



Rapport
2025:17

Kartlegging av norsk forskning på sensitive teknologier

Kunnskapsgrunnlag for vurdering av sensitive teknologier
(KVASt)

Henrik Karlstrøm, Håvard Rustad Markussen, Sabine Wollscheid,
Dag-Tore Nordbø Kristiansen og Fredrik Niclas Piro

Rapport
2025: 17

Kartlegging av norsk forskning på sensitive teknologier

Kunnskapsgrunnlag for vurdering av sensitive teknologier
(KVASt)

Henrik Karlstrøm, Håvard Rustad Markussen, Sabine Wollscheid,
Dag-Tore Nordbø Kristiansen og Fredrik Niclas Piro

Rapport	2025:17
Utgitt av	Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning (NIFU)
Adresse	Postboks 2815 Tøyen, 0608 Oslo. Besøksadresse: Økernveien 9, 0653 Oslo.
Prosjektnr.	21559
Oppdragsgiver	Norges forskningsråd
Adresse	Postboks 564, 1327 Lysaker
Fotomontasje	NIFU
ISBN	978-82-327-0734-8
ISBN	978-82-327-0735-5
ISSN	1892-2597 (online)



Copyright NIFU: CC BY 4.0

www.nifu.no

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Norges forskningsråd, som et bidrag til Forskningsrådets oppdrag med å utvikle et kunnskapsgrunnlag for vurdering av sensitive teknologier (KVASt). Dette arbeidet som Forskningsrådet gjør i samarbeid med Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) skal ferdigstilles innen utgangen av 2025, og vår rapport inngår som kunnskapsgrunnlag i denne prosessen. NIFUs oppdrag er gjennomført i perioden 15.08 til 15.10. Henrik Karlstrøm har ledet det omfattende screening-arbeidet i prosjektet i samarbeid med Sabine Wollscheid og Håvard Rustad Markussen. Dag-Tore Nordbø Kristiansen og Fredrik Niclas Piro (prosjektleder) er øvrige bidragsytere i prosjektet fra NIFU.

Oslo, 1. desember, 2025

Vibeke Opheim
Direktør

Fredrik Niclas Piro
Forskningsleder

Innhold

Sammendrag	7
1 Innledning.....	9
2 Metode.....	14
2.1 Bibliometric-Systematic Literature Review (B-SLR).....	14
2.1.1 Systematiske søk: publikasjoner og prosjekter	15
2.1.2 Utvalgsprosessen	18
2.1.3 Analyser	21
3 Vitenskapelig publisering	23
3.1 Norsk publisering innenfor kritiske teknologiområder.....	23
3.1.1 Fordeling av teknologier innen hvert område	29
3.2 Norsk samarbeid – nasjonalt og internasjonalt	31
3.3 Forskningens innflytelse (‘impact’)	49
4 Eksternfinansierte prosjektdeltakelser	59
4.1 Deltakelse i EUs rammeprogrammer	59
4.1.1 Norsk deltakelse i de elleve teknologiområdene	63
4.1.2 Sektorvis komposisjon i prosjektene	68
4.1.3 Samarbeid i EUs rammeprogrammer	72
4.2 Mest aktive norske institusjoner i prosjekter totalt	76
5 Oppsummering	87
5.1 Hvilke land er ledende på de aktuelle teknologiområdene?	87
5.1.1 Publikasjonsdata	87
5.1.2 Prosjektdata	89
5.2 På hvilke av de aktuelle teknologiområdene er Norge per i dag ledende?	91
5.2.1 Publikasjonsdata	91
5.2.2 Prosjektdata	92

5.3	På hvilke teknologiområder er Norge avhengig av samarbeid med hhv. allierte og ikke-allierte? Og hvem samarbeider Norge med på hvilke områder innenfor teknologiområdene?.....	94
5.3.1	Publikasjonsdata	94
5.4	Avsluttende betraktninger.....	96
Referanser.....		99
Vedlegg		103
Vedlegg 1: Liste med de 11 teknologiområdene og 48 teknologiene.....		103
Vedlegg 2: Søkestrenger for de 11 teknologiområdene og 48 teknologiene		105
Vedlegg 3: Seleksjonskriteriene		111
Vedlegg 4: Oversikt over Norges ti mest aktive samarbeidsland per under- område, artikler i Web of Science, 2015–2014		113
Vedlegg 5: Klassifiseringsmodeller		126
Tabelloversikt.....		128
Figuroversikt.....		130

Sammendrag

Denne rapporten kartlegger norsk forskning på sensitive teknologiområder. Bakteppet for dette oppdraget fra Norges forskningsråd er de seneste års økte spenninger i internasjonal politikk, som i tiltagende grad utfordrer Norges utadvendte posisjon som forskningsnasjon. Land som vi i lang tid har definert som strategiske satsingspartnere, Kina og Russland, er nå utpekt av etterretningstjenesten som trusselaktører mot forskningssektoren sammen med en annen fremvoksende FoU-nasjon, Iran, samt Nord-Korea. Hva slags samarbeid har Norge med disse landene innen teknologiområder som EU (og Norge) definerer som sensitive?

Mer spesifikt var formålet med dette oppdraget å gi en bred kartlegging av forskning på sensitive teknologier, med utgangspunkt i EUs liste over ti teknologiområder (fordelt på 45 underområder), som er supplert med et ellefte norsk teknologiområde (*undervannsteknologi*) og tre medfølgende underområder. Kartleggingen skulle dokumentere norsk FoU-innsats, studere hvem Norge samarbeider med i slik forskning (både allierte og ikke-allierte land), se på hvem som er ledende nasjoner på teknologiområdene, samt vurdere Norges posisjon som FoU-nasjon på områdene.

Med utgangspunkt i publikasjonsdata fra Web of Science (2015–2024), og prosjektdata fra tre finansieringskilder i perioden 2020–2025 (EUs rammeprogrammer for forskning og innovasjon, Det Europeiske Forsvarsfondet (EDF) og Norges forskningsråd), har vi benyttet en kombinasjon av metoder fra systematiske kunnskapsoppsummeringer og bibliometri for å identifisere vitenskapelige publikasjoner og forsknings- og innovasjonsprosjekter innenfor de elleve teknologiområdene. Datasettet vårt dekker både publikasjoner og prosjekter *med* norsk deltakelse, og *uten* norsk deltakelse, slik at vi kan sammenligne norsk forskning med andre land. Analysen av prosjekter omhandler primært EU-prosjekter, mens Norges forskningsråd og EDF i mindre grad er analysert, av datatekniske hensyn. Det finnes andre relevante finansieringskilder (eksempelvis European Space Agency) som heller ikke inngår i analysen.

Våre analyser viser at Norge naturlig nok ikke er en ledende nasjon på noen av teknologiområdene med tanke på volum. Det vi derimot finner, er at Norge gjennomgående har høye siteringstall på nesten alle teknologiområder, og at vi særlig

innenfor forskning på *kunstig intelligens* må kunne kalles en relativt sterk FoU-nasjon. Dels på grunn av en befolkningsmessig høy aktivitet, men primært på grunn av svært høye siteringstall, kombinert med sterk deltakelse i EU-finansierte prosjekter (med høy grad av koordinering). Også innenfor det nest største teknologiområdet, *energiteknologier*, er Norge en relativt sterk nasjon i både i publiserings- og i EU-sammenheng.

Analysen vår av hvilke land som er 'ledende' på teknologiområdene, identifiserer ikke uventet USA og Kina som de mest fremtredende, når vi ser på kombinasjonen publiseringsvolum og siteringstall. Ser vi på sistnevnte alene, får vi et litt annet bilde der særlig Singapore skiller seg ut. Men publiseringsanalysen trekker også fram nasjoner som Saudi-Arabia, India og Iran som fremtredende forskningsnasjoner på sensitive teknologiområder. Russland er derimot bortimot totalt fraværende i alle tabeller og figurer vi presenterer i denne rapporten, og illustrerer Russlands stadig mer perifere rolle i den globale FoU-produksjonen.

Norge har et beskjedent omfang av samarbeid med Iran, og et ganske aktivt samarbeid med Kina. I 2024 var Kina det klart viktigste samarbeidslandet for norske forskere innen *kunstig intelligens*, og også den ledende samarbeidspartnern innen *energiteknologier*. Sammen med USA, var Kina også i 2024 Norges viktigste samarbeidspartner innen forskning på *droner og kjøretøy* – et underområde under teknologiområdet *robotikk og autonome systemer*. På området *kunstig intelligens* har Norges internasjonale samarbeid i stadig økende grad blitt konsentrert omkring Kina. Dette er det enkelte teknologiområdet der det er mest nærliggende å spekulere i om samarbeidsintensiteten uttrykker avhengighet. Samtidig er dette også et område der Kina er det globalt mest fremtredende landet.

Kina er også generelt en av de mest fremtredende samarbeidsnasjonene innen de øvrige teknologiene. Likefullt vil vi beskrive det generelle omfanget av samarbeid med trusselaktørene utpekt av Etterretningstjenesten som beskjedent. I prosjektsammenheng (EU, EDF, Norges forskningsråd) er det tilnærmet ikke-eksisterende, mens det for publiseringsaktiviteter først og fremst er rettet mot Kina. Dette er ikke annerledes enn øvrig norsk samarbeid med Kina, som er Norges mest aktive samarbeidsnasjon innenfor øvrig forskning i naturfag og teknologi.

1 Innledning

Som følge av de seneste års økte spenninger i internasjonal politikk stilles vitenskapelig forskning overfor skjerpede krav til sikkerhet. På grunn av sin prinsipielle åpenhet og iboende samarbeidsorientering, er forskningen særlig sårbar for påvirkning. Etterretningstjenestens åpne trusselvurdering for 2025 fastslår at utenlandske aktører driver påvirkningsoperasjoner i norske forskningsmiljøer med sikte på å utnytte kunnskapslekkasje og teknologioverføring. Trusselvurderingen peker særlig på Kina, Russland, Iran og Nord-Korea i denne sammenhengen, og forklarer at disse (men også andre ikke-navngitte) aktørene «skaffer seg tilgang til vestlig teknologi med militær nytteverdi ved å delta i internasjonale teknisk-vitenskapelige forskningssamarbeid» (Etterretningstjenesten, 2025, s. 14) I Meld. St. 14 (2024–2025): *Sikker kunnskap i en usikker verden* (systemmeldingen) argumenteres det videre for at Norge er et attraktivt etterretningsmål i forskningssammenheng grunnet geografisk posisjon, tilgang på naturressurser, og rolle i arktisk geopolittikk. Meldingen antyder også at Norge er spesielt sårbart for etterretning rettet mot forskningssektoren fordi vi er «lite land med tette kontakter og et utstrakt samarbeid mellom forskning, næringsliv og politikk» (Meld. St. 14 (2024–2025), s. 47).

Samtidig er det et uttalt politisk ønske at Norge skal ha fortsatt utstrakt internasjonalt forskningssamarbeid. I systemmeldingen vektlegges det at internasjonalt samarbeid er viktig for å sikre tilgang på kunnskap fra den internasjonale forskningsfronten som er nødvendig for nasjonal sikkerhet (ibid., s. 46), for å møte globale samfunnsutfordringer og særlig klima- og naturkrisen (ibid., s. 14), og for å ivareta forskningens iboende åpenhet (ibid., s. 8; 20). Slik viderefører meldingen også politikk fra Panorama-strategien hvor det bestemmes at Norge i perioden 2021–2027 skal styrke og utvide samarbeidet med en rekke land utenfor EU/EØS, deriblant Kina (Kunnskapsdepartementet, 2021). Kina er i en særstilling her, ettersom landet er det eneste som både utpekes av etterretningstjenesten som trusselaktør mot forskningssektoren samtidig som det er et satsingsland i norsk forskning- og utdanningspolitikk¹.

¹ Russland var opprinnelig også med i Panorama-strategien, men ble fjernet derfra etter at Norge sluttet seg til internasjonale sanksjoner mot Russland etter invasjonen av Ukraina i 2022.

Utfordringen med å treffe den rette balansen mellom hensyn til aktsomhet og åpenhet i internasjonalt forskningssamarbeid oppsummeres gjerne med at vi må ha god 'forskningssikkerhet'. I systemmeldingen heter det at «Forskningssikkerhet er nøkkelen til et fortsatt åpent og internasjonalt orientert forskningssystem» og videre at «Regjeringen vil balansere hensyn til sikkerhet med vern av grunnleggende prinsipper som akademisk frihet og åpen forskning» (Meld. St. 14 (2024–2025), s. 47). Norsk forskningssikkerhetspolitikk må ses i sammenheng med utviklingen av tilsvarende politikk hos våre allierte. Særlig har EU vært en pådriver for slik utvikling og vedtok i mai 2024 en rådsanbefaling som oppfordrer medlemslandene til å utvikle og implementere samordnet politikk for å styrke forskningssikkerheten (Rådet for den europeiske union, 2024).

Spesielt krevende er det å oppnå god forskningssikkerhet når det gjelder forskning på sensitive teknologiområder. EU har laget en liste over ti kritiske teknologiområder, fordelt på 45 underområder², som Norge også anvender³. Teknologiene på EUs liste anses som sensitive fordi lekkasje av kunnskap om disse til tredjeland er kritisk for unionens økonomiske sikkerhet (Europakommisjonen, 2023, s. 1). I EUs rådsanbefaling om styrket forskningssikkerhet vektlegges viktigheten av å håndtere risiko knyttet til «uønsket overføring av kritisk kunnskap og teknologi som kan påvirke unionens og medlemslandenes sikkerhet» (Rådet for den europeiske union, 2024, s. 10). Tilsvarende løfter systemmeldingen «behovet for å styrke arbeidet med forskningssikkerhet og ansvarlig internasjonalt samarbeid ved berørte virksomheter, for å forebygge risiko for uønsket kunnskapsoverføring på sensitive fagområder» (Meld. St. 14 (2024–2025), s. 58).

En viktig grunn til at det er særlig krevende med god forskningssikkerhet på sensitive teknologiområder, er at mye av denne forskningen er såkalt flerbruksteknologi, altså teknologi som er utviklet for sivile formål (eller uten formål) men som likevel har potensial for ulike typer militær applikasjon. Flerbruksteknologi reguleres gjennom eksportkontrollregelverk som bestemmer hvilke teknologier som krever lisens for å bli eksportert til andre land. I Norge håndheves eksportkontrollregelverket av det nyopprettede direktoratet DEKSA, som opererer i samsvar med internasjonale eksportkontrollregimer og internasjonalt forhandlede varelistes for blant annet flerbruksteknologi. Som oppdragsbeskrivelsen for KVASt-prosjektet fastslår, bidrar tempoet i teknologiutviklingen til «at nye

² De 10 kritiske teknologiene definert av EU er: Advanced semiconductors technologies, Artificial intelligence technologies, Quantum technologies, Biotechnologies, Advanced connectivity, navigation and digital technologies, Advanced sensing technologies, Space & propulsion technologies, Energy technologies, Robotics and autonomous systems, Advanced materials, manufacturing and recycling technologies.

³ Ofte blir begrepene "sensitive" og "kritisk" brukt om hverandre for å beskrive disse teknologiene. EU benytter seg av "kritisk", mens i norsk sammenheng, f.eks. i systemmeldingen og i KVASt-prosjektet, brukes "sensitive". I denne rapporten vil vi beskrive teknologiene som sensitive i samsvar med norsk praksis.

teknologier med flerbrukspotensial kan skape gråsoner som er krevende å håndtere innenfor gjeldende regelverk» (Norges forskningsråd, 2024, s. 1).

For å vite hvor norske myndigheter og virksomheter behøver å sette inn risiko-reducerende tiltak, og for å sikre at disse ikke blir mer inngripende enn nødvendig, er det avgjørende med god kunnskap om status for Norges forskning på de sensitive teknologiene. KVAST-oppgavet har som overordnet formål å skaffe til veie et kunnskapsgrunnlag for vurdering av sensitive teknologier. Denne rapporten bidrar til dette arbeidet ved å svare direkte på oppdragets punkt 3: Kartlegge hva som er Norges posisjon innenfor de sensitive teknologiområdene i dag. Punkt 3 stiller følgende fem konkrete spørsmål:

1. Hvilke land er ledende på de aktuelle teknologiområdene?
2. På hvilke av de aktuelle teknologiområdene er Norge per i dag ledende?
3. På hvilke teknologiområder mangler Norge nasjonal kunnskap/kompetanse som vi bør ha?
4. Hvem samarbeider Norge med på hvilke områder innenfor teknologiområdene?
5. På hvilke teknologiområder er Norge avhengig av samarbeid med hhv. allierte og ikke-allierte?

I denne rapporten blir alle disse fem spørsmålene adressert, med unntak av spørsmål 3: *På hvilke teknologiområder mangler Norge nasjonal kunnskap/kompetanse som vi bør ha?* Det er fordi vi anser spørsmålet om hva slags kunnskap/kompetanse Norge *bør ha* for å være et politisk spørsmål som våre data og analysemetoder ikke egner seg til å besvare. Med det sagt kan våre svar på de øvrige fire spørsmålene benyttes til å belyse også dette spørsmålet.

For å besvare de øvrige fire spørsmålene benytter vi et spesielt konstruert datasett for dette prosjektet, der valg av tidsrom for analysen (2015–2025) og valg av grunnlagsdata (publikasjoner i Web of Science og prosjektdata fra EUs rammeprogrammer for forskning og innovasjon, Norges forskningsråd og det Europeiske Forsvarsfondet - EDF) er gjort i samråd med Norges forskningsråd. Dette betyr at forsknings- og innovasjonsaktiviteter belyses via to ganske forskjellige datakilder: vitenskapelig publisering retter seg i all hovedsak mot akademiske miljøer og *forskning*, mens prosjektdata fanger hele bredden i deltakende institusjoner (som også inkluderer næringslivet) og i typen FoU-aktivitet (*innovasjonsprosjekter* er også inkludert).

Med tanke på å besvare spørsmålene listet over vil datakildene være egnet i ulik grad. Publikasjonsdata er best egnet til å si noe om Norges internasjonale samarbeidsrelasjoner fordi Web of Science er en global database, som også inkluderer norsk samarbeid med landene Etterretningstjenesten identifiserer som trusselaktører, men sier oss lite om næringslivets bidrag eller FoU/innovasjonsaktiviteter.

Prosjektdataene er bedre egnet til å si noe om det europeiske samspillet mellom akademiske institusjoner og næringsliv i FoU-aktiviteter i bred forstand, og gir en bedre benchmarking av hvem som er ledende *innad* i Europa langs hele spekteret av FoU-aktiviteter. Mulighetene til å studere prosjektsamarbeid med trusselaktører er derimot svært begrenset, fordi samarbeid med disse i perioden 2020–2025 er så å si ikke-eksisterende i alle tre prosjektdatakildene vi benytter.

Vi nevner allerede her, for ordens skyld, at verken EU, Norges forskningsråd eller EDF, har finansiert *noen* prosjekter som omhandler sensitive teknologier der Russland, Iran eller Nord-Korea deltar. Vi finner derimot et svært beskjedent antall prosjekter med kinesiske samarbeidspartnere. Studerer vi vitenskapelige samarbeidspublikasjoner i Web of Science, får man et ganske annerledes bilde. Dette kan dels forklares med at innebygde mekanismer i prosjektutlysninger vanskeliggjør/umuliggjør slikt samarbeid (regler med tanke på hvilke land som har adgang til å delta og/eller motta finansiering), og at vi ser på en periode med økende internasjonal uro og oppmerksomhet rundt risikoen ved samarbeid med enkelte nasjoner (med ditto institusjonell aversjon mot å inngå samarbeid), men at det samtidig er enkeltforskere og enkeltmiljøer som viderefører eksisterende samarbeid uten at det foreligger noen (ny) formalisering av samarbeidet.

Når det gjelder spørsmål 2 (*På hvilke av de aktuelle teknologiområdene er Norge per i dag ledende?*) og 5 (*På hvilke teknologiområder er Norge avhengig av samarbeid med hhv. allierte og ikke-allierte?*) er det til slutt nødvendig med noen presiseringer.

For det første kan det være krevende å fastslå at Norge er *ledende* på noen av teknologiområdene, slik spørsmål 2 etterspør. Som vi viste i NIFU Arbeidsnotat 2025: 4 står Norge for en svært liten andel av globale publikasjoner på de sensitive teknologiområdene (Markussen, Karlstrøm & Wendt, 2025). Selv om prosjektdata og siteringsanalyser kan gi indikasjoner på hvorvidt Norge er sterkere på sensitiv teknologiforskning enn kun publiseringsvolum skulle tilsi, vil denne informasjonen sannsynligvis ikke være tilstrekkelig til å kunne karakterisere denne forskningen som ledende. Derfor undersøker vi heller under dette spørsmålet på hvilke av de sensitive teknologiområdene norsk forskning er relativt sterk og svak.

For det andre kan vi heller ikke avgjøre på hvilke av de aktuelle teknologiområdene Norge er *avhengig* av andre land slik spørsmål 5 etterspør. Det er fordi sterkt samarbeid ikke nødvendigvis er ensbetydende med avhengighet. For eksempel kan det være slik at et land eller et utenlandsk forskningsmiljø Norge samarbeider tett med kunne vært erstattet hvis kompetansen finnes andre steder. Dette er informasjon våre data ikke dekker. Også her kan vi bruke prosjektdata og publikasjonsanalyser til å finne ut hvilke land og miljøer norsk forskning lener seg tungt på, men denne informasjonen kan ikke brukes til å fastslå avhengighet.

Derfor undersøker vi heller under dette spørsmålet hvilke land Norge samarbeider mye med.

For det tredje har vi – etter dialog med oppdragsgiver – lagt til grunn en pragmatisk tolkning av “allierte og ikke-allierte land”. Vi operer med ulike grupper av land, der noen er formelle institusjoner (EU og NATO), mens andre er «norsk-konstruerte» (Panorama-landene), eller tilpasset dette oppdraget spesifikt. Gitt KVASt-prosjektets overordnede formål vil vi konsentrere oss særlig om landgruppen som identifiseres av Panorama-strategien som satsingsland for forskning- og utdanningspolitikken utenfor EU/EØS (Brasil, Canada, India, Japan, Kina, Sør-Afrika, Sør-Korea, USA), og om landgruppen som navngis av Etterretningstjenesten som trusselaktører i forskningssektoren (Kina, Russland, Iran og Nord-Korea). Den siste gruppen kaller vi her “risikoland”.

Rapporten består av fire kapitler. *Kapittel 2* beskriver arbeidet som er utført med å identifisere relevante vitenskapelige publikasjoner og prosjekter innenfor 11 hovedområder av sensitive teknologier. I tillegg redegjør vi for de redaksjonelle valgene vi har gjort med tanke på hvilke funn vi velger å presentere i et stort datamateriale med et uoverkommelig antall mulige varianter å gruppere variabler på.

Fordi datagrunnlaget og analysemulighetene for vitenskapelige artikler og prosjektfinansiering er såpass forskjellige, har vi valgt å analysere disse to FoU-dimensjonene separat. I *kapittel 3* presenterer vi Norges innsats innen vitenskapelig publisering på sensitive teknologiområder, med vekt på Norges internasjonale samarbeidsland og innenfor hvilke teknologiområder vår publisering har høy (eller lav) internasjonal innflytelse. I *kapittel 4* ser vi på hvilke norske aktører som er involvert i prosjekter som omhandler sensitive teknologier, med vekt på hvordan Norge gjør det i europeisk sammenheng. I *kapittel 5* svarer vi konkret på oppdragets hovedspørsmål (med de forbehold som er lagt inn over). Denne analysen baserer seg på de empiriske funnene i kapittel 3–4.

