, klima og miljø utgjorde litt under 25 prosent av de totale¹⁸ driftsutgiftene til norsk forskning i 2023. Energiforskning utgjorde den største delen med 16 prosent av finansieringen. Finansieringen og fordelingen er illustrert i figuren under.

¹⁷ Tallgrunnlaget dette baserer seg på utarbeides hvert andre år av SSB. 2023 er det seneste året SSB har publisert data for Tabell 13711 i april 2025.

¹⁸ Total finansiering av driftsutgifter til FoU var i 2023 omtrent 104 mrd. kroner.

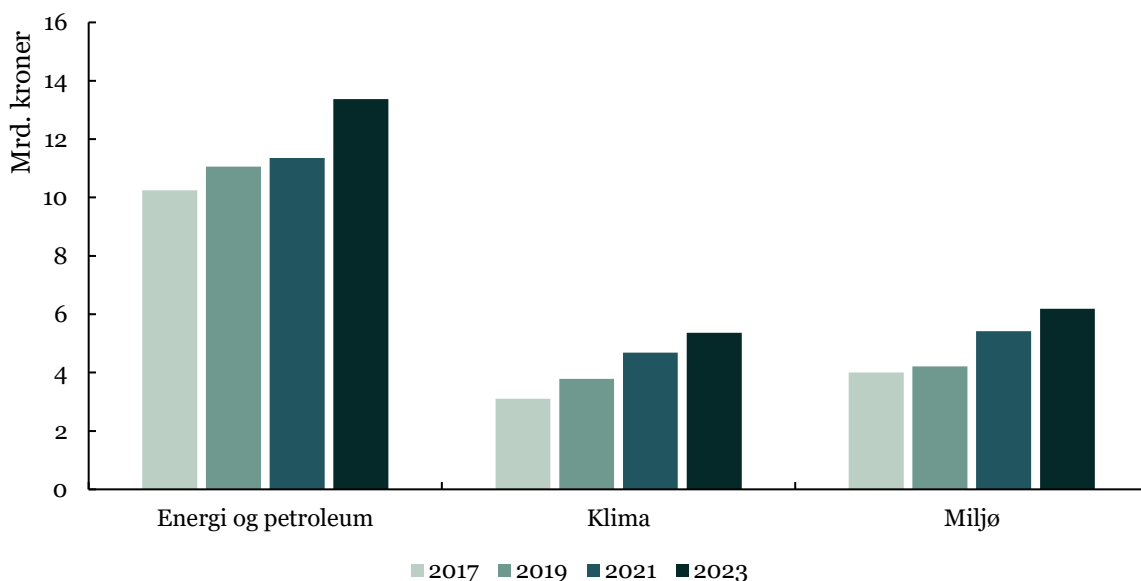
Figur 3-1: Til venstre: Driftsutgifter til FoU i alle sektorer fordelt på forskningsområde i 2023. Til høyre: Fordeling av driftsutgifter til FoU i alle sektorer fordelt på forskningsområde i 2023.
Kilde: SSB Tabell 13711



Hvordan har forskningsinnsatsen på energifeltet utviklet seg siste årene? Finansieringen av driftsutgifter til forskning innenfor energi, klima og miljø har økt fra 2017 til 2023, jamfør figuren under. For energi og petroleum har driftsutgifter til FoU økt fra 10 mrd. kroner i 2017 til 13 mrd. kroner i 2023. Dette utgjør en vekst på 31 prosent. De siste årene har derimot inflasjonen vært høy, og dersom vi inflasjonsjusterer anslagene, har veksten kun vært på 6 prosent fra 2017 til 2023. Ettersom vi finner at veksten i finansiering av de tre tematiske områdene som vi ser på (energi, klima og miljø) har vært tilsvarende som forskningsinnsatsen totalt sett, har andelen de tre tematiske områdene utgjør av hele forskningsinnsatsen holdt seg stabil i 2019, 2021 og 2023.¹⁹

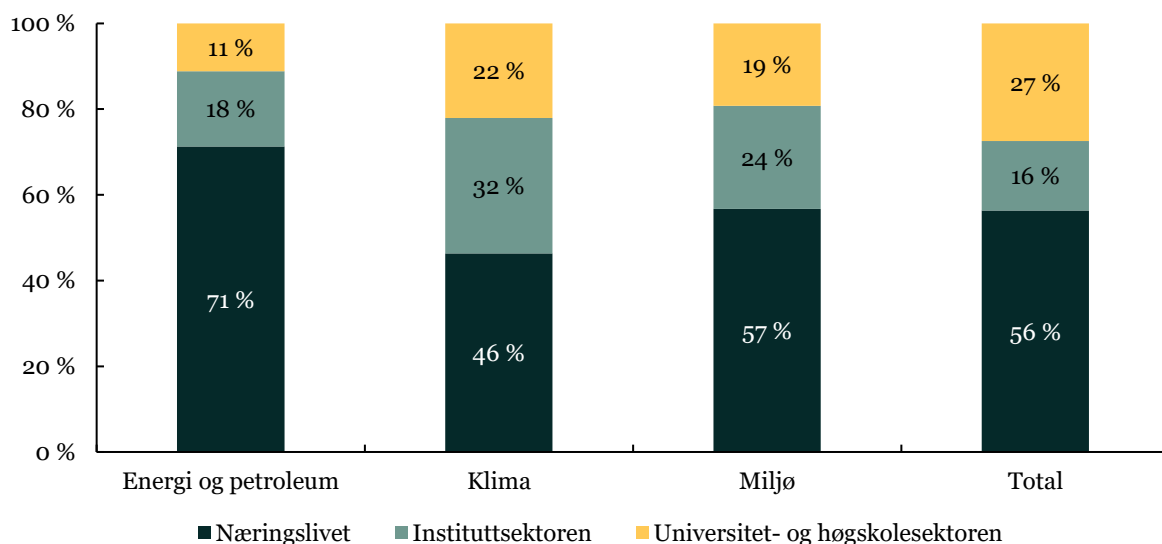
¹⁹ Vi har ikke inkludert andel fra 2017 da IKT-næringen ikke var inkludert i datagrunnlaget for 2017. Basert på at IKT er det største temaområdet i 2019, 2021 og 2023, vil det være misvisende å presentere endringen i andeler i 2017 sammenlignet med 2019, 2021 og 2023.

Figur 3-2: Utvikling av driftsutgifter til FoU i alle sektorer fordelt på energi og petroleums-, klima- og miljøforskning i 2017, 2019, 2021 og 2023. Kilde: SSB Tabell 13711



Innenfor energi- og petroleumsforskning er det næringslivet som står for den største delen av driftsutgiftene (70 prosent av 13 mrd. kroner i 2023). Resten av driftsutgiftene er fordelt mellom instituttsektoren og UH-sektoren der en større andel var i instituttsektoren. Hvilke sektorer som har driftsutgifter på temaområdene energi, klima, miljø og totalt sett for all FoU i Norge i 2023 er vist i figuren under.

Figur 3-3: Oversikt over hvilke sektorer som har driftsutgifter innenfor ulike temaområder i 2023. Kilde: SSB Tabell 13711



Tekstboks 3-1: Utdypende om hvem som finansierer energi- og petroleumsforskning.

Over halvparten av finansieringen til energi- og petroleumsforskning kommer fra næringslivet. Nærmere 7 mrd. kroner av driftsutgiftene til FoU kom fra næringslivet i 2021. Den nest største finansieringskilden var Norges forskningsråd med rundt 1,6 mrd. kroner. Hvordan finansieringen i alt fordeler seg ser vi illustrert i figuren under.

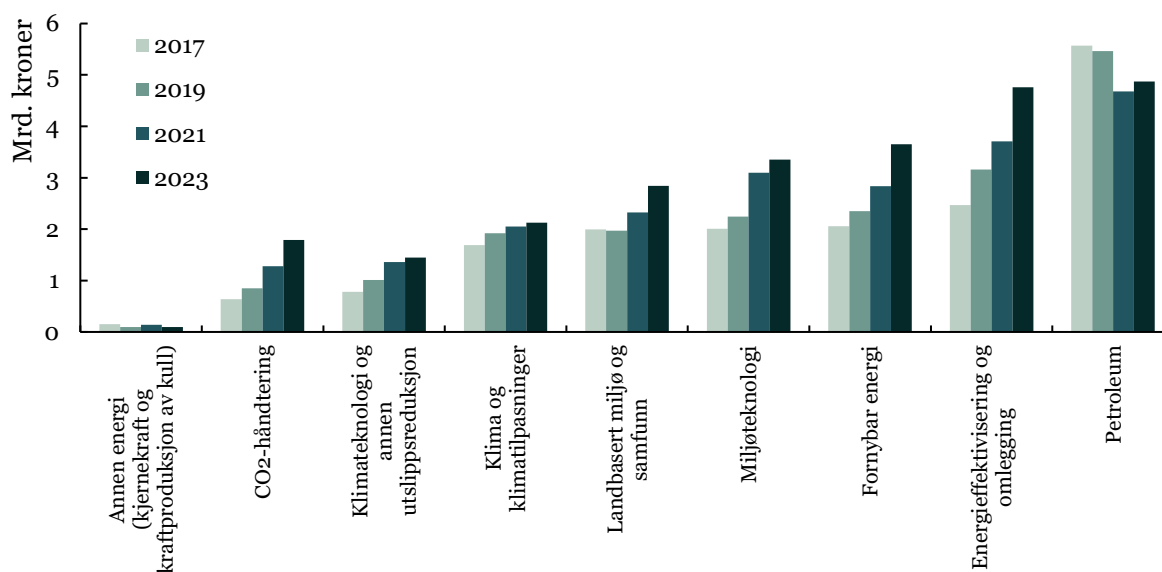
Figur 3-4: Hvordan energi- og petroleumsforskningen var finansiert i 2021. Kilde: SSB Tabell 13713



* Fylker/kommuner (20 mill. kroner)

Energiforskning omhandler en rekke ulike temaer. Med utgangspunkt i SSBs inndeling av ulike tematiske underområder for energi og petroleum, ser vi en økt satsing på FoU innenfor flere energiområder. Fra 2017 til 2023 finner vi særlig økning i FoU innen energieffektivisering og -omlegging, fornybar energi miljøteknologi, klimateknologi og annen type utslippsreduksjon, CO₂-håndtering og klimatilpasninger. Til sammenligning ser vi en nedgang innenfor petroleum over samme periode, selv om petroleum fortsatt var større en samtlige av de overnevnte tematiske områdene i 2023. Utviklingen fra 2017 til 2023 per tematisk underområde er vist i figuren under.

Figur 3-5: Driftskostnader for FoU i etter utvalgte tematiske underområder og utvalgte år. Kilde: SSB Tabell 13711

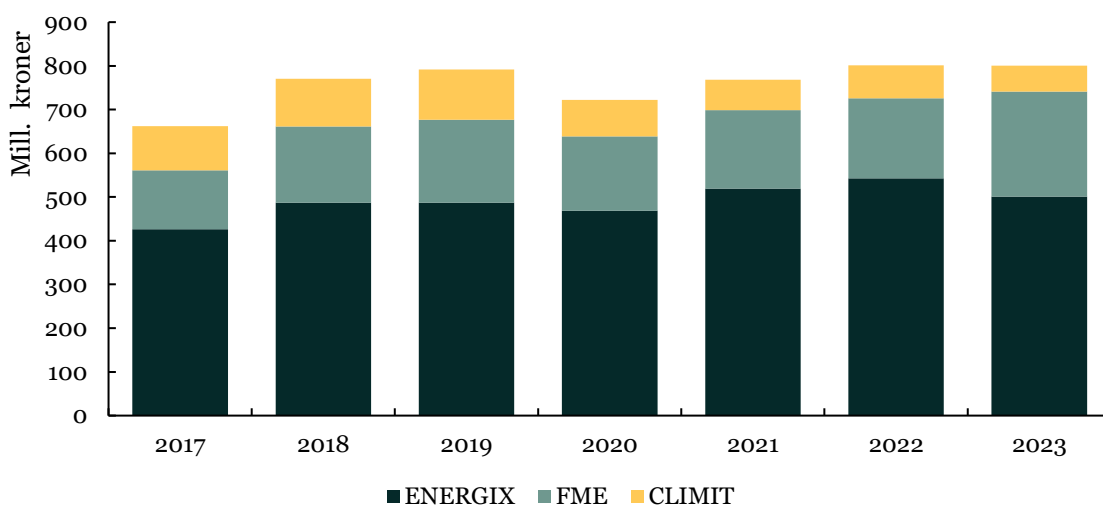


3.2 Finansiering av energiforskning i Forskningsrådet

Den offentlige finansieringen av energiforskning i Norge har i hovedsak blitt organisert gjennom programsatsinger som ENERGIX, CLIMIT og FME-ordningen. I tillegg finansieres det energirelevante prosjekter fra andre satsinger i Forskningsrådet, blant annet Grønn Plattform og Forskningsinfrastruktur, samt grunnbevilgninger til instituttsektoren.

Forskningsrådet har til sammen bevilget tilskudd til energiforskning gjennom ENERGIX, CLIMIT og FME på med mellom 600 og 800 mill. kroner årlig fra 2017 til 2023.²⁰ Totalt utgjør det over fem mrd. kroner. Den årlige finansieringen av energiforskning har vært relativt stabil over perioden, som illustrert i figuren under.

Figur 3-6: Tilskudd fra Forskningsrådet til energiforskning bevilget gjennom hhv. FME, CLIMIT og ENERGIX. Kilde: Forskningsrådet.



I delkapittel 3.1 presiseres det at Forskningsrådets bevilgninger i 2021 til energi- og petroleumsforskning utgjør 1,6 mrd. kroner (jamfør figur 3.4). Dette er høyere enn anslaget presentert i figuren over på om lag 800 mrd. kroner, som viser bevilgninger fra tre av Forskningsrådets mest relevante programmer innen energiforskning. Forskjellen har både bakgrunn i at statistikken presentert i delkapittel 3.1 inkluderer petroleum, samt at det også bevilges midler til energirelaterte prosjekter fra andre programmer i Forskningsrådet.

Den største delen av tilskuddene denne perioden har Forskningsrådet bevilget gjennom ENERGIX (65 prosent), etterfulgt av FME og CLIMIT. Vi gjør oppmerksom på at bevilgningene gjennom CLIMIT som er inkludert i figuren over kun gjelder FoU-delen. Det vil si at oppgitt støtte ikke inkluderer bevilgninger til demonstrasjons-delen av CLIMIT, som forvaltes av Gassnova. Støtteandelen fordelt mellom de tre programmene har vært stabil i perioden 2017-2023.

²⁰ Anslag fra Forskningsrådet peker på at Forskningsrådet bevilget i overkant av 400 mill. kroner i 2023 til andre energirelevante prosjekter utover de disse tre programmene.

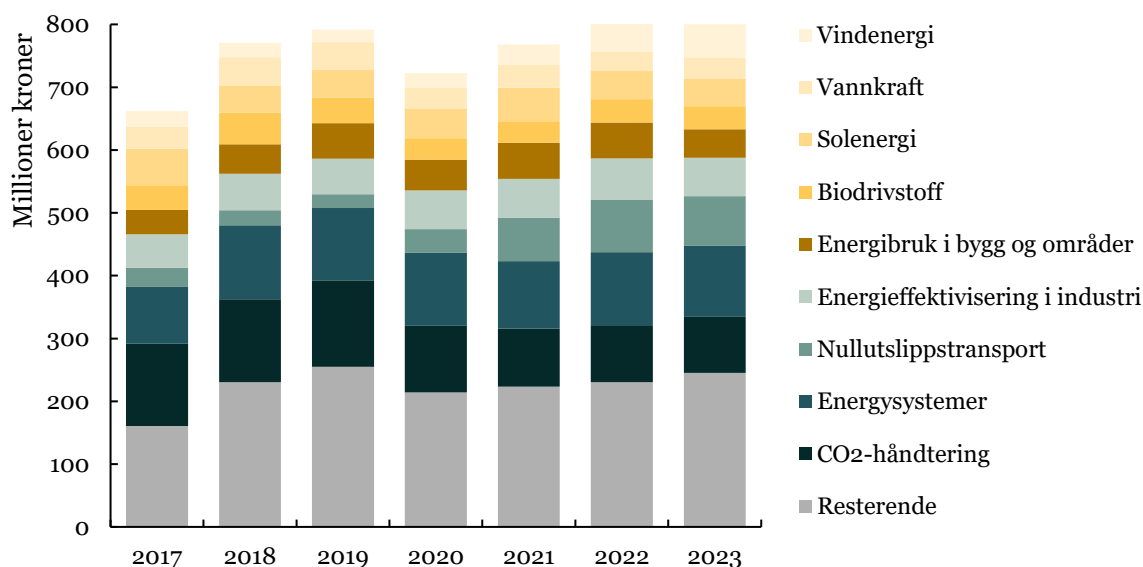
Tekstboks 3-2: Kort om ENERGIX og CLIMIT

ENERGIX støtter forskning på fornybar energi, effektiv energibruk, energisystem og energipolitikk. Programmet skal støtte utvikling av et helhetlig energisystem som ivaretar bærekraft og naturmiljø. Programmet henvender seg til norske bedrifter og forsknings- og kompetanseinstitusjoner som kan bidra til langsiktig kompetanseoppbygging for å videreutvikle energinæringen og andre tilknyttede næringer, eksempelvis kraftintensiv industri og leverandørindustri. Programmet har eksistert siden 2013. Tidligere hadde også Forskningsrådet et program kalt RENERGI. Dette programmet ble etablert i 2004 og avsluttet i 2012. Tilsvarende som ENERGIX, var dette et av Forskningsrådets store program for forskning på miljøvennlig energi. ENERGIX kan sees på som en videreføring av RENERGI.

CLIMIT er det nasjonale programmet for forskning, utvikling og demonstrasjon av teknologi for CO₂-håndtering. Programmet består av to deler, herunder støtteordningen for forskning og utvikling (FoU-delen) administrert av Forskningsrådet, og Gassnovas støtte til utvikling og demonstrasjon (demo-delen). Programmet henvender seg til industri, forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler, ofte i samarbeid med internasjonale bedrifter og forskningsinstitusjoner, for å akselerere kommersialiseringen av CO₂-håndtering. Programmet har eksistert siden 2005.

To av de tre overnevnte programmene til Forskningsrådet er i hovedsak *ikke* rettet mot spesifikke tematiske områder innen energi. Unntaket er CLIMIT som fokuserer på CO₂-håndtering. Det er derfor interessant å undersøke hvordan Forskningsrådets støtte fordeler seg på ulike de ulike energiforskningsområdene som de ni FME-ene vi vurderer i denne studien er rettet mot. For perioden fra 2017 til 2023, er det forskningsområder som CO₂-håndtering og energisystemer som har mottatt mest tilskudd, mens vannkraft, biodrivstoff og vindenergi har mottatt minst. Som figuren under illustrerer, har bevilgningene til de ulike forskningsområdene variert over perioden. Den største veksten i bevilgninger har vært innenfor nullutslippstransport (inkl. hydrogen og andre hydrogenbaserte energibærere), med en økning i midler fra om lag 30 mill. kroner i 2017 til nærmere 80 mill. i 2023 (økning på 165 prosent). Andre forskningsområder har hatt fallende bevilgninger over perioden, eksempelvis CO₂-håndtering (reduksjon på 32 prosent) og solenergi (reduksjon på 25 prosent). Fordelingen av tilskudd mellom 2017 og 2023 på de ni forskningsområdene er illustrert under i figuren under.

Figur 3-7: Fordelingen av støtte fra Forskningsrådet gjennom ENERGIX, FME, og CLIMIT fordelt på ulike energiforskningsområder mellom 2017 og 2023. Kilde: Forskningsrådet.