2 Metode

I dette kapitlet redegjør vi for vår metodiske tilnærming og hvilke datakilder vi har valgt å benytte for å identifisere relevante forskningspublikasjoner og prosjekter innenfor de 11 sensitive teknologiområdene. I tillegg gjør vi rede for de valgene og avgrensningene vi har gjort i forbindelse med hvordan resultater fra analysene av datamaterialet blir presentert.

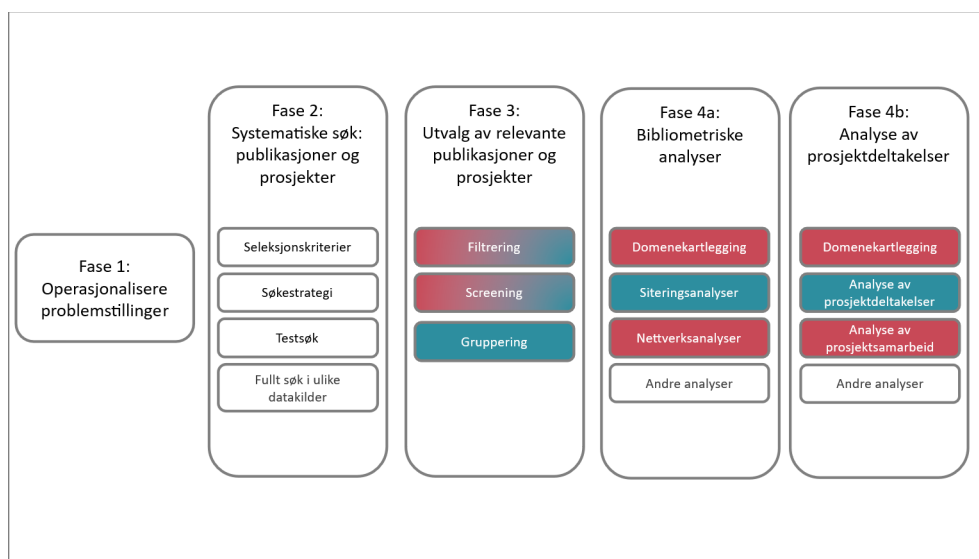
2.1 Bibliometric-Systematic Literature Review (B-SLR)

Utgangspunktet for oppdraget vårt er å identifisere FoU-aktivitet innenfor sensitive teknologiområder. Dette er ikke en kategori(er) som er i bruk i klassifisering av publikasjoner og prosjekter i andre sammenhenger, slik at vi i dette prosjektet har måttet utvikle metoder for å kartlegge FoU-omfanget på disse områdene.

Prosjektets metodiske tilnærming er basert på et integrert rammeverk som kombinerer bibliometriske analyser med systematisk kunnskapsoppsummering: «bibliometric-systematic literature review» (B-SLR). B-SLR er et fleksibelt rammeverk som kan tilpasses ulike problemstillinger og disipliner (Marzi et al., 2025). I dette prosjektet tilpasses B-SLR-rammeverket til en utvidet forskningskartlegging («science mapping»).

Science mapping defineres som et sett av kvantitative og bibliometriske metoder for å analysere allerede eksisterende forskningsdata eller metadata (Donthu et al., 2021). Slike metoder kan for eksempel være siterings- og samsiteringsanalyser (Appio et al., 2014; Callahan et al., 2010), analyser av nøkkelord som opptrer sammen (Zhao et al., 2018) og analyser av samforfatterskap (Cisneros et al., 2018).

I det følgende bruker vi en skreddersydd metode som er tilpasset KVA-oppdragets problemstillinger (Figur 2.1). Arbeidsflyten består av følgende faser: 1) Operasjonalisering av forskningsspørsmål eller problemstillinger (se våre betraktninger i kapittel 1); 2) systematiske søk etter publikasjoner og prosjekter; 3) utvalg av relevante publikasjoner og prosjekter; 4) analyser, dvs. bibliometriske analyser (4a) og analyse av prosjektdeltakelser (4b).



Figur 2.1 Arbeidsflyt i prosjektet

2.1.1 Systematiske søk: publikasjoner og prosjekter

Utgangspunktet vårt for å identifisere FoU innenfor kritiske teknologiområder var en liste med 11 teknologiområder og 48 underområder som var spesifisert av Norges forskningsråd⁴ (se vedlegg 1). For å kartlegge omfanget av vitenskapelig publisering innenfor disse teknologiområdene har vi benyttet data fra Web of Science, mens prosjektaktivitet er kartlagt fra tre ulike kilder for forskningsfinansiering: Norges forskningsråd, EU (Horisont 2020/Horisont Europa) og Det europeiske forsvarsfondet – EDF). Tidsdimensjonen (endring over tid) er mer viktig å studere i det globale publiseringslandskapet, enn det er i europeisk-finansierte prosjekter (der det er mindre innslag av samarbeid med ikke-europeiske land), og derfor har vi et lengre tidsbilde i publikasjonsanalysen (2015–2024), enn for prosjektdataene som behandles samlet for perioden 2020–2025.

Databaser og andre kilder

Web of Science (WoS) er den mest etablerte bibliometriske databasen. Den dekker vitenskapelige publikasjoner i et selektivt utvalg av tidsskrifter, bøker og konferansebidrag. Databasen dekker alle fagområder, med høy dekningsgrad av litteraturen i naturvitenskap og teknologi, noe som gjør WoS særlig egnet for dette prosjektet. Ut over det har databasen omfattende metadata som gjør det mulig å bygge bibliometriske profiler av publiserende forskningsmiljø og utføre tematiske eller institusjonelle nettverksanalyser av publikasjonene. WoS dekker hovedsakelig

⁴ Denne listen tok utgangspunkt i EUs liste over kritiske teknologier (se FFI-Notat, Eksternnotat 25/00521 av Steder og Apalvik), men kommer med et viktig særnorsk forhold: undervannsteknologier («underwater technologies») er supplert på listen av Norge selv.

publikasjoner i internasjonale fagfellevurderte tidsskrift på engelsk (Aksnes & Sivertsen, 2019). Dette betyr at publikasjoner i andre kanaler enn internasjonale tidsskrifter ikke fanges fullstendig opp i søket (Karlstrøm, 2023).

For dette oppdraget har vi søkt etter fagfellevurderte publikasjoner i tidsskrift for alle de 11 teknologiområdene av forfattere som var tilknyttet minst én norsk institusjon. I tillegg gjorde vi et tilsvarende søk for alle teknologiområder på verdensbasis. Våre data dekker perioden 2015–2024.

Norges forskningsråd (prosjektbanken): Vi mottok et uttrekk fra Prosjektbanken i Forskningsrådet som viser alle innvilgede prosjekter med oppstart fra og med januar 2020 og frem til i dag. Uttrekket viser sentrale variabler som prosjekttittel og sammendrag, deltakende (og koordinerende) institusjoner, prosjektets budsjett (men ikke spesifisert på partnere), samt søknadstype. I samråd med Forskningsrådet har vi ekskludert en del søknadstyper. Dette dreier seg om søknadstyper som primært er knyttet til koordinerings- og støtteaktiviteter, samt andre typer nettverk- og infrastrukturaktiviteter.

EUs rammeprogrammer for forskning og innovasjon (eCORDA): Også EU-dataene er mottatt særskilt fra Norges forskningsråd, og inneholder de samme opplysningene som i Prosjektbanken (fra samme tidsperiode), men med det viktige unntaket at EU-dataene også inkluderer budsjettfordelingen spesifisert på alle prosjektpartnere. Dette muliggjør analyser av ikke bare prosjektdeltakelser, men også hvor mye penger de deltakende institusjonene totalt har mottatt. Også her har vi i samråd med Norges forskningsråd ekskludert en del søknadstyper (samme som over).

Det europeiske forsvarsfondet (EDF): Data for EDFs finansierte prosjekter ble manuelt hentet fra nettsiden til EDF. Dessverre var det en del svakheter i datagrunnlaget. EDF er for det første forholdsvis nytt og har så langt ikke finansiert et stort antall prosjekter. Dessuten var det manglende opplysninger i mange av prosjektsidene på nett, og vi klarte kun å rekonstruere komplette data i 107 EDF-prosjekter. Dette er et lavt antall, da EDF eksempelvis finansierte 54 prosjekter i 2023. Fondet ble opprettet i 2021, så et estimat på totalt tildelte prosjekter for perioden 2021–2024 er kanskje det dobbelte av hva vi har fått med. EDF-dataene gir ikke anledning til å se budsjett spesifisert per prosjektdeltaker, og med et begrenset antall norske deltakelser (26 prosjekter), utgjør EDF-prosjekter en så liten del av datagrunnlaget vårt, at vi har valgt å ikke gjøre en egen analyse for EDF, men heller la EDF-dataene inngå i en felles analyse der vi ser på prosjektdeltakelser – uavhengig av finansieringskilde – og analyserer EU, Norges forskningsråd og EDF under ett. Hovedanalysen av prosjekter er imidlertid konsentrert om EU-prosjektene alene, fordi disse dataene tillater en god sammenligning av Norge med andre europeiske land.

Søkestrategi

På tvers av disse fire datakildene har vi brukt felles søkestrategier for å legge til rette for å gjennomføre identiske analyser i fremtidige år. For å kunne gjøre systematiske søk, satte vi opp søkestrenger for teknologiområdene enkeltvis som vi kunne bruke på tvers av kildene både på engelsk og på norsk. Vi tok utgangspunktet i fagtermene fra den ovenfor nevnte listen med 11 teknologiområder og 48 underområder.

Søkestrengen for hvert teknologiområde består av en kombinasjon av generelle og spesifikke søkeord (inkludert synonymer). Vi testet de 11 søkestrengene etter prinsippene «precision» og «recall» for å oppnå en viss balanse mellom bredden og spesifisering av søket (Buckland & Gey, 1994). Ut over det tok vi hensyn til de enkelte teknologiområdenes egenart. Noen teknologiområder har et tverrfaglig preg og må kunne beskrives som ganske «brede» (f.eks. KI-teknologier), noe som gjør avgrensninger i søk mer utfordrende. Innenfor disse teknologiområdene, og de som produserte et stort antall søketreff, reduserte vi antall søketermer for å begrense omfanget av falske treff («falske positive»). For andre, mer spesifikke og avgrensede teknologiområder (f.eks. undervannsteknologi) kombinerte vi spesifikke søketermer (fra listen), og supplerte disse med synonymer for å få flere relevante treff.

Metoden for å definere søkestrenger baserte seg på en kombinasjon av manuell uttesting, validering av søketermer i diskusjon med kollegaer, og generering av søkestrenger assistert av generativ KI. Generativ KI har tidligere vist seg å ha potensiale i å følge komplekse instruksjoner og til å generere utkast til søkestrenger med høy presisjon (Campos et al., 2024; Wang et al., 2023; 2024; Wollscheid, Karlstrøm & Fossum, 2024). Et utkast av 11 søkestrenger som var basert på sentrale nøkkelord (48 underområder) ble presentert for chatboten «Copilot» med ønske om revidering⁵.

Søkestrengene ble avslutningsvis validert av to prosjektmedarbeidere som gikk gjennom et utvalg (10–20) av sammendrag og titler for hvert tema. Deretter utførte vi søk for de 11 teknologiområdene i WoS. Dette resulterte i 11 248 treff totalt, dvs. 11 248 publikasjoner i perioden 2015–2024 relatert til de sensitive teknologiene der det var oppført minst én norsk forfatterinstitusjon. Søkestrengene for de 11 teknologiområdene og de 48 underliggende teknologiene som ble pilotert i WoS-data finnes i vedlegg 2.

Dernest ble metoden benyttet på prosjektdatabasene. Her tok vi i bruk en lokal søkemotor til prosjektdataene (www.elastic.co/elasticsearch) for å kunne gjenbruke søkestrengene fra WoS. Fordelen med en slik KI-assistert metode er at den

⁵ Eksempel på prompt: "Can you provide a search string combining sensitive and specific search terms for "quantum technologies" and respective sub-terms "quantum computing", "quantum cryptography", "quantum communications" and "quantum sensing and radar"?"

kan filtrere bort en stor andel ikke-relevante prosjekter og resultere i et mer spesifikt datasett som er gjenstand for påfølgende menneskelig screening. Gjennom denne KI-assisterte filtreringen ble antall prosjekter redusert fra 28 383 til 8 740.

Utføring av systematiske søk er både ressurs- og tidskrevende. Gitt prosjektets rammer måtte vi ta noen valg for å forskynde prosessen. Søkestrengene ble for eksempel ikke presentert til en ekstern referansegruppe med mulighet for innspill angående søketermer. Vi har konsentrert oss om å lage generelle søkestrenger for de 11 teknologiområdene, heller enn å lage komplekse søkestrenger for hver av de 48 underområdene som hadde vært en tidkrevende prosess (Wollscheid & Tripney, 2021).

2.1.2 Utvalgsprosessen

Screeningfasen og utvalg av forskningsbidrag (publikasjoner og prosjekter) utgjorde den andre fasen i arbeidsflyten. Screening av flere tusen referanser i en systematisk kunnskapsoppsummering er tidkrevende, men denne fasen kan effektiviseres og automatiseres ved hjelp av maskinlæring (Campos et al., 2024). Her har vi kombinert manuell screening med KI-assistert screening som ble skreddersydd for vårt formål (Wollscheid et al., 2025).

Innledningsvis piloterte vi screeningsprosessen. Piloteringen førte til en revidering av inklusjons- og eksklusjonskriteriene (seleksjonskriteriene) på tvers av de 11 teknologiområdene. Beslutning om inklusjon (og eksklusjon) er basert på informasjon fra tittel og sammendrag (publikasjoner og prosjekter). Generelt har vi valgt en bred og inkluderende tilnærming i seleksjonsprosessen, dvs. vi har inkludert forskningslitteratur og prosjekter der man kunne anta et potensial for flerbruk («dual-use»).

Det mest sentrale seleksjonskriteriet i screeningen har derfor vært hvorvidt forskningen er teknologiforskning eller ikke. Om forskningen er teknologiforskning på et av de 11 kritiske teknologiområdene, men utviklet på et felt som tilsynelatende ikke er sikkerhetssensitivt, er den inkludert fordi de sensitive teknologiene har potensial for flerbruk, dvs. kan brukes til militære applikasjoner selv om de ikke er utviklet med det formålet (Markussen, 2025). Teoretisk/normativ forskning og oversiktsstudier (selv det som handler om de sensitive teknologiene) er ekskludert, fordi dette ikke er teknologiforskning med tanke på anvendelse og utvikling av teknologier.

I vår forståelse av teknologiforskning har vi også inkludert anvendelse av teknologi, og ikke bare utvikling. Det vil si at en god del forskning som bruker sensitiv teknologi i forskningen på andre områder er inkludert. Et eksempel kan være at droner er blitt brukt til overvåkning eller datainnsamling i et forskningsprosjekt eller en artikkel som ikke i seg selv handler om eller utvikler droneteknologi.

Samtidig har vi ekskludert forskning som kun har befatning med sensitive teknologier. Et eksempel her vil være et prosjekt eller en artikkel som analyserer dronebilder, men som selv ikke har anvendt dronen til innsamling av data.

Tabell 2.1 eksemplifiserer dette med en oversikt over seleksjonskriterier for området *bioteknologier*. Seleksjonskriteriene for alle teknologiområder finnes i vedlegg 3.

Tabell 2.1 Seleksjonskriterier for publikasjoner fra området bioteknologier

	Inklusjon	Eksklusjon
Konsept	Bioteknologi (flerbruk)	Teoretiske, etiske eller filosofiske bidrag
Teknikker	Teknikker for genetisk modifikasjon Nye genomiske teknikker Gen-drivere Syntetisk biologi	Ikke-teknologi forskning
Tid	2015–2024	Før 2015
Dokumenttype	Fagfellevurdert artikkel	Kunnskapsoppsummeringer
Geografi	Norge	

Til screeningen av vitenskapelige publikasjoner fra WoS brukte vi verktøyet Covi-dence med støtte for maskinlæring (Scotti et al., 2025). Screening av publikasjoner for de enkelte teknologiområdene ble fordelt blant medlemmene i prosjektteamet. Inklusjons- og eksklusjonskriteriene som ga føringer for screeningen, ble justert underveis etter diskusjon i prosjektteamet. Ved usikkerhet har vi i enkelte tilfeller brukt Copilot som sparringspartner⁶.

Samtidig er vi klar over at utvalgsmetoden har sine begrensninger, særlig med tanke på oppdragets bredde og kompleksitet. I tvilstilfeller har vi heller inkludert et falsk-positivt forskningsbidrag enn ekskludert et falsk-negativt bidrag. Dette kan også begrunnes med at metadata (tittel og sammendrag) kun gir begrenset informasjon om studiens innhold og funn. Tabell 2.2 viser antall publikasjoner fra søket, antall inkluderte og ekskluderte publikasjoner og andel inkluderte. Vi inkluderte 7 829 publikasjoner i de videre analysene, noe som utgjorde 69,6 prosent av alle treff.

⁶ Eksempel på prompt: "You are an expert in mapping literature on the 10 EU dual-use technologies. Does the following article qualify for inclusion? The following inclusion criteria are used for inclusion."

Tabell 2.2 Oversikt over identifiserte og inkluderte WoS-artikler

Web of Science	Norge (100%)	Inkludert	Ekskludert	% inkludert
1 Avanserte halvlederteknologier	1318	983	335	74,6
2 Kunstig intelligens teknologier	3482	2248	1234	64,6
3 Kvanteteknologier	150	128	22	85,3
4 Bioteknologier	637	426	211	66,9
5 Avansert konektivitet, navigasjon og digitale teknologier	1215	577	638	47,5
6 Avanserte sensorteknologier	531	384	147	72,3
7 Romfarts- og fremdriftsteknologier	256	195	61	76,2
8 Energiteknologier	1456	1211	245	83,2
9 Robotikk og autonome systemer	795	554	241	69,7
10 Avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier	931	723	208	77,7
11 Undervannsteknologier	477	400	77	83,9
Totalt	11248	7829	3419	69,6

Å kategorisere publikasjonene manuelt innenfor de 48 underområdene har ikke vært praktisk mulig innenfor de gitte rammene for prosjektet. I tillegg innebærer manuell kategorisering en risiko for skjønnsmessige feilvurderinger. Vi har derfor brukt maskinlæringsmetoder for inndelingen i klynger basert på tekstlikhet i tittel og sammendrag på publikasjonene. Til klassifiseringen av norske publikasjoner i underområder ble en stor språkmodell (GPT-5-mini gjennom OpenAI Instruct API) instruert til å plassere publikasjoner i et forhåndsdefinert sett med underkategorier og noen eksempler (såkalt few-shot learning, se Wang et al., 2024). Et tilfeldig utvalg på 220 publikasjoner ble så manuelt validert og kvaliteten vurdert som av akseptabel kvalitet. Selv om bruken av slike KI-assisterte metoder nødvendigvis gjør flere steg med menneskelig og manuell validering av resultatene av den automatiske klassifiseringen, bidrar den likevel til effektivisering av prosessen, og er mindre sårbar for feilvurderinger i klassifiseringsprosessen (Karlstrøm, 2024; Wollscheid et al., 2024).

For å kartlegge global publisering ble en binær klassifiseringsmodell bygget på en ModernBERT-modell (Warner et al., 2024) trent opp for hvert område. Treningssettet var alle de norske publikasjonene som hadde blitt vurdert i den manuelle gjennomgangen, og modellene oppnådde svært godt samsvar med de manuelle klassifiseringene i valideringsrunden (fra 91.3 % til 99.3 % enighet med ekspertene). Utførlig beskrivelse av modelloppsett er gitt i Vedlegg 5.

For prosjektdataene ble prosessen med å identifisere prosjekter annerledes. Her gikk vi ikke etter *norske* prosjekter, men etter alle prosjekter tilhørende de 11 teknologiområdene, uavhengig av om det var norsk deltakelse eller ikke. Etter eksklusjon av søknadstyper som ikke var formålstjenlig å ha med i analysen (etter dialog med Forskningsrådet), endte vi med et datasett med 5 166 prosjekter, derav 1 163 med norske deltakelser (Tabell 2.3).

Tabell 2.3 Oversikt over prosjekter per finansieringskilde, og andel med norsk deltakelse

Finansieringskilde	Antall prosjekter	Med norsk deltakelse	% med norsk deltakelse
EDF	107	26	24,3
EU	4256	334	7,8
Norges forskningsråd	803	803	100,0
Totalt	5166	1163	22,5

2.1.3 Analyser

Publikasjonsdataene fra WoS og prosjektdataene (Forskningsrådet, EU, EDF) er ulikt analysert. Dels fordi de ikke inneholder de samme analysemulighetene (eller mulighetene for å konstruere indikatorer), men først og fremst fordi de egner seg for ulike formål. Kort fortalt (mer om dette under) er WoS best egnet til å si noe om Norges *forskning* (F'en i FoU-begrepet), både på nasjonalt nivå og i en internasjonal kontekst. Prosjektdataene derimot dekker hele bredden i FoU-begrepet, i den forstand at utviklings- og innovasjonsaktiviteter også fanges opp, samt at næringslivets bidrag her er godt synlig, noe som ikke er tilfellet innenfor vitenskapelig publisering. Mange av prosjektene er heller ikke forskningsprosjekter, men innovasjonsprosjekter. Analysen består derfor av to kapitler, ett for vitenskapelig publisering (kapittel 3) og ett for prosjektdeltakelser (kapittel 4).

Bibliometrisk analyse

Denne analysen fokuserer på volum (produksjon) og innflytelse (hvor mye artiklene er sitert, såkalt 'citation impact'). Norske siteringstall har to sammenligningsgrunnlag i analysen. For det første bruker vi siteringsindikatorer som er standardisert for fag, type publisasjon og utgivelsesår, og viser hvordan Norge gjør det relativt til resten av verden. For det andre viser vi tilsvarende tall som for Norge, for et utvalg av land (og landgrupper) der de norske tallene kan ses direkte opp mot andre land/landgrupper, herunder risikoland. Analysen fokuserer også på samarbeid, med de samme landene/landgruppene. I analysen veksler vi mellom å se på endringer over tid (2015–2024), mens enkelte tall presenteres kun for siste år (2024), der vi anser det for å være mest hensiktsmessig.

Analyse av prosjektdata

Til forskjell fra den bibliometriske analysen, legger ikke analysen av prosjektdata opp til å studere norsk samarbeid med risikoland. Dette skyldes simpelthen at disse landene er omtrent usynlige i prosjektene vi ser på.

Utvalget vårt består av totalt 5 166 prosjekter, der Iran og Russland (samt Nord-Korea) ikke er inkludert i noen prosjekter. Videre er kinesisk deltakelse

ekstremt lav. Vi finner i alt fem Forskningsrådsfinansierte prosjekter med kinesisk deltakelse (koordineres av henholdsvis UiO, NSERC, PRIO og to ganger NTNU). I EU-sammenheng deltar Norge i seks prosjekter der det også er kinesisk deltakelse. Kun ett av disse koordineres fra Norge (SINTEF). De andre prosjektene med kinesisk deltakelse er typisk større konsortier (varierer mellom seks og tjue deltakende land).

Analysen av prosjektdata er todelt. *Først* gjør vi en europeisk sammenligning av hvordan Norge gjør det i EUs rammeprogrammer forskning og innovasjon. Her ser vi på prosjektdeltakelser både i absolutte og relative tall. Vi ser på norsk deltakelse både på et aggregert nivå, og med resultater brutt ned på sektornivå (UH-sektor, instituttsektor, næringsliv, og andre). EU-dataene muliggjør fullverdig analyse av deltakere fra alle andre europeiske land, og fungerer dermed som en god benchmarking av Norge i et europeisk perspektiv (mens WoS muliggjør at man kan ha et globalt perspektiv).

Dernest vender vi blikket mot Norge isolert, og ser hvem som er de viktigste norske bidragsyterne i FoU-prosjekter innenfor de 11 teknologiområdene. Siden norsk deltakelse i EDF er svært begrenset, og Forskningsrådsdataene ikke har budsjettinformasjon om partner (nasjonalt og internasjonalt), fungerer denne analysen best til å si noe om prosjektdeltakelser i form av *antall* prosjekter (felles for de tre finansieringskildene). Her ser vi ikke på internasjonalt samarbeid, da dette allerede er gjort for majoriteten av prosjektene (se tabell 2.3) i EU-analysen, samt at Forskningsrådsprosjekter har begrenset deltakelse fra ikke-europeiske land.

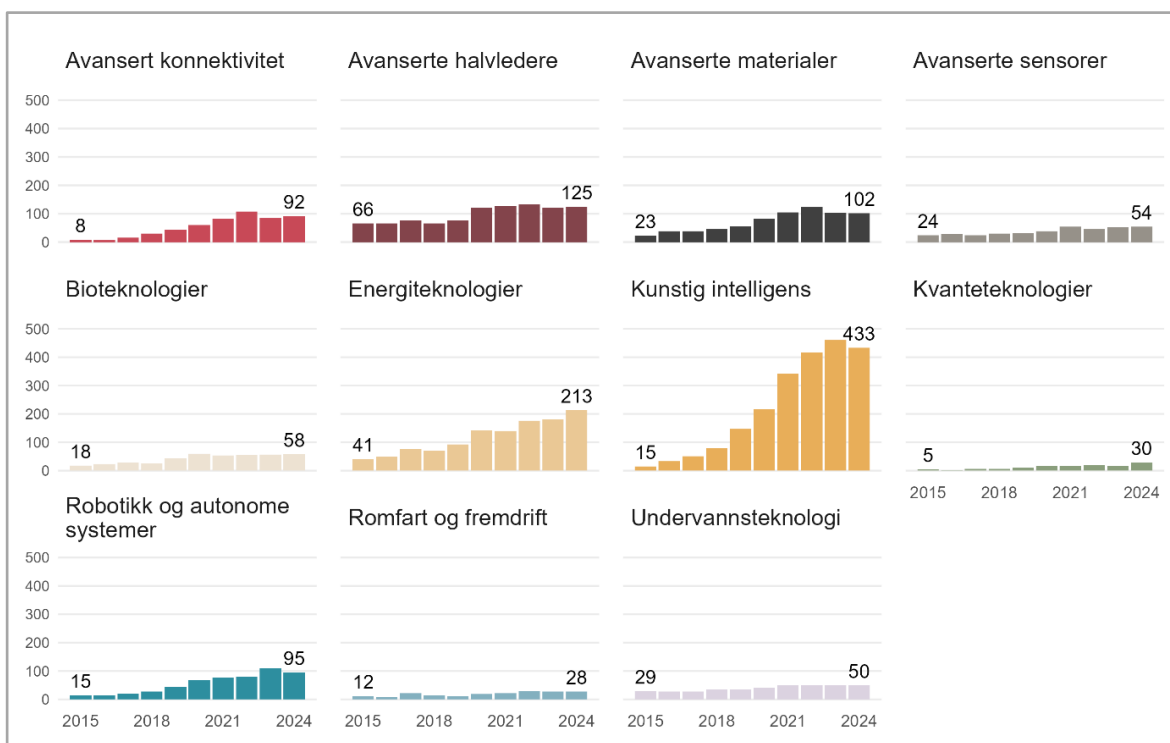
Alle prosjektdata er fra perioden 2020–2025 (så langt data er registrert), og vi gjør oppmerksom på følgende om bruk av disse dataene. For det første skiller vi ikke på ulike typer prosjekter, dvs. at alle analyser gjøres felles for alle prosjekter (uansett søknadstype). Dette henger sammen med at en finere inndeling i mange tilfeller (særlig i EU-sammenheng) ville gitt svært små grupper av norske deltakelser, som er uegnet for statistiske forhold. For det andre har vi, som vi kommer tilbake til i kapittel 4, et meget omfangsrikt datamateriale, som allerede skal splittes på teknologiområder, land og sektorer, og det ville gitt en overflod av informasjon i form av tabeller og figurer med en fininndeling på søknadstyper. Prosjektgruppen har derfor prioritert å fremstille det av resultater som vi mener er mest relevant gitt oppdragets formål, fremfor å produsere «alt» av tall som datagrunnlaget tillater. Merk også at vi ikke spesifiserer budsjetter per år. For alle prosjekter føres hele prosjektbudsjettet på det året da prosjektet ble innvilget.

3 Vitenskapelig publisering

I dette kapitlet står vitenskapelig publisering i fokus. Vi ser på norske publikasjoner (dvs. artikler med minst én norsk forfatterinstitusjon) indeksert i Web of Science i perioden 2015–2024. I kapittel 3.1 fokuserer vi på Norge, og ser på publiseringsvolumet over tid i de 11 kritiske teknologiområdene, samt innenfor de 48 underområdene. I kapittel 3.2 ser vi på Norges nasjonale og internasjonale samarbeid. Tre sentrale problemstillinger belyses: hva er de viktigste samarbeidsklyngene som norske institusjoner deltar i? Hvem er Norges mest sentrale samarbeidsland internasjonalt? Og, hvordan ser Norges samarbeid med risikoland ut? Til slutt, i kapittel 3.3 vender vi fokus mot forskningens innflytelse ('impact') og ser på hvor mye de norske publikasjonene blir sitert, og hvilke land i verden som er ledende ut ifra en 'impact' dimensjon.

3.1 Norsk publisering innenfor kritiske teknologiområder

I figur 3.1 viser vi utviklingen (2015–2024) i norske artikler i Web of Science innenfor de 11 kritiske teknologiområdene. For alle områdene ser vi en samlet økning over tid, men det er store forskjeller i hva nivået var i utgangspunktet (2015) og hvor sterk veksten i publisering har vært.



Figur 3.1 Utvikling (2015–2024) i antall norske artikler i WoS per teknologirområde

Den mest markante utviklingen over tid vises for publisering på *KI-teknologier*, med 433 norske publikasjoner i 2024. Dette bildet samsvarer ellers godt med det mønsteret vi finner for norske prosjektdeltakelser innen *KI-teknologier* (se kapittel 4). KI er både størst blant teknologirområdene i publiseringsvolum, men også i prosentvis vekst gjennom perioden. Antallet artikler i 2024 er nesten 30 ganger så høyt som det var i 2015. Dette indikerer at norske forskere har omstilt seg raskt på et nytt og fremvoksende forskningsområde. Veksten synes ellers å ha stabilisert seg på et høyt nivå: 2024 representerte en svak nedgang i volum sammenlignet med 2023.

Innenfor det andre store området, *energiteknologier*, har veksten vært mer moderat. Men like fullt, det ble i 2024 publisert over fem ganger så mange artikler på dette området som i 2015 (213 mot 41 artikler).

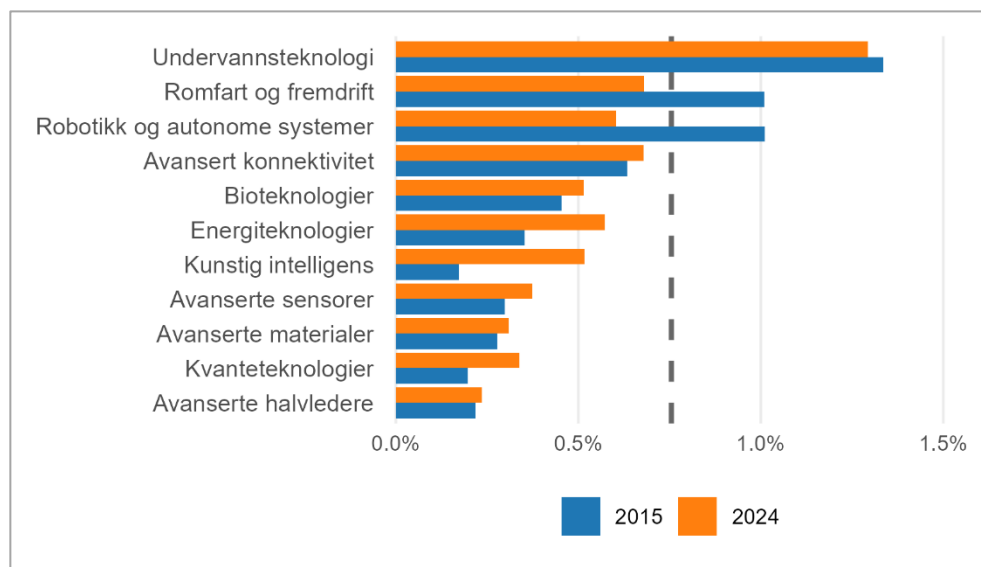
Nest sterkest vekst (etter *KI-teknologier*) finner vi innenfor *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier*, der volumet på artikler er mer enn tidoblet: fra 8 til 92 publikasjoner. Innenfor de andre områdene er veksten mer moderat. Lavest vekst i perioden finner vi innenfor *undervannsteknologi* (fra 29 til 50 artikler, dvs. en vekst på 70 prosent) og innenfor *avanserte halvledere* (fra 66 til 125 artikler, dvs. en vekst på 90 prosent). Dette gir oss en god indikasjon på at det har funnet sted en sterk vekst i norsk publisering innen teknologirområdene, fordi den norske veksten totalt i Web of Science i samme tidsperiode har vært 28,7

prosent. Med andre ord er veksten i publisering i kritiske teknologiområder betydelig sterkere enn den generelle norske veksten.

I de andre teknologiområdene varierer veksten fra 130 til 530 prosent. Men med unntak av *avanserte materialer* (102 artikler i 2024) og *robotikk og autonome systemer* (95 artikler i 2024), så dreier dette seg om vekst i teknologiområder der omfanget av publisering i 2015 var svært lavt (gitt våre inklusjonskriterier, se kapittel 2), og hvor volumet i 2024 i absolutte tall fremdeles er lavt. I 2024 ble det publisert 58 artikler i *bioteknologier*, 54 artikler i *avanserte sensorer*, 30 artikler i *kvanteteknologier*, og 28 artikler innen *romfart og fremdrift*.

En analyse av det totale volumet over tid sier likevel lite om det relative omfanget av publiseringen. Figur 3.2 viser andelen av norske publikasjoner innen hvert område for 2015 og 2024. Den stiplede linjen viser andelen for all norsk publisering i samme periode, som ligger på rundt 0.75 prosent av global vitenskapelig publisering.

Som vi ser er det kun innen undervannsteknologi at Norge publiserer mer enn landets generelle vitenskapelige produksjon skulle tilsi. I perioden har andelen innen romfart og robotikk gått ned under landssnittet, mens veksten innen energiteknologier og kunstig intelligens er reell, også relativt sett. Den kraftige veksten vi observerte i norsk publisering innen *kunstig intelligens* i figur 3.1 må ses i lys av at dette er et område som har eksplodert globalt de siste ti årene, og derfor fremstår 2024-tallet på dette området som relativt lavt i figur 3.2. Like fullt har det vært en kraftig vekst i norsk publisering på dette teknologiområdet. Et mer overordnet funn i figur 3.2 er at Norge i 2024 har steget på de fleste teknologiområder bortsett fra i to av de minste områdene (*undervannsteknologier* og *romfart og fremdrift*), samt innenfor *robotikk og autonome systemer*.



Figur 3.2 Utvikling (2015–2024) i antall norske artikler i WoS per teknologiområde

I tabell 3.1a og 3.1b viser vi de viktigste norske bidragsyterne til denne artikkelproduksjonen i perioden 2015–2024. Det fremkommer tydelig at det er NTNU som er den mest sentrale norske aktøren, med det høyeste antallet publikasjoner og den høyeste prosentandelen *forfatterandeler*⁷ på alle teknologiområder bortsett fra ett (*bioteknologier*, der Universitetet i Bergen har størst produksjon). På flere av teknologiområdene er også NTNUs bidrag (minst) dobbelt så stort som nest største institusjon. For eksempel *energiteknologier* der NTNU har 2,9 ganger så mange publikasjoner som SINTEF og 3,7 ganger så mange publikasjoner som Universitetet i Oslo. Målt som forfatterandeler av publikasjonene er forskjellene enda større.

I det aller største teknologiområdet, *kunstig intelligens*, har NTNU 675 publikasjoner, mot 406 ved Universitetet i Oslo, 163 ved UiT Norges arktiske universitet og 143 ved SINTEF. NTNU stod for 23,1 prosent av alle forfatterandeler, mer enn dobbelt så mye som ved Universitetet i Oslo.

⁷ Forfatterandeler betyr at forfatteres/institusjoners bidrag til en artikkel deles likt per bidrag. Hvis to personer fra to institusjoner skriver en felles artikkel, får hver av dem 0.5 forfatterandeler. Dersom én norsk forfatter deltar i en større forfattergruppe (60 institusjoner bidrar), får den norske forfatterens institusjon 1/60 del av publikasjonen, dvs. 0.016666667 forfatterandeler.

Tabell 3.1a De ti største bidragsyterne i Norge per teknologiområde, 2015–2024
(antall publikasjoner, og prosentandel av forfatteradresser)

Kunstig intelligens			Avansert konnektivitet		
Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler	Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler
NTNU	675	23,1	NTNU	143	24,6
UiO	406	10,7	UiO	89	11,4
UiT	163	4,7	HVL	50	7,5
SINTEF	143	2,9	UiA	42	7,0
UiA	114	4,0	Simula	35	3,8
UiB	109	2,8	SINTEF	35	3,6
UiS	96	3,4	Kristiania	23	3,2
Noroff	96	4,3	OsloMet	20	1,7
USN	96	4,0	USN	19	3,4
HVL	92	3,0	Noroff	17	3,4
Andre	1404	37,1	Andre	217	30,4
Avanserte materialer			Avanserte halvledere		
Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler	Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler
NTNU	283	36,1	NTNU	383	31,6
SINTEF	104	10,6	UiO	264	20,8
UiO	53	4,9	SINTEF	88	6,1
UiB	40	4,1	UiT	64	5,4
STAMI	22	3,5	USN	63	5,7
NILU	22	2,6	UiB	48	3,6
UiS	20	2,8	IFE	24	2,2
RISE PFI	17	2,3	HVL	22	1,9
HVL	16	2,3	UiA	21	1,4
OUS	14	1,3	NMBU	15	1,0
Andre	267	29,5	Andre	294	20,3
Avanserte sensorer			Bioteknologi		
Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler	Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler
NTNU	109	23,1	UiB	112	13,9
UiO	61	10,4	NTNU	80	10,9
UiB	50	8,1	UiO	64	8,0
UNIS	32	4,5	UiT	57	7,8
UiT	29	5,5	OUS	55	5,3
SINTEF	27	4,8	NMBU	30	5,3
USN	17	4,3	Nord	25	5,0
OUS	11	1,3	SINTEF	19	2,7
UiA	9	2,1	HI	18	3,3
NMBU	9	2,2	Helse Bergen	13	0,9
Andre	200	33,6	Andre	259	36,9

Tabell 3.1b De ti største bidragsyterne i Norge per teknologiområde, 2015–2024
(antall publikasjoner, og prosentandel av forfatteradresser)

Energiteknologi			Kvanteteknologier		
Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler	Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler
NTNU	488	31,1	NTNU	38	25,9
SINTEF	170	9,3	UiO	36	20,4
UiO	133	7,1	OsloMet	18	10,8
HVL	70	5,5	UiB	13	9,0
USN	65	5,0	HVL	6	3,9
IFE	63	4,0	Simula	6	3,0
UiS	42	2,8	Fjordforsk	4	3,6
UiA	32	2,3	USN	4	3,1
UiT	32	2,0	UiA	4	2,2
UiB	31	1,8	UiS	3	2,7
Andre	483	29,0	Andre	27	15,5
Robotikk og autonome systemer			Romfart og fremdrift		
Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler	Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler
NTNU	191	28,0	NTNU	59	19,3
UiO	46	6,3	UiO	46	17,3
SINTEF	33	3,4	UiT	23	8,7
UiT	30	4,9	UNIS	20	4,7
UiA	27	4,2	SINTEF	19	6,3
UiB	26	4,7	UiB	16	3,4
UNIS	19	2,0	Kartverket	16	6,1
HVL	16	2,7	NIH	7	2,5
NIBIO	16	3,3	NMBU	5	0,9
Simula	15	2,3	MET	5	2,4
Andre	254	38,2	Andre	93	28,6
Undervannsteknologier					
Institusjon	Publikasjoner	% Forfatterandeler			
NTNU	188	29,8			
UiB	80	11,8			
UNIS	50	5,2			
UiO	43	6,1			
SINTEF	34	4,4			
UiT	22	2,9			
FFI	20	3,8			
HI	16	3,3			
UiS	15	3,1			
NGU	11	2,1			
Andre	199	27,5			

Tabell 3.1a og 3.1b viser kun de ti viktigste institusjonene per teknologiområde, men det er et betydelig innslag fra *andre* institusjoner også. Andelen

(forfatterandeler) fra *andre* varierer fra 15,5 prosent i *kvanteteknologier* til 37,1 prosent i *kunstig intelligens* og 38,2 prosent i *robotikk og autonome systemer*. Det er vanskelig å se et klart mønster vedrørende størrelsen på et teknologiområde og graden av konsentrasjon i publisering blant noen få ledende institusjoner.

3.1.1 Fordeling av teknologier innen hvert område

I figur 3.3 ser vi på volumet publisering på spesifikke teknologier (underområder) innenfor de 11 teknologiområdene, totalt for perioden 2015–2024. Merk at mange av publikasjonene tilhører et generelt teknologiområde, uten å omhandle én av de spesifikke teknologiene av interesse her.

Et generelt mønster som vises, er at det er én til to teknologier innenfor hvert teknologiområde som står for størsteparten av publikasjonene på hele området. Eksempelvis når det gjelder *kunstig intelligens* der det er *maskin- og dyplæring* som utgjør mesteparten av publikasjonene, med 1 357 publikasjoner.

Andre fremtredende temaer i publikasjonene på tvers av de andre områdene er for eksempel *tingenes internett* (IoT) (269) (*avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier*), *smarte nett og energilagring* (569) (*energiteknologier*), *batterier* (*energiteknologier*), *additiv produksjon* (311) (*avanserte materialer*), *fotonikk* (*avanserte halvledere*) og *droner og kjøretøy* (473) (*robotikk og autonome systemer*). 85 prosent av alle publikasjoner innen *robotikk og autonome systemer* er relatert til forskning på *droner og kjøretøy*.



Figur 3.3 Antall norske artikler i WoS (2015–2024) per teknologirområde og underområder

3.2 Norsk samarbeid – nasjonalt og internasjonalt

Følgende delkapittel tar for seg norsk sampublisering i forskjellige forfatterkoalisjoner. I figur 3.4 ser vi på medforfatterskap fra henholdsvis:

- Norden (Sverige, Danmark, Finland, Island)
- EU (27 medlemsland)
- NATO (31 medlemsland, foruten Norge)
- Panorama-land (Brasil, Canada, India, Japan, Kina, Sør-Afrika, Sør-Korea og USA⁸).
- Panorama-land *begrenset*: her har vi tatt ut USA, Canada og Kina, for å konsentrere oss om (framvoksende) land som Norge tradisjonelt har hatt lite samarbeid med.
- Risikoland: Med utgangspunkt i Etterretningstjenestens åpne trusselvurdering for 2025 defineres dette som Iran, Russland, Kina og Nord-Korea.

Koalisjonene er ikke eksklusivt definert, så det vil være betydelig overlapp mellom f.eks. EU og NATO og mellom Panorama-gruppen og risikogruppen (hvor Kina finnes i begge). Før vi ser nærmere på norsk samarbeid med ulike land- og landgrupper, presenterer vi en bibliometrisk indikator kalt BIC, som angir balansen i internasjonal sampublisering.

Sampublisering i absolutte tall gir en god indikasjon på hvilke land som er viktige samarbeidspartnere innen et gitt område, men tar ikke høyde for samarbeidsgraden innenfor konteksten av all sampublisering innen et gitt område. For å si noe om dette har vi beregnet en porteføljedyversitetsindikator for hvert teknologiområde, BIC – Balance in Collaboration (Rousseau, Zhang & Sivertsen, 2023). BIC gir en indikasjon på graden av diversitet i et lands samarbeidsrelasjoner, på en skala fra 0-100 % hvor lavere verdier indikerer sterk konsentrasjon på noen få partnere og høyere verdier indikerer balansert spredning over flere partnere.

Lave verdier kan være en indikasjon på at man i for stor grad lener seg på bestemte samarbeidsrelasjoner, som kan være problematisk om samarbeidslandet også er en trusselaktør. Samtidig er ikke høyere verdier automatisk bedre – innen enkelte områder er noen aktører langt viktigere enn andre, og en viss grad av konsentrasjon er både ventet og ønskelig.

De norske BIC-verdiene for hvert område er oppgitt i Tabell 3.2, for 2015 og 2024. De fleste 2024-verdiene ligger ikke langt unna 50 prosent, som tilsier en rimelig spredning av sampubliseringskonsentrasjon. Det er verdt å merke seg økningen i BIC-verdi innen *avansert konnektivitet* – den skyldes i stor grad at Saudi-Arabia og India har kommet til som viktige sampubliseringspartnere i løpet av perioden. Reduksjonen i diversitet innen *kunstig intelligens* skyldes stadig mer intensiv sampublisering med Kina, som også har vokst fram som det dominerende

⁸ Russland var opprinnelig en del av strategien, men samarbeidet med Russland er midlertidig stanset.

landet innen området. Innen *robotikk* ser vi mer intens sampublisering med Tyskland og Kina, mens innen *undervannsteknologi* har norsk avhengighet av USA blitt supplert med mer sampublisering med Tyskland.