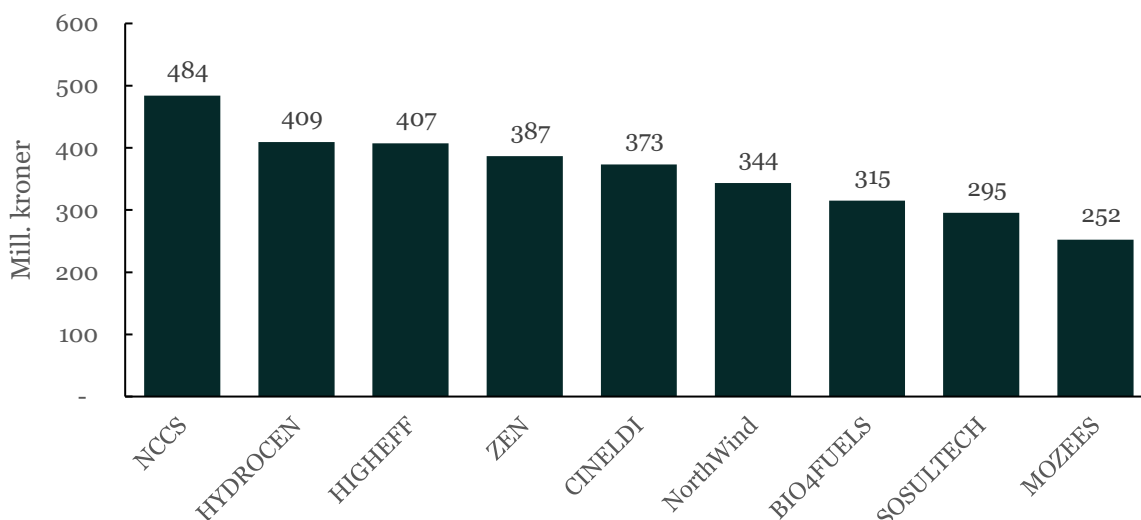
* Merk at en del av tilskuddene som er bevilget fra Forskningsrådet er markert som «resterende». Dette er tilskudd til energiforskning som ikke er rettet mot de ni tematiske områdene som de ni FME-ene vi vurderer i denne studien er rettet mot. Vær oppmerksom på at det kan være noe overlapp mellom kategoriene, og at størrelsene er omtrentlige.

3.3 Finansiering av energiforskning i FME-ene

Det siste aspektet vi vurderer er finansiering av energiforskning i de ni FME-ene som denne studien omhandler. I den forbindelse er det interessant å belyse det økonomiske handlingsrommet de ni sentrene har hatt, hvor stor andel av finansieringen Norges forskningsråd har stått bak, og hvor stor *brakerfinansiering* som er blitt utløst som følge av ordningen. *Denne gjennomgangen baserer seg på sentrenes budsjetter og midlene som er bevilget fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen.*

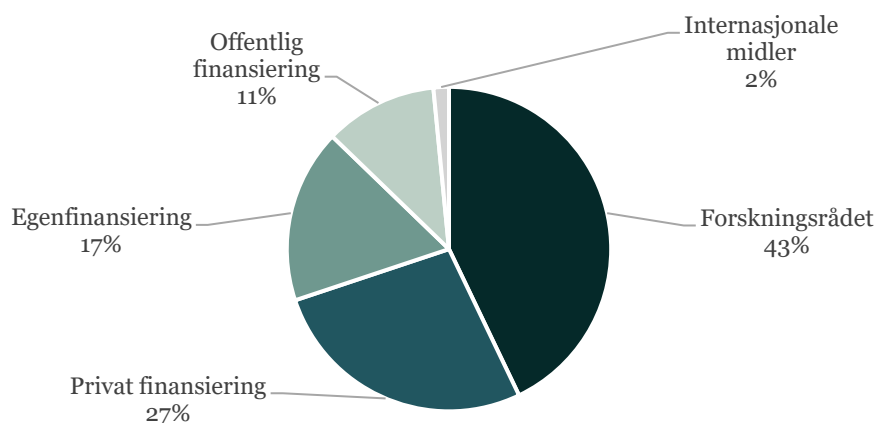
Totalt har de ni FME-ene hatt et samlet budsjett på 3,3 mrd. kroner. Det er relativt stor spredning mellom hvert senter i hvor stort budsjett de har (jamfør figur under), fra nærmere 500 mill. kroner til 250 mill. kroner.

Figur 3-8: FME-enes totale budsjetter over tidsperioden²¹. Kilde: Norges forskningsråd



Midler bevilget fra Norges forskningsråd gjennom FME-ordningen står bak den største andelen av budsjettene til sentrene. Samlet for de ni sentrene har Forskningsrådet bevilget til sammen 1,4 mrd. kroner gjennom FME-ordningen.²² Dette utgjør om lag 43 prosent av de ni sentrenes samlede budsjett.

Figur 3-9: FME-enes finansieringskilder²³ over tidsperioden²⁴. Kilde: Norges forskningsråd



Forskningsrådet har gjennom FME-ordningen bevilget finansiering på mellom 120 og 200 mill. kroner per senter i løpet av perioden. Dette er illustrert i figuren under, sammen med andelen Forskningsrådets FME-finansiering utgjør av sentrenes totale budsjett, som ligger på mellom 35 og 50 prosent.

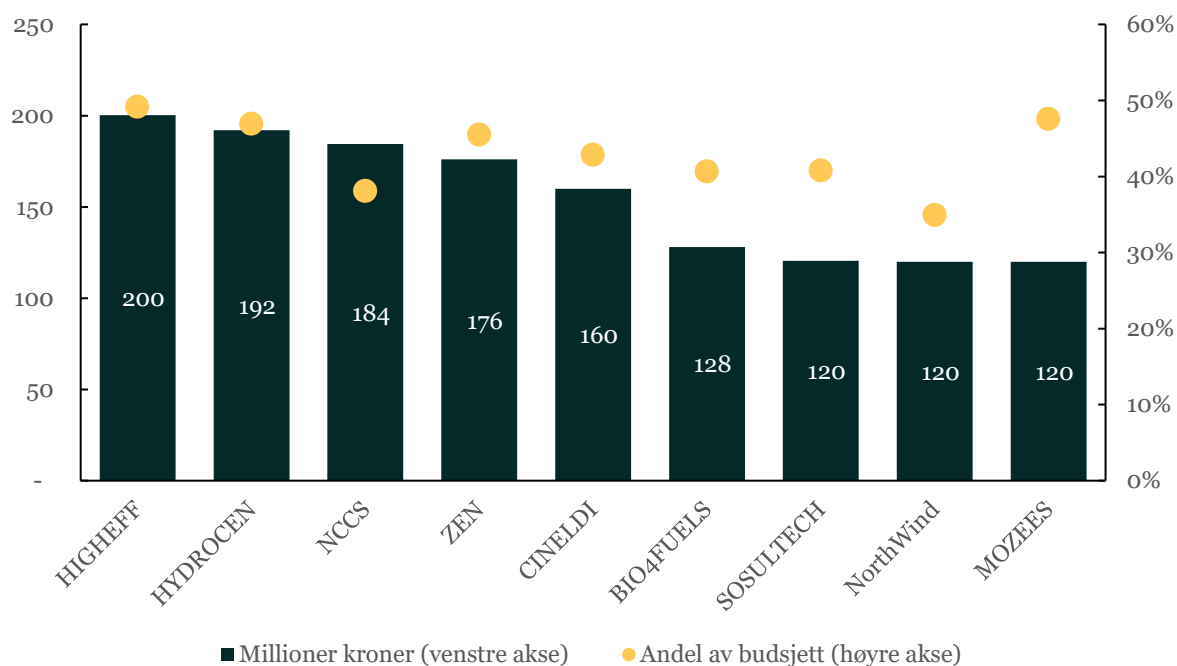
²¹ Prosjektene totalbudsjett er for perioden 2016 til 2025 for alle sentre bortsett fra FME NorthWind, hvor tallet inkluderer deres budsjett for perioden 2021 til 2029.

²² Dette inkluderer grunnstøtten/tildelingen som sentrene mottar gjennom FME-ordningen. Sentrene kan også ha noe finansiering gjennom øvrige Forskningsråd-programmer, men dette er i så fall registrert under egenfinansiering, og omtales lengre nede.

²³ Dette er kategoriene som Forskningsrådet bruker i egne rapporteringskilder på budsjett og finansiering.

²⁴ Prosjektene totalbudsjett er for perioden 2016 til 2025 for alle sentre bortsett fra FME NorthWind, hvor tallet inkluderer deres budsjett for perioden 2021 til 2029.

Figur 3-10: Forskningsrådets finansiering til FME-ene over FME-ordningen over tidsperioden, og andel dette utgjør av deres totale budsjetter over tidsperioden²⁵. Kilde: Norges forskningsråd



I tillegg til tilskudd bevilget fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen, har også sentrene andre finansieringskilder. Som illustrert i kakediagrammet over er det i hovedsak privat finansiering, egenfinansiering fra forskningspartnerne og øvrig offentlig finansiering som utgjør de største finansieringskildene i tillegg til bevilgninger fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Privat finansiering utgjør 27 prosent av de ni sentrenes totale budsjett på 3,3 mrd. kroner.

Deretter følger egenfinansiering (på 17 prosent) som inkluderer både strategiske midler fra forskningspartnerne og vertsinstitusjoner. Denne finansieringen er igjen dels finansiert gjennom KSP/KPN-prosjekter som er hentet inn gjennom andre programmer hos Forskningsrådet. Det er god grunn til å anta at dette i hovedsak har blitt kanalisert gjennom ENERGIX og CLIMIT-programmene, men på dette feltet finnes det lite systematisert informasjon hos FME-ene. Det er derfor vanskelig å identifisere hvor store samlede ressurser som er tilført FME-ene fra Forskningsrådet, utenom FME-ordningen. Et grovt estimat basert på informasjon fra enkelte av sentrene tilsier at dette beløper seg til i underkant av 500 millioner kroner over perioden. Sett i lys av de samlede midlene som er kanalisert gjennom ENERGIX og CLIMIT over perioden vi ser på, er dette en relativt liten andel²⁶.

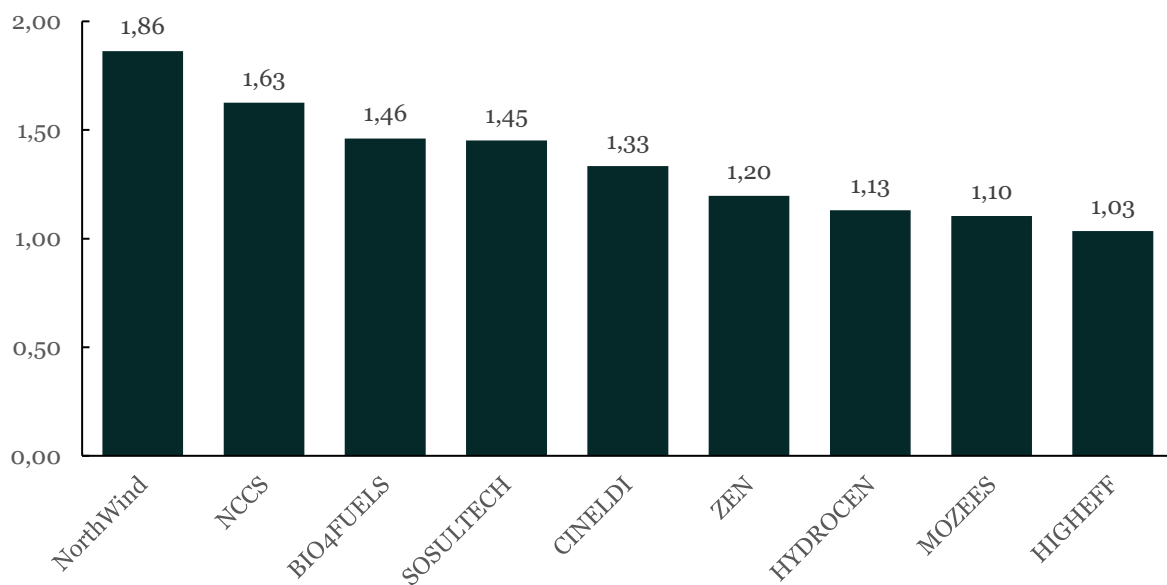
Sentrene rapporterer i mindre grad om internasjonale midler (2 prosent). Det er stor variasjon på tvers av sentrene med tanke på hvor viktig de øvrige finansieringskildene er, altså hvor stor andel de utgjør av totalbudsjettet. Dette kan blant annet henge sammen med sentrenes innretning og organisering, deres samarbeidspartnere og tilgang på midler innen forskningsområdene de jobber mot. I tillegg kan det være noe variasjon i hvordan dette rapporteres på tvers. Vi velger derfor å ikke vise fordeling av finansieringskilder per senter.

²⁵ Prosjektenes totalbudsjett er for perioden 2016 til 2025 for alle sentre bortsett fra FME NorthWind, hvor tallet inkluderer deres budsjett for perioden 2021 til 2029.

²⁶ Det er årlig bevilget mellom 600 og 800 millioner kroner over disse programmene, mens vårt anslag gjelder for hele 8-års perioden.

Hvor mye finansiering har tilskuddene fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen blitt fulgt opp med midler fra andre kilder? Av andre finansieringskilder ser vi da på det som i FME-enes budsjetter er kategorisert som privat finansiering, egenfinansiering, offentlig finansiering og internasjonale midler. For de ni sentrene samlet sett har det totalt kommet midler på 1,9 mrd. kroner – noe som utgjør 57 prosent av sentrenes totale budsjett på 3,3 mrd. kroner. Vi finner at for hver krone finansiert av Forskningsrådet gjennom FME-ordningen, følger andre aktører opp med 1,33 kroner. Som tidligere presentert varierer sentrenes totale budsjetter og Forskningsrådets FME-bevilgninger på tvers av sentrene. Dette betyr at også hvor mye som er blitt fulgt opp av andre finansieringskilder varierer på tvers av FME-ene fra 1,86 kroner til 1,03 kroner. Figuren under illustrerer hvor mye hver krone av FME-finansiering fra Forskningsrådet har blitt fulgt opp av finansiering fra andre aktører per FME.

Figur 3-11: Øvrig finansiering (i kroner) per krone bevilget av Forskningsrådet gjennom FME-ordningen, per senter og over tidsperioden. Kilde: Norges forskningsråd



Som tidligere nevnt inkluderer egenfinansieringsposten også midler som er bevilget gjennom øvrige program hos Forskningsrådet, eksempelvis fra ENERGIX.

4 Vurderinger av FME-ordningen

FME-ordningen har i stor grad oppnådd sitt mål om å stimulere til forskningsaktivitet på et høyt internasjonalt nivå, med involvering av aktører fra næringsliv, forvaltning og samfunn. De nåværende FME-ene har inkludert flere partnere enn tidligere FME-er, og har fokusert på å etablere gode interne samarbeidsstrukturer. Når det gjelder forskningsutdanning, har FME-ene hatt mange PhD-kandidater og postdoktorer, men det er produsert færre enn under tidligere sentre. FME-ene har en høy andel internasjonale PhD-kandidater, spesielt sammenlignet med øvrig energi- og petroleumsforskning, samt målt opp mot doktorgrader i Norge generelt. Når det gjelder publisering, ligger FME-ene som forventet høyere enn SFI-ene, men lavere enn SFF-ene i antall. Vi finner at publiseringskvaliteten er gjennomgående høy. FME-ene har ikke bidratt betydelig til patenter og øvrig spin-off, FME-enes bidrag til samfunnsøkonomiske effekter (beskrevet i delrapport 1) viser at satsningen har lønt seg med god margin. Samtidig ser vi at en svært liten andel av dette bidraget kan knyttes opp til verdiskaping i norsk næringsliv i kjølvannet av forskningen.

Som presentert innledningsvis i denne rapporten vurderer vi i dette kapittelet en rekke egenskaper ved FME-ene og ordningen. Mer spesifikt forsøker vi å besvare følgende spørsmål:

1. Hvordan har samarbeidet i FME-ene vært?
2. Hvordan bygger FME-ene kompetanse og jobber med forskningsutdanning?
3. Hvilke omfang og kvalitet har utgivelser og publikasjoner til FME-ene hatt?
4. Hvor flerfaglige er FME-ene?
5. Hvordan har FME-ene jobbet internasjonalt?
6. Hvilke øvrige resultater og output har FME-ene hatt?²⁷

4.1 Samarbeid i FME-ene og FME-ordningen

Samarbeid er en sentral komponent i FME-ordningen, hvor det er ønskelig å sikre et tett og direkte samarbeid mellom forskningsinstitusjoner, bedrifter og andre relevante aktører. Formålet er at forskning og teknologiutvikling gjøres i fellesskap mellom akademia og næringslivet. Med andre ord at forskningen gjøres i nært samarbeid med brukere av forskningsresultatene. Årsaken til dette fokuset er at samarbeidet mellom næringsliv og akademia i sentrene bidrar til at forskningen er rettet inn mot samfunnets og næringslivets *behov*, og skal bidra til at forskningen *raskere* blir tatt i bruk. I dette delkapittelet vil vi redegjøre nærmere for samarbeidet i sentrene.

Før vi går nærmere inn på dette, presenterer vi kort litt statistikk knyttet til de ni sentrene og deres samarbeidspartnere. Merk at samarbeidspartnere i denne sammenheng er aktører som har signert konsortieavtale med et senter (formelle deltakere i konsortiet). Sentrene har i tillegg til dette kontakt med og aktivitet sammen med en lang rekke aktører, som eksempelvis deltar i enkeltprosjekter og arrangementer.

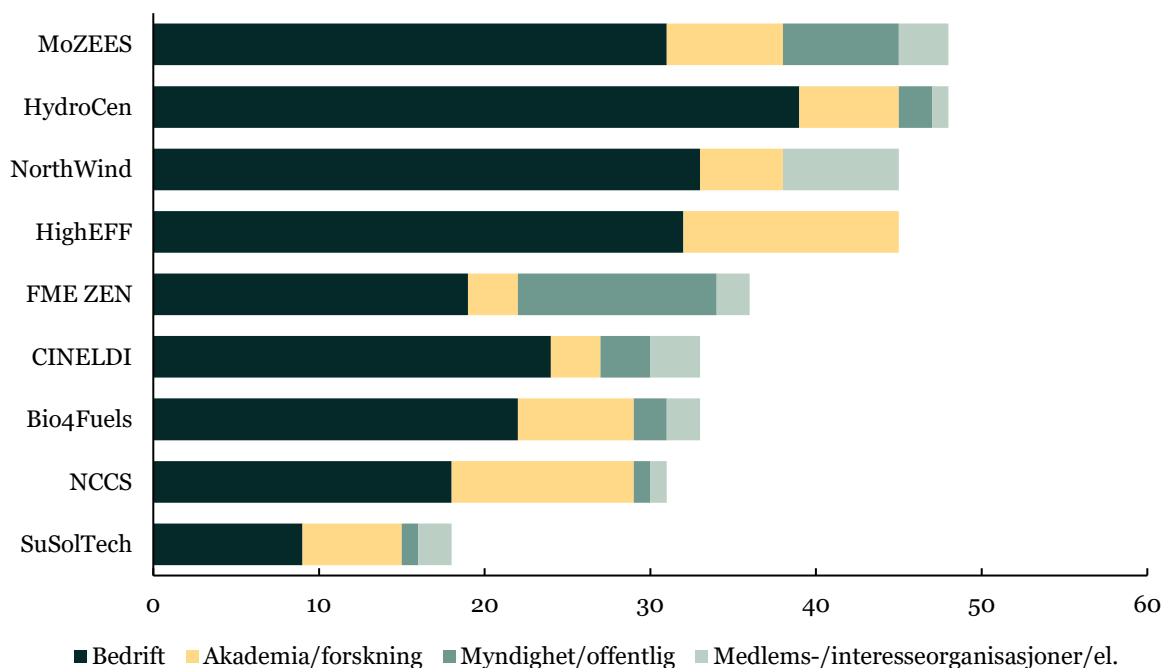
Konsortiepartnere til FME-ene

Hver av de ni FME-ene har flere deltakende forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler, i tillegg til private bedrifter, offentlige organisasjoner og etater, samt øvrige type organisasjoner. Antallet

²⁷ Dette er øvrige resultater for sentrene ut over de resultater som prosjekter og caser har bidratt til (som redegjøres for i delrapport 1). Eksempler på slike øvrige resultater og outputs er spin-off bedrifter, patenter og lignende.

formelle (konsortie)deltakere i hvert senter varierer mellom om lag 20 til 50 stykker, og totalt har de ni FME-ene hatt 337 deltakende virksomheter. De to største gruppene av deltakende virksomheter er akademia/forskning og private bedrifter. Overordnet sett utgjør disse to gruppene henholdsvis 18 og 67 prosent av alle de 337 deltakende virksomheter i de ni FME-ene.²⁸ I figuren under illustreres fordelingen av antall og type deltakende virksomhet per FME.