Tabell 3.2 Grad av balanse i internasjonal sampublisering (2015 og 2024)

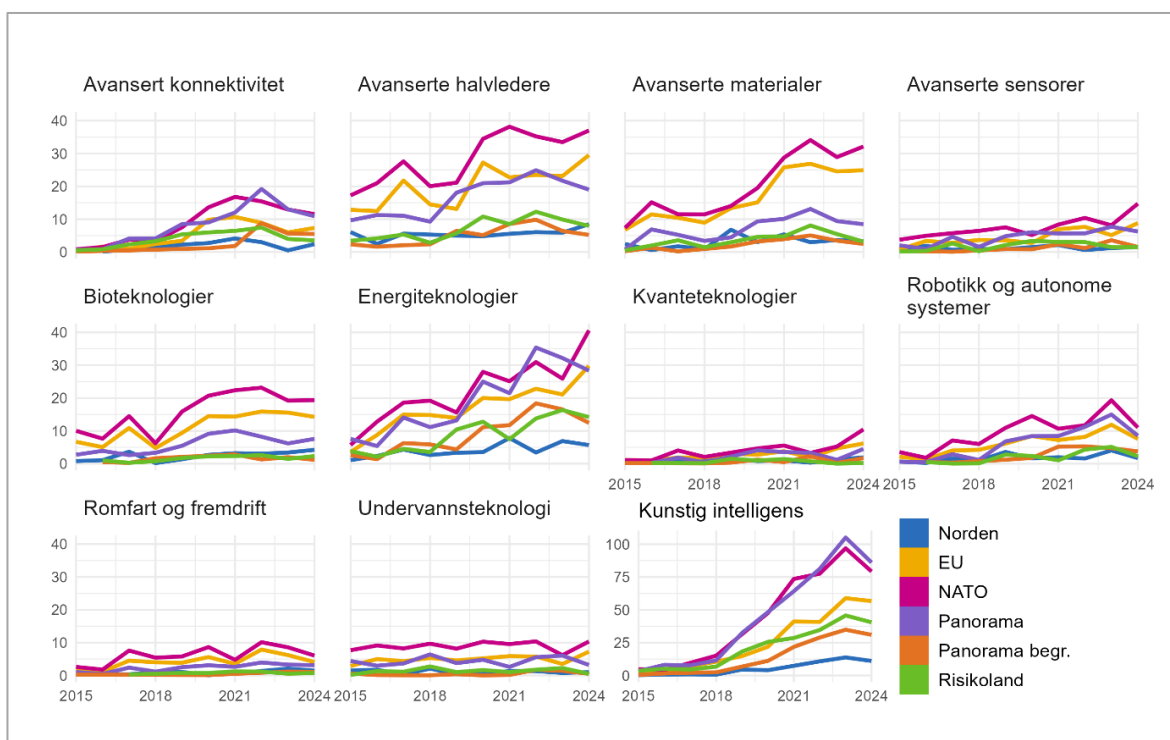
	2015	2024
Avansert konnektivitet	20.0 %	39.1 %
Avanserte halvledere	51.3 %	54.0 %
Avanserte materialer	57.8 %	52.0 %
Avanserte sensorer	57.2 %	51.7 %
Bioteknologier	46.0 %	54.1 %
Energiteknologier	34.4 %	43.1 %
Kunstig intelligens	55.8 %	35.8 %
Kvanteteknologier	-	59.8 %
Robotikk og autonome systemer	76.6 %	50.3 %
Romfart og fremdrift	49.6 %	44.6 %
Undervannsteknologi	53.6 %	67.4 %

Figur 3.4 viser antall forfatterandeler sampublisert med land i forskjellige regionale koalisjoner (2015–2024), inkludert gruppen av land definert som risikoland. Merk at y-aksen for *kunstig intelligens* er forskjellig fra andre teknologiområder (på grunn av dette områdets større publikasjonsvolum).

For de fleste av de elleve teknologiområdene ser vi en dominans av sampublisering med NATO- og EU-land. Det er derimot noen unntak: For *kunstig intelligens*, *avansert konnektivitet*, *navigasjon og digitale teknologier*, og *energiteknologier* vises det en dominerende sampublisering både med NATO- og Panorama-land.

De kanskje to mest interessante gruppene å se på, gitt bakgrunnen for KVAST-prosjektet, er de grønne søylene (risikoland), samt de oransje søylene for det begrensede utvalget av Panorama-land. For den begrensede gruppen av Panorama-land finner vi generelt et svært beskjedent antall sampublikasjoner per år. De to unntakene til dette er samarbeid innenfor *energiteknologier* og *kunstig intelligens*, som har vært stigende over tid, men som fremdeles ikke utgjør mer enn 31 forfatterandeler for *kunstig intelligens* og 12 for *energiteknologier* i 2024.

Sampublisering med risikoland gjenspeiler i stor grad tallene for Kina. Det er særlig innenfor *energiteknologier* og *kunstig intelligens* at vi ser et større, og stigende volum, på det samarbeidet.



Figur 3.4 Forfatterandeler i samforfatterskap med grupper av land (2015–2024)

I tabell 3.3 ser vi på norske samarbeidspartnere innenfor de to største teknologi-områdene: *kunstig intelligens* og *energiteknologier*. Tallene er for 2024, fordi vi mener det er mer viktig å vise tall på det mest oppdaterte samarbeidet – ikke et gjennomsnitt av hva som har skjedd over en lengre periode.

Tabell 3.3 Norges mest aktive samarbeidsland innen kunstig intelligens og energiteknologier, antall publikasjoner med samforfatterskap, 2024

Kunstig intelligens	Antall	Energiteknologier	Antall
Kina	78	Kina	28
India	49	India	24
USA	46	Tyskland	22
Pakistan	41	Saudi-Arabia	19
Saudi-Arabia	32	Storbritannia	16
Storbritannia	32	Italia	12
Tyskland	27	USA	12
Italia	26	Australia	9
Sverige	23	Danmark	9
Nederland	20	Egypt	9

Innenfor begge disse teknologiområdene er Kina Norges mest aktive samarbeidspartner, og India er den nest viktigste, målt gjennom antall samarbeidsartikler. USA er langt bak Kina med hensyn til volum på det norske samarbeidet innenfor begge teknologiområder. Innenfor *kunstig intelligens* er faktisk Pakistan en nesten like fremtredende samarbeidspartner som USA (41 mot 46 publikasjoner), og Saudi-Arabia er en like aktiv samarbeidspartner som Storbritannia (begge med 32

publikasjoner). Innenfor *energiteknologier* har faktisk Saudi-Arabia flere publikasjoner med Norge enn hva Storbritannia har (19 mot 16 publikasjoner).

Men, som vi skal komme tilbake til i figurene 3.7 – 3.17, opptrer norske institusjoner i svært ulik grad i forskernettverk som innebærer samarbeid med ikke-ty-piske samarbeidspartnere for Norge som for eksempel Pakistan og Saudi-Arabia.

I tabell 3.4 ser vi videre på norsk samforfatterskap i 2024 innenfor de resterende ni teknologiområdene. Innenfor flere av områdene ser vi dels uventede samarbeidsmønstre, i den forstand at samarbeidet er mindre rettet mot vestlige (EU, Norden, NATO) land.

Tabell 3.4 Norges mest aktive samarbeidsland per teknologiområde, antall publikasjoner med samforfatterskap, 2024

Avansert konnektivitet	Antall	Avanserte halvledere	Antall	Avanserte materialer	Antall
India	13	USA	20	Tyskland	14
Saudi-Arabia	13	Kina	19	Italia	11
Kina	10	Sverige	16	Storbritannia	9
USA	6	Tyskland	15	Kina	8
Canada	5	Danmark	13	Polen	7
Finland	5	Italia	12	Spania	7
Pakistan	5	India	11	Tyrkia	7
Storbritannia	5	Sveits	11	USA	7
Australia	4	Nederland	10	Pakistan	5
Sør-Korea	4	Storbritannia	10	Sverige	5
Avanserte sensorer	Antall	Bioteknologier	Antall	Kvanteteknologier	Antall
USA	11	Tyskland	12	USA	7
Tyskland	10	USA	9	Italia	5
Storbritannia	6	Storbritannia	8	Japan	5
Kina	5	Sverige	7	Storbritannia	5
Nederland	5	Danmark	6	Danmark	4
India	4	Finland	5	Canada	3
Finland	2	Nederland	5	Sverige	3
Frankrike	2	Kina	4	Frankrike	2
Italia	2	Polen	4	India	2
Polen	2	Sveits	3	Kina	2
Robotikk og autonome systemer	Antall	Romfart og fremdrift	Antall	Undervannsteknologi	Antall
Kina	8	Italia	4	Tyskland	8
India	6	Sverige	4	USA	7
Pakistan	6	Storbritannia	3	Frankrike	6
Saudi-Arabia	6	Tyskland	3	Storbritannia	5
Tyskland	6	USA	3	Nederland	3
Danmark	5	Australia	2	Canada	2
Brasil	4	Danmark	2	Danmark	2
Sør-Korea	4	Frankrike	2	Spania	2
USA	4	Japan	2	Taiwan	2
Canada	3	Polen	2	Australia	1

USA er til stede som sentral samarbeidspartner i alle ni teknologiområder i tabell 3.4 (i tillegg til områdene i tabell 3.3). Andre land som figurerer som partner i flere områder er Storbritannia (8), Kina (7), Tyskland (7), Danmark (6), India (5), Italia

(5) og Sverige (5). Det er ikke slik at USA eller Kina er den mest sentrale partneren innenfor alle teknologiområdene i tabell 3.4, og i noen av dem er det slik at ikke-vestlige land har de mest fremtredende samarbeidsposisjonene. For eksempel innenfor *avansert konnektivitet* der India, Saudi-Arabia og Kina er de mest aktive partnerne. Det samme ser vi innenfor *robotikk og autonome systemer* der Kina, India, Pakistan og Saudi-Arabia har flest samarbeidsartikler (merk at tallene her er svært lave). Tyskland er videre den viktigste samarbeidspartneren innenfor *bioteknologier, avanserte materialer* og *undervannsteknologier*, mens Italia og Sverige har flest samarbeidsartikler med Norge innenfor *romfart og fremdrift*.

I tabell 3.5 ser vi nærmere på de viktigste samarbeidspartnerne innenfor ni underområder (av de elleve hovedområdene, jfr. figur 3.3) for hele perioden 2015–2024. Tallene er fargelagt «internt» innen hvert teknologiområde. Den komplette listen over de ti mest sentrale samarbeidspartnerne for *alle* underområder finnes i vedlegg 4.

Ser vi på hvilke land Norge samarbeider med på de ulike underområdene, svarer det godt med inntrykket som gis av statistikken over sampublisering på hovedområdene, dvs. det er ikke overraskende de samme landene som er tyngst til stede på hovedområdene som på underområdene. For eksempel er enten Kina eller India (som er de to viktigste samarbeidslandene på *kunstig intelligens* totalt sett) det største samarbeidslandet på fire av fem underområder av *kunstig intelligens*. Samtidig finner vi noen mønstre i samarbeidet som ikke er synlige av statistikken over samarbeid på hovedområdene som er viktig å merke seg.

I tabell 3.5 har vi trukket ut ni underområder hvor samarbeidsmønstrene er særlig interessante. Tre av de er på *kunstig intelligens* og to av de er på *energiteknologier* (Norges to største og viktigste forskningsområder på sensitive teknologier). De fire siste sorterer under *avanserte halvledere, avanserte materialer, avansert konnektivitet* og *robotikk og autonome systemer*.

På *kunstig intelligens* har vi trukket ut tall for de tre største underområdene målt i antall samforfattede artikler: *maskin- og dyplæring, datamaskinsyn og språkbehandling* og *sky- og kantdata*. Her ser vi at Kina og India, som er de to største samarbeidslandene på kunstig intelligens totalt sett, dominerer samarbeidet på hver sine underområder. Kina er klart størst på *maskin- og dyplæring* samt *sky- og kantdata* (her er India henholdsvis femte og tredje størst med betydelig færre artikler enn Kina), mens India er klart størst på *datamaskinsyn og språkbehandling* (her er Kina tredje størst). Også verdt å merke seg her er at Kina er mye større enn neste land på lista på *maskin og dyplæring* med 265 samforfattede artikler mot USAs 184.

Tabell 3.5 Norges mest aktive samarbeidsland per underområde (fra teknologiområdene), antall publikasjoner med samforfatterskap, 2015–2024

Kunstig intelligens: Maskin- og dyplæring	Antall	Kunstig intelligens: Datamaskinsyn og språkbe- handling	Antall	Kunstig intelligens: Sky- og kantdata	Antall
Kina	265	India	100	Kina	91
USA	184	Pakistan	86	USA	19
Storbritannia	169	USA	85	India	17
Tyskland	129	Kina	84	Storbritannia	15
India	115	Storbritannia	70	Canada	12
Italia	81	Saudi-Arabia	55	Sverige	11
Vietnam	80	Sør-Korea	41	Sør-Korea	10
Canada	75	Tyskland	39	Pakistan	9
Taiwan	73	Italia	36	Italia	8
Iran	72	Libanon	36	Saudi-Arabia	8
Energiteknologier: Smarte nett og energilagring	Antall	Energiteknologier: Nullutslipp	Antall	Avansert konnektivitet: Tingenes internett og virtuell virkelighet	Antall
Kina	87	India	72	Kina	55
India	83	Kina	54	Taiwan	25
Storbritannia	44	Tyskland	46	Canada	24
Tyskland	39	Storbritannia	35	USA	23
Saudi-Arabia	35	Sverige	33	Storbritannia	22
Spania	32	USA	33	India	19
USA	29	Italia	31	Italia	18
Danmark	24	Danmark	26	Pakistan	16
Italia	24	Saudi-Arabia	25	Tyskland	16
Iran	20	Spania	25	Sør-Korea	13
Avanserte halvledere: Fotonikk	Antall	Avanserte materialer: Additiv produksjon	Antall	Robotikk og autonome sys- temer: Droner og kjøretøy	Antall
USA	60	Italia	42	Kina	39
Sverige	46	Tyskland	27	USA	39
Kina	43	Storbritannia	24	Storbritannia	30
Storbritannia	40	Kina	23	India	28
Tyskland	39	Sverige	20	Tyskland	26
India	29	Hellas	18	Danmark	20
Frankrike	25	Spania	17	Italia	20
Danmark	18	India	11	Canada	18
Sveits	18	Iran	11	Finland	17
Iran	15	USA	11	Frankrike	13

Videre har Vietnam (et land som ikke figurerer på listen over de viktigste samarbeidslandene i noen andre underområder) mange samfattede artikler, 80 stykk, med Norge på *maskin- og dyplæring*, mens Iran figurerer nederst på listen med 72 bidrag. Dette er ett av kun fire underområder der Norge har samfattede artikler med iranske forskere av en viss betydning (mer om de andre under), og er det

underområdet hvor innslaget av iransk samarbeid er klart størst. På *datamaskinsyn og språkbehandling* er det også verdt å merke seg at Pakistan er nest største land etter India med 86 artikler, mens Saudi-Arabia er sjette største land med 55 artikler og Libanon tiende største med 36. Dette er kun ett av to underområder der Norge samarbeider med Libanon. Saudi-Arabia er også (så vidt) inne på listen over største samarbeidsland på *sky- og kantdata* med bidrag i 8 artikler.

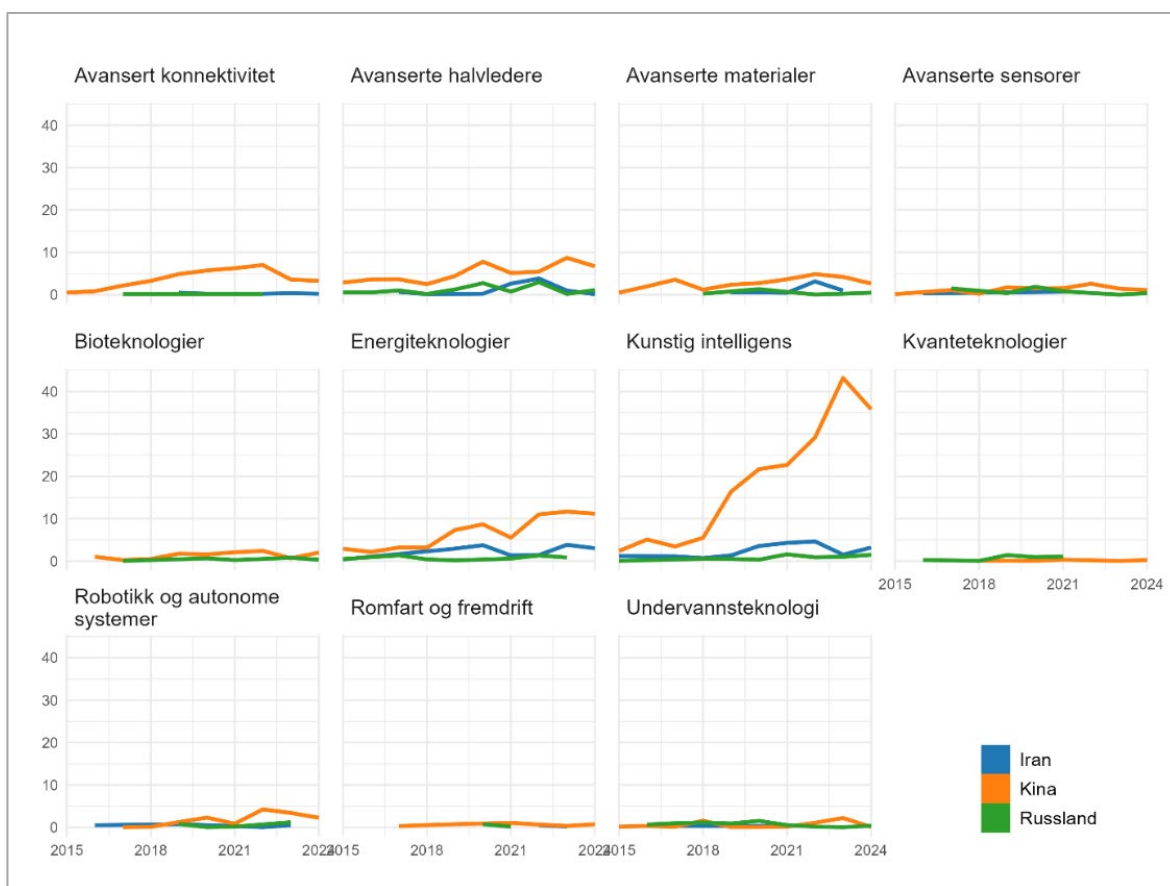
På *energiteknologier* har vi også trukket ut tall for de to største underområdene målt i antall samforfattede artikler: *smarte nett og energilagring* og *nullutslipp*. På smarte nett og på nullutslipp ser vi samme tendens som på kunstig intelligens, nemlig at Kina og India (de to største samarbeidspartnerne totalt sett) er størst på hvert sitt område. Kina er marginalt størst på smarte nett (87 mot Indias 83), mens India er størst på nullutslipp (72 mot Kinas 54). Til forskjell fra *kunstig intelligens*-området er imidlertid Kina og India begge nest største samarbeidspartner på det underområdet der de ikke er størst. I tillegg er avstanden mellom dem, særlig på *smarte nett*, mindre. Dermed er *energiteknologier* tilsynelatende et felt hvor det norske artikkelsamarbeidet tydeligere domineres av få land, og mer konkret de to største samarbeidspartnerne Kina og India. Vi noterer også at Saudi-Arabia er nummer ni på lista over største samarbeidsland på *nullutslipp* med 25 artikler, og nummer fem på *smarte nett* med 35. Iran er tiende største samarbeidsland på *smarte nett* med 20 artikler, hvilket gjør *smarte nett* til det underområdet hvor Norge har nest størst samarbeid med Iran.

Fra hovedområdene avanserte halvledere, avanserte materiale, avansert konnektivitet og robotikk og autonome systemer har vi trukket ut henholdsvis fotonikk, additiv produksjon, tingenes internett og virtuell virkelighet og droner og kjøretøy som særlig interessante underområder. *Fotonikk* og *additiv produksjon* er de to resterende underområdene hvor Norge har samarbeid med Iran. På *fotonikk* er Iran tiende største samarbeidsland, og stiller med bidrag i en betydelig artikkelmengde (15 mot USAs 60 på toppen av lista). På *additiv produksjon* er Iran niende største samarbeidsland, her med et enda mer betydelig bidrag (11 mot Italias 42 på toppen av lista). På *tingenes internett* er Kina soleklart størst og kan sies å holde en dominerende posisjon i norsk internasjonalt samarbeid med 55 artikler. Dette utgjør om lag en femtedel av alle norske artikler på dette underområdet. Ellers verdt å merke seg med *tingenes internett*-underområdet er at Taiwan er nest største land med 25 bidrag, India sjette største med 19 og Pakistan åttende største med 16. Til slutt er Kina og USA de to landene Norge har flest artikkelsamarbeid med på *droner og kjøretøy* med 39 artikkelbidrag hver. Som nevnt over utgjør droner og kjøretøy om lag 85 prosent av norsk produksjon på *robotikk og autonome systemer*.

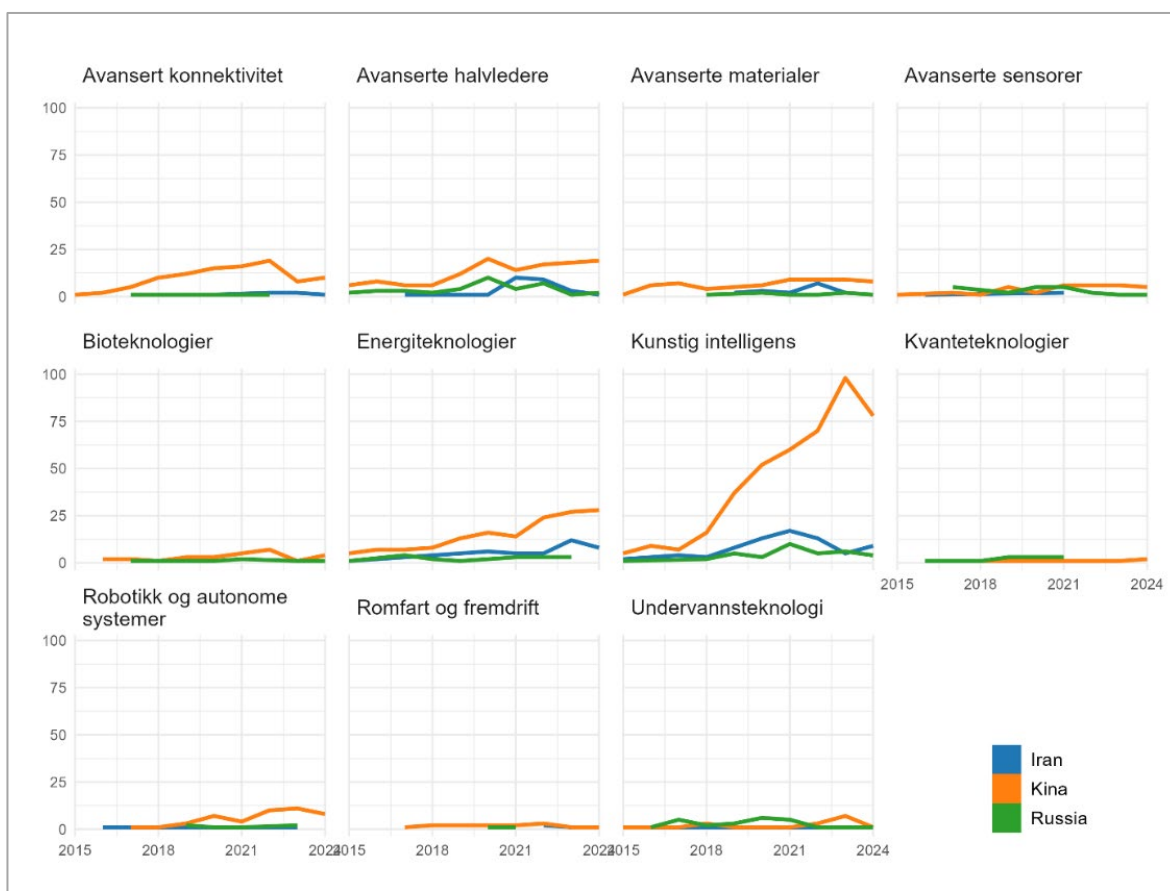
I tolkningen av disse tallene som baserer seg på *antall* publikasjoner, over en tiårsperiode, må det legges inn noen viktige forbehold. At Norge har 72

samarbeidsartikler med Iran innenfor *maskin- og dyplæring* høres mye ut, men utgjør ikke mer enn om lag 7 artikler per år. Det andre som er viktig å påpeke er den store forskjellen i grad av samarbeid når vi ser på forfatterandeler i samarbeidet, fremfor telling av publikasjoner. Dette ser vi blant annet for Iran (figur 3.5a senere med forfatterandeler) der samarbeidet er marginalt, men i absolutte tall får vi relativt høye verdier. Tolkningen av dette er at slikt samarbeid skjer i større forfattergrupper (fra mange land), og i liten grad involverer bilateralt (eller trilateralt) samarbeid for Norges del. Riktignok representerer store artikkelsamarbeid med forfattere fra mange ulike land et kontaktpunkt mellom eksempelvis iranske og norske forskere og miljøer, men likevel er samarbeidet betydelig mindre tett – og innebærer dermed lavere risiko for uønsket teknologioverføring – enn det totale antallet publikasjoner skulle tilsi.