Figur 4-1: Oversikt over antall formelle konsortiepartnere per senter. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene.



Som nevnt viser vår kartlegging at de ni sentrene har totalt sett hatt 337 formelle konsortiepartnere. Det er imidlertid enkelte virksomheter som har deltatt i flere sentre. Totalt antall *unike* partnere for de ni sentrene er således 275, hvor 34 virksomheter (12 prosent) er med i to eller flere sentre. Dette gjelder først og fremst FoU-institusjoner, men også noen store norske bedrifter. I tabellen under gir vi en oversikt over virksomhetene som har flest tilknytninger.²⁹

Tabell 4-1: Oversikt over virksomheter med flest tilknytninger til de ni FME-ene. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene.

Navn på virksomhet	Antall	Navn på FME
SINTEF	9	<i>Samtlige</i> ³⁰
NTNU	9	<i>Samtlige</i>
Equinor	6	Bio4Fuels, HighEFF, NorthWind, NCCS, SuSolTech og MoZEES

²⁸ Det er enkelte virksomheter som deltar i flere FME-er. Dette redegjør vi nærmere for senere.

²⁹ I tillegg er det en rekke virksomheter som deltar i tre FME-er, dette inkluderer NGI, USN, Elkem, Statkraft og Fornybar Norge.

³⁰ Merk at enkelte av sentrene har ulike deler av SINTEF representert blant sine konsortiedeltakere/vertsinstusjoner. Dette inkluderer både SINTEF Digital, SINTEF Industri, SINTEF Energi, og SINTEF Ocean.

Universitet i Oslo	4	MoZEES, NorthWind, NCCS og SuSolTech
ABB AS	4	CINELDI, HydroCen, MoZEES og NorthWind
Hydro	4	HighEFF, HydroCen, MoZEES og NorthWind

Vi finner at de ni FME-ene vi vurderer i denne studien har hatt involvert flere konsortiepartnere enn tidligere FME-er (som var aktive i perioden 2009-2017). Dette gjelder både antall (337 opp mot 181), samt gjennomsnittlig antall konsortiepartnere per senter (37,4 opp mot 22,6). Som nevnt har sentrene i mottatt ulik grad av finansiering av Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Dette gjelder også det første kullet av FME-er. Justerer vi gjennomsnittlig antall konsortiepartnere basert på størrelsen på bevilgningene sentrene har mottatt gjennom FME-ordningen, finner vi at FME-ene vi vurderer i denne rapporten har hatt flere konsortiepartnere. Dette peker på at det andre kullet av sentre i større grad har lyktes med å rekruttere og involvere flere partnere.

Tabell 4-2: Sammenligning av konsortiepartnere opp mot tidligere sentre. Kilde: Forskningsrådet (2018) ³¹

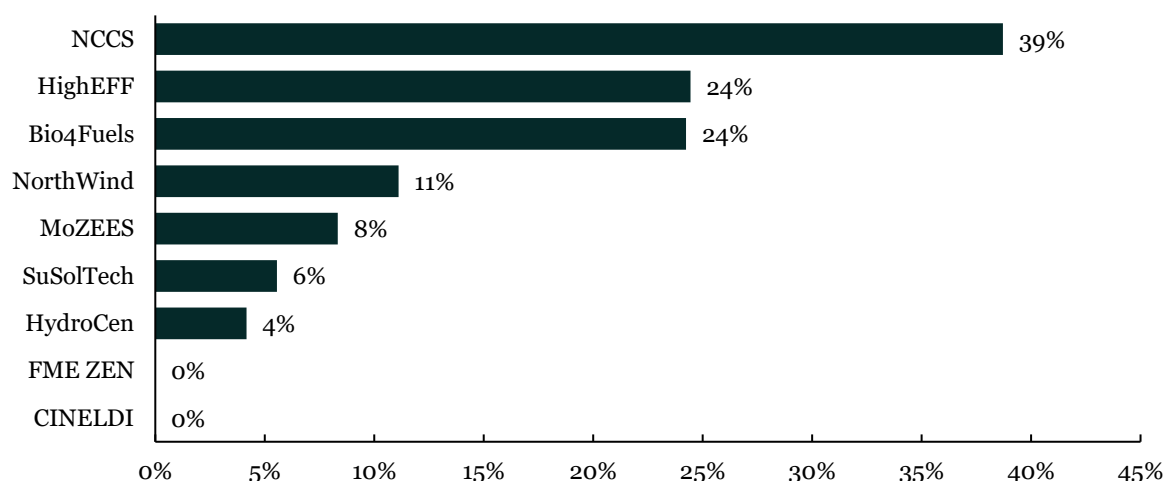
	Totalt antall	Gj.snitt antall	Gj.snitt per 100 mill kr i støtte	Variasjon per senter
FME fra kull 1: 2009-2017 (8 stk)	181	22,6	19,3	17-26
FME fra kull 2: 2016-2025 (9 stk)	337	37,4	25,2	18-48

Internasjonale konsortiepartnere

Majoriteten av sentrenes samarbeidspartnere er norske virksomheter, men det er innslag av internasjonale selskaper som deltar. Samlet sett for sentrene utgjør norske konsortiepartnerne 87 prosent, mens de internasjonale utgjør de resterende 13 prosentene. Det er derimot stor variasjon på tvers av sentrene. På den ene siden finner vi NCCS, som er senteret med flest internasjonale samarbeidspartnere, både målt i antall og prosent. NCCS er fulgt av Bio4Fuels og HighEFF. På den andre siden har vi FME ZEN og CINELDI med ingen internasjonale konsortiepartnere. Den geografiske spredningen på sentrenes internasjonale samarbeidspartnere er stor, og de inkluderer både forskningsinstitutter og private bedrifter.

³¹ Forskningsrådet (2018). Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME): Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Sluttrapport 2009-2017. Tilgjengelig [her](#).

Figur 4-2: Andel internasjonale konsortiepartnere per FME. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene.



Hvordan har FME-ene jobbet for å rekruttere og tilrettelegge for samarbeid?

Som nevnt er samarbeid et viktig aspekt ved ordningen. Dette kommer tydelig frem i intervjuene som vi har gjennomført med ledelsen i sentrene. Samtlige understreker viktigheten av et godt samarbeid for å komme frem til de resultater og for å få til den forskningen man ønsker. Å lykkes med et godt samarbeid krever imidlertid et større arbeid fra sentrene, og dette er noe de har jobbet bevisst med. Sentrene har jobbet langs flere aspekter for å lykkes med dette.

- En viktig del av dette har vært knyttet til det organisatoriske, altså hvordan de har tilrettelagt for at det etableres relasjoner og koblinger mellom næringspartnere (brukerpartnere) og forskningsinstitusjoner/universiteter i sentrene. Dette henger både sammen hvordan senteret har organisert sine aktiviteter, men også hvordan brukerpartnerne involveres i sentrenes strategiske retning og hvilke forskningsområder/aktiviteter er relevante å prioritere. Samtlige sentre har arrangert møteplasser hvor alle partnere i et FME kan møtes, få høre om andres forskning, og diskutere dette. Et viktig aspekt ved slike møteplasser er også dette med flerfaglighet – altså at aktører fra ulike områder får høre om andres arbeid, og ikke bare det enkelte område de jobber med selv.
- Samtlige FME-er peker på viktigheten av å innrette aktiviteter og arbeidspakker som er relevante for både forskningsaktører og brukerpartnere. For å lykkes med dette må sentrene kjenne sin målgruppe (konsortiedeltakerne) og finne sammenfallende interesseområder. Dette gjøres blant annet gjennom tett dialog med partnerne. I tillegg utvikler hvert senter seg over tid, og dermed endres relevante forskningsområder seg. Det kreves med andre ord kontinuerlig dialog. Et tilknyttet virkemiddel som flere sentre trekker frem, er muligheten for å igangsette mindre prosjekter/arbeid innenfor temaer som er særlig relevante for brukerpartnere, eksempelvis ved at det er direkte rettet mot utfordringer som brukerpartnere har. Det fremheves at dette har vært et viktig grep for nettopp å sikre at forskningen som gjøres er brukerrelevant, samt at brukerpartnere opplever en verdi av å delta i senteret.
- Et annet element flere av sentrene oppgir å ha hatt fokus på er knyttet til formidling av forskningsresultater. Med andre ord å sikre at forskningen er tilgjengelig og forståelig for eksempelvis brukerpartnere (og andre). Dette kan også sees på som et grep for å tilrettelegge for et godt samarbeid. Dersom brukerpartnere i liten grad opplever at forskningen er lett tilgjengelig og anvendbar, men at de må bruke mye tid på å både finne frem og forstå resultatene, faller verdien av å delta i et senter.

Som nevnt fremhever flere av sentrene at det krever dedikasjon og hardt arbeid både for å rekruttere brukerpartnere, men også for å sikre at de er tilstrekkelig involvert i senterets arbeid. Sentrene forteller om dialogmøter, oppfølging og mye kontakt med brukerpartnere. I hovedsak oppgir sentrene at det er to grupper av brukerpartnere. Den ene gruppen er opptatt av forskningen som skjer på området, og ønsker at det skal forskes på spesifikke utfordringer og problemer som bedriften selv har/potensielt kan få, eksempelvis gjennom PhD- og masteroppgaver. Den andre gruppen deltar først og fremst for å holde seg oppdatert på hva som skjer innenfor forskningsområdet de er koblet mot, og deltar i mindre grad aktivt i forskningen og prosjekter.

Vedrørende rekruttering trekker sentrene frem at det krever en betydelig innsats over lengre tid for å lykkes med å rekruttere brukerpartnere, og at dette ikke skjer automatisk. Interessen for å delta i et forskningssenter fra en brukerpartner er ikke noe man tar for gitt, og flere møter og tydeliggjøring av gevinst for brukerpartnere er sentralt. I forbindelse med rekruttering rapporterer enkelte FME-er om at det er partnere som blir med videre inn i nye FME-er. Altså at man drar fordel av arbeidet med blant annet rekruttering som er gjennomført i tidligere FME-er. Dette gjelder også for det nye kullet med sentre som nylig har blitt tildelt FME-status (i 2024). Det å kunne vise til hva man har lykkes med i tidligere sentre og spille videre på etablerte relasjoner er et viktig virkemiddel for å sikre dedikerte og relevante partnere i videre sentre. For partnere som ikke har tidligere deltatt i en FME, vil det å kunne vise til resultater fra tidligere sentre kunne bidra til at de i større grad ser verdien av å delta. Dette poenget understrekes også av at vi finner at FME-ene fra kull 2 har rekruttert og involvert flere deltakere (konsortiepartnere) enn FME-er fra kull 1.

Som presisert over har flere av FME-ene hatt internasjonale partnere. Vi finner ikke noe mønster på om det har vært vanskeligere å involvere/rekruttere internasjonale partnere enn nasjonale. Imidlertid peker flere av sentrene på nettverk til sentrale forskere som en sentral kanal for å få med spesielt internasjonale forskningsaktører som konsortiepartnere.

Har sentrene lykkes med samarbeidet?

I midtveisevalueringen av de åtte av FME-ene ble det fremhevet både at «*There is genuine cooperation between the research partners at the centre and the centre has helped to improve the national structure of research carried out within its thematic area.*», at «*The centre engages in active collaboration with international research groups (...)*», samt at «*The centre has a visible profile, a strong identity and has established successful collaboration between its partners.*»³² I vår gjennomgang måler vi ikke direkte om sentrene har lykkes med samarbeidet, men vi finner flere indikasjoner som støtter opp under konklusjonene fra midtveisevalueringen. Samtlige FME-er trekker frem i intervjuene at samarbeidet har vært vellykket og at relasjoner og samarbeidsflater er etablert. Flere av grunnene til dette er ifølge sentrene hvordan de har valgt å organisere arbeidet, samt hvordan de har jobbet med hver enkelt partner for å sikre deres deltakelse og at relevante aktiviteter gjennomføres. At brukerpartnere og universiteter/institutter har opplevd samarbeidet som fruktbart understøttes også av at sentrene som videreføres nå (i nye sentre fra 2024), i stor grad har de samme partnerne med seg videre (i tillegg til flere nye). Dette peker på at det har vært en reell verdi av å delta i senteret, noe som henger sammen med det samarbeidet man har klart å få til.

4.2 Kompetanseutvikling – Forskerutdanning

Utdanning av forskere er et viktig mål med FME-ordningen. Sentrene, som etablerte knutepunkter, har en viktig rolle i å utdanne den neste generasjonen av forskere. Denne utdanning skjer gjennom aktiv involvering av både PhD-kandidater og masterstudenter som arbeider med senterets

³² Forskningsrådet (2021). Midway Evaluation of eight Centres for Environment-friendly Energy Research. Tilgjengelig [her](#).

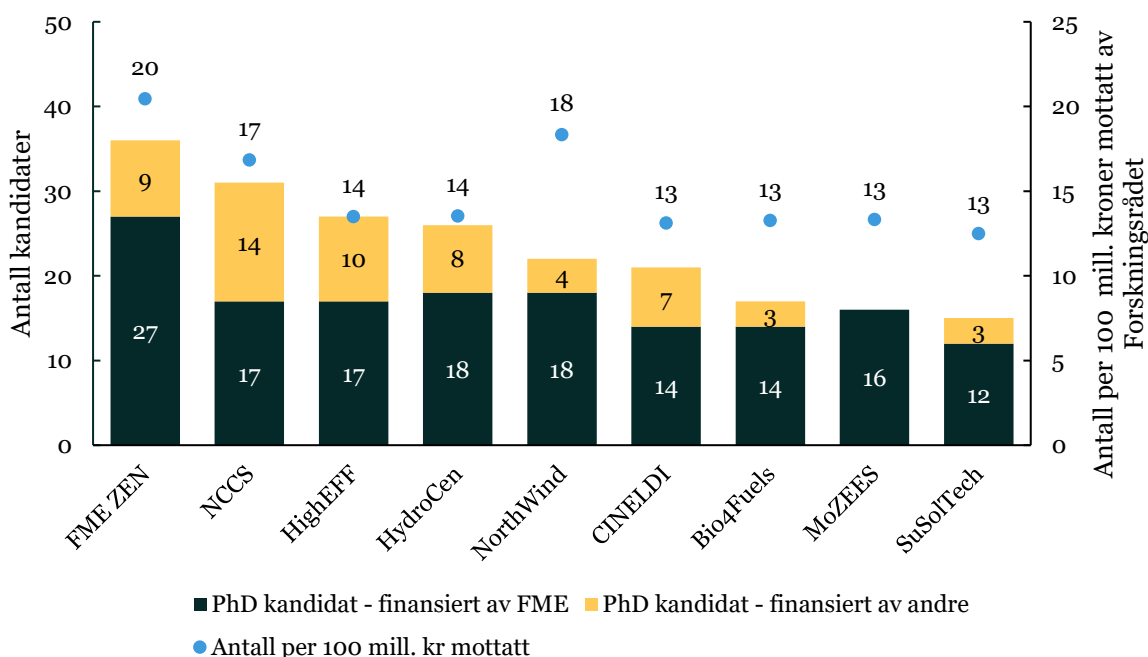
forskningsprosjekter og teknologiutvikling. I dette delkapittelet vil vi presentere statistikk knyttet til antall PhD-kandidater og masterstudenter (målt ved antall individ) og deres institusjonelle tilknytning, samt presentere betraktninger om og vurderinger av sentrenes arbeid med forskningsutdanning.

PhD-kandidater og postdoktorer

Et høyt antall PhD-kandidater har vært finansiert over FME-bevilgningen eller over sentrenes budsjetter som del av partnernes egeninnsats. Til sammen har de ni FME-ene hatt 211 doktorgradsstipendiater over perioden. Dette inkluderer både PhD-kandidater som er finansiert av senteret og kandidater som har vært tilknyttet senteret, men finansiert av andre.

Figur 4-3: Antall PhD-kandidater per FME, både pågående og avsluttede. Samt antall PhD-kandidater per 100 mill. kroner som sentrene har mottatt i FME-tilskudd fra Forskningsrådet.

Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.



Som illustrert i figuren over, er det noe variasjon i antall mellom FME-ene. FME ZEN har hatt flest PhD-kandidater (36 stk), mens SuSolTech, Bio4Fuels og MoZEES har hatt færrest med 15-17 hver. Dette må imidlertid sees i lys av hvor mye midler sentrene har mottatt i tilskudd fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Som presentert i tabellen i kapittel 2 (og i kapittel 3.3) varierer hvor mye støtte de har fått fra 200 mill. kroner til 120 mill. kroner. Sett i lys av hvor mye hvert senter har mottatt i støtte er det FME ZEN, NorthWind og NCCS som har hatt flest PhD-kandidater (mellom 17 og 20 kandidater per 100 mill. kroner man har mottatt i støtte). De øvrige sentrene ligger noe lavere (cirka 13-14 kandidater per 100 mill. kroner i støtte).

Vi finner at omfang av PhD-kandidater fra disse sentrene i noe grad sammenfaller med tidligere sentre (fra perioden 2009-2017). Dette inkluderer både antall (211 opp mot 206), samt gjennomsnittlig antall kandidater per senter (23 opp mot 26). Ettersom kull 2 består av flere FME-sentre (9 stk) enn kull 1 (8 stk) burde totalt antall være større. Dette illustreres også av at gjennomsnittet er noe høyere for kull 1 enn kull 2. For Norge som helhet har antall doktorgrader som avlegges økt fra 2009 til 2024, selv om

antall avlagte doktorgrader falt noe under koronapandemien.³³ Det lavere antallet har med andre ord ikke bakgrunn i en overordnet trend.

Forskjellen mellom de to kullene er derimot større når vi ser på gjennomsnittlig antall PhD-kandidater opp mot støtten sentrene har mottatt fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Det første kullet av FME-er har i gjennomsnitt hatt over 22 PhD-kandidater per 100 mill. kroner støtte de har mottatt. For det andre kullet av FME-er er antallet 15. Dette viser at selv om de to kullene av FME-er har i stor grad hatt likt antall kandidater, har det første kullet hatt flere sett i lys av bevilgninger gjennom FME-ordningen og sett i lys av antall FME-er som er i kullet.

Merk at NorthWind skal være aktive til 2029, som innebærer at deres totale antall PhD-kandidater trolig er høyere ved periodeslutt.