I figur 3.5a konsentrerer vi oss om norsk samarbeid (2015–2024 samlet) med de tre risikolandene Kina, Russland og Iran, for hvert enkelt av de elleve teknologiområdene. Nord-Korea er ikke med i analysen, da dette er et land som Norge ikke har noen sampublikasjoner med i datasettet vårt. I tallene for samarbeid med Kina, Russland og Iran målt i forfatterandeler som vi ser på her, blir det tydelig hvordan særlig Irans bidrag i norske artikkelsamarbeid på underområdene som diskutert over, reelt sett er av liten betydning. Dette ses også tydelig i figur 3.5b der vi viser antall samforfattede publikasjoner.



Figur 3.5a Norsk samforfatterskap (forfatterandeler) med tre risikoland per teknologiområde, 2015–2024



Figur 3.5b Norsk samforfatterskap (antall publikasjoner) med tre risikoland per teknologiområde, 2015–2024

I tråd med tidligere tall om sampublisering med land som Russland og Kina (Aksnes, 2024), viser også våre funn til en generell økning i internasjonalt samarbeid over tid med de tre landene. Men det er viktig å påpeke følgende: med unntak av *kunstig intelligens* er veksten svært beskjeden, i noen tilfeller fallende de siste to årene, og i utgangspunktet på et nesten ikke-eksisterende nivå. Det er nærliggende å tolke figurene over i retning av at Norge i liten grad er eksponert for sikkerhetsrisiko i forbindelse med samarbeid med Iran og Russland, mens kontaktflaten mot Kina er betydelig større.

Overordnet viser figur 3.5a og 3.5b at Kina er Norges klart viktigste samarbeidspartner blant de tre risikolandene når man ser på sampublisering. Vi kunne godt sagt: Norges eneste reelle samarbeidspartner av de tre landene. Dette strider til en viss grad imot noen av funnene våre ovenfor på samarbeid *innenfor underområdene*. Men norske forskere publiserer kun en håndfull artikler årlig sammen med Russland og Iran, og i flere enkeltår og for flere teknologiområder er også slikt samforfatterskap helt fraværende. Tallene for Russland og Iran er så lave at det gir liten mening å gjøre nærmere analyse av disse landene, og illustrerer Russlands stadig mer perifere rolle i den globale FoU-produksjonen (Zhang et al., 2024).

Nedgangen i sampublikasjoner med Russland i de siste årene kan sees i tråd med geopolitiske endringer og politiske sanksjoner (Aksnes, 2024). At bildet viser sampublisering mellom Norge og Russland på nesten alle områder i 2024, kan delvis begrunnes geografisk ved at de to landene deler en felles grense i Nord som har påvirket de politiske relasjonene mellom de to landene (f.eks. Jackson & Nielsen, 2005; Rekvig, 2022) og forskningssamarbeidet, som for eksempel om polar- og klimaforskning (Vabø & Schmidt, 2025; Aksnes, 2024).

For Kinas vedkommende er også samarbeidet beskjedent på mange av områdene målt i volum. Først og fremst er samarbeidet innrettet mot *kunstig intelligens*, der det har funnet sted en sterk vekst i samarbeidet (en tidobling av samarbeidsartikler i perioden). Men også her, i likhet med flere andre teknologiområder (*avansert konnektivitet, avanserte halvledere, avanserte materialer, robotikk og autonome systemer*) ser vi en nedgang i samarbeid fra 2023 til 2024 (lignende tendenser ser vi for norsk-kinesisk samarbeid generelt, jfr. Indikatorrapporten, 2025). Samarbeidet innen *energiteknologier* har derimot ikke gått ned, og ser vi på antall publikasjoner (figur 3.5b), så er det heller ingen nedgang i samarbeid om *avanserte halvledere*.

Når det gjelder sampublisering med Iran, kan funnene tyde på en liten vekst i sampublisering fram mot 2021/2022 i de siste årene for noen områder som for eksempel *avanserte halvledere, avanserte materialer, energiteknologier* og *kunstig intelligens*.

Denne trenden av en økning i samarbeid med Iran kan også sees i sammenheng med at autoritære land, som Iran, har hatt en ekstrem vekst i forskningspublisering i de siste årene.⁹ Samtidig kan det antas at en del sampublisering er et resultat av relasjoner mellom enkeltforskere fra henholdsvis Norge og Iran, og ikke av etablerte relasjoner mellom institusjoner i disse landene.¹⁰ Dette siste poenget ser vi nærmere på nedenfor, i et dypdykk i de viktigste samarbeidsnettverkene for norske institusjoner.

⁹<https://www.khrono.no/autoritaere-land-star-for-godt-over-en-tredjedel-av-verdens-forskning/986984>

¹⁰<https://www.khrono.no/slar-alarm-om-forskningssamarbeid-norge-har-vaert-skremmende-naive/876792>

Dypdykk: Samarbeidsnettverk

Figurene 3.6 til 3.16 illustrerer samarbeidsnettverk på institusjonsnivå, samlet for hele perioden 2015–2024. Figurene viser de fem viktigste norske institusjonene for hvert teknologiområde og deres fem viktigste samarbeidspartnere (både nasjonalt og internasjonalt). Alle norske institusjoner (også de som ikke er fokalinstitusjoner i denne analysen) er farget blå og institusjoner fra risikoland er markert med rødt.

Når det gjelder samarbeidsnettverk og samarbeidspartnere fra risikoland finner vi at noen samarbeidsrelasjoner er mer utsatt for risiko enn andre. Flere samarbeidsnettverk har bare én samarbeidspartner fra ett risikoland, og dette gjelder samarbeidsnettverk om *bioteknologier* (figur 3.7), *avanserte halvledere* (figur 3.14), *kvanteteknologier* (figur 3.9), og *undervannsteknologier* (figur 3.16).

Samarbeidsnettverk med flere samarbeidspartnere og dermed befattet med høyere sikkerhetsrisiko gjelder *kunstig intelligens* (figur 3.6) og *romfart og fremdrift* (begge med 2 partnere fra risikoland), men er primært gjeldende innen *energiteknologier* (figur 3.10) (7 partnere fra risikoland), *avanserte sensorteknologier* (figur 3.8) (3 partnere fra risikoland), *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier* (figur 3.11) (7 partnere), *avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier* (figur 3.12) (3 partnere) og *robotikk og autonome systemer* (figur 3.13) (3 partnere).

Figurene illustrerer hvilke institusjoner som inngår i samarbeid med hverandre, og hvem som er den dominerende norske aktøren i de ulike nettverkene. I figur 3.6 ser vi for eksempel at det er snakk om fem distinkte nettverk innenfor *kunstig intelligens*. *Nederst til venstre* ser vi at Norges arktiske universitet (UiT) er den sentrale aktøren i et nettverk med samarbeidspartnere fra Storbritannia, Tyskland, Sverige og India, i tillegg til at OsloMet er en del av nettverket. Verken UiT eller OsloMet inngår i noen av de andre nettverkene.

Til høyre i figur 3.6 ser vi at UiO er den sentrale aktøren i et nettverk med to kinesiske institusjoner (UESTC og universitetet i Nanjing). I tillegg deltar Michigan State University og tre andre norske institusjoner: Simula, OUS og NTNU. UiO er en sentral samarbeidspartner for NTNU, men ingen av de andre aktørene i UiOs nettverk er sentrale for NTNU med unntak av OUS.

NTNU inngår i et eget nettverk (figur 3.6, *kunstig intelligens*) bestående av et sørkoreansk og et amerikansk universitet, i tillegg til tre norske hovedsamarbeidspartnere: SINTEF, OUS og UiO. SINTEF er ikke bare en nøkkelpartner i NTNUs nettverk, men også en viktig deltaker i nettverket *til venstre i figuren*, som ledes av Høgskulen på Vestlandet (HVL). I HVLs nettverk inngår Brandon University (Canada), Chine Medical University (Taiwan), det amerikanske universitetet i Libanon og Høgskolen Kristiania. Det libanesiske universitetet er også en sentral deltaker i det siste nettverket, *øverst i figuren*, som ledes av Noroff.

Merk at dette nettverkets profil skyldes stor produktivitet hos enkeltforskere ved Noroff og HVL. Disse inngår i samarbeidsrelasjoner med utenlandske institusjoner som

har fått mye oppmerksomhet for sin voldsomme produktivitetsøkning de siste årene, og det gjenstår å se om disse relasjonene vil bestå over tid^{11 12}.

Formålet med nettverksfigurene under er ikke å mistenkeliggjøre institusjoner som driver publiseringssamarbeid med forskere fra de tre spesielt nevnte risikolandene, men å trekke frem nettverk der deltakelse fra disse landene fremstår som sentralt for nettverket. At UiO har samarbeid med Chinese Academy of Sciences innenfor *avanserte halvledere* er for eksempel ikke et eksempel på at slikt samarbeid er helt avgjørende for nettverket. Motsatt til dette finner vi følgende nettverk, der det er betydelig (og kanskje også avgjørende) deltakelse fra risikoland (merk at nettverkene består av flere aktører enn de som vises i figurene, der bare de fem mest aktive samarbeidsinstitusjonene er visuelt framstilt):

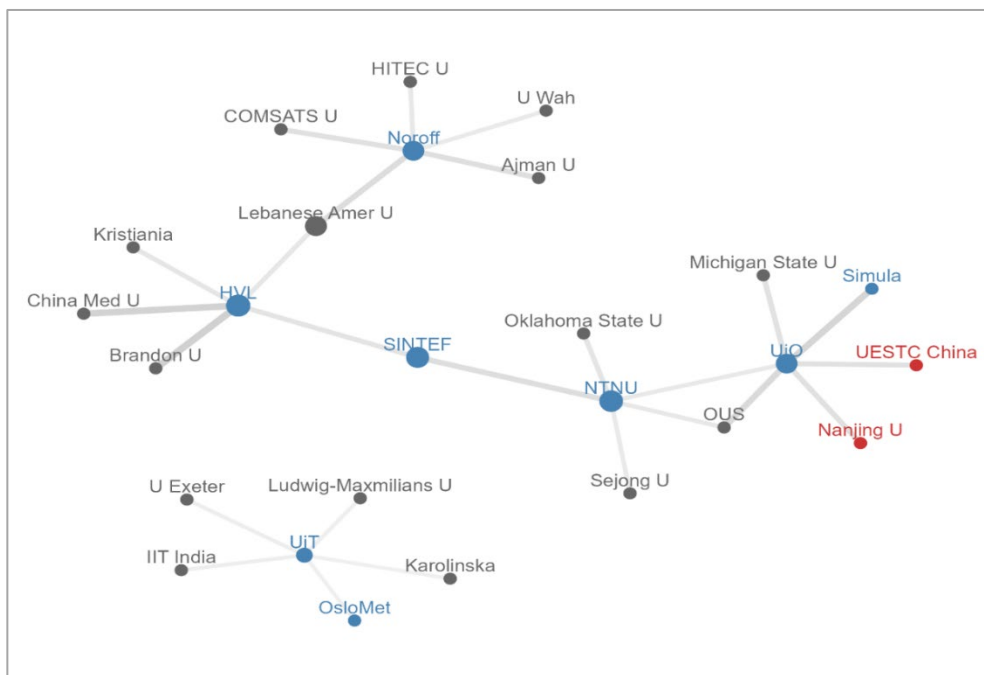
- *Avansert konnektivitet* (figur 3.11): UiOs nettverk består utelukkende av kinesiske institusjoner, i tillegg til Simula som har mange av de samme tette koblingene til de samme kinesiske institusjonene.
- *Robotikk og autonome systemer* (figur 3.13): Mønsteret for UiO er her ganske likt, med tre kinesiske partnere (og én sør-koreansk).
- *Avanserte materialer* (figur 3.12): SINTEF har sterkt kinesisk samarbeid (Chinese Academy of Sciences, og universiteter i Jiangsu og Shanghai).
- *Avanserte sensorteknologier* (figur 3.12): UNIS har både Russian Academy of Sciences og Polar Geophysical Institute i Russland med i sitt nettverk (NB: Merk at dette gjelder for hele perioden 2015–2024, og ikke nødvendigvis sier noe om samarbeid etter den russiske invasjonen av Ukraina).
- *Romfart og fremdrift* (figur 3.15): NTNU har med China Academy of Space Technology (CAST) og Cangchun University i sitt nettverk.
- *Energiteknologier* (figur 3.10): I UiOs nettverk inngår to kinesiske universiteter.

Flere av nettverkene til de mindre norske institusjonene består ofte av universiteter fra land der Norge har lite samarbeid (for eksempel Pakistan, India, Saudi-Arabia):

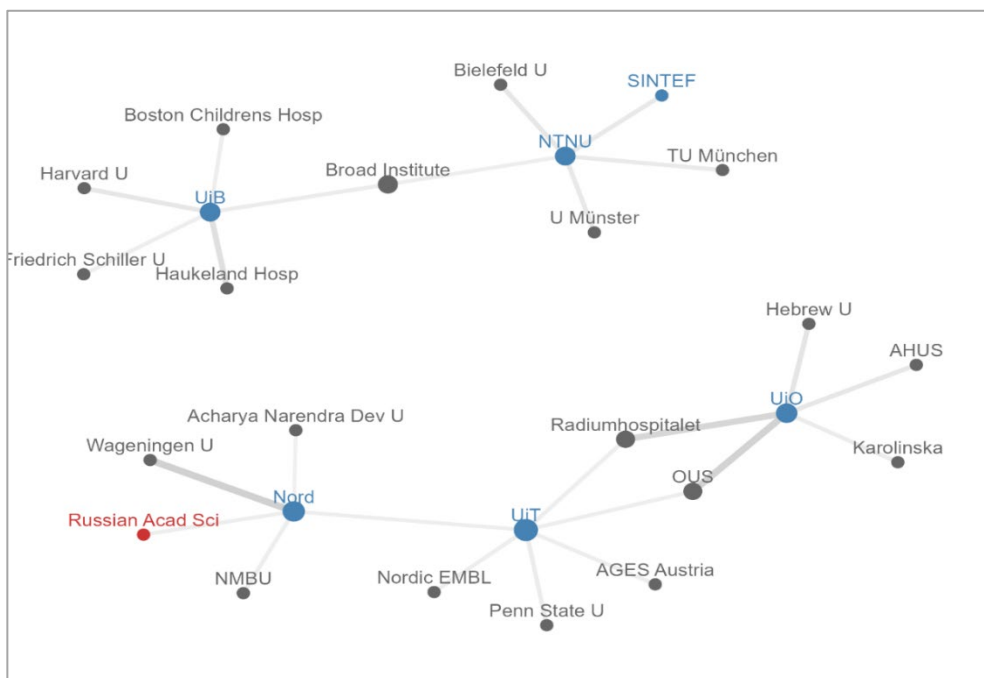
- *Kunstig intelligens* (figur 3.6): I både Noroff og HVL sine nettverk (Pakistan, De forente arabiske emirater, Libanon).
- *Avanserte kvanteteknologier* (figur 3.9): I HVL sitt nettverk inngår institusjoner fra Kina og Taiwan, samt to indiske institusjoner.
- *Energiteknologier* (figur 3.10): USN sitt nettverk har deltakere fra Kina, Etiopia, samt to fra Pakistan.
- *Avansert konnektivitet* (figur 3.11): UiA sitt nettverk består av to institusjoner fra Pakistan, samt deltakere fra India, Brunei og Saudi-Arabia.
- *Robotikk og autonome systemer* (figur 3.13): UiA sitt nettverk består av tre institusjoner fra Pakistan, samt deltakere fra India og Pakistan.

¹¹<https://www.khrono.no/forsker-har-fatt-trukket-tilbake-16-artikler/979507> og <https://www.khrono.no/han-var-pa-verdenstoppen-i-publisering-men-kjente-ikke-reglene-for-publisering/1001113>

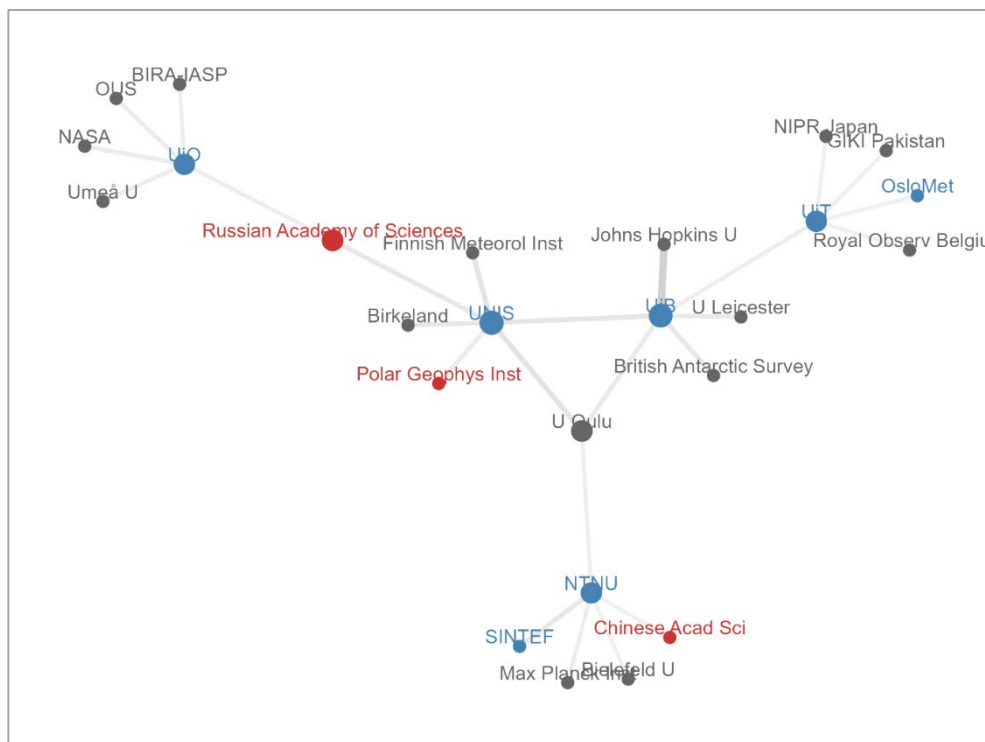
¹²<https://www.khrono.no/professoren-publiserte-nest-mest-i-norge-na-er-han-felt-for-uredelighet/997959>



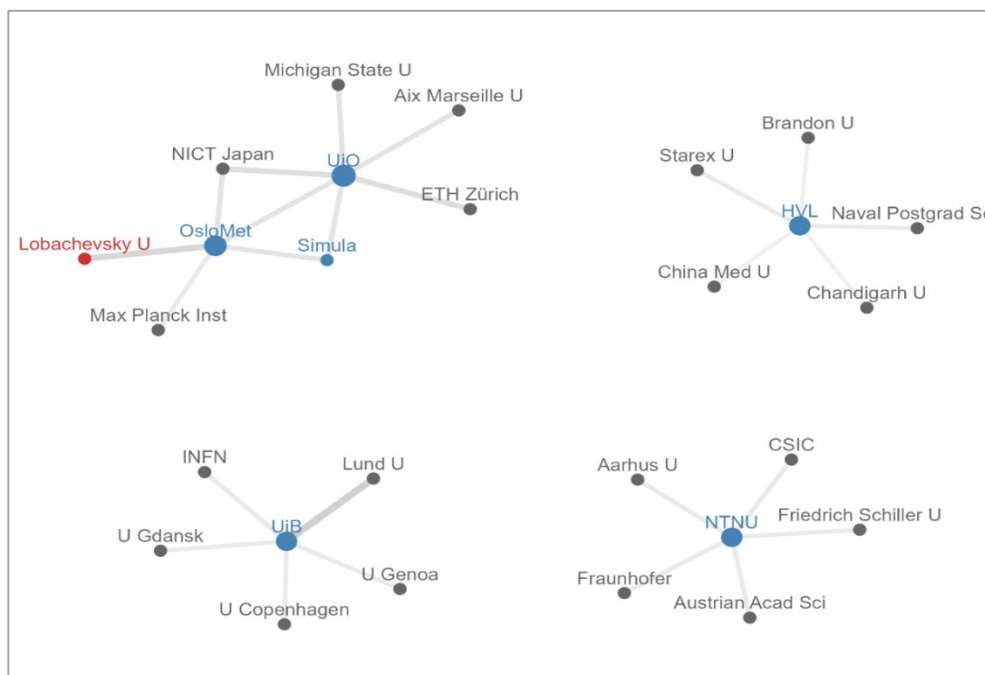
Figur 3.6 Samarbeidsnettverk KI-teknologier



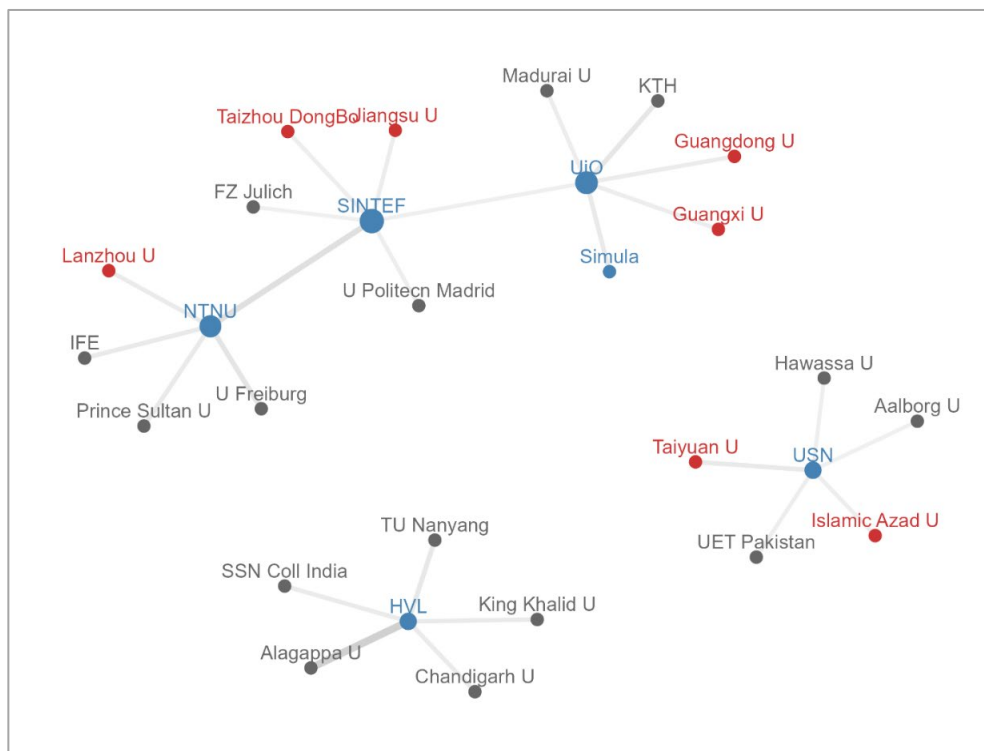
Figur 3.7 Samarbeidsnettverk bioteknologier