Tabell 4-3: Sammenligning av PhD-kandidater opp mot tidligere FME-er. Kilde: Forskningsrådet (2018)³⁴

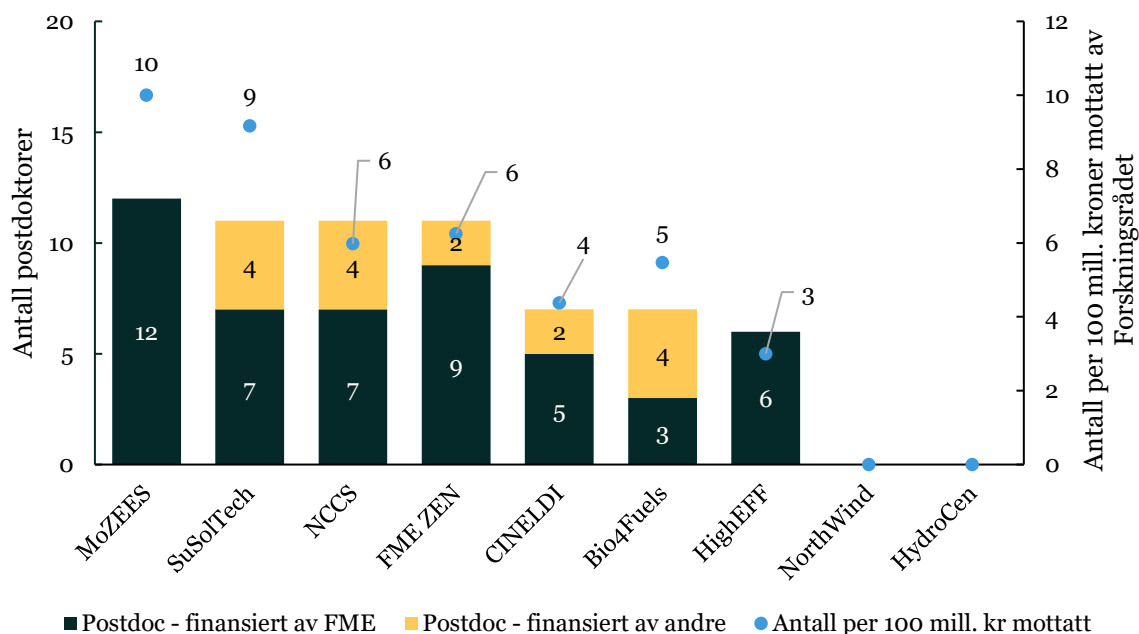
	Totalt antall	Gj.snitt antall	Gj.snitt per 100 mill kr i støtte	Variasjon per senter
FME fra kull 1: 2009-2017 (8 stk)	206	25,75	22,55	14-35
FME fra kull 2: 2016-2025 (9 stk)	193	23,44	14,99	15-36

Sentrene har også hatt postdoktorer. Tilsvarende som PhD-kandidater har disse også enten vært finansiert over senteret eller vært finansiert av andre. Til sammen har de ni FME- hatt 65 postdoktorer.

³³ SSB Tabell 13522

³⁴ Forskningsrådet (2018). Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME): Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Sluttrapport 2009-2017. Tilgjengelig [her](#).

Figur 4-4: Antall postdoktorer per FME. Samt antall postdoktorer per 100 mill. kroner som sentrene har mottatt i FME-tilskudd fra Forskningsrådet. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.



Det er noe variasjon på tvers av sentrene, som figuren over illustrerer. Viktigste skille er at to av sentrene ikke har hatt postdoktorer (NorthWind og HydroCen). Blant de øvrige sentrene har fire hatt rundt 11-12 postdoktorer, mens resten har hatt mellom 6-7 hver. Hvordan ser dette ut i lys av hvor mye midler sentrene har fått fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen? Vi finner at det er spesielt to sentre som skiller seg ut, ved at de har hatt et større antall postdoktorer sett i lys av tilskuddet de har fått. Dette er MoZEES og SuSolTech, som begge har hatt mellom 9-10 kandidater per 100 mill. kroner de har mottatt i støtte.

Hvordan er dette sett opp mot tidligere FME-er? Vi finner at sentrene vi vurderer i denne rapporten har hatt færre postdoktorer enn tidligere FME-er som var aktive i perioden 2009 til 2017. Dette er både knyttet til totalt antall, men også gjennomsnittlig antall per senter. Spesielt førstnevnte er av betydning, da kull 2 består av flere FME-er (9 stk) enn kull 1 (8 stk). I gjennomsnitt har sentrene fra kull 2 hatt 7,22 postdoktorer. Dette er noe lavere enn det første kullet med sentre som har hatt rett under 9 postdoktorer hver. Tilsvarende funn finner vi også om vi ser antall postdoktorer opp mot bevilgninger sentrene har mottatt fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Det første kullet av sentre har i gjennomsnitt hatt om lag 8 postdoktorer per 100 mill. kroner støtte, mens gjennomsnittet for FME-ene vi vurderer har hatt nærmere 5 postdoktorer.

Tabell 4-4: Sammenligning av postdoktorer opp mot tidligere FME-er. Kilde: Forskningsrådet (2018) ³⁵

	Totalt antall	Gj.snitt antall	Gj.snitt per 100 mill kr i støtte	Variasjon per senter
FME fra kull 1: 2009-2017 (8 stk)	74	9,25	7,94	6-19

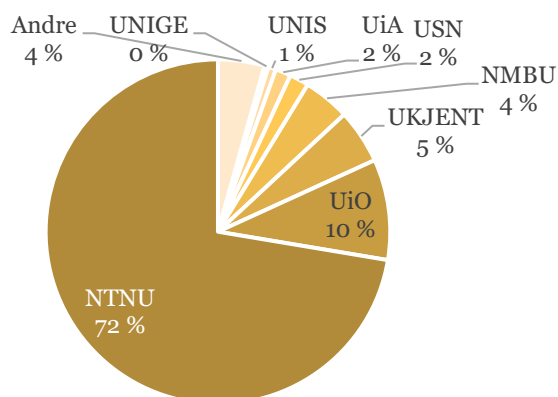
³⁵ Forskningsrådet (2018). Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME): Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Sluttrapport 2009-2017. Tilgjengelig [her](#).

FME fra kull 2: 2016-2025 (9 stk)	65	7,22	4,92	0-12
--	----	------	------	------

Fra hvilke institusjoner er det PhD-kandidatene og postdoktorene kommer fra? Et stort flertall av kandidatene og postdoktorene er tilknyttet NTNU (71 prosent). Dette er illustrert i figuren under. Andre universiteter er i hovedsak Universitetet i Oslo (UiO) og NMBU.

Figur 4-5: PhD-kandidater og postdoktorer per utdanningsinstitusjon/forskningsinstitusjon³⁶.

Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene.



Samtlige av sentrene fremhever i intervjuene at arbeid med PhD-kandidater har vært en viktig del av deres arbeid. Sentrene har jobbet dedikert med å rekruttere relevante PhD-kandidater – noe som skjer gjennom typiske utlysningskanaler som universitetene og forskningsinstituttene benytter. Flere av sentrene trekker frem at forskernes nettverk har vært viktig i dette rekrutteringsarbeidet, og det spesielt internasjonalt.

Et stort flertall av FME-enes PhD-kandidater og postdoktorer har vært internasjonale (se tekstboks under). Flere av sentrene rapporterer om noen begrensninger knyttet til rekruttering av PhD-kandidater internasjonalt. Dette henger sammen med at flere av sentrene jobber opp mot type infrastruktur, hvor sikkerhetsmyndigheter i Norge begrenser hvem som kan være involvert i slikt arbeid. Mer spesifikt dreier dette seg om begrenset mulighet til å rekruttere PhD-kandidater fra utvalgte land som Kina, Russland og Iran.

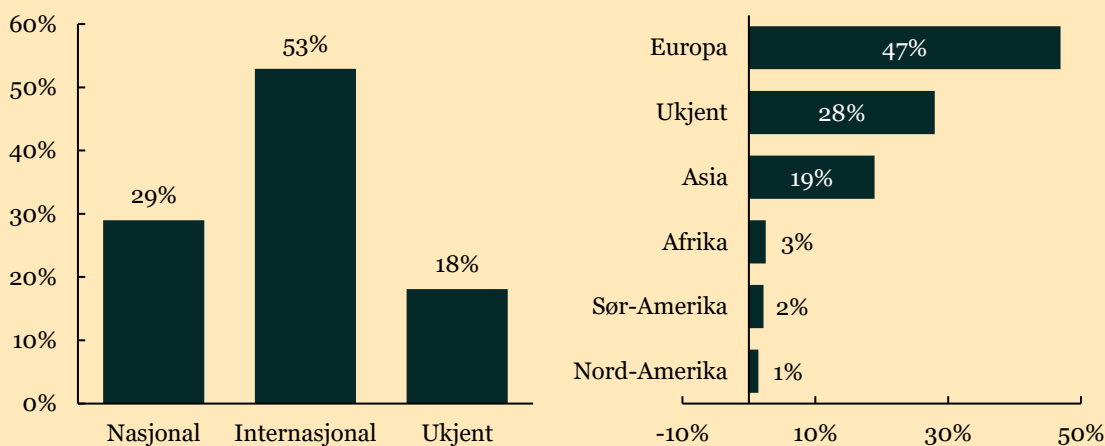
I løpet av FME-enes prosjektperiode har Norge og verden opplevd en nedstengning i forbindelse med korona-pandemien. Som for alle andre organisasjoner i Norge, opplevde også sentrene at aktiviteter ble flyttet over på digitale flater. Flere av sentrene forteller at de da hadde et spesielt fokus på PhD-kandidatene, ettersom flere av disse er internasjonale og således langt hjemmefra og med et mindre nettverk. I intervjuene kommer det frem at flere av sentrene arrangerte flere faste digitale møter med disse, samt mer fysiske møter da restriksjonene åpnet opp for dette.

³⁶ For enkelte av kandidatene har vi ikke mottatt institusjon. For disse har vi enten basert tilhørighet på hvilken institusjon veileder tilhører eller sjekket tilhørighet basert på internettsøk.

Tekstboks 4-1: Internasjonale versus nasjonale PhD-kandidater og postdoktorer. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene, Forskningsrådet og SSB.

En stor andel av sentrenes PhD-kandidater og postdoktorer er internasjonale. Mer spesifikt viser statistikk fra åtte sentre at 53 prosent kommer utenfra Norge, mens 29 prosent har norsk statsborgerskap. Merk at vi ikke har statistikk om nasjonalitet på om lag 18 prosent*. I hovedsak er de fleste kandidatene fra Europa, men det er også en stor andel fra Asia (eksempelvis Iran, Kina, India og Nepal).

Figur 4-6: Til venstre: Grad av internasjonalitet blant PhD-kandidater og postdoktorer for åtte av sentrene. Til høyre: Grad av internasjonalitet fordelt på kontinenter.



*Det er et sentre vi ikke har oversendt informasjon om nasjonalitet: FME ZEN

Dersom vi kun ser på PhD-kandidater og holder dem med ukjent nasjonalitet utenfor, har FME-ene hatt 65 prosent internasjonale og 35 prosent nasjonale kandidater. Dette er en relativt høyt andel internasjonale. Sett i lys av doktorgradskandidater innenfor målrettede energi- og petroleumsaktiviteter finansiert av Forskningsrådet i perioden 2005-2021 var andelen internasjonale 48 prosent (av totalt 1 381 stipendiater)**. En enda lavere andel internasjonale finner vi for Norge som helhet over perioden 2016 til 2024 (41 prosent), målt ved hjelp av avlagte doktorgrader***.

** SSB (2023). Rekruttering til forskning innenfor energi og petroleum. Tilgjengelig [her](#).

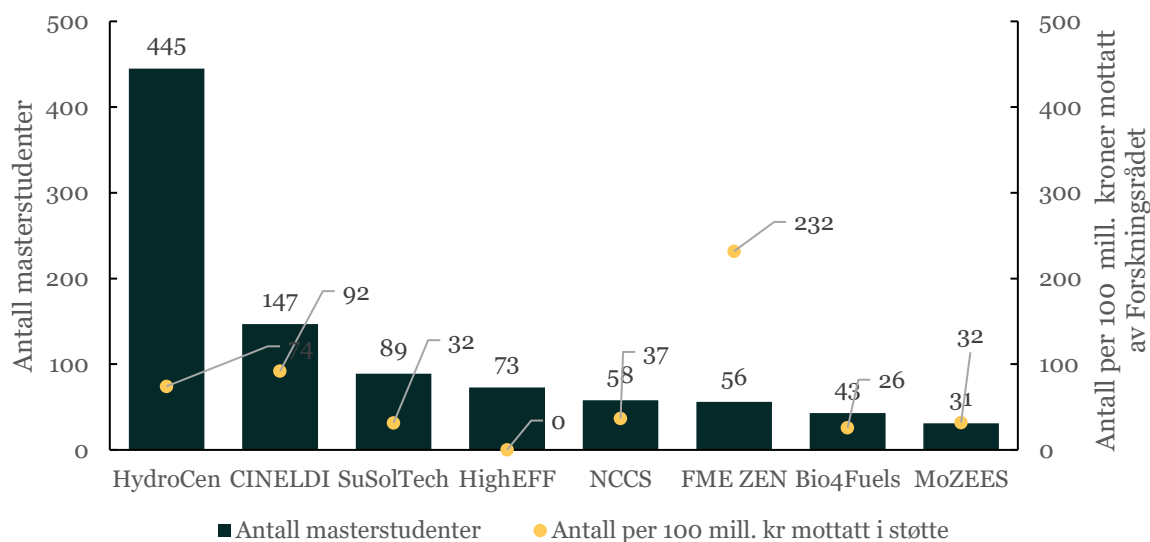
*** SSB tabell 13522 (Avlagte doktorgrader)

Masterstudenter

I løpet av perioden har 942 masterstudenter skrevet masteroppgaver hos åtte av sentrene (som vi har mottatt statistikk for).³⁷ Det er stor variasjon mellom sentrene, fra 30 til 450 masterstudenter i løpet av perioden. Variasjonen mellom sentrene er illustrert i figuren under.

³⁷ Merk at FME NorthWind ikke har oversendt statistikk vedrørende masterstudenter.

Figur 4-7: Oversikt over antall masterstudenter per senter. Samt antall masterstudenter per 100 mill. kroner som sentrene har mottatt i FME-tilskudd fra Forskningsrådet. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.



Som illustrert i figuren over er det betydelig variasjon på tvers av sentrene, og da spesielt knyttet til HydroCen. HydroCen har hatt svært mange flere masterstudenter enn de øvrige sentrene, både totalt sett og sett opp mot hvor mye dette senteret har fått i bevilgninger fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Deretter følger CINELDI på om lag 150 masterstudenter, mens de øvrige har hatt mellom 30-90 masterstudenter hver.

Hvordan er omfang av masterstudenter sett opp mot de tidligere FME-ene? Dersom vi tar utgangspunkt i de åtte sentrene som var aktive fra 2009 til 2017, har dagens senter hatt både flere masterstudenter totalt sett, og i gjennomsnitt per senter. Imidlertid er det større variasjon på tvers av sentre i dag enn tidligere. Med andre ord har enkelte av dagens sentre hatt betydelig flere masterstudenter, som trekker opp gjennomsnittet og det totale antallet. I hovedsak er årsaken til dette at HydroCen har hatt et betydelig antall masterstudenter. Vi finner imidlertid ikke at FME-ene vi vurderer har i gjennomsnitt hatt flere masterstudenter sett i lys av støtten som er bevilget fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Dette kullet har hatt 70 masterstudenter per 100 mill. kroner bevilget i støtte, mens antallet er 75 for forrige kull.

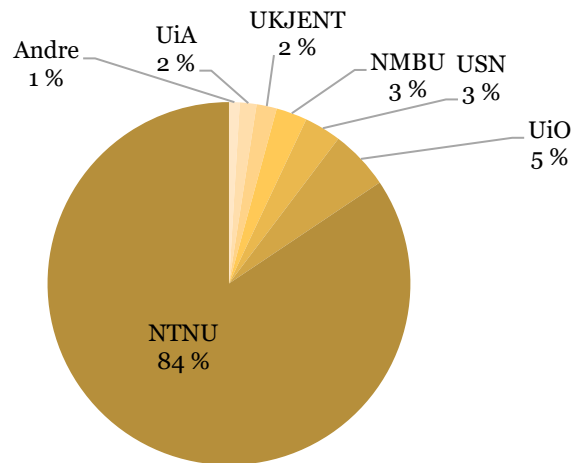
Tabell 4-5: Sammenligning av masterstudenter opp mot tidligere FME-er. Kilde: Forskningsrådet (2018)³⁸

	Totalt antall	Gj.snitt antall	Gj.snitt per 100 mill kr i støtte	Variasjon per senter
FME fra kull 1: 2009-2017 (8 stk)	735	92	75	40-267
FME fra kull 2: 2016-2025 (8 stk)	942	118	70	31-445

³⁸ Forskningsrådet (2018). Forskningsssentrene for miljøvennlig energi (FME): Resultater og høydepunkter fra åtte FME-er. Sluttrapport 2009-2017. Tilgjengelig [her](#).

Masterstudentene kommer i all hovedsak fra utdanningsinstitusjoner som er partnere i sentrene.³⁹ De aller fleste masterstudenter er fra NTNU (84 prosent). Deretter følger UiO, USN og NMBU. Dette er illustrert i figuren under.

Figur 4-8: Masterstudenter per utdanningsinstitusjon. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene



Viktigste kanal for å rekruttere masterstudenter er gjennom forskere/ansatte fra utdanningsinstitusjoner som har vært tilknyttet senteret. Dette har enten skjedd ved at det har vært identifisert relevante temaer/problemstillinger fra forskningsområdet som har blitt formidlet til masterstudenter, eller at spesielt relevante masterstudenter har blitt identifisert og man har utformet relevante oppgaver til disse.

Måten masterstudenter blir rekruttert på, er en av årsakene til at NTNU står bak en betydelig andel av masterstudentene som har skrevet masteroppgaver gjennom FME-ene. Som presentert tidligere i kapittelet er NTNU med som konsortiepartner i alle de ni sentrene. Dette betyr at hvert senter har flere forskere fra NTNU og deres institutter, som har aktivt rekruttert masterstudenter ved å eksempelvis være deres veiledere. Et annet viktig moment til hvorfor NTNU er så godt representert, henger sammen med antall relevante studenter på dette studiestedet, sett opp mot andre universiteter og høyskoler i Norge. NTNU er Norges største universitet, og selv om også UiO har svært mange studenter, skiller NTNU seg fra de andre ved å ha svært mange relevante masterstudenter fra et bredt spekter av teknologiske linjer som har direkte relevans for sentrene.

Ingen av FME-ene rapporterer om store utfordringer knyttet til å rekruttere masterstudenter. I hovedsak opplever FME-ene at det er attraktivt for studenter å skrive oppgave hos dem og for deres brukerpartnere. Dette til tross for at enkelte sentre trekker frem at det er konkurranse om de beste studentene, og at de trolig kunne hatt enda flere masterstudenter som skrev oppgaver for dem.

For flere av sentrene har masteroppgavene hatt direkte verdi, utover at det overordnet sett bidrar til forskningsutdanning i Norge. Eksempelvis har masterstudenter bidratt med konkrete forskningsresultater og relevant innsikt i problemstillinger fra masteroppgaver som er skrevet hos CINELDI. Dette trekkes eksempelvis frem i dybdecaset «Økt kapasitet i kraftnettet med dynamisk drift av kraftledninger» i delrapport 1.

³⁹ Vi mangler utdanningsinstitusjon på åtte av masterstudentene.

Har sentrene lyktes med å engasjere og legge til rette for forskningsutdanning?

I midtveisevalueringen ble det vurdert at sentrene har «*an effective framework in place for researcher training and helps to train highly skilled personnel in the centre's areas of specialisation.*», samt «*The centre is actively engaged in education, especially at the master's degree level, and promotes recruitment to the centre's subject areas ...*».⁴⁰ Dette understøttes også av intervjuene som vi har gjennomført – hvor vi opplever at samtlige FME-er har hatt klare planer på hvordan involvere og ta i bruk eksempelvis PhD-kandidater og postdoktorer for å sikre god forskningsaktivitet. Vi har ikke gjennomført en konkret vurdering av hvert senter sine strategier og retningslinjer, men fått disse presentert overordnet. I stor grad sammenfaller det mellom sentrene for hvordan de jobber med forskningsutdanning. Dette inkluderer både i arbeidet med rekruttering, men også hvordan de involveres i senterets arbeid og hvordan man skal legge til rette for at kandidater får et nettverk som man kan spille videre på. Sistnevnte har vært spesielt viktig i lys av koronapandemien (som kommentert tidligere).

Vi finner imidlertid at kullet med FME-er vi her vurderer (2016-2025) har i gjennomsnitt hatt færre PhD-kandidater og postdoktorer enn forrige kull med FME-er (2009-2017). Forskjellen er spesielt stor for postdoktorer, samt når vi ser på antall i lys av bevilgninger fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Vi har ikke klart å identifisere hvorfor, men det kan være flere årsaker til dette. For det første har kullet vi vurderer hatt flere år med pandemi under FME-perioden, som kan ha redusert muligheten for utenlandske personer å delta i FME-ene grunnet innreiserestriksjoner. Dette var en generell trend i Norge, da det ble observert færre doktorgrader under pandemien.⁴¹ Derimot har det vært avlagt flere doktorgrader totalt sett i Norge i perioden hvor kull 2 var aktive enn da kull 1 var aktive.⁴² For det andre kan strengere krav til hvilke nasjonaliteter som har tilgang på viktig infrastruktur og systemer i Norge, ha redusert *poolen* av potensielle kandidater og dermed antall som er rekruttert.

Det er verdt å presisere at midtveisevalueringen fremhevet et behov for mer støtte og trening for masterstudenter, PhD-kandidater og postdoktorer. Eksempelvis ble det trukket frem behov for at PhD-kandidater og postdoktorer fikk mer trening knyttet til innovasjon og kommersialisering, samt industrierfaring. Vi har ikke grunnlag til å vurdere i hvilken grad man har bedre lyktes med dette, de siste årene av prosjektperioden til FME-ene. Derimot opplever vi at ledelsen i sentrene har vært bevisst på tilbakemeldingene som ble gitt i midtveisevalueringen og at de har jobbet dedikert for å bedre legge til rette for PhD-kandidater. Årsaken til dette er at flere av sentrene selv trakk frem midtveisevalueringen og forbedringspunktene i intervjuet.

Videre fremheves det i midtveisevalueringen at en av de viktigste langtidseffektene av FME-ordningen er «*... a cohort of people trained through the centres in Masters, PhD and postdoc programs who will contribute significantly to the transforming energy industry.*»⁴³ Dette peker både på den spesifikke forskningen som gjøres av masterstudenter, PhD-kandidater og postdoktorer, men også at dette legger grunnlaget for kompetansebygging hos relevante individer innenfor et område. Flere FME-ene trekker frem at ordningen også er viktig for rekruttering av disse individene til videre jobber innenfor feltet, enten hos forskningsaktørene, eller hos brukerpartnere. Dette gjør at kunnskapen som er opparbeidet gjennom slike oppgaver, videreføres innen forskningsområdet. Tilgang på PhD-kandidater er også en viktig motivasjonsfaktor for at konsortiepartnere fra næringslivet deltar i FME-ordningen. Samlet peker dette på den viktige rollen FME-er har vedrørende forskerutdanning.

⁴⁰ Forskningsrådet (2021). Midway Evaluation of eight Centres for Environment-friendly Energy Research. Tilgjengelig [her](https://www.forskerforum.no/for-forste-gang-pa-fem-ar-gikk-antallet-doktorgrader-ned-i-fjor-pandemien-far-skylden/).

⁴¹ <https://www.forskerforum.no/for-forste-gang-pa-fem-ar-gikk-antallet-doktorgrader-ned-i-fjor-pandemien-far-skylden/>

⁴² SSB tabell 13522

⁴³ Forskningsrådet (2021). Midway Evaluation of eight Centres for Environment-friendly Energy Research. Tilgjengelig [her](https://www.forskerforum.no/for-forste-gang-pa-fem-ar-gikk-antallet-doktorgrader-ned-i-fjor-pandemien-far-skylden/).

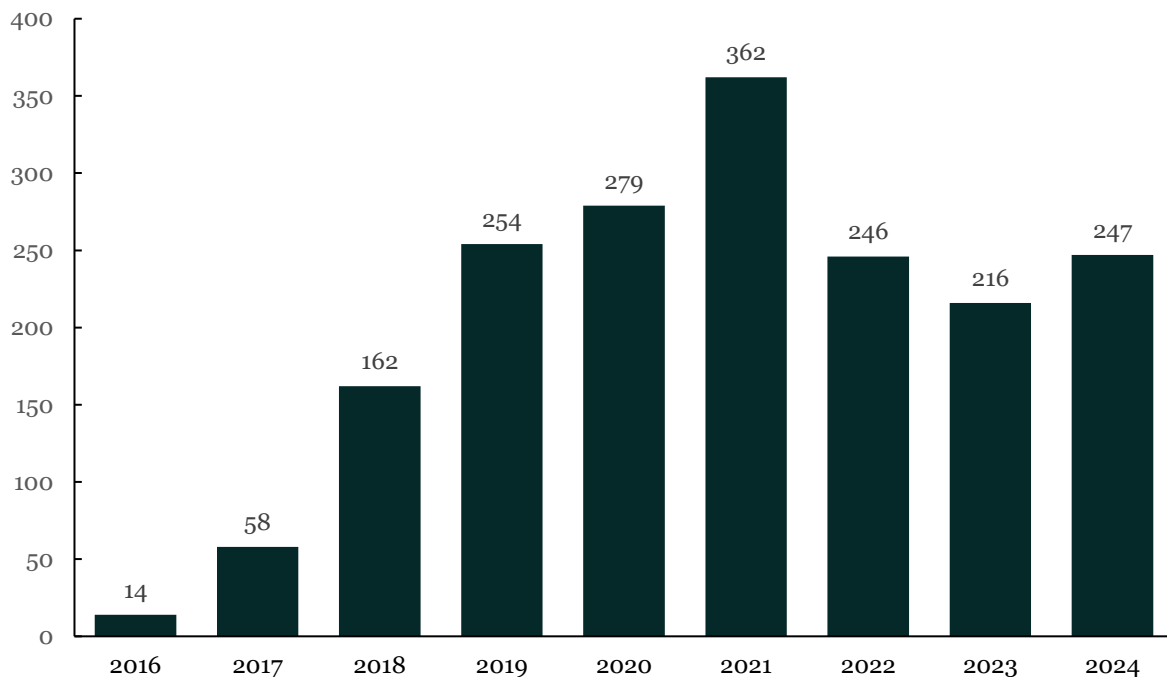
4.3 FME-enes utgivelser og publikasjoner

Sentrenes utgivelser og publikasjoner er en sentral indikator for å si noe om sentrenes vitenskapelige resultater og kvalitet. I dette delkapittelet vil vi først redegjøre for omfang av utgivelser og publikasjoner, også sammenlignet med tidligere sentre, samt SFI-er og SFF-er. Dette baseres på innhentet statistikk fra Forskningsrådets resultatindikatorer. I tillegg har vi med utgangspunkt i sentrenes publikasjoner fra Cristin gjennomført analyser av publikasjonenes kvalitet og grad av samarbeid, målt ved organisatorisk tilhørighet til publikasjonenes forfattere.

FME-enes vitenskapelige utgivelser

De ni sentrene har over perioden (2016-2024) til sammen hatt 1838 **vitenskapelige utgivelser**.⁴⁴ Fordelingen per år for de ni sentrene samlet er illustrert i figuren under. Vi skiller mellom tre typer vitenskapelige utgivelser. Våre analyser viser at tidsskriftartikkel/periodika har utgjort det største volumet av utgivelser (om lag 70 prosent). Deretter følger bokrapportdel/kapittel i antologi (om lag 25 prosent) og bok/monografi/rapport (om lag 5 prosent).

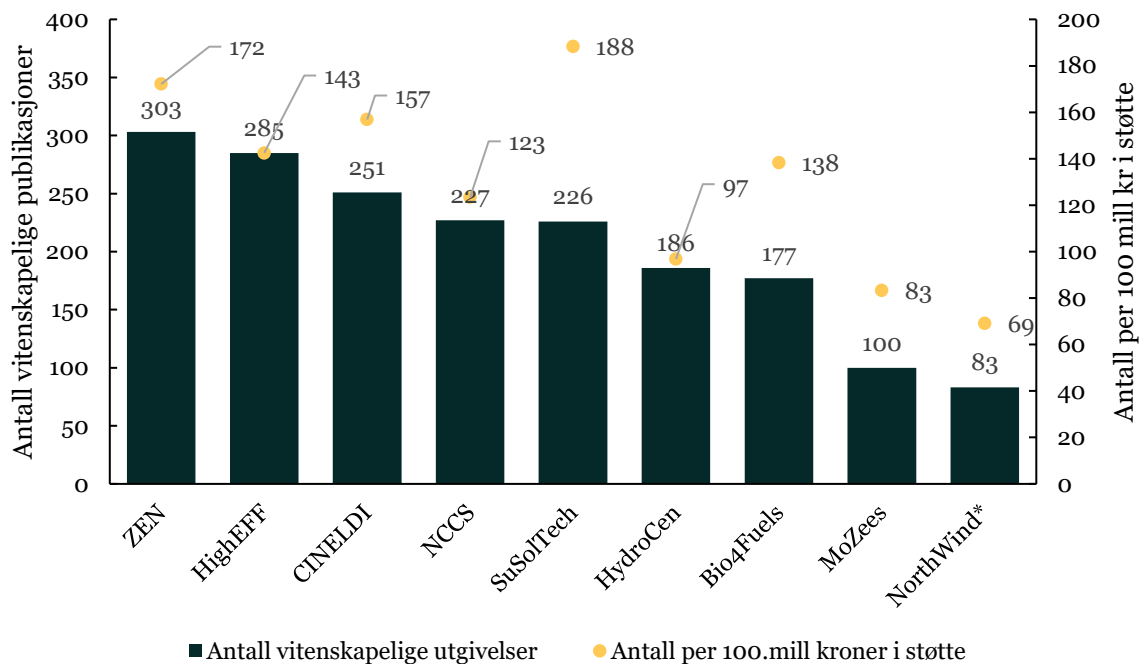
Figur 4-9: Antall vitenskapelige utgivelser for de ni sentrene samlet sett per år. Kilde: Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.



Tilsvarende som andre størrelser vi har sett på i dette kapittelet, finner vi også her variasjon mellom de ni sentrene. I figuren under illustreres antall vitenskapelige publikasjoner per senter, samt sett opp mot størrelsen på støtte de har fått fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Vi gjør oppmerksom på at FME NorthWind kun har vært aktiv fra 2021, og har derfor naturligvis et lavere antall publikasjoner.

⁴⁴ Vitenskapelige utgivelser dekkes av tre indikatorer: 1) Bok/monografi/rapport, 2) Bokrapportdel/kapittel i antologi og 3) Tidsskriftartikkel/periodika.

Figur 4-10: Antall vitenskapelige utgivelser per FME samlet over perioden. Samt antall per 100 mill. kroner som sentrene har mottatt i FME-tilskudd fra Forskningsrådet. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og fra Forskningsrådet.

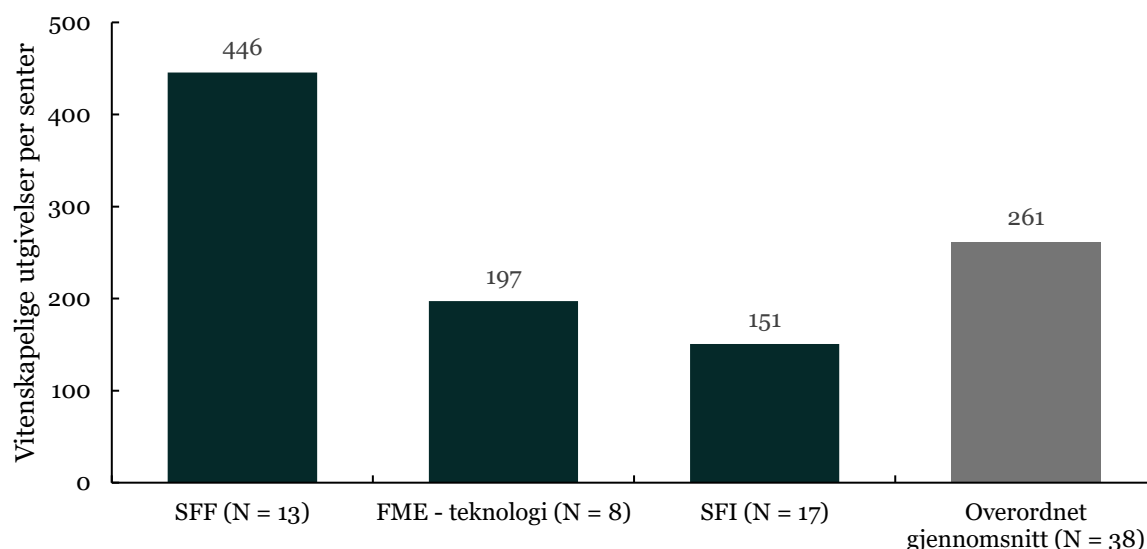


I tillegg til at det er forskjell i antall vitenskapelige publikasjoner i absolutte tall mellom sentrene, er det også variasjon når vi ser antallet i lys av hvor mye støtte de har mottatt fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. Spesielt SuSolTech skiller seg ut med flest publikasjoner gitt hva de har fått i støtte. Merk at denne indikatoren er mindre relevant for NorthWind, som fremdeles har en del år igjen av sin prosjektperiode.

Hvordan scorer de FME-sentrene på denne resultatindikatoren sammenlignet med andre SFI-er og SFF-er? I gjennomsnitt har de *åtte* FME-sentrene som avsluttes i 2025⁴⁵ hatt nærmere 200 vitenskapelige utgivelser hver i perioden 2017 til 2023. Dette er betydelig lavere enn SFF-er som har nær 450 utgivelser per senter, men høyere enn SFI-er som er på om lag 150. Dette er imidlertid som forventet ettersom SFF-er er tettere knyttet til grunnleggende forskning, som i større grad munner ut i vitenskapelige utgivelser – mens FME og SFI i større grad er knyttet opp mot innovasjonsaktiviteter.

⁴⁵ Utenom FME NorthWind startet opp senere, og dermed avsluttes i 2029.

Figur 4-11: Gjennomsnittlig antall vitenskapelige utgivelser per type senter samlet over perioden 2017-2023. Kilde: Norges forskningsråd⁴⁶



FME-enes populærvitenskapelige publikasjoner og rapporter/notater/foredrag

Vitenskapelige utgivelser er kun en av flere indikatorer som sentrene rapporterer på innenfor publikasjoner/utgivelser. To andre er:

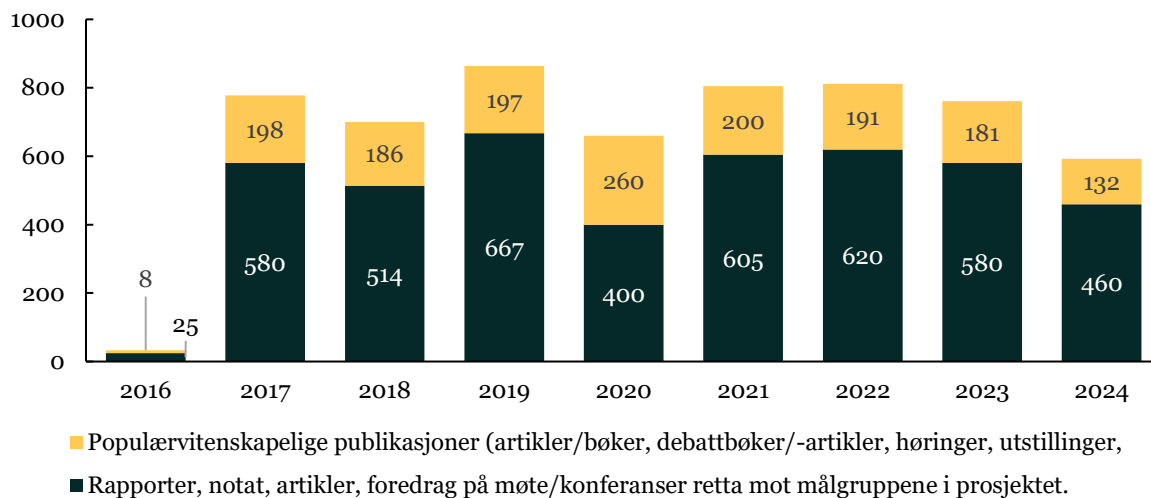
- **Populærvitenskapelige publikasjoner**, som inkluderer alt fra artikler/bøker, debattbøker/-artikler, høringer til utstillinger og lignende.
- **Rapporter, notat, artikler, foredrag på møte/konferanser** som er rettet mot målgruppene i prosjektet.⁴⁷

De ni sentrene har over perioden stått bak totalt 1553 populærvitenskapelige publikasjoner, og 4451 rapporter/notater/artikler/foredrag. I grafen under illustreres antall for de ni sentrene samlet per år. Som figuren viser har det vært få utgivelser første år (2016), noe som er naturlig da sentrene i liten grad hadde kommet i gang med arbeidet på dette tidspunktet.

⁴⁶ I sammenligning opp mot SFF og SFI tar vi kun utgangspunkt i rapportert data for perioden 2017 til 2023. Årsaken til dette er at vi på analysetidspunkt ikke har mottatt fullstendig data for 2024 for SFF og SFI. Merk at vi kun ser på SFF-er og SFI-er sentre som har startår i årene 2013-2015 og sluttår 2025 eller tidligere. Dette betyr at FME NorthWind ikke er inkludert i sammenligningen opp mot SFF og SFI, da den avsluttes senere enn 2025.

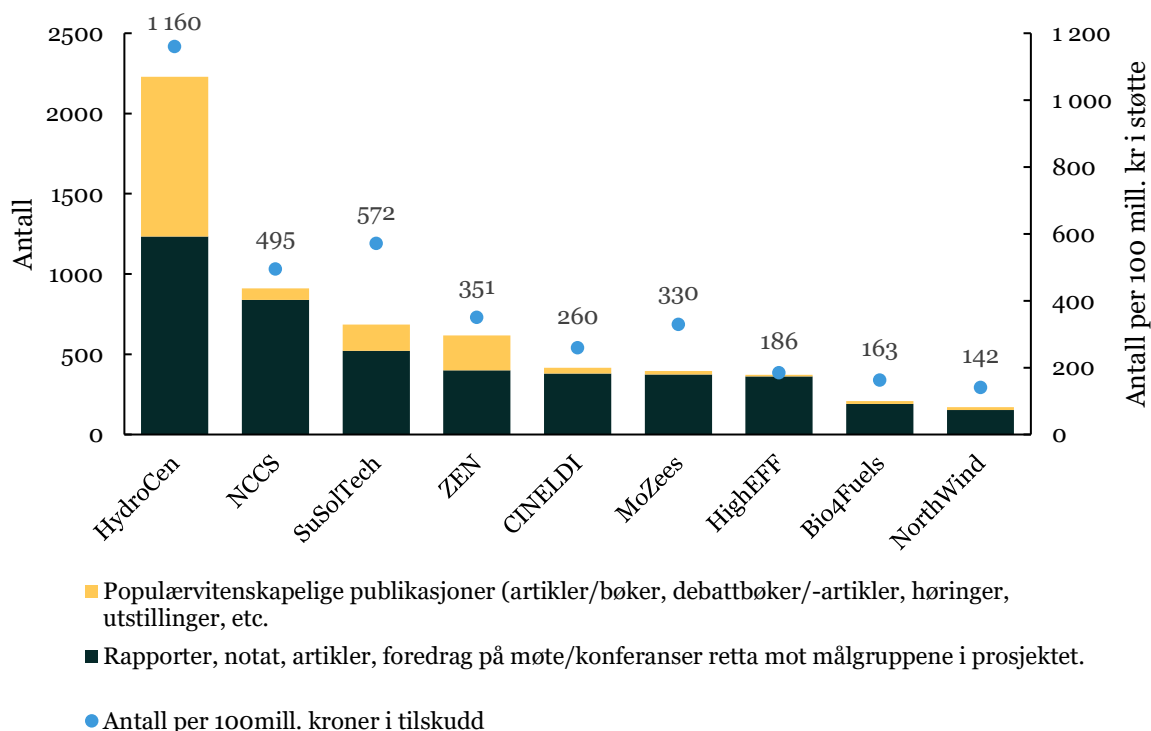
⁴⁷ Ordlyd hos Forskningsrådet for resultatindikatoren er «i prosjektet». For FME-ene (og SFF/SFI) betyr dette i senteret og senterets arbeid.