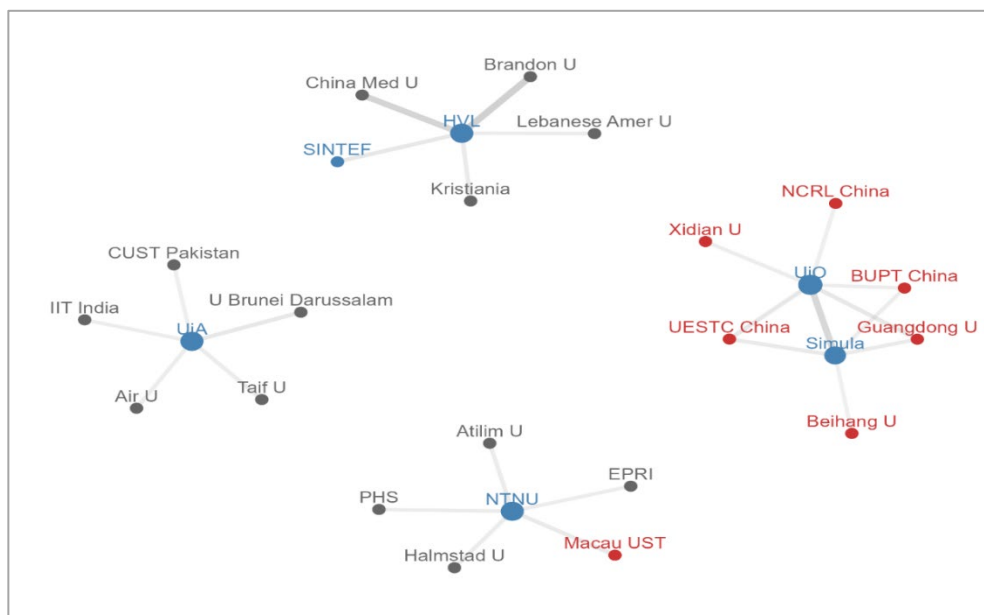
Figur 3.8 Samarbeidsnettverk avanserte sensorteknologier



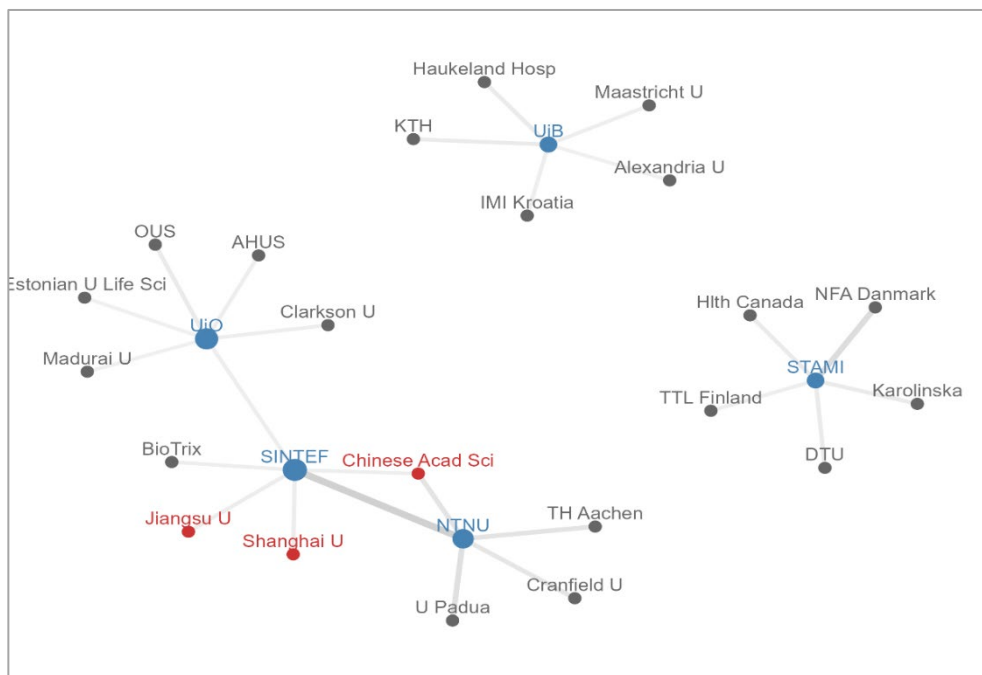
Figur 3.9 Samarbeidsnettverk kvanteteknologier



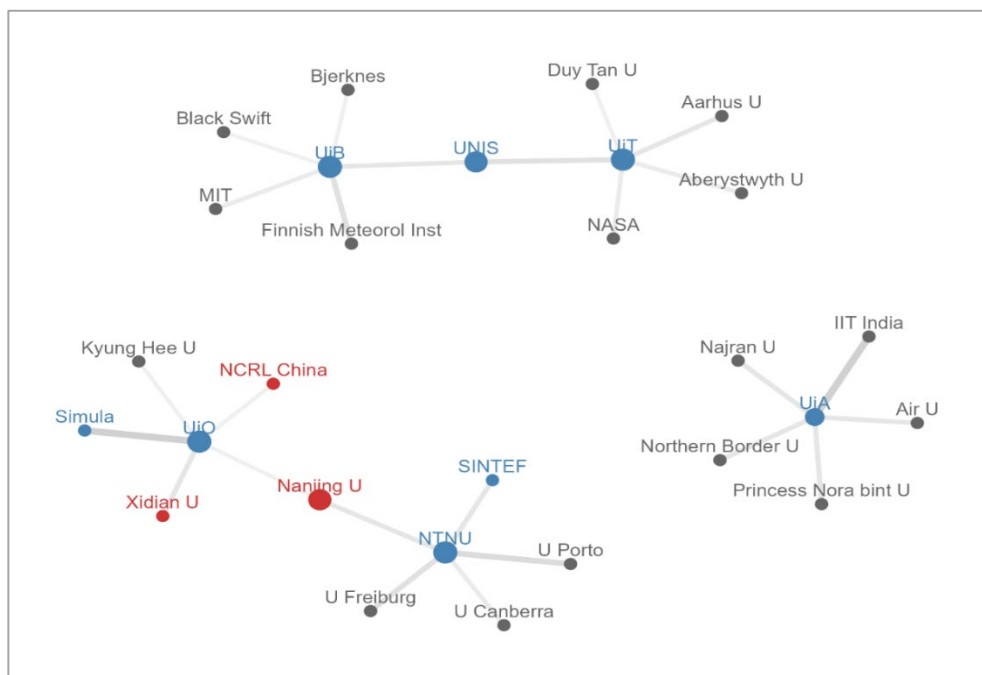
Figur 3.10 Samarbeidsnettverk energiteknologier



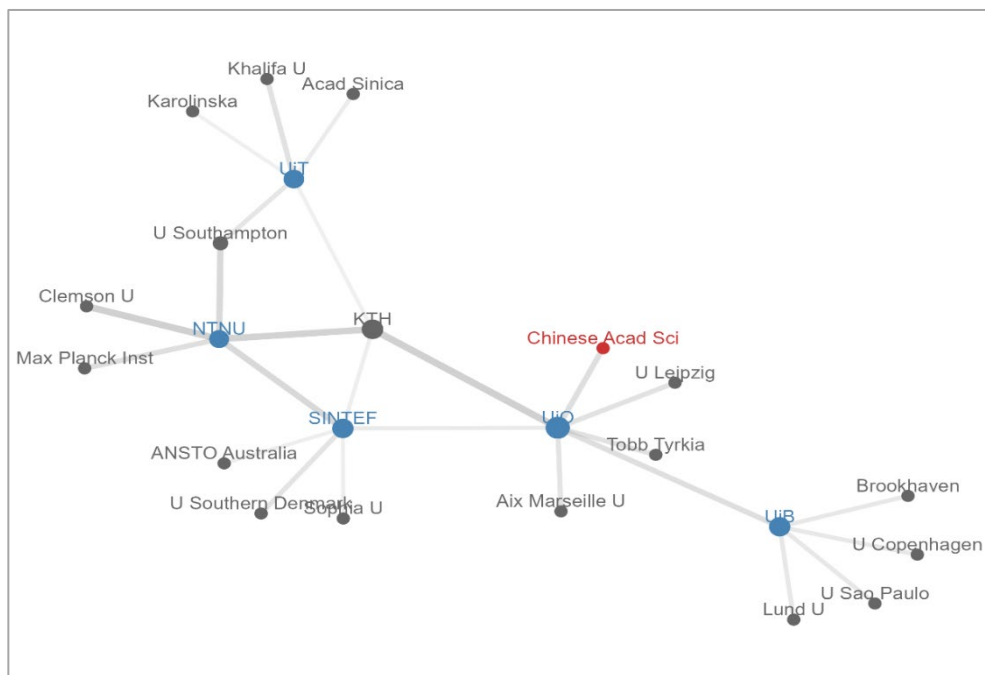
Figur 3.11 Samarbeidsnettverk avansert konnektivitet



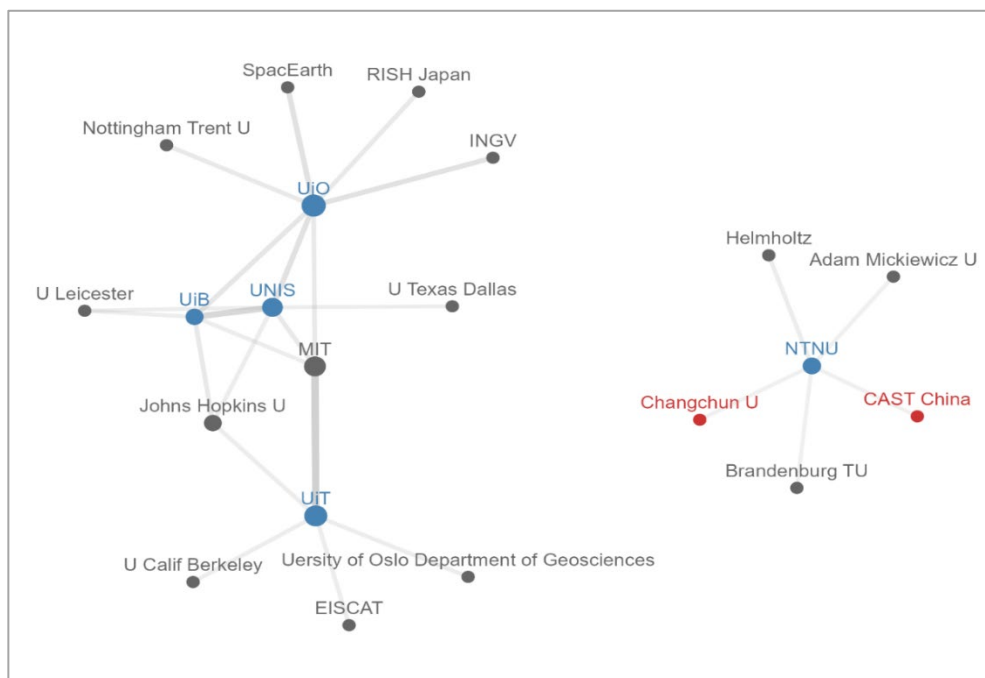
Figur 3.12 Samarbeidsnettverk avanserte materialer



Figur 3.13 Samarbeidsnettverk robotikk og autonome systemer



Figur 3.14 Samarbeidsnettverk Avanserte halvledere



Figur 3.15 Samarbeidsnettverk romfart og fremdrift



Figur 3.16 Samarbeidsnettverk undervannsteknologier

3.3 Forskningens innflytelse ('impact')

Avslutningsvis ser vi på en indikator som uttrykker hvor stor innflytelse (eller gjennomslag) forskningen har hatt i den videre litteraturen. Dette gjøres med bruk av indikatoren Topp 10%, som uttrykker hvor stor andel av en mengde publikasjoner som tilhører de ti prosent mest siterte artiklene globalt innenfor samme fagområde (og innenfor samme publikasjonstype, utgitt samme år (tabell 3.6)). Indikatoren er med andre ord fagnormalisert, og tar høyde for hvor lenge en artikkel har vært «siterbar». Det finnes mange siteringsindikatorer, og tradisjonelt har det mest vanlige vært å bruke et mål på gjennomsnittlig antall siteringer. Problemet med denne indikatoren er at den er svært påvirkbar fra noen få høyt siterte artikler, samt at den skjuler eksempelvis en institusjons bidrag til de mest siterte artiklene. En middels siteringsverdi kan både være et uttrykk for at en institusjon (eller at land) gjennomgående publiserer middels sitert forskning, men kan også reflektere en spredning på tvers av lite siterte, middels siterte, og høyt siterte og ekstremt høyt siterte artikler. Det er sistnevnte type artikler vi her er ute etter å identifisere: de 10 prosent mest siterte artiklene (og senere også de 1 prosent mest siterte artiklene globalt).

Tabell 3.6 Norske siteringstall, 2015–2024, prosentandel topp 10% (totalt antall publikasjoner)

Kunstig intelligens		Avansert konnektivitet		Avanserte materialer	
	Topp 10%		Topp 10%		Topp 10%
NTNU	19,60 % (675)	NTNU	12,60 % (143)	NTNU	17,30 % (283)
UiO	34,20 % (406)	UiO	47,20 % (89)	SINTEF	9,60 % (104)
UiT	20,90 % (163)	HVL	14,00 % (50)	UiO	20,80 % (53)
SINTEF	18,90 % (143)	UiA	11,90 % (42)	UiB	2,50 % (40)
UiA	17,50 % (114)	Simula	45,70 % (35)	STAMI	18,20 % (22)
UiB	17,40 % (109)	SINTEF	14,30 % (35)	NILU	27,30 % (22)
UiS	10,40 % (96)	Kristiania	26,10 % (23)	UiS	15,00 % (20)
Noroff	22,90 % (96)	OsloMet	25,00 % (20)	RISE PFI	23,50 % (17)
USN	49,00 % (96)	USN	10,50 % (19)	HVL	12,50 % (16)
HVL	22,80 % (92)	Noroff	11,80 % (17)	OUS	14,30 % (14)
Avanserte halvledere		Avanserte sensorer		Bioteknologi	
	Topp 10%		Topp 10%		Topp 10%
NTNU	8,10 % (383)	NTNU	11,00 % (109)	UiB	19,60 % (112)
UiO	13,60 % (264)	UiO	4,90 % (61)	NTNU	11,30 % (80)
SINTEF	8,00 % (88)	UiB	10,00 % (50)	UiO	12,50 % (64)
UiT	7,80 % (64)	UNIS	6,30 % (32)	UiT	3,50 % (57)
USN	4,80 % (63)	UiT	0,00 % (29)	OUS	16,40 % (55)
UiB	4,20 % (48)	SINTEF	22,20 % (27)	NMBU	10,00 % (30)
IFE	0,00 % (24)	USN	0,00 % (17)	Nord	12,00 % (25)
HVL	0,00 % (22)	OUS	0,00 % (11)	SINTEF	10,50 % (19)
UiA	33,30 % (21)	UiA	11,10 % (9)	HI	22,20 % (18)
NMBU	0,00 % (15)	NMBU	0,00 % (9)	Helse Bergen	30,80 % (13)
Energi-teknologier		Kvante-teknologier		Robotikk og autonome syst.	
	Topp 10%		Topp 10%		Topp 10%
NTNU	16,20 % (488)	NTNU	21,10 % (38)	NTNU	18,80 % (191)
SINTEF	11,80 % (170)	UiO	13,90 % (36)	UiO	32,60 % (46)
UiO	15,80 % (133)	OsloMet	5,60 % (18)	SINTEF	18,20 % (33)
HVL	12,90 % (70)	UiB	7,70 % (13)	UiT	6,70 % (30)
USN	9,20 % (65)	HVL	0,00 % (6)	UiA	11,10 % (27)
IFE	11,10 % (63)	Simula	0,00 % (6)	UiB	19,20 % (26)
UiS	14,30 % (42)	Fjordforsk	0,00 % (4)	UNIS	5,30 % (19)
UiA	15,60 % (32)	USN	25,00 % (4)	HVL	31,30 % (16)
UiT	34,40 % (32)	UiA	0,00 % (4)	NIBIO	31,30 % (16)
UiB	22,60 % (31)	UiS	0,00 % (3)	Simula	40,00 % (15)
Romfart og fremdrift		Undervanns-teknologier			
	Topp 10%		Topp 10%		
NTNU	8,50 % (59)	NTNU	12,80 % (188)		
UiO	6,50 % (46)	UiB	10,00 % (80)		
UiT	30,40 % (23)	UNIS	4,00 % (50)		
UNIS	0,00 % (20)	UiO	4,70 % (43)		
SINTEF	15,80 % (19)	SINTEF	11,80 % (34)		
UiB	6,30 % (16)	UiT	0,00 % (22)		
Kartverket	12,50 % (16)	FFI	5,00 % (20)		
NIH	14,30 % (7)	HI	6,30 % (16)		
NMBU	40,00 % (5)	UiS	13,30 % (15)		
MET	40,00 % (5)	NGU	0,00 % (11)		

Tabell 3.6 viser siteringstall (Topp 10%) for de ti mest-produserende norske institusjonene innenfor hvert teknologiområde. Verdensgjennomsnittet for høyt

siterte artikler er 10%, hvilket betyr at prosentandeler under 10 prosent indikerer lavere andel høyt siterte artikler enn verdensgjennomsnittet, og motsatt for prosentandeler over 10 prosent.

Det er ikke slik at de mest-publiserende institusjonene også er de mest siterte. Hensikten med tabell 3.6 er ikke først og fremst å peke ut Norges mest siterte miljøer, men heller å vise status for gruppen av de mest aktive norske institusjonene.

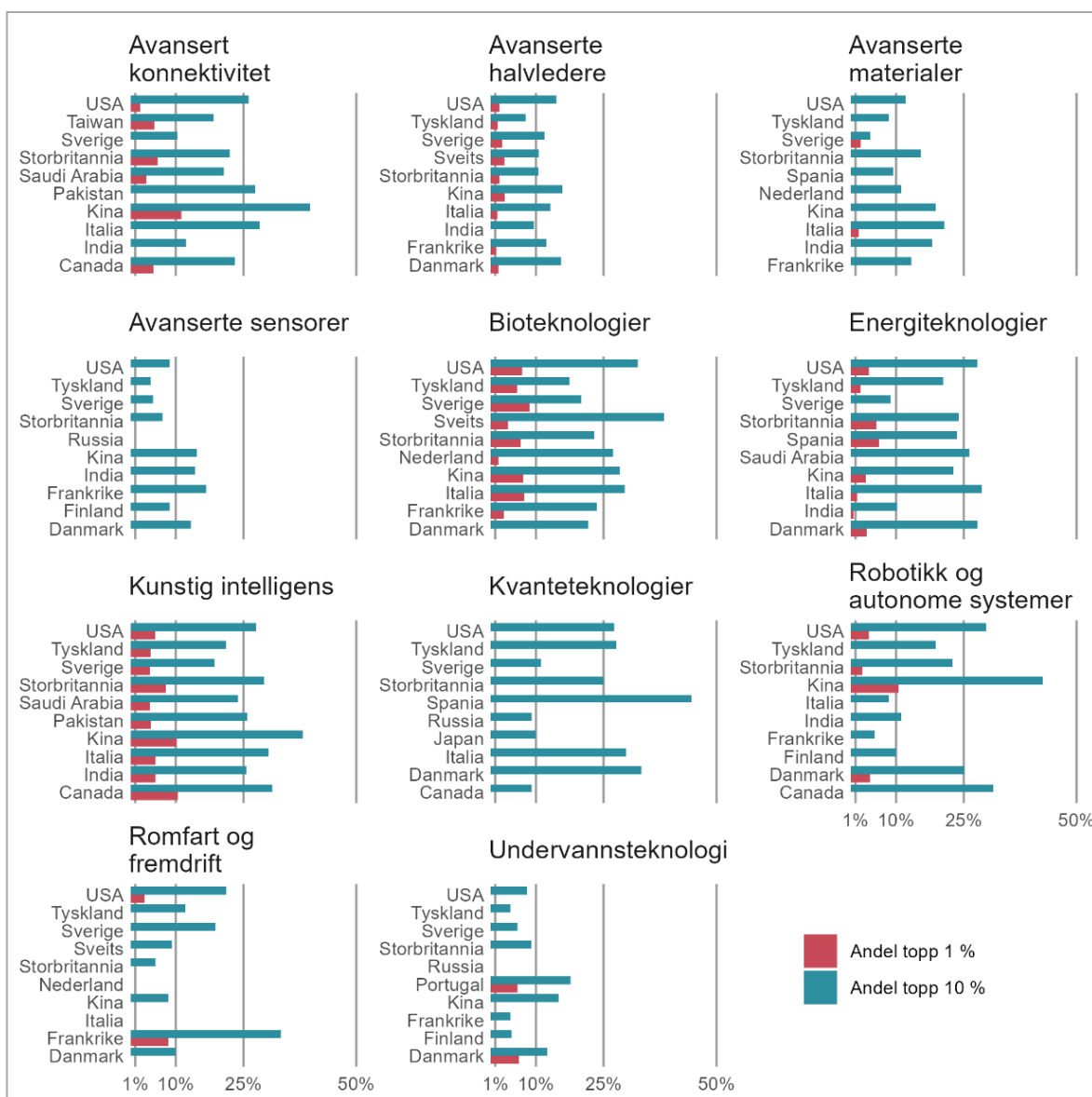
Det mest slående funnet i tabell 3.6 er at samtlige ti institusjoner innenfor *kunstig intelligens* har andeler Topp 10% artikler over verdensgjennomsnittet. Det samme ser vi innenfor *avansert konnektivitet*, og med ett unntak også innen *energiteknologier*, *bioteknologier*, *avanserte materialer*, og *robotikk og autonome systemer* (to unntak). Det betyr at innenfor de to største teknologiområdene (*kunstig intelligens* og *energiteknologier*) er de viktigste norske institusjonene høyt sitert internasjonalt.

Innenfor *romfart og fremdrift* er bildet mer variert. Publikasjonsvolumet er her lavt sammenlignet med andre områder, og fire av ti institusjoner har siteringstall under verdensgjennomsnittet.

I de tre teknologiområdene *avanserte halvledere*, *avanserte sensorer*, *kvanteteknologier* og *undervannsteknologier*, er det generelle bildet at norske institusjoner har siteringstall under verdensgjennomsnittet.

Figur 3.17 viser siteringsgjennomsnittet for sampublikasjoner med de ti viktigste landene innen hvert teknologiområde. Gjennomsnittet er beregnet som andelen publikasjoner i samarbeidet som er blant de henholdsvis 1 % og 10 % mest siterte publikasjonene for sitt fagfelt fra det samme publikasjonsåret. Figuren peker på noen interessante, overordnede funn. For det første fremstår det som generelt gunstig å samarbeide med landene som vises i figur 3.17, da de aller fleste land (i de aller fleste teknologiområder) bidrar til andeler Topp10% artikler over verdensgjennomsnittet. For det andre så ser vi at kinesisk samarbeid ofte gir Norge høyere siteringstall enn for eksempel amerikansk samarbeid. Dette gjelder både Topp10% og Topp1% indikatoren innen *avansert konnektivitet*, *avanserte halvledere*, *robotikk og autonome systemer*, og i det største teknologiområdet *kunstig intelligens*.