Figur 4-12: Antall populærvitenskapelige publikasjoner og andre type publikasjoner/ presentasjoner for de ni FME-ene samlet per år. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.



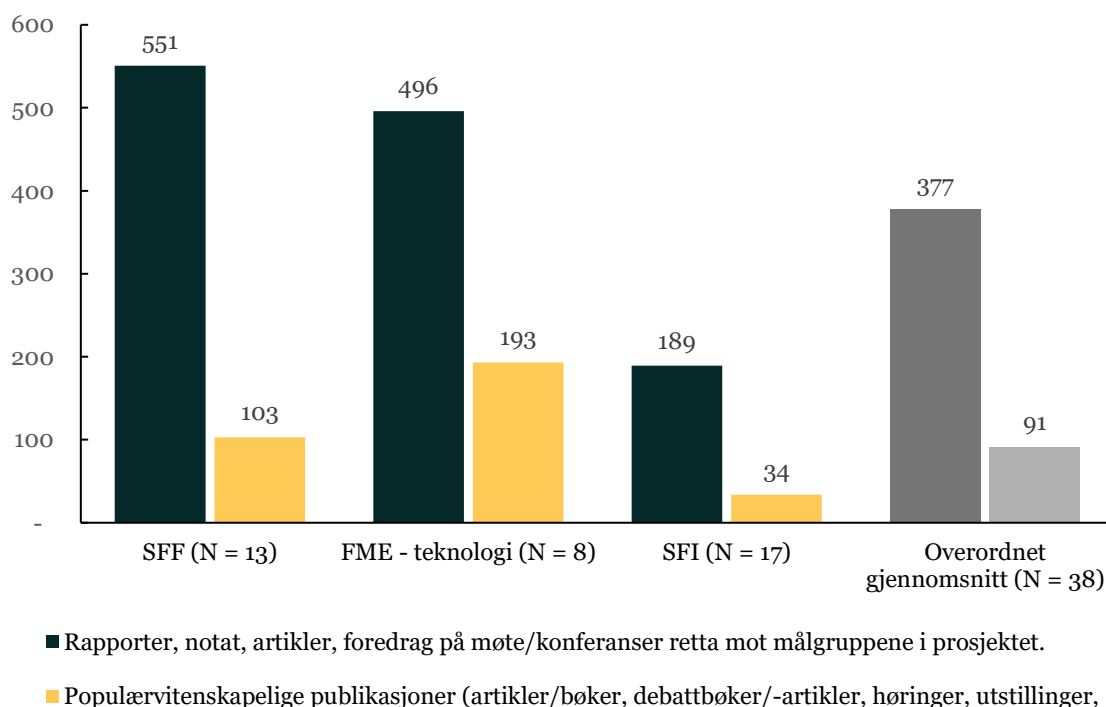
Det er også betydelig variasjon mellom sentrene. Dette gjelder både absolutt antall og antall sett opp mot tilskuddet som sentrene har mottatt fra Forskningsrådet gjennom FME-ordningen. HydroCen har hatt et betydelig antall publikasjoner, også sett opp mot bevilgningen de har mottatt. Blant de andre sentrene skiller eksempelvis SuSolTech seg noe ut, med et større antall publikasjoner sett opp mot støtten de har mottatt.

Figur 4-13: Antall populærvitenskapelige publikasjoner og andre type publikasjoner/ presentasjoner for hver av de ni FME-ene. Samt antall per 100 mill. kroner som sentrene har mottatt i FME-tilskudd fra Forskningsrådet. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.



Sett i lys av SFI-er og SFF-er, finner vi at FME-ene vi vurderer har i gjennomsnitt hatt flere populærvitenskapelige publikasjoner (193) i perioden 2017-2023. For rapporter/notater/artikler har SFF-ene hatt en større produksjon, men her følger FME-ene tett. SFI-ene skiller seg noe ut med både et lavere antall populærvitenskapelige publikasjoner og rapporter/notater/artikler. Dette er tilsvarende som for vitenskapelige publikasjoner, hvor også SFI-ene hadde i gjennomsnitt færrest. Som nevnt over er dette som forventet, da SFI-ene i større grad enn SFF og FME er rettet mot innovasjonsaktiviteter.

Figur 4-14: Gjennomsnittlig antall populærvitenskapelige publikasjoner og rapporter, notat, artikler og foredrag per type senter samlet over perioden 2017-2023.⁴⁸ Kilde: Norges forskningsråd⁴⁹



Publikasjonenes kvalitet

De ni sentrene har også en rekke publikasjoner registrert i Cristin. Basert på uttrekk fra Cristin i februar 2025, har de totalt hatt 1123 publikasjoner i Cristin. Det er altså et betydelig volum av publikasjoner fra sentrene, både i Cristin og målt ved sentrenes selvrapporterte data til Forskningsrådet (resultatindikatorer omtalt over).

Men hvordan er kvaliteten på publikasjoner? For å vurdere kvaliteten tar vi utgangspunkt i nivåinndelingen av tidsskrifter - nivå 1 og 2, hvor nivå 2 er det høyeste nivået. Nivå 2 er det høyeste nivået og omfatter de ledende kanalene i et fagområde. Nivå 2 omfatter således de mest betydelige og kvalitetskrevede kanalene. Mens nivå 1 tilfredsstiller minimumskravet til vitenskapelighet (ekstern fagfelleevaluering, vitenskapelig redaksjon og minimum nasjonal forfatterkrets).

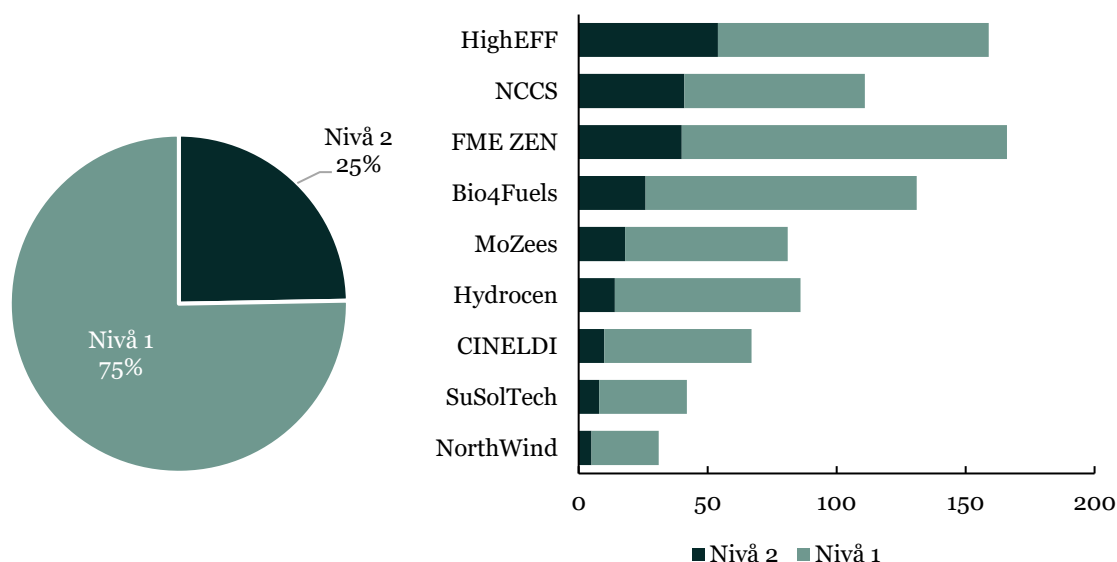
⁴⁸ Vi ser på prosjekter som har sluttår 2025 eller tidligere. FME NorthWind er ikke inkludert da den avsluttes senere enn 2025.

⁴⁹ I sammenligning opp mot SFF og SFI tar vi kun utgangspunkt i rapportert data for perioden 2017 til 2023. Årsaken til dette er at vi på analysetidspunkt ikke har mottatt fullstendig data for 2024 for SFF og SFI. Merk at vi kun ser på SFF-er og SFI-er sentre som har startår i årene 2013-2015 og sluttår 2025 eller tidligere. Dette betyr at FME NorthWind ikke er inkludert i sammenligningen opp mot SFF og SFI, da den avsluttes senere enn 2025.

For de ni FME-ene samlet sett finner vi at 25 prosent av publikasjonene som er registrert i Cristin er på det høyeste kvalitetsmessige nivået (nivå 2), mens 75 prosent er på nivå 1.⁵⁰ Sammenlignet med statistikk fra Cristin totalt sett, finner vi at FME-ene ligger på gjennomsnittet målt i lys av kvalitet.⁵¹ Tilsvarende som for FME-ene oppgir Cristin at 25 prosent av publikasjonene i databasen har vært på nivå 2 i analyseperiode (2016-2024).

Per senter varierer antallet nivå 1 og 2 publikasjoner, dette er illustrert i grafen til høyre.

Figur 4-15: Til venstre: Kvalitet (målt ved nivå 2 og 1) på publikasjoner i Cristin til de ni FME-ene samlet sett. Til høyre: Kvalitet på publikasjoner i Cristin per FME. Kilde: Cristin⁵²



Grad av samarbeid og internasjonalisering, målt ved organisatorisk tilhørighet til publikasjonenes forfattere

Sentrene samarbeider også med forskere som ikke nødvendigvis er en del av FME-et gjennom konsortiepartnere. For å illustrere bredden i hvem som har bidratt inn i arbeidet til sentrene og dets forskningsområde, har vi tatt utgangspunkt i medforfattere til sentrenes publikasjoner i Cristin.

Våre analyser viser at totalt 4553 forfattere var oppført på de 1123 publikasjonene registrert på Cristin.⁵³ Flere av disse forfatterne har vært med på flere av publikasjonene, og antall unike forfattere er således 2074. Det er med andre ord et betydelig antall aktører som har bidratt inn i sentrenes arbeid.

Hvilke organisasjoner er det disse aktørene representerer, og i hvilken grad er de internasjonale? Merk at vi her ikke måler individenes nasjonalitet, men hvilket land institusjonene/organisasjonene de tilhører er lokalisert. Totalt sett finner vi at en større andel av forfatterne bak sentrenes publikasjoner er tilknyttet norske institusjoner, men at det er et betydelig innslag av internasjonale. Antall og andel nasjonale og internasjonale forfattere for de ni sentrene samlet sett er gjengitt i tabellen under.

⁵⁰ Merk at 249 av de 1123 publikasjonene ikke er kategorisert på verken nivå 1 eller 2, og mangler således observasjon på kvalitet. Disse er ekskludert fra denne analysen.

⁵¹ Statistikk hentet fra Cristin sin NVI-rapportering. Tilgjengelig [her](#). Publikasjonsform som er inkludert er monografi, antologikapittel og artikkel.

⁵² API-et kategoriserer hver forfatter basert på siste observerte institusjon. Vi gjør oppmerksom på at det kan være feilkilder. Eksempelvis ved at en forfatter har tilhørt en annen institusjon da publikasjonen ble skrevet.

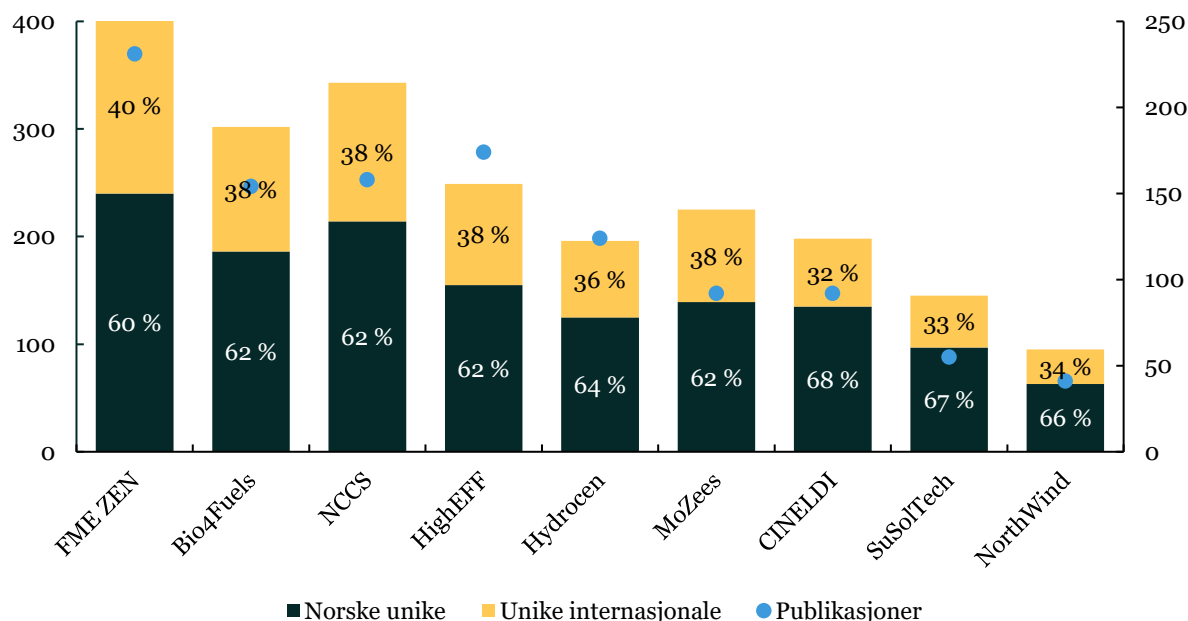
⁵³ Uttrekk fra februar 2025.

Tabell 4-6: Oversikt over forfatternes tilhørighet. Kilde: Cristin/OpenAlex API⁵⁴

	Tilhører nasjonale organisasjoner	Tilhører internasjonale organisasjoner
Totalt antall forfattere	3347 (74%)	1206 (26%)
Totalt antall unike forfattere	1278 (62%)	796 (38%)

Hvordan fordeler dette seg mellom sentrene? Som illustrert i grafen under har sentre som FME ZEN, NCCS, HighEFF og Bio4Fuels hatt flere unike forfattere som har bidratt inn i publikasjonene enn de øvrige sentrene. Dette sammenfaller med at disse har flere publikasjoner på Cristin. Selv om dette innebærer at disse også har hatt flere internasjonale forfattere med i arbeidet, er ikke andelen særlig ulik på tvers av sentrene. Vi finner at internasjonale forfattere utgjør mellom 30-40 prosent per FME-senter (jamfør tabell 4.8 i kapittel 4.5).

Figur 4-16 Antall unike forfattere per senter (og andel som tilhører nasjonale/internasjonale organisasjoner). Samt antall publikasjoner i Cristin per senter. Kilde: Cristin/OpenAlex API⁵⁵



Et stort antall av forfatterne som har bidratt kommer fra NTNU og SINTEF. Dette er lite overraskende i lys av deres tilstedeværelse hos samtlige sentre, samt posisjonen disse to institusjonene har innen energiforskning i Norge. I tabellen under viser topp ti norske og internasjonale institusjoner som forfatterne (unike) tilhører, for de ni sentrene samlet sett.

⁵⁴ API-et kategoriserer hver forfatter basert på siste observerte institusjon. Vi gjør oppmerksom på at det kan være feilkilder. Eksempelvis ved at en forfatter har tilhørt en annen institusjon da publikasjonen ble skrevet.

⁵⁵ API-et kategoriserer hver forfatter basert på siste observerte institusjon. Vi gjør oppmerksom på at det kan være feilkilder. Eksempelvis ved at en forfatter har tilhørt en annen institusjon da publikasjonen ble skrevet.

Tabell 4-7: Topp ti nasjonale og internasjonale institusjoner som forfatterne tilhører. Kilde: Kilde: Cristin/OpenAlex API⁵⁶

	Nasjonale institusjoner	Internasjonale institusjoner
1	NTNU	Massachusetts Institute of Technology (USA)
2	SINTEF	Aalborg University (Danmark)
3	UiO	Uppsala University (Sverige)
4	NMBU	KTH Royal Institute of Technology (Sverige)
5	IFE	Delft University of Technology (Nederland)
6	USN	KU Leuven (Belgia)
7	NGI	Karlsruhe Institute of Technology (Tyskland)
8	TØI	Polytech University of Turin (Italia)
9	NINA	Technische Universität Berlin (Tyskland)
10	UiA	Technical University of Munich (Tyskland)

4.4 Flerfaglighet i forskningen

Flerfaglighet er et viktig aspekt ved FME-ordningen, da det tilrettelegges for en mer helhetlig satsing på et forskningsområde. Som poengtert i flere av intervjuene med sentrene har muligheten til å jobbe flerfaglig vært viktig for de resultater som er oppnådd. Dette henger blant annet sammen med at det har vært behov for å koble ulike fagfelt for å lykkes. Vi finner flere eksempler på hvorfor flerfaglighet spiller en viktig rolle. I FME-en ZEN har man hatt behov for å koble forskning og kompetanse på energisystem opp mot byggteknisk kompetanse. Et annet eksempel er innen vannkraft, hvor det har vært viktig å sikre at tekniske løsninger ikke går på bekostning av natur og miljø.

Det er flere måter å vise hvor flerfaglige FME-ene har arbeidet. En måte er å vise hvilke fagområder sentrenes forskere og øvrige representanter tilhører, men vi har ikke gode nok oversikter over personene som er involvert i sentrene til å gjennomføre en slik analyse. Som et godt alternativ har vi derfor tatt utgangspunkt i sentrenes publikasjoner på Cristin og kategorisert hver publikasjon innenfor ulike fagfelt⁵⁷. Vi utdyper metodikk og definisjon i tekstboksen under. Dette kan sees på som en *proxy* på sentrenes flerfaglighet.

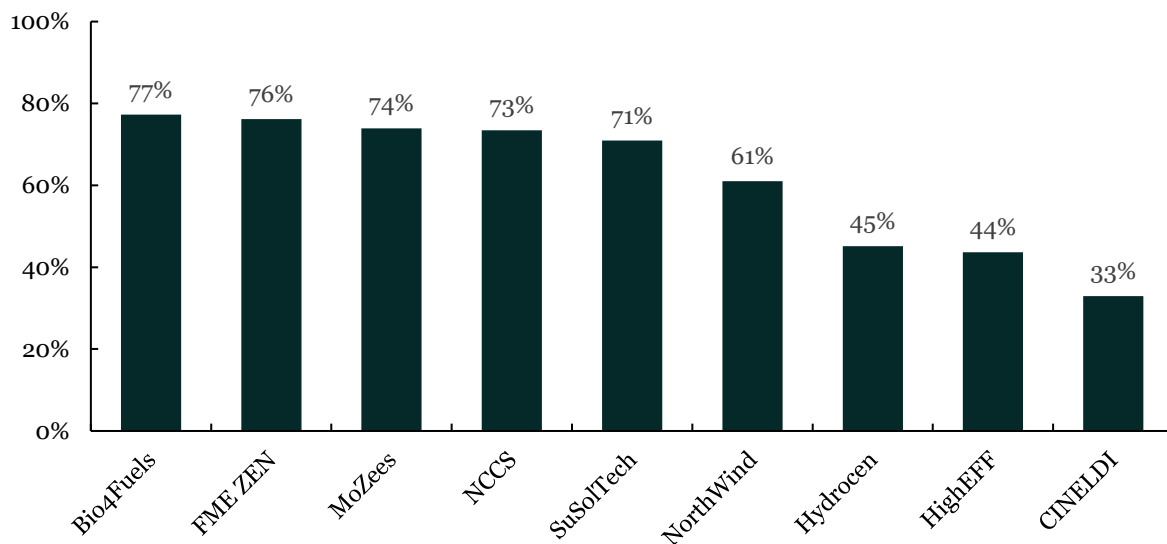
Vi finner at en stor andel av FME-enes publikasjoner klassifiseres som flerfaglige. Det understøtter at sentrenes arbeid har et tydelig innslag av flerfaglighet. Blant sentrenes 1123 publikasjoner i Cristin, er 63 prosent av kategorisert som flerfaglige, ettersom de dekker minimum to fagfelt. I figuren under illustreres dette per FME. For et flertall av sentrene er om lag tre fjerdedeler av publikasjonene klassifisert som flerfaglige.

⁵⁶ API-et kategoriserer hver forfatter basert på siste observerte institusjon. Vi gjør oppmerksom på at det kan være feilkilder. Eksempelvis ved at en forfatter har tilhørt en annen institusjon da publikasjonen ble skrevet.

⁵⁷ Kategoriene som brukes er All Science Classification Codes (ASJC) fra Scopus. Tilgjengelig [her](#).

Vi gjør oppmerksom på at selv om denne proxyen peker på at enkelte sentre har lavere grad av flerfaglighet, må dette tolkes med varsomhet. Det kan eksempelvis henge sammen med kategoriseringsmetodene som benyttes, hvor enkelte fagfelt-kategorier er brede, og derfor gir imndre utslag i flerfaglige.

Figur 4-17: Andel av publikasjoner som er kategorisert med minimum to fagfelt. Kilde: Cristin/OpenAlex API⁵⁸



Tekstboks 4-2: Utdypende om flerfaglighet og metodikk for å illustrere flerfaglighet.

Det eksisterer en rekke definisjoner av flerfaglighet, og måter å kategorisere flerfaglighet på. I 2003 ble det utarbeidet en norsk inndeling av vitenskapsdisipliner av Universitets- og høyskolerådet (tilgjengelig [her](#)). Inndelingen gjennomført i 2003 var en revisjon fra forrige inndeling (fra 1994), og er basert på en trenivåmodell bestående av 1) fagområdeinndeling, 2) faggrupper og 3) disipliner.

I vårt arbeid har vi kategorisert hver enkelt publikasjon til sentrene på Cristin ved hjelp av API-er, og ved bruk av ASJC kategorier (All Science Journal Classification Codes). ASJC-kategoriene vi benytter er mer detaljert enn nivå to i inndelingen utarbeidet av Universitets- og høyskolerådet i 2003. For en gjennomgang av de ulike kategoriene, se [her](#).

Det er vanskelig å vurdere innslaget av flerfaglighet/tverrfaglighet i FME-enes forskningsarbeid sett opp mot flerfaglighet innen annen energirettet forskning fordi vi ikke finner tall for dette på porteføljenivå for energiporteføljen i Forskningsrådet. Men i porteføljene for Klima og miljø og muliggjørende teknologier er andelen av prosjekter med mer enn en faglig vinkling på henholdsvis 45 og 55 prosent. Dette trekker i retning av at innslaget av flerfaglighet er relativt høy i FME-sentrenes aktivitet.

⁵⁸ API-et kategoriserer hver publikasjon innenfor ulike fagfelt. Kategorier av fagfelt er hentet fra SCOPUS ASJC (All Science Journal Classification), tilgjengelig [her](#). API informasjon tilgjengelig [her](#).

4.5 Overordnede betraktninger rundt hvordan FME-ene har jobbet internasjonalt

Det norske energisystemets utvikling må skje i samspill med det europeiske, hvor deltakelse i EUs forskningsprogrammer spiller en viktig rolle. Norske forsknings- og utviklingsmiljøer samarbeider aktivt med europeiske partnere for å fremme kunnskapsutvikling og teknologiske løsninger som både kan implementeres nasjonalt og bidra til EUs energiomstilling. Dette ser vi tydelig i FME-ene som vi har vurdert. Et slikt samarbeid vil lettere kunne øke kvaliteten på forskningsresultater og gi større muligheter for norske aktører som leverandører inn i det europeiske energisystemet.

Internasjonalisering av forskningsinnsatsen betyr også at Norge drar nytte av den raske teknologiske utviklingen som skjer globalt. Ved å være en del av det europeiske forskningsfellesskapet, blir norsk forskning og næringsliv eksponert for internasjonale innovasjoner og kan adoptere *best practices* for å møte de komplekse utfordringene som ligger i det grønne skiftet. Dette internasjonale perspektivet er viktig for å sikre at Norge fortsetter å utvikle bærekraftige energiløsninger i takt med globale endringer.

Vi vurderer at FME-ene vi vurderer i stor grad har jobbet internasjonalt. Dette kan både sees i lys av statistikken presentert over, men vurderingen baserer seg også på øvrig informasjon vedrørende samarbeid, kontaktfelter, samt deltakelse i internasjonale prosjekter og forum. Under redegjør vi kort for tre indikatorer som belyser FME-enes grad av internasjonalisering. Dette inkluderer konsortiedeltakere, PhD-kandidater, samt internasjonale forfattere på sentrenes publikasjoner.

- **FME-enes internasjonale konsortiedeltakere.** Samlet sett utgjør internasjonale aktører 13 prosent av sentrenes 337 konsortiepartnere. Det er relativt stor spredning mellom sentrene, hvor NCCS (39 prosent), HighEFF (24 prosent) og Bio4Fuels (24 prosent) har flest. Utenom FME ZEN og CINELDI som har ingen internasjonale deltakere i sine sentre, utgjør internasjonale aktører mellom 5-10 prosent av konsortiedeltakerne i de øvrige sentrene. Den geografiske spredningen på sentrenes internasjonale samarbeidspartnere er stor, og de inkluderer både forskningsinstitutter og private bedrifter.
- **FME-enes internasjonale PhD-kandidater.** PhD-kandidater: FME-ene har hatt 65 prosent internasjonale PhD-kandidater (dersom vi holder de med ukjent nasjonalitet utenfor). Dette er en relativt høyt andel internasjonale, både sett opp mot doktorgradskandidater innenfor energi- og petroleumsaktiviteter finansiert av Forskningsrådet i perioden 2005-2021 (48 prosent)⁵⁹ og for Norge som helhet i perioden 2016-2024 (41 prosent)⁶⁰, sistnevnte målt ved avlagte doktorgrader. I hovedsak er de fleste kandidatene fra Europa, men det er også en stor andel fra Asia (eksempelvis Iran, Kina, India og Nepal).
- **FME-enes internasjonale forfattere i publikasjoner.** Analyse av hvorvidt forfattere på sentrenes publikasjoner i Cristin tilhører nasjonale eller internasjonale institusjoner, viser at om lag 30-40 prosent er internasjonale. Dette peker på et betydelig samarbeid opp mot internasjonale institusjoner, også for sentrene som har færre internasjonale konsortiedeltakere.

Tabellen under oppsummerer grad av internasjonalitet for de tre indikatorene for hver av de ni sentrene. Som illustrert er det enkelte av sentrene som scorer høyere på flere av indikatorene enn andre.

⁵⁹ SSB (2023). Rekruttering til forskning innenfor energi og petroleum. Tilgjengelig [her](#).

⁶⁰ SSB Tabell 13522.

Tabell 4-8: Grad av internasjonalt hos de ni FME-ene.

FME	Andel internasjonale konsortiedeltakere	Andel internasjonale PhD-kandidater	Andel internasjonale forfattere på publikasjoner
NCCS	39 %	68 %	38 %
HighEFF	24 %	67 %	38 %
Bio4Fuels	24 %	80 %	38 %
NorthWind	11 %	55 %	34 %
MoZEES	8 %	56 %	38 %
SuSolTech	6 %	67 %	33 %
HydroCen	4 %	50 %	36 %
CINELDI	0 %	48 %	32 %
FME ZEN	0 %	Ingen info	40 %

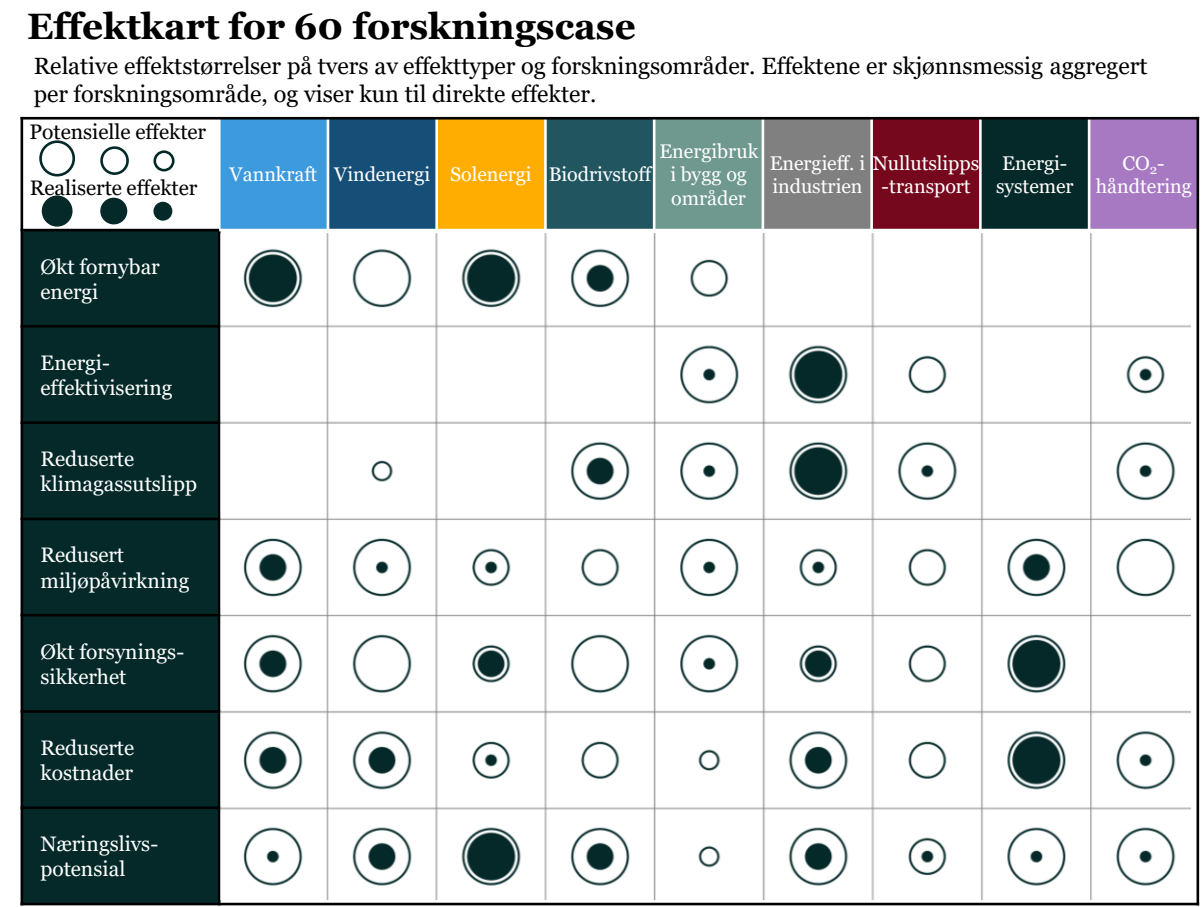
Det norske energisystemets utvikling må skje i samspill med det europeiske, hvor deltakelse i internasjonale og europeiske forskningsprogrammer spiller en viktig rolle. Norske forsknings- og utviklingsmiljøer samarbeider aktivt med europeiske partnere for å fremme kunnskapsutvikling og teknologiske løsninger som både kan implementeres nasjonalt og bidra til den globale energiomstillingen. Internasjonalisering av forskningsinnsatsen betyr også at Norge drar nytte av den raske teknologiske utviklingen som skjer globalt. Ved å være en del av det internasjonale forskningsfellesskapet, blir norsk forskning og næringsliv eksponert for internasjonale innovasjoner og kan adoptere *best practices* for å møte de komplekse utfordringene som ligger i det grønne skiftet. Dette internasjonale perspektivet er viktig for å sikre at Norge fortsetter å utvikle bærekraftige energiløsninger i takt med globale endringer.

EUs innsats inn mot det grønne skiftet er omfattende og danner en viktig ramme for energiforskning og teknologiutvikling på tvers av medlemslandene. SET-planen (Strategic Energy Technology Plan) og European Green Deal representerer sentrale elementer i EUs forsknings- og innovasjonsagenda, med fokus på å utvikle digitaliserte, effektive og integrerte energisystemer. Horisont Europa, EUs nåværende forsknings- og innovasjonsprogram, reflekterer dette ved å prioritere løsninger som kan bidra til energiomstillingen. Som presentert i denne rapporten har FME-ene hatt tett samarbeid med andre aktører i og utenfor Europa. Sentrene selv, eller deltakere i sentrene, deltar i dag i større internasjonale prosjekter, organisasjoner og andre samarbeidsforum. Denne typen kobling og de relasjoner som sentrene legger grunnlaget for er viktige for den videre utviklingen.

4.6 Øvrige resultater av FME-enes arbeid

Hvilke *øvrige resultater* og *output* kan FME-ene vise til. I delrapport 1 av dette arbeidet presenteres effekter av energiforskning som har blitt finansiert av FME-ordningen, ENERGIX og/eller CLIMIT. Dette belyses i lys av 60 forskningscase, hvorav det er gjennomført en detaljert effektanalyse på seks av disse. Overordnet sett peker denne analysen på at nytten av energiforskningen overstiger kostnadene. Dette betyr at den samfunnsøkonomiske avkastningen på investeringer i denne typen FoU er positiv. De 60 forskningscasene som belyses har hatt en rekke direkte effekter som økt produksjon av fornybar energi, energieffektivisering, reduserte klimagassutslipp og miljøpåvirkning, samt økt forsyningssikkerhet. I tillegg har man gjennom casene oppnådd reduserte kostnader og viser til et betydelig næringslivspotensial. De direkte effektene for de 60 forskningscasene er illustrert i effektkartet under, fordelt på de ni forskningsområdene FME-ene er rettet inn mot.

Figur 4-18: Effektkart som viser relative effektstørrelser for de 60 forskningscasene som er inkludert i studien. Kilde: Menon Economics og Multiconsult⁶¹



Forskningscasene i delrapport 1 illustrerer tydelig hvilke resultater FME-ene har hatt i løpet av perioden. FME-enes resultater kan også vurderes ut fra øvrige indikatorer, eksempelvis IPR og spin-off for næringslivet. Dette er resultater som ikke nødvendigvis er frikoblet fra de effekter som er belyst i delrapport 1, men må antas å delvis overlappe med underlaget i forskningscasene.

Vi gjør oppmerksom på at for de følgende indikatorene kan det være skjevheter i informasjonsgrunnlaget, på bakgrunn av ulik tolkning av hva som kan defineres som et resultat av FME-ene. Mer konkret handler dette om at FME-ene selv rapporterer om hvorvidt det er søkt om patenter, etablert nye foretak og nye forretningsområder i foretak som et resultat av FME-ens arbeid, og det er ikke utarbeidet konkrete retningslinjer for hvor direkte eller indirekte denne koblingen skal være. Dette betyr at enkelte FME-er kan ha ekskludert resultater som andre FME-er har tatt med. Ettersom dette er data rapportert inn til Forskningsrådet har vi likevel valgt å inkludere det i vår vurdering.

Patenter (IPR)

Imatrielle rettigheter (IPR) har lenge blitt brukt som et mål på resultater av forskning og innovasjonsvirksomhet. Økonomiske aktører bruker blant annet patenter for å beskytte sine «immatrielle» investeringer for å skille seg ut blant konkurrentene. Ifølge Forskningsrådets egen resultatindikator, ble det i løpet av perioden 2016-2024 søkt om 7 patenter. Det var kun fire av ni

⁶¹ Menon Economics og Multiconsult (2025). Effekter av energiforskning – delrapport 1 av 2.

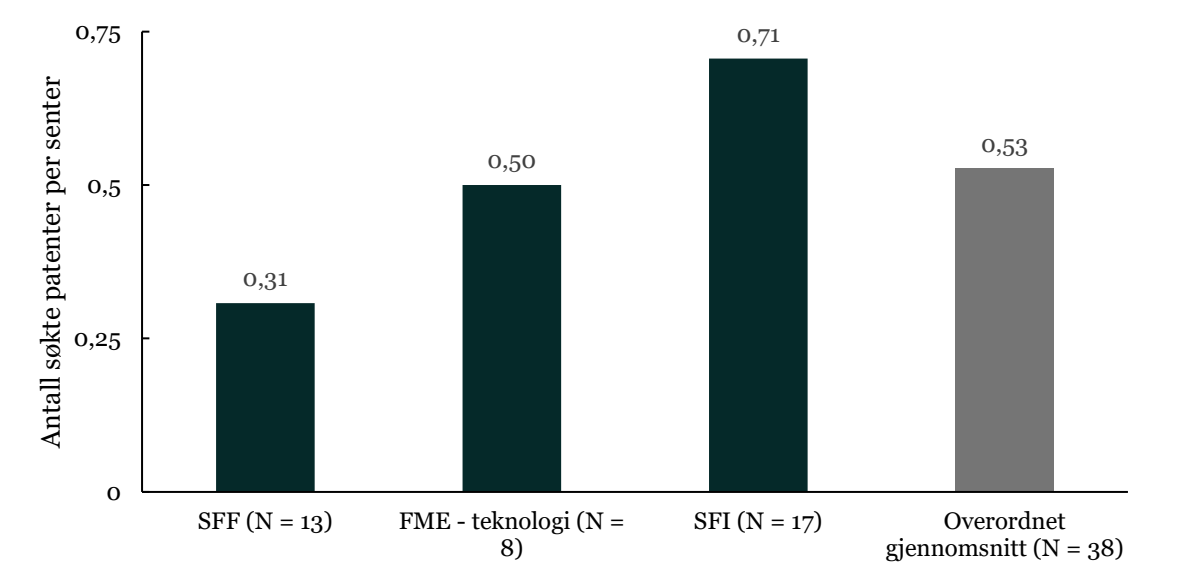
sentrene som rapporterer om søkte patenter. Dette er et relativt lavt antall. Hvilke sentre dette gjelder, og deres respektive antall er vist i tabellen under.

Tabell 4-9: Antall patenter registrert hos sentrene. Antall i (parantes) viser antall per 100 mill. kroner sentrene har mottatt i støtte. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.

FME	Antall patenter
CINELDI	3 (1,9)
SuSolTech	2 (1,7)
HydroCen	1 (0,5)
MoZEES	1 (0,8)

Hvordan er denne indikatoren for sammenlignbare SFF-er og SFI-er? Vi finner at FME-ene har i gjennomsnitt hatt flere patenter enn SFF-ene, men færre enn SFI-ene i perioden 2017-2023. Sett i lys av hvilken del av innovasjonsskjeden de ulike sentrene er rettet inn mot er dette naturlig. SFF-er har et enda større fokus på tidligfase forskning, mens SFI-ene i større grad er rettet inn mot innovasjonsaktiviteter. Dette er illustrert i figuren under.