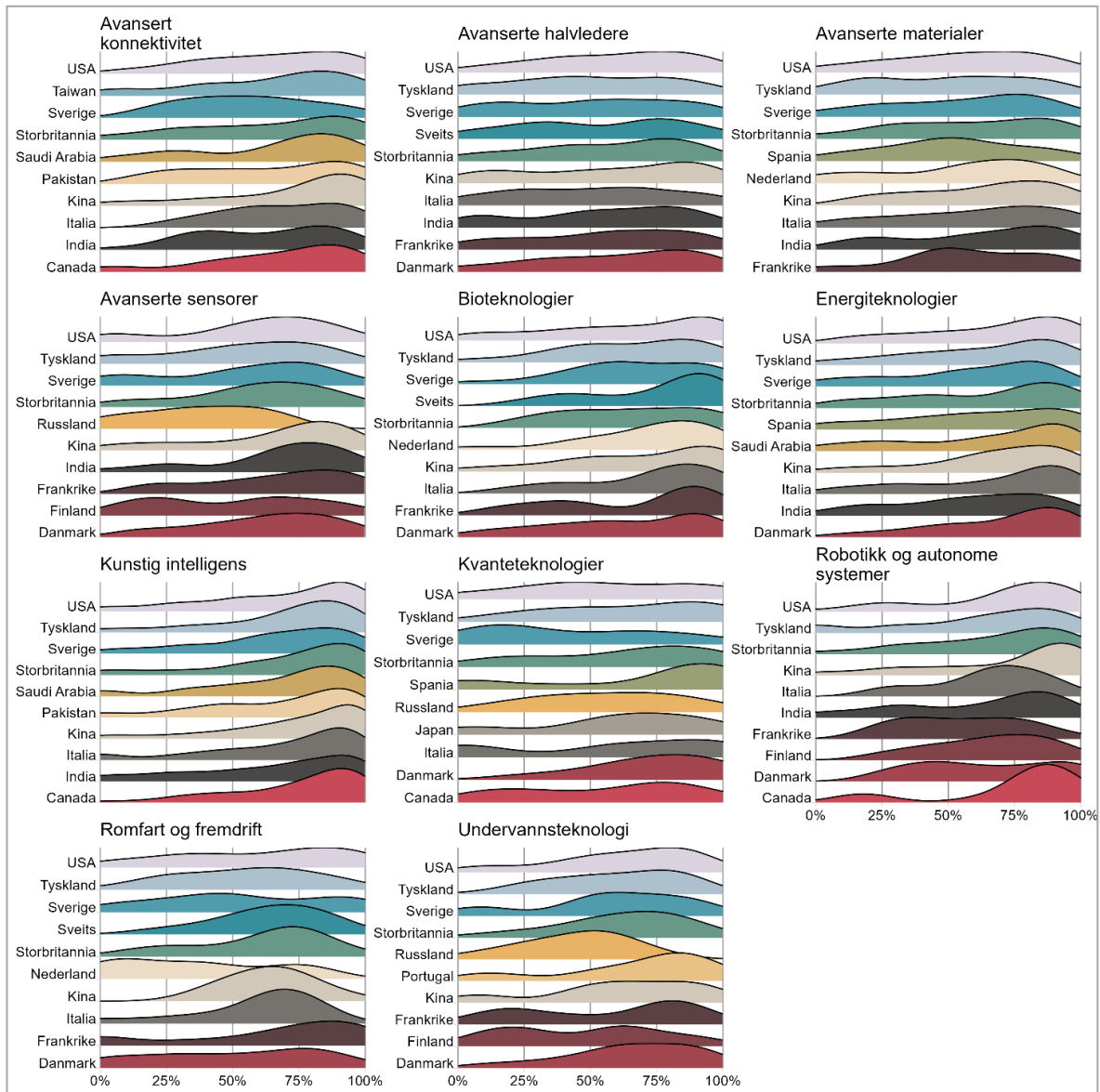
I det nest største teknologiområdet, *energiteknologier*, ser vi derimot at de høyeste siteringstallene fås med USA og Italia på Topp10% indikatoren, og med Storbritannia og Spania på Topp1% indikatoren.



Figur 3.17 Norske prosentandeler Topp 10% publikasjoner og Topp 10% publikasjoner per teknologiområde med samarbeidsland, 2015–2024

Figur 3.18 viser fordelingen av prosentilverdier for sampublikasjonene med de 10 viktigste landene innen hvert område. En prosentilverdi på 50 % vil si at en publikasjon er sitert mer enn 50 % av alle publikasjoner fra samme fagfelt og samme år. Høyden på grafene angir antallet publikasjoner som faller innen hver prosentil. Strengt tatt er figur 3.18 bare en annen måte å visualisere resultatene i figur 3.17 over. Tolkningen av figur 3.18 er at jo lengre vi befinner oss mot høyre, jo mer sitert er publikasjonene. Vi kommenterer ikke denne figuren inngående, men gir heller en illustrasjon på hvordan den kan leses. Innenfor *energiteknologier* ser vi at kinesiske artikler er svakt til stede i 0-50% prosentilene, før det skjer en vekst opp mot 100%. Dette betyr at de fleste norsk-kinesiske publikasjoner her

oppnår høye siteringstall. Det er få usiterte og lavt siterte artikler. Til sammenligning er de indiske artiklene i større grad spredt over hele spekteret, og med en avtakende kurve mot høyre, som betyr at det er få norsk-indiske publikasjoner som oppnår virkelig høye siteringstall, samtidig som mange av artiklene er midtels og lavt sitert.



Figur 3.18 Prosentilverdier for sampublikasjonene med de 10 viktigste landene innen hvert område.

Til slutt ser vi på siteringstall (Topp 10%) for de største, og mest siterte nasjonene i verden. Inklusjonskriteriet for å bli vist i tabell 3.7, er at landet har minst 500 publikasjoner på teknologiområdet i perioden 2015–2024. For hvert teknologiområde viser vi siteringstallene for de ti største landene (pluss Norge), sammen

med tall for de ti mest siterte landene (pluss Norge), som ofte ikke er av de største i verden. Merk: i de tilfeller der Norge er plassert nederst i tabellene, betyr det *ikke* at Norge er på tiende plass, men at Norge er tilføyd nederst på en liste der Norge ikke når opp blant de ti fremste. For eksempel ser vi innen *avansert konnektivitet* (tabell 3.7a) at det er Singapore med 30,3 prosent høyt siterte artikler som troner øverst, uten å være en av verdens største produsenter av slik forskning. Singapore har de høyeste siteringstallene i verden i hele seks teknologiområder, etterfulgt av Saudi-Arabia (to), og så er det tre land som topper statistikken innenfor ett teknologiområde hver: Sveits, Østerrike og Norge. I de to største teknologiområdene (*kunstig intelligens* (tabell 3.7g) og *energiteknologier* (tabell 3.7f)) finner vi Singapore på topp, mens Norge har henholdsvis 24,4 og 15,7 prosent Topp10% artikler. Dette er høye prosentandeler, og Norge har faktisk i de fleste teknologiområder gode siteringstall. Unntakene er *avanserte halvledere* (9,1 prosent), *avanserte sensorer* (8 prosent) og *undervannsteknologier* (8,4 prosent), der Norge ligger godt under verdensgjennomsnittet.

Ett teknologiområde skiller seg her ut ved at Norge innehar «topplasseringen», og dette bør kommenteres nærmere. I tabell 3.7j ser vi at Norge har verdens høyeste prosentandel høyt siterte artikler (13,6 prosent) innen *romfart og fremdrift*. Denne prosentandelen er basert på et lavt antall publikasjoner (184 over en tiårs periode), og innenfor dette teknologiområdet er prosentandelene hos de mest siterte landene mye lavere enn i andre teknologiområder. Vi fraråder derfor å tillegge dette funnet spesielt stor vekt.

Tabell 3.7a: Andel Topp 10% publikasjoner, Avansert konnektivitet

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Singapore	953	30,3 %	Australia	2346	25,4 %
Australia	2346	25,4 %	Canada	2399	22,6 %
Finland	610	23,9 %	Storbritannia	3842	21,9 %
Canada	2399	22,6 %	USA	7436	20,4 %
Sverige	762	22,4 %	Norge	456	20,2 %
Storbritannia	3842	21,9 %	Saudi-Arabia	2916	17,1 %
FA Emirater	902	21,5 %	Kina	21865	16,3 %
USA	7436	20,4 %	Italia	2425	15,7 %
Norge	456	20,2 %	India	6448	12,9 %
Egypt	793	18,4 %	Sør-Korea	4512	12,9 %
Portugal	729	18,0 %	Spania	2045	12,8 %

Tabell 3.7b: Andel Topp 10% publikasjoner, Avanserte halvledere

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Singapore	6970	21,4 %	Storbritannia	17983	15,70 %
Bangladesh	1886	20,1 %	USA	63394	15,40 %
Sveits	6287	18,3 %	Kina	154527	12,70 %
Australia	8978	18,1 %	Tyskland	25124	12,20 %
Danmark	2807	17,8 %	Italia	12994	10,30 %
Saudi-Arabia	12005	17,0 %	Sør-Korea	23154	10,00 %
New Zealand	596	16,1 %	Frankrike	15401	9,80 %
Storbritannia	17983	15,7 %	Norge	980	9,10 %
Irak	2116	15,5 %	Japan	22250	8,70 %
Pakistan	5952	15,4 %	India	37808	7,10 %
Norge	980	9,1 %	Russland	14737	4,80 %

Tabell 3.7c: Andel Topp 10% publikasjoner, Avanserte materialer

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Singapore	3361	29,1 %	Australia	6099	23,4 %
Australia	6099	23,4 %	Storbritannia	9315	19,6 %
FA Emirater	908	23,3 %	Iran	6306	18,6 %
Pakistan	3343	22,0 %	Kina	69961	18,1 %
Saudi-Arabia	5812	20,6 %	USA	30798	18,0 %
Nederland	2271	20,2 %	Norge	738	15,3 %
Storbritannia	9315	19,6 %	Sør-Korea	9170	14,6 %
Sveits	2441	19,5 %	Tyskland	10320	14,0 %
Irland	1071	19,3 %	Italia	7623	13,4 %
Belgia	1900	18,6 %	Spania	6023	12,6 %
Norge	738	15,3 %	India	16522	12,5 %

Tabell 3.7d: Andel Topp 10% publikasjoner, Avanserte sensorer

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Saudi-Arabia	1384	19,6 %	Kina	33959	17,6 %
Singapore	865	19,5 %	USA	11061	14,5 %
Australia	1634	18,1 %	Storbritannia	3099	14,5 %
Kina	33959	17,6 %	Iran	2796	14,1 %
USA	11061	14,5 %	Sør-Korea	4780	14,0 %
Storbritannia	3099	14,5 %	Canada	2236	13,9 %
Sveits	827	14,4 %	India	5595	12,9 %
Iran	2796	14,1 %	Italia	2531	10,6 %
Sør-Korea	4780	14,0 %	Tyskland	3292	9,3 %
Canada	2236	13,9 %	Norge	224	8,0 %
Norge	224	8,0 %	Japan	3011	6,1 %

Tabell 3.7e: Andel Topp 10% publikasjoner, Bioteknologier

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Sveits	1730	21,7 %	USA	25217	21,5 %
USA	25217	21,5 %	Australia	2359	19,0 %
Israel	850	20,8 %	Storbritannia	6034	18,9 %
Danmark	1374	20,6 %	Frankrike	2877	17,2 %
Nederland	2158	20,5 %	Kina	23778	17,1 %
Singapore	733	19,4 %	Canada	2804	16,3 %
Australia	2359	19,0 %	Tyskland	6577	16,3 %
Østerrike	883	19,0 %	Norge	438	14,8 %
Sverige	1193	18,9 %	Sør-Korea	2735	13,1 %
Storbritannia	6034	18,9 %	Japan	5772	10,0 %
Norge	438	14,8 %	India	2983	8,1 %

Tabell 3.7f: Andel Topp 10% publikasjoner, Energiteknologier

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Singapore	2888	29,3 %	Australia	7052	23,8 %
Australia	7052	23,8 %	Saudi-Arabia	6987	22,8 %
Egypt	3973	22,9 %	USA	23070	21,0 %
Saudi-Arabia	6987	22,8 %	Kina	87144	19,9 %
Bangladesh	766	21,9 %	Storbritannia	9414	18,9 %
Sveits	1902	21,3 %	Iran	6953	18,6 %
USA	23070	21,0 %	Norge	1192	15,7 %
Danmark	2133	20,7 %	Tyskland	8294	15,4 %
Irak	1403	20,4 %	Sør-Korea	11973	14,7 %
Kina	87144	19,9 %	Spania	6333	11,7 %
Norge	1192	15,7 %	India	19860	11,7 %

Tabell 3.7g: Andel Topp 10% publikasjoner, Kunstig intelligens

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Singapore	5420	28,9 %	Australia	12830	27,1 %
Qatar	1248	28,8 %	Norge	2528	24,4 %
Sveits	4024	28,0 %	USA	56372	23,1 %
Australia	12830	27,1 %	Storbritannia	20638	23,1 %
Libanon	847	25,3 %	Canada	13367	22,2 %
Vietnam	3679	25,1 %	Tyskland	12929	20,5 %
Norge	2528	24,4 %	Saudi-Arabia	12689	20,3 %
Sverige	3003	23,8 %	Iran	15126	18,2 %
Nederland	4098	23,5 %	Kina	176775	17,5 %
USA	56372	23,1 %	Sør-Korea	20799	15,8 %
Danmark	2073	23,1 %	India	37244	12,9 %

Tabell 3.7h: Andel Topp 10% publikasjoner, Kvanteteknologier

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Østerrike	964	30,8 %	USA	9631	22,6 %
Sveits	1281	28,6 %	Canada	2005	22,5 %
Nederland	972	23,8 %	Storbritannia	3667	21,5 %
USA	9631	22,6 %	Frankrike	2008	20,8 %
Canada	2005	22,5 %	Tyskland	4595	18,9 %
Danmark	543	22,5 %	Spania	1770	18,1 %
Storbritannia	3667	21,5 %	Japan	2678	16,7 %
Frankrike	2008	20,8 %	Italia	2370	16,0 %
Tyskland	4595	18,9 %	Norge	100	13,0 %
Australia	1491	18,6 %	Kina	11794	10,9 %
Norge	100	13,0 %	India	2370	8,5 %

Tabell 3.7i: Andel Topp 10% publikasjoner, Robotikk og autonome systemer

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Singapore	994	31,6 %	Norge	405	22,0 %
Sveits	704	24,6 %	Storbritannia	3026	21,3 %
Australia	1767	23,0 %	Canada	2329	20,1 %
Norge	405	22,0 %	USA	9139	18,1 %
Storbritannia	3026	21,3 %	Tyskland	1983	17,5 %
Nederland	864	20,1 %	Kina	23629	16,9 %
Canada	2329	20,1 %	Italia	2396	14,7 %
USA	9139	18,1 %	Spania	1807	14,7 %
Sverige	572	17,7 %	India	2015	12,5 %
Tyskland	1983	17,5 %	Sør-Korea	3590	11,0 %
Saudi-Arabia	911	17,5 %	Japan	2020	9,7 %

Tabell 3.7j Andel Topp 10% publikasjoner, Romfart og fremdrift

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Norge	184	13,6 %	Norge	184	13,6 %
Storbritannia	1009	13,3 %	Storbritannia	1009	13,3 %
Nederland	552	12,7 %	Frankrike	1004	10,8 %
Australia	779	11,6 %	USA	2881	10,7 %
Frankrike	1004	10,8 %	Spania	890	10,1 %
Canada	664	10,7 %	Tyskland	1670	9,9 %
USA	2881	10,7 %	Italia	1493	8,6 %
Spania	890	10,1 %	Kina	9569	7,9 %
Tyskland	1670	9,9 %	Japan	899	6,1 %
Italia	1493	8,6 %	Polen	792	5,3 %
Kina	9569	7,9 %	India	1006	4,6 %

Tabell 3.7k: Andel Topp 10% publikasjoner, Undervannsteknologi

Mest siterte land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte	Største land	Publikasjoner	Andel topp 10 % mest siterte
Saudi-Arabia	677	17,0 %	Storbritannia	1477	13,1 %
Storbritannia	1477	13,1 %	Iran	2588	13,0 %
Iran	2588	13,0 %	Kina	10209	11,2 %
Tyrkia	531	11,9 %	USA	3732	10,7 %
Canada	753	11,8 %	Tyskland	1255	10,7 %
Egypt	508	11,8 %	Frankrike	984	9,9 %
Pakistan	508	11,8 %	India	2563	9,3 %
Italia	878	11,7 %	Sør-Korea	1085	8,7 %
Australia	598	11,2 %	Norge	419	8,4 %
Kina	10209	11,2 %	Japan	1167	7,9 %
Norge	419	8,4 %	Russland	891	3,7 %

4 Eksternfinansierte prosjektdeltakelser

Dette kapitlet ser på prosjektdeltakelser i eksternfinansierte prosjekter knyttet til forskning (og innovasjonsaktiviteter) på sensitive teknologier. Første del av kapitlet omhandler norske prosjektdeltakelser i EUs rammeprogrammer for forskning og innovasjon (2020–2025, som dekker siste år av Horisont 2020, samt Horisont Europa så langt). Avslutningsvis ser vi på norske institusjoners samlede prosjektportefølje innen sensitive teknologiområder i prosjekter finansiert av EU, Norges forskningsråd og det Europeiske Forsvarsfondet (EDF).

4.1 Deltakelse i EUs rammeprogrammer

I tabell 4.1 viser vi hovedfunn for europeiske lands deltakelser (inkludert Tyrkia og Israel) i prosjekter som omhandler ett eller flere av de 11 sensitive teknologiområdene. Med 334 prosjekter totalt, ligger Norge på 16. plass i en europeisk kontekst med hensyn til antall prosjektdeltakelser. Av disse har Norge koordinert 113. Merk at vi her ikke skiller mellom ulike søknadstyper. Begge disse tallene er naturlig nok langt lavere enn i store nasjoner som for eksempel Tyskland, og det er derfor mer relevant å studere den informasjonen i tabell 4.1 som er størrelsesuavhengig. Sammenligner vi Tyskland og Norge finner vi eksempelvis at Norge har deltatt i 7,8 prosent av de totalt 4,256 EU-prosjektene vi har identifisert som relatert til sensitive teknologier (ikke vist i tabell), mens Tyskland har deltatt i 42,6 prosent av prosjektene, og koordinerer 12 prosent av alle prosjekter, mens Norge koordinerer 2,7 av prosjektene.

Aller først ønsker vi å påpeke to merkverdigheter i tabellen, nemlig de spesielle tallene for Storbritannia og Sveits, som riktignok deltar i mange prosjekter, men som har en ekstremt lav koordineringsandel. Disse to viktige FoU-nasjonenes spesielle situasjon i forbindelse med EUs rammeprogrammer gjør dessverre at analysen ikke fanger opp hele spekteret av FoU-deltakende organisasjoner i Europa, da Storbritannia og Sveits ikke deltar på linje med øvrige land. I tillegg til manglende

koordinering av prosjekter tydeliggjøres dette ekstra godt gjennom deres svært lave tall på mottatte midler per innbygger.

Med 211 millioner euro mottatt totalt for alle prosjektdeltakelser, ligger Norge på 12. plass. Dette er noe bak de andre nordiske landene; Sverige med 327 millioner euro, Danmark med 262 millioner euro og Finland med 258 millioner euro. Tyskland har i tillegg til flest prosjektdeltakelser også det høyeste innvilgede beløpet fra EU (1,285 millioner euro), etterfulgt av Belgia (870), Frankrike (786) og Nederland (712). Vi kommer tilbake til den sektorvise «komposisjonen» på hvem som har mottatt midlene på landnivå, men bemerker allerede her at Belgias situasjon er litt spesiell på grunn av det store antallet europeiske organisasjoner som har hovedkontor i Brussel.

Tabell 4.1 Nøkkeltall for nasjoners deltakelse i sensitiv teknologiprosjekter, 2020–2025

Prosjekter				Mottatte midler (mil. euro)		
Land	N	Koord. (N)	(% koord.)	Totalt	Per mill. innb.	% andel til ko-ordinering
Tyskland	1812	517	28,5	1285,5	15,5	51,0
Spania	1447	425	29,4	674,6	14,2	50,5
Frankrike	1367	333	24,4	786,2	11,6	50,8
Italia	1325	301	22,7	539,3	9,1	40,0
Nederland	1043	268	25,7	712,3	40,8	50,1
Storbritannia	840	72	8,6	81,7	1,2	33,0
Belgia	826	152	18,4	870,8	75,4	68,0
Hellas	658	117	17,8	275,1	25,8	31,9
Sverige	552	155	28,1	327,3	31,5	45,2
Østerrike	548	106	19,3	310,8	34,8	42,3
Sveits	526	5	1,0	18,3	2,1	12,5
Danmark	466	153	32,8	262,8	45,0	52,1
Portugal	438	83	18,9	173,1	16,7	34,3
Finland	396	102	25,8	258,9	46,8	48,9
Irland	362	98	27,1	208,3	41,1	47,0
Norge	334	113	33,8	211,1	39,2	53,6
Polen	327	33	10,1	134,5	3,6	30,0
Tsjekkia	284	53	18,7	126,7	12,1	41,6
Israel	229	92	40,2	201,7	21,3	71,2
Kypros	192	23	12,0	63,2	69,1	23,1
Romania	180	8	4,4	52,9	2,8	11,5
Slovenia	176	23	13,1	71,7	34,0	29,3
Tyrkia	148	18	12,2	62,0	0,7	22,8
Luxembourg	133	23	17,3	58,0	91,4	25,4
Ungarn	118	11	9,3	39,6	4,1	27,0
Estland	117	12	10,3	50,6	38,0	35,4
Litauen	94	7	7,4	28,5	10,1	23,7
Serbia	88	4	4,5	21,5	3,1	5,4
Bulgaria	74	2	2,7	22,6	3,5	21,5
Kroatia	74	5	6,8	15,5	4,0	5,9
Slovakia	64	3	4,7	17,5	3,2	3,1
Latvia	56	3	5,4	14,6	7,7	18,4
Ukraina	55	1	1,8	11,1	0,3	3,0
Island	28	3	10,7	12,0	32,6	42,9
Malta	25	7	28,0	9,4	18,2	46,1
Moldova	14	0	0,0	1,4	0,0	0,0
Nord-Makedonia	9	0	0,0	1,0	0,6	0,0
Albania	3	0	0,0	0,5	0,2	0,0
Kosovo	2	0	0,0	0,2	0,0	0,0
Montenegro	1	0	0,0	0,2	0,3	0,0

For å få en mer reell forståelse av Norges (og andre land sine) deltakelser i prosjektene, har vi beregnet *millioner mottatte prosjektmidler (i euro) per million innbyggere*. Disse tallene gir et helt annet inntrykk enn når vi kun ser på absolutte tall. Store nasjoner som Tyskland, Frankrike, Spania og Italia har da relativt lave tall sammenlignet med mindre nasjoner. Helt i toppen for en slik befolkningsjustert indikator finner vi et utvalg av små nasjoner som Luxembourg og Kypros, samt Belgia. Av andre land, ligger nå Norge på en femteplass med 39 millioner euro mottatt per million innbyggere i Norge. Det er kun Finland (47 millioner euro), Danmark (45), Irland (41) og Nederland (41) som har høyere tall enn Norge. Dette indikerer at selv om Norge er en liten nasjon, er vi relativt sett sterkt delaktige i EU-prosjektene om sensitive teknologier.