Figur 4-19: Gjennomsnittlig antall søkte patenter per type senter samlet over perioden 2017-2023.⁶² Kilde: Norges forskningsråd



Spin-off for næringslivet

Forskning og innovasjon er viktige elementer som bidrar til økonomisk vekst og samfunnsutvikling, og det er sentralt at de videreutvikles og kommersialiseres. Dette innebærer at forskning utvikles videre og omsettes til konkrete verdier for næringslivet og samfunnet som helhet. I dette delkapittelet går vi

⁶² I sammenligning opp mot SFF og SFI tar vi kun utgangspunkt i rapportert data for perioden 2017 til 2023. Årsaken til dette er at vi på analysetidspunkt ikke har mottatt fullstendig data for 2024 for SFF og SFI. Merk at vi kun ser på SFF-er og SFI-er sentre som har startår i årene 2013-2015 og sluttår 2025 eller tidligere. Dette betyr at FME NorthWind ikke er inkludert i sammenligningen opp mot SFF og SFI, da den avsluttes senere enn 2025.

nærmere inn på dette, ved å belyse spin-off for næringslivet. Spin-off er et begrep som ofte omtales i lys av kommersialisering av forskning og innovasjoner, eksempelvis gjennom opprettelse av spin-off-bedrifter basert på forskningen som er gjennomført. Internasjonalt har denne modellen vært sett på som en vellykket form for entreprenørskap, ettersom slike bedrifter har en høyere overlevelsesrate enn bedrifter etablert på andre metoder.⁶³

Spin-off for næringslivet belyses av Forskningsrådet i deres to resultatindikatorer:⁶⁴

- **Nye foretak som følge av prosjektet**
- **Nye forretningsområder i eksisterende bedrifter som følge av prosjektet**

Samlet sett har de ni sentrene bidratt til at 5 nye foretak er blitt etablert, samt 30 nye forretningsområder i eksisterende bedrifter. Det er seks av sentrene som kan peke på denne typen spin-off. I tabellen under presenteres antall nye foretak og nye forretningsområder i eksisterende bedrifter som sentrene har rapportert har kommet på bakgrunn av senterets arbeid. Som illustrert i tabellen rapporterer FME HydroCen om et betydelig antall forretningsområder som er blitt etablert hos eksisterende bedrifter.

Tabell 4-10: Antall nye foretak og antall nye forretningsområder i eksisterende bedrifter per FME. Antall i (parantes) viser antall per 100 mill kroner de har mottatt i støtte. Kilde: Oversendt informasjon fra FME-ene og Forskningsrådet.

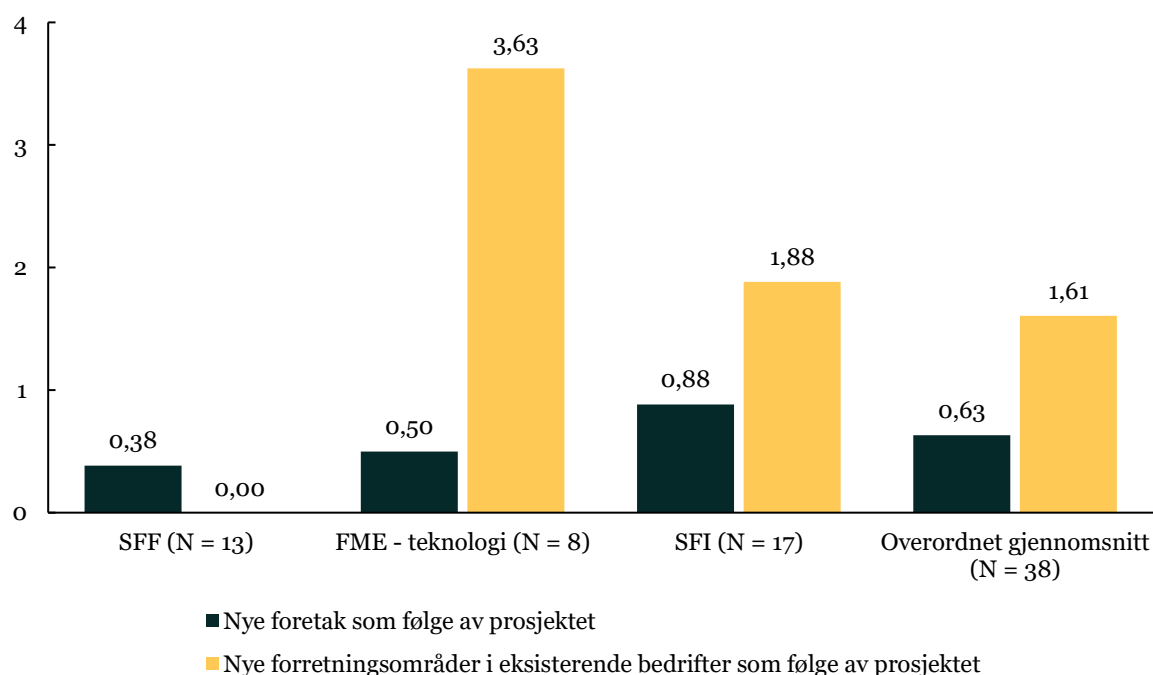
FME	Antall nye foretak	Antall nye forretningsområder i eksisterende bedrifter
HydroCen	1 (0,5)	23 (12,0)
HighEFF	1 (0,5)	2 (1,0)
CINELDI	0	2 (1,3)
SuSolTech	1 (0,8)	1 (0,8)
MoZEES	0	2 (1,7)
FME ZEN	2 (1,1)	0

Sammenlignet med SFI-er som har vært aktive i analyseperioden, finner vi at FME-sentrene i gjennomsnitt har ført til færre nye foretak enn SFI-ene, men flere enn SFF-ene. Dette er ikke uventet da SFI-ene i større grad er rettet mot innovasjonsaktivitet, mens SFF-ene i mindre grad er dette. Derimot er det mindre forskjell mellom SFF-ene og FME-ene (0,38 opp mot 0,5). SFF driver med mye mer grunnleggende forskning enn FME-ene, og vi hadde forventet å se et større skille her. Derimot scorer FME-sentrene betydelig bedre på gjennomsnittlig antall nye forretningsområder i eksisterende bedrifter. Her har FME-ene i gjennomsnitt både hatt flere enn SFI-ene og SFF-ene. Vedrørende SFI-ene er dette noe overraskende, men henger trolig sammen med (som vi nevner innledningsvis) ulik tolkning av hva som tilskrives som et resultat av senterets arbeid. Sammenligning av de to indikatorene er illlustrert i figuren under.

⁶³ Andersson, Martin L.U., & Klepper, S. (2013). Characteristics and performance of new firms and spinoffs in Sweden.

⁶⁴ Ordlyd hos Forskningsrådet for resultatindikatoren er «som følge av prosjektet». For FME-ene (og SFF/SFI) betyr dette som følge av senteret og senterets arbeid.

Figur 4-20: Gjennomsnittlig antall nye foretak og nye forretningsområder per type senter samlet over perioden 2017-2023.⁶⁵ Kilde: Norges forskningsråd



Et annet beslektet begrep er spin-off prosjekter. Dette er prosjekter som har sprunget ut av de aktivitetene, forskningen og prosjektene som hver FME har hatt, eller som FME-ene på andre måter har lagt grunnlaget for. Dette rapporteres ikke i dag til Forskningsrådet, og vi har også valgt å ikke samle inn denne statistikken fra FME-ene. En hovedårsak til dette er at kapittelet fokuserer på resultater av FME-ordningen, hvor flere av spin-off prosjektene vil ha fått støtte fra andre ordninger. Dette betyr at det er fare for dobbelttelling. Tilsvarende som for de tre resultatindikatorerne over er det også metodiske utfordringer knyttet til sammenligning av denne typen statistikk. Det er skjønnsmessige vurderinger som gjøres for å vurdere hvilke prosjekter/aktiviteter som kan regnes som spin-off fra et FME, og det vil her kunne være ulik tolkning som i hovedsak påvirker forskjell i tall.

Selv om vi ikke viser omfanget av dette i vår rapport, er dette et viktig perspektiv og et viktig resultat for hver enkelt senter. En av grunnene til dette er at det viser hvor betydningsfull en FME har vært for videre forskning og aktivitet innenfor sitt forskningsområde. I intervjuer trakk nettopp flere sentre frem at et viktig resultat fra å ha hatt FME-status var et økt fokus og en økt innsats på tematikken de var rettet mot. Flere av FME-ene har selv utarbeidet oversikt over deres spin-off prosjekter, som blant annet inkluderer tall knyttet til finansiering.

⁶⁵ I sammenligning opp mot SFF og SFI tar vi kun utgangspunkt i rapportert data for perioden 2017 til 2023. Årsaken til dette er at vi på analysetidspunkt ikke har mottatt fullstendig data for 2024 for SFF og SFI. Merk at vi kun ser på SFF-er og SFI-er sentre som har startår i årene 2013-2015 og sluttår 2025 eller tidligere. Dette betyr at FME NorthWind ikke er inkludert i sammenligningen opp mot SFF og SFI, da den avsluttes senere enn 2025.

5 Oppsummering og samlet vurdering

I dette kapittelet oppsummerer vi kort våre overordnede vurderinger vedrørende FME-ordningen og de ni FME-ene som har vært aktive i perioden 2016 til 2025. Vurderingene danner grunnlag for våre betraktninger rundt hvilken rolle FME-ene spiller for å sikre robuste energisystem i det grønne skiftet.

Oppsummering

Vår vurdering av FME-ordningen peker på at den i stor grad bidrar til sitt formål, nemlig å stimulere til forskningsaktivitet på høyt internasjonalt nivå i samarbeid med brukere fra næringsliv, forvaltning og samfunnet for øvrig. FME-ene vi vurderer har lyktes med å involvere et større antall partnere enn tidligere FME-er, og vi vurderer at de har hatt et særlig fokus på å sikre gode strukturer for samarbeid internt. Sett i lys av forskningsutdanning har FME-ene hatt et stort antall PhD-kandidater og postdoktorer, men ikke noe høyere enn tidligere FME-er. Til tross for dette har sentrene jobbet aktivt med rekruttering av disse, og har bidratt til forskerutdanning innenfor energifeltet. I tillegg har sentrene lyktes med å rekruttere en betydelig andel internasjonale PhD-kandidater, og da en større andel enn for energiforskning og Norge som helhet.

Sett i lys av publiseringer og utgivelser, ligger FME-ene som forventet høyere enn SFF-ene, men lavere enn SFI-ene i antall. FME-enes utgivelser er også på kvalitetsnivå med gjennomsnittet. Av andre resultater finner vi at selv om FME-ene har bidratt til få patenter og øvrig spin-off, er dette som forventet dersom vi ser det i lys av omfanget for SFF-er og SFI-er. Selv om FME-ene i mindre grad kan peke på denne typen resultater, viser gjennomgangen i delrapport 1 at forskningsaktiviteten i sentrene har resultert i betydelige samfunnsøkonomiske effekter.

Hvilke egenskaper har FME-ene som gjør at de er spesielt godt egnet for bidrag til robuste energisystemer?

Utvikling av et robust energisystem er avgjørende for å håndtere fremtidige utfordringer knyttet til grønn omstilling. Det handler om å etablere en helhetlig tilnærming til både energiproduksjon og miljøpåvirkning. Det er flere årsaker til hvorfor et fokus på robuste energisystemer er viktig.

Økt fornybar kraftproduksjon vil øke presset på allerede begrensede naturressurser. Økningen vil også høyne kompleksiteten i energisystemet betraktelig. For å sikre balanse i energisystemet kreves det koordinert samspill mellom produksjon og forbruk. Det er krevende fordi tilbud og etterspørsel etter fornybar kraft til enhver tid må være i balanse. Produksjonen av fornybar kraft er væravhengig og vil naturlig nok varierer med eksempelvis vind- og solforhold. Forbruket er imidlertid per i dag relativt uelastisk, og varierer med aktivitetsnivået i industri, næring og husholdninger. Jo mer avhengig den økonomiske aktiviteten er av tilgang til kraft, jo viktigere er det å opprettholde en sterk og robust forsyningssikkerhet.

En økende andel regulerbar kraft et stadig større behov for å utvikle løsninger som sikrer fleksibilitet både på produksjons- og forbrukssiden. Kostnadseffektiv omstilling krever da at man utvikler et bredt spekter av produksjonsteknologier slik at man kan optimalisere tilbudssiden med hensyn til både produksjonsmønster, ressurstilgang, naturpåvirkning og kostnadsnivå. Videre er det essensielt at man lykkes med å kommersialisere komplementære teknologier som legger til rette for utslippskutt i såkalte «hard to abate» sektorer hvor elektrifisering enten er teknisk eller kostnadmessig utfordrende. Karbonfangst- og lagring er et relevant eksempel på sistnevnte.

Energisystemene er i stor grad internasjonale (europeiske), de skal sikre effektiv forsyning av fornybar kraft mellom regioner og over landegrenser gjennom å binde sammen og samordne markedene for

kraftforsyning på måter som gjør systemene mest mulig robuste for svingninger i både tilbud og etterspørsel. Det krever en systemisk tilnærming, både i form av systemer av produsenter, teknologiske systemer for distribusjon, systemer for koordinering av forbruk og organisering av systemene samlet. Forskning på slike systemer vil kunne skape store verdier fordi nye systemløsninger kan bidra til å utløse verdier som er knyttet til innovasjoner både på produksjons og forbrukssiden.

Klimaplanen for 2021-2030 vektlegger at energi- og klimaomstillingen også vurderes i sammenheng med den grønne omstillingen. Dette innebærer at energieffektivisering og framveksten av ny energiteknologi ikke skjer på bekostning av natur og miljøgoder. Energi21-strategien påpeker at energisystemer må utvikles med hensyn til natur- og arts mangfold.⁶⁶ Forskningen på energisystemer må da også ta eksplisitt høyde for dette. Betydningen av dette perspektivet er også løftet frem i NOU 2023: "Omstilling til lavutslipp – veivalg for klimapolitikken mot 2050"⁶⁷. Den sittende regjeringen har også berørt dette.⁶⁸

FME har vært tiltenkt en sentral rolle i norsk forskning, utvikling og integrasjon av teknologiske løsninger som er nødvendige for å møte utfordringene knyttet til grønn omstilling, gjennom å representere et sentralt bindeledd mellom akademia, næringsliv og offentlige aktører. FME-ordningen representerer en av flere viktige initiativer innen energiforskning i Norge. Denne ordningen fremmer samarbeid mellom FoU-aktører, næringslivet og offentlige aktører for å sikre at forskningen er relevant og kan implementeres praktisk i samfunnet. FME-ordningen gir slik sett et unikt rammeverk for langsiktig prioritering av forskningsinnsatser og kan fungere som en katalysator for synergier på tvers av fagområder som gjør det lettere å arbeide inn mot energisystemene.

Det er flere grunner til at FME-ene kan egne seg godt som initiativ og organer for arbeidet inn mot mer effektive og robuste energisystemer

- **Samarbeidsarena:** FME-ene kan fungere som viktige samarbeidsplattformer, som bringer sammen forskningsinstitusjoner, næringsliv og offentlige aktører. Gjennom etableringen av sterke relasjoner mellom aktørene, skapes en dialog og utvikling av felles målsettinger som kan gjøre det lettere å ta forskning over i konkrete, anvendbare løsninger. Videre kan den tette koblingen mellom forskning og næringsliv bidra til at forskningen adresserer faktiske problemer av betydning for næringslivet, der det er behov for koordinering av flere aktører som finne frem til løsninger som samspiller og hviler på hverandre (systemiske koblinger).
- **Langsiktig perspektiv:** Utformingen og designet på sentrene gir anledning til langsiktige forskningsprioriteringer, som opprettholder kontinuitet og stabilitet i forskning selv når spesifikke områder opplever varierende interesse. Denne langsiktigheten kan være avgjørende for å vedlikeholde etablerte relasjoner og samarbeid, som i et systemperspektiv kan være avgjørende ettersom utfordringer i systemene kan oppstå på svært ulike stadier i utviklingen av systemene.
- **Helhetsperspektiv og tverrfaglighet:** Med bredt definerte forskningsområder, kan sentrene sikre et helhetsperspektiv som kan være sentralt i arbeidet med å gjøre energisystemene mer robuste. De brede forskningsområdene legger til rette for tverrfaglighet og som igjen kan støtte opp under behovet for et helhetsperspektiv.

⁶⁶ Energi21 (2022). Strategi 2022. Nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi. Tilgjengelig [her](#).

⁶⁷ NOU 2023: Omstilling til lavutslipp – veivalg for klimapolitikken mot 2050

⁶⁸ <https://www.regjeringen.no/no/tema/forskning/id1427/>

Vedlegg

Vedlegg A: Oversikt over tidligere FME-er og sammenlignbare SFF-er og SFI-er

Tidligere FME-er:

- BIGCCS (2009 – 2016)
- CEDREN (2009 – 2017)
- CenBio (2009 – 2017)
- NORCOWE (2009 – 2017)
- NOWITECH (2009 – 2017)
- Solar United (2009 – 2017)
- SUCCESS (2010 – 2018)
- ZEB (2009 – 2017)

Sammenlignbare SFF-er:

- Centre for Cancer Biomarkers (CCBIO) (2013 – 2025)
- Birkeland Center for Space Science (BCSS) (2013 – 2023)
- Centre for Autonomous Marine Operations and Systems (AMOS) (2013 – 2023)
- Centre of Molecular Inflammation Research (CEMIR) (2013 – 2024)
- Centre for Biodiversity Dynamics (CBD) (2013 – 2023)
- Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate (CAGE) (2013 – 2023)
- Centre for Neural Computation (CNC) (2013 – 2023)
- Center for Multilingualism in Society across the Lifespan, MultiLing (2013 – 2024)
- Centre for Environmental Radioactivity, a Centre of Excellence (CERAD) (2013 – 2023)
- Centre for Intervention Science in Maternal and Child Health (CISMAC) (2013 – 2025)
- Centre for Earth Evolution and Dynamics (CEED) (2013 – 2023)
- NORMENT; Norwegian Centre for Mental Disorders Research (2013 – 2024)
- PluriCourts - Centre for the Study of the Legitimate Roles of the Judiciary in the Global Order (2013 – 2024)

Sammenlignbare SFI-er:

- BIG INSIGHT - Statistics for the knowledge economy (2015 – 2025)
- SFI Metal Production (2015 – 2023)
- C3: Centre for Connected Care - Accelerating adoption and diffusion of patient-centric innovations (2015 – 2024)
- Exposed Aquaculture Operations (2015 – 2024)
- Foods of Norway (2015 – 2025)
- Centre for Closed-containment Aquaculture (CtrlAQUA) (2015 – 2023)
- Klima 2050 | Risk reduction through climate adaptation of buildings and infrastructure (2015 – 2023)
- CASA - Centre for Advanced Structural Analysis (2015 – 2023)
- CIUS - Center for innovative ultrasound solutions for health care, maritime, and oil & gas industries (2015 – 2024)
- SUBPRO - Subsea Production and Processing (2015 – 2024)

- Center for Offshore Mechatronics (2015 – 2024)
- SIRIUS - Centre for Scalable Data Access (2015 – 2024)
- SFI Manufacturing: Sustainable Innovations for Automated Manufacturing of Multi-Material Products (2015 – 2024)
- Centre for Integrated Remote Sensing and Forecasting for Arctic Operations (CIRFA) (2015 – 2024)
- SFI Smart Maritime - Norwegian Centre for improved energy-efficiency and reduced emissions from the maritime sector (2015 – 2023)
- iCSI - industrial Catalysis Science and Innovation for a competitive and sustainable process industry (2015 – 2025)
- Marine Operations Center (MOVE) (2015 – 2024)



Menon
Economics

Menon Economics

Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo

+47 909 90 102

post@menon.no

menon.no