Disse tallene er ikke korrigert for valutakurser, lønnsnivå og lignende, men vi har også beregnet tallene (ikke vist i tabell) med utgangspunkt i FoU-investeringer på nasjonalt nivå, slik at vi får tall som er korrigert for hvor stor FoU-kapasiteten i et land er (millioner euro mottatt per million FoU-investeringer). Med en slik indikator havner Norge forholdsvis langt ned på listen (20. plass), som da toppes av land som enten er små, har lavt nivå på FoU-investeringene sine, eller begge deler: Kypros, Hellas, Malta, Estland, Luxembourg, Slovenia og Latvia. Dette er ellers et kjennetegn ved distribusjonen av EU-midler generelt: land med lave FoU-investeringer søker relativt sett mer om EU-midler enn land med høye investeringer, og mye av «suksessen» til mange land i Øst- og Sør-Europa, Hellas i særdeleshett, kan forklares med et meget høyt antall innsendte søknader (Piro, Seeber & Wang, 2024). Norge er imidlertid foran både Sverige og Island på denne indikatoren, men bak Finland og Danmark.

I mange av EU-prosjektene er antallet deltakende partnere høyt, og én prosjektdeltakelse kan i teorien være liten (budsjettmessig), og kanskje også innenfor en avgrenset del av hovedprosjektet. Vi er derfor særlig opptatt av prosjektkoordinering når vi vurderer et lands grad av deltakelse. I tabell 4.1 har vi to størrelsesuavhengige indikatorer for koordinering: prosentandel av egne prosjektdeltakelser som et land koordinerer, og prosentandel av tilfalte midler som kommer i egenkap av koordinering. Sistnevnte indikator gir den beste pekepinnen på om et land koordinerer store prosjekter.

Med hensyn til *prosentandel prosjekter med koordinering* ligger Israel øverst med 40 prosent. Det betyr at i 40 prosent av prosjektene der det er israelsk deltakelse, kommer koordinerende institusjon fra Israel. Norge er sammen med Danmark de to landene som har høyest koordinatorandel etter Israel, henholdsvis 33,8 og 32,8 prosent. De største nasjonene har også høye koordinatorandeler: Spania med 29 prosent, og Tyskland og Sverige som begge har 28 prosent. Derimot har mange av de nasjonene som henter hjem mye midler per innbygger, forholdsvis lave koordinatorandeler, eksempelvis Hellas og Luxembourg med 17 prosent,

og Kypros med 11 prosent. Et fellestrekk ved østeuropeiske land er at de i liten grad koordinerer prosjekter; de deltar primært som partnere i andre (vest-) europeiske lands prosjekter.

Disse funnene reflekteres også i indikatoren *prosentandel av innvilgede midler til koordinerende institusjon*. Norge ligger her på tredje plass med 53,6 prosent av alle innvilgede midler tilfallende en norsk koordinerende institusjon. Foran oss på listen har vi Israel med 71 prosent og Belgia med 68 prosent. I sum sier de to koordinatorindikatorne at Norge er, selv med et relativt lavt antall prosjektdeltakelser, «ledende» i den forstand at vi mottar mye EU-midler per innbygger, og at vi i svært høy grad er en nasjon som initierer og leder prosjekter, til forskjell fra å være avhengig av å delta inn i andre nasjoners prosjekter.

4.1.1 Norsk deltakelse i de elleve teknologiområdene

Resultatene så langt er basert på alle prosjekter på sensitive teknologier, og sier ikke noe om Norges posisjon på bestemte teknologiområder. Nedenfor gir vi derfor en analyse av de elleve teknologiområdene uttrykt i relative tall. Vi benytter skårer der den europeiske gjennomsnittsverdien er satt til 1.00 (på landnivå), sånn at vi kan se hvordan Norge ligger an i forhold til andre europeiske land.

Som vi ser i tabell 4.2 er den norske deltakelsen svært ulikt fordelt på teknologiområdene, med henholdsvis 107 millioner euro hentet fra EU innenfor kunstig intelligens, og bare 0,9 millioner euro til undervannsteknologier. Grønne prosenttall betyr at Norges prosentandel av tildelte midler er høyere enn det europeiske gjennomsnittet, mens røde prosenttall betyr det motsatte.

Tabell 4.2 Fordeling av norske prosjekter og EU-midler på tvers av teknologiområder, sammenlignet med den totale fordelingen av EUs midler

	N	Euro (mill.)	%	Gj. snitt
Kunstig intelligens	158	107,16	39,81	30,49
Energiteknologier	72	48,83	18,14	13,23
Avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier	53	38,79	14,41	12,56
Robotikk og autonome systemer	28	21,43	7,96	5,28
Bioteknologier	23	17,25	6,41	5,49
Avanserte halvlederteknologier	31	16,24	6,03	16,66
Avansert konektivitet, navigasjon og digitale teknologier	18	8,20	3,04	4,10
Avanserte sensorteknologier	10	4,73	1,76	2,93
Kvanteteknologier	4	4,06	1,51	5,01
Romfarts- og fremdriftsteknologier	3	1,58	0,59	3,53
Undervannsteknologier	4	0,93	0,34	0,71

Tre av områdene har alene hentet hjem over 72 prosent av de norske EU-midlene. Aller størst er teknologiområdet *kunstig intelligens* med 158 prosjekter, og over en

milliard norske kroner i EU-innvilgede midler. Det utgjør nesten 40 prosent av de samlede EU-midlene som Norge har mottatt innenfor sensitive teknologier. De to store andre områdene er *energiteknologier* og *avanserte materialer, produksjons- og resirkuleringsteknologier*, som har mottatt henholdsvis 18 og 14 prosent av EU-midlene.

Tre av teknologiområdene består alle av under fem prosjekter, og har mottatt totalt kun 2,4 prosent av EU-midlene i tabell 4.2. Dette betyr ikke nødvendigvis at dette er teknologiområder der Norge enten har lav kompetanse/kapasitet eller har mislykkes i å vinne utlysninger. Det er stor variasjon i hvor mye prosjektmidler som er lyst ut innenfor de enkelte teknologiområdene, og tallene må ses i lys av nettopp det. Like fullt, Norges relative innsats innenfor de to minste norske områdene (*romfarts- og fremdriftsteknologier*, og *undervannsteknologier*) ligger godt under den budsjettmessige andelen av disse to teknologiområdene totalt. Mens *undervannsteknologier* er et lite teknologiområde for alle land (totalt mottatt 0,71 prosent av midlene), så er *romfarts- og fremdriftsteknologier* et mye større europeisk forskningsområde med 3,5 prosent av alle midler, men et område med svært liten norsk aktivitet (kun 0,6 prosent av de norske EU-midlene er hentet til dette teknologiområdet). Våre data gir oss ikke mulighet til å vite om lav norsk aktivitet på enkelte teknologiområder skyldes lav søknadsaktivitet eller lav suksessrate for de innsendte søknadene.

Tabell 4.2 viser tydelig at den norske profilen avviker ganske mye fra profilen på EUs fordeling av prosjektmidler. Innenfor noen teknologiområder har vi mottatt midler tilnærmet på det «europeiske gjennomsnittet», for eksempel *bioteknologier* der vi finner 6,4 prosent av de tildelte norske midlene, mens dette er et område som har mottatt 5,5 prosent av alle midler samlet. Også innenfor *robotikk og autonome systemer* ligger den norske andelen litt over hva som er tildelt totalt (8,0 prosent mot 5,3 prosent), og det samme ser vi for *avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier* (14,4 mot 12,6 prosent). Motsatt ligger vi noe under gjennomsnittet totalt for tildelte midler innenfor *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier* (3,4 mot 4,1 prosent), *avanserte sensorteknologier* (1,8 mot 2,9 prosent), og *undervannsteknologier* (0,3 mot 0,7 prosent). Innenfor fem teknologiområder finner vi at den norske aktiviteten er betydelig høyere eller lavere enn for hva som er gjennomsnittet for alle EU-prosjekter samlet.

Norge har en relativt mye sterkere spesialisering enn andre land innenfor *kunstig intelligens*, som står for 39,8 prosent av alle norske tildelte midler, mot 30,5 prosent i den totale budsjettporteføljen. Tilsvarende ligger vi nesten 5 prosentpoeng over gjennomsnittet totalt innenfor *energiteknologier* (står for 18,1 prosent av norske midler).

På tre teknologiområder er Norge tildelt merkbart mindre midler enn andre land. Norges prosentandel tildelte midler innenfor *avanserte halvlederteknologier*

(6 prosent) er over 10 prosentpoeng under hva som er tilfellet for alle tildelte midler totalt. Sagt annerledes: hadde Norge satset, eller lyktes, på linje med andre land innenfor dette teknologiområdet, skulle vi ha blitt tildelt nesten tre ganger så mye midler som hva vi har mottatt.

Også innenfor *kvanteteknologier* har vi et nivå på tildelte midler som er om lag en tredjedel av det som er vanlig (1,5 mot 5,0 prosent), og innenfor *romfarts- og fremdriftsteknologier* har vi kun mottatt en sjettedel av midlene sammenlignet med et europeisk gjennomsnitt.

I tabell 4.3 graver vi videre i Norges relative aktivitet innen de elleve teknologiområdene. Her ser vi på fire nøkkeltall for norske deltakelser på tvers av teknologiområder, normalisert for gjennomsnittsverdien av de europeiske landene som er tildelt midler innenfor de ulike teknologiområdene. Den europeiske gjennomsnittsverdien er satt til 1.00. Verdien av eksempelvis 0.95 indikerer at Norges skåre er 5 prosent lavere enn det europeiske gjennomsnittet, mens verdien 1.05 indikerer at vi ligger 5 prosent over gjennomsnittet.

Tabell 4.3 Norges resultater standardisert iht. europeiske gjennomsnittsverdier (1.00)

	Mottatte EU-midler	Mottatte EU-midler per innbygger	Andel av prosjekter koordinert	Prosent-andel av midler som koordinator
Kunstig intelligens	1,38	2,10	2,59	1,98
Energiteknologier	1,69	3,40	2,90	2,66
Avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier	1,13	1,99	2,55	2,10
Robotikk og autonome systemer	1,50	1,97	3,43	2,28
Bioteknologier	0,84	1,95	1,86	1,57
Avanserte halvlederteknologier	0,30	0,71	2,25	1,72
Avansert konektivitet, navigasjon og digitale teknologier	0,66	0,90	0,83	0,56
Avanserte sensorteknologier	0,54	0,93	0,70	1,31
Kvanteteknologier	0,23	0,53	2,29	2,23
Romfarts- og fremdriftsteknologier	0,17	0,44		
Undervannsteknologier	0,38	0,74		

Det er særlig to teknologiområder som skiller seg «negativt» ut: *romfarts- og fremdriftsteknologier* og *undervannsteknologier*. Her har Norge et svært lavt aktivitetsnivå, både i absolutte og relative tall. Norge har så langt kun deltatt i henholdsvis 3 og 4 prosjekter innenfor disse teknologiområdene, og heller ikke hatt koordinatrollen i noen av prosjektene. Innenfor *undervannsteknologi* er Tyskland (17 prosjekter), Spania (15), Italia (13) og Frankrike (12) de mest aktive nasjonene. De nordiske landene har deltatt i henholdsvis 7 prosjekter (Danmark), 6 prosjekter (Finland), 4 prosjekter (Norge), og 1 prosjekt i Sverige. *Romfarts- og fremdriftsteknologier* er derimot et betydelig større teknologiområde. De største nasjonene på dette feltet målt i prosjektdeltakelser er Tyskland (86), Frankrike (70), Italia

(63) og Spania (59). Sverige er her med i 15 prosjekter (mot 3 norske), Danmark i 11 og Finland i 10.

Kunstig intelligens er et område der Norge har et høyt aktivitetsnivå. Flest prosjekter har Tyskland (767), Spania (647) og Italia (566). Norges antall prosjekter (158) er det laveste i Norden (Sverige har 256, Danmark 191 og Finland 179), men i europeisk sammenheng relativt høyt. På dette området henter også Norge mye midler per innbygger, og vi har en sterk koordinatorposisjon. Innenfor *energiteknologier* er mønsteret det samme. Her finner vi flest prosjekter i Tyskland (240), Italia (200) og Frankrike (188). Dette er det eneste teknologiområdet der Norge har det høyeste antallet prosjekter i Norden. Norge deltar i 72 prosjekter mot 60 i Danmark, 53 i Sverige og 40 i Finland.

Avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier og *Robotikk og autonome systemer* er områder der Norge har gode skårer i en europeisk kontekst, både med hensyn til tildelte midler og grad av koordinering. Innenfor førstnevnte teknologiområde er Tyskland (311 prosjekter), Spania (276) og Frankrike (247) de mest aktive nasjonene. I en nordisk kontekst kommer Norge nederst med 53 prosjekter. Flest prosjekter finner vi i Sverige (104), etterfulgt av Danmark (81) og Finland (74). Innenfor *robotikk og autonome systemer* er Spania (121 prosjekter), Tyskland (112) og Italia (105) de mest aktive nasjonene. Her er de nordiske landene nokså like i sin prosjektaktivitet: Sverige deltar i 35 prosjekter, Danmark i 31, Norge i 28 og Finland i 26.

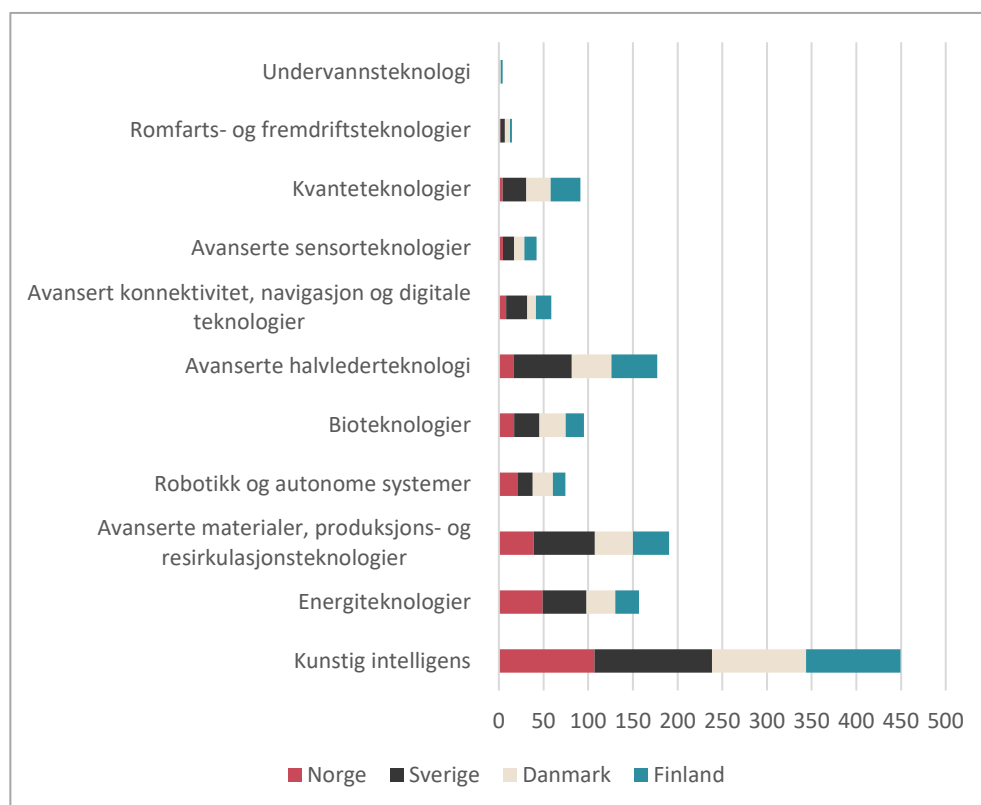
Teknologiområdene over må kunne kalles områder der Norge gjør det relativt godt i en europeisk kontekst. Fire områder, som omtales nedenfor, er områder der Norge hovedsakelig skårer under gjennomsnittet i en europeisk sammenheng. Det siste området, *bioteknologier*, er i en mellomstilling. Her mottar vi lite EU-midler i absolutte tall, men justert for befolkningsstørrelse er det høyt beløp. Vi har også sterkt innslag av koordinering på dette området. Men antallet prosjekter vi deltar i er ikke spesielt høyt (23), og bak alle nordiske land: Danmark med 61 prosjekter, Sverige med 48 og Finland med 28. Størst antall prosjekter finner vi i Tyskland (182), Spania (132) og Nederland (106).

Innenfor *avanserte halvlederteknologier* og *kvanteteknologier* er norske prosjektdeltakelser lavest i Norden, til gjengjeld koordinerer vi relativt mange av prosjektene vi deltar i. Tyskland er den største nasjonen innenfor *avanserte halvlederteknologier* med 363 prosjekter, fulgt av Frankrike (291) og Spania (227). Med 31 prosjekter er Norge klart minst aktive i Norden, der Sverige har flest prosjekter (102), fulgt av Danmark (75) og Finland (65).

Norge har bare deltatt i fire prosjekter fra området *kvanteteknologier*. Dette er svært få sammenlignet med andre nordiske land: Danmark har 44 prosjekter, Finland 38 og Sverige 36. De største nasjonene i Europa er Tyskland (139 prosjekter), Frankrike (129) og Italia (94).

I de resterende teknologiområdene i tabell 4.3 kjennetegnes norsk deltakelse ved at den er lav målt i mottatte EU-midler og i grad av norsk koordinering. Dette gjelder for det første *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier*, der Norge deltar i 18 prosjekter. Sverige er størst i Norden med 44 prosjekter, Finland har 28 og Danmark (bak Norge) har 16. Mest aktive nasjoner i Europa er Tyskland med 103 prosjekter, Spania med 96 og Italia med 93. *Avanserte sensorteknologier* er det siste teknologiområdet der Norge har en relativt lite aktiv rolle i Europa. Her deltar vi i 10 prosjekter, som er litt under halvparten av andre nordiske land (Finland og Danmark med 23, og Sverige med 21 prosjekter). Største nasjoner i Europa på dette området er Tyskland (80 prosjekter), Spania (79) og Frankrike (65).

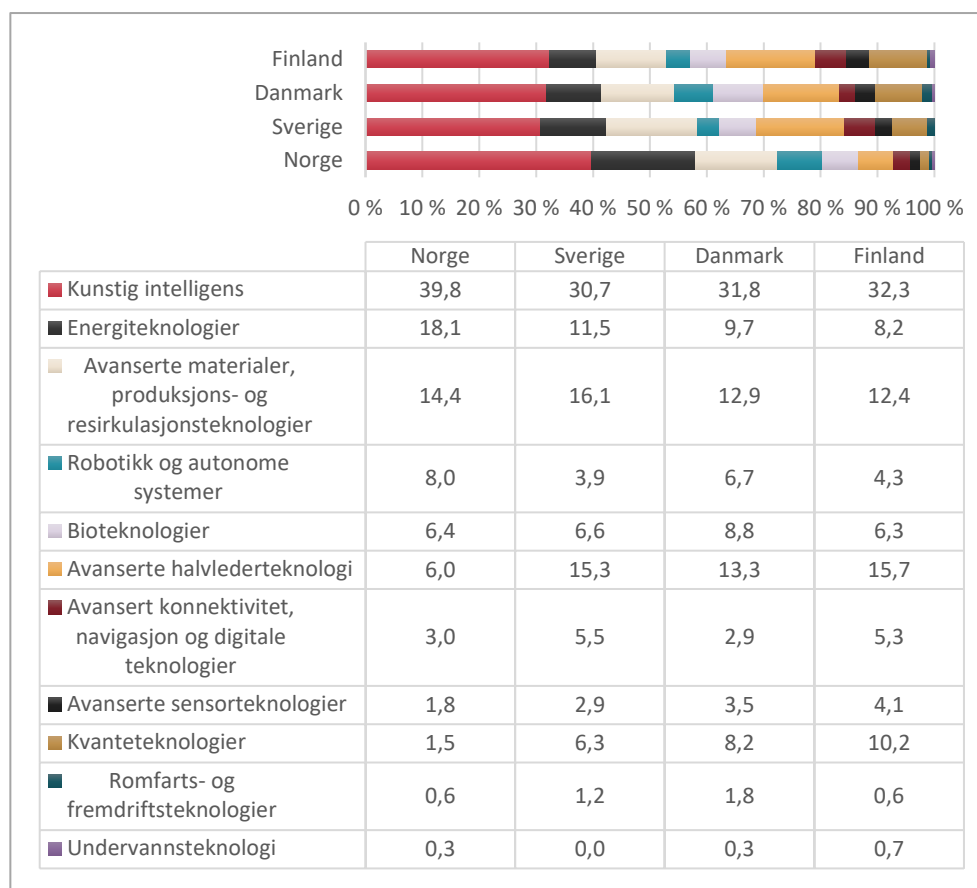
De nordiske forskjellene i innvilgede EU-midler per teknologiområde er illustrert i figur 4.1 og 4.2. Selv om tallene i figur 4.1 ikke er justert for befolkningsstørrelse synliggjøres tydelig Norges beskjedne aktivitet innenfor *kvanteteknologier*, *avanserte sensorteknologier* og *avanserte halvlederteknologier*. Og motsatt kan man visuelt se at Norge er omtrent like store som Sverige innenfor blant annet *energiteknologier* og *kunstig intelligens*.



Figur 4.1 Tildelte EU-midler per nordiske land og teknologiområde

Figur 4.2 viser de nordiske lands prosentvisfordeling av tildelte midler per teknologiområde. Det fremkommer tydelig her at Norge har den høyeste andelen

prosjekter innen *kunstig intelligens* og *energiteknologier*. Rent visuelt er det særlig slående hvor lav prosentandel *avanserte halvlederteknologier* og *kvanteteknologier* utgjør av den samlede norske prosjektporteføljen, sammenlignet med andre nordiske land.



Figur 4.2 Prosentvis fordeling av tildelte midler per teknologiområde

4.1.2 Sektorvis komposisjon i prosjektene

Så langt har vi kun skissert resultater på nasjonalt nivå. I dette avsnittet skal vi se på fordelingen av prosjektdeltakelser på sektornivå, for Norge, og for de andre nordiske landene. Vår oppmerksomhet er primært på skillet mellom akademiske institusjoner (UH=universitets- og høyskolesektoren, INST=forskningsinstitutter) og næringslivet (PRIV). Omfanget av involvering fra øvrig offentlig sektor (OFF) og andre organisasjoner (ØVR) er svært beskjedent, og kommenteres ikke (vi har slått OFF og ØVR sammen i tabellene).

I tabell 4.4 ser vi at Norges UH-sektor i et flertall av teknologiområdene står for 50 prosent eller mer av de tildelte midlene. Unntakene er *energiteknologier* (der instituttene dominerer med 56,9 prosent av midlene), *avanserte sensorteknologier*

(der instituttene er størst med 62,9 prosent og næringslivet større enn UH-institusjonene med 19,8 prosent), *avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier* (der UH-sektoren og instituttene er omtrent like store), samt to områder der næringslivet har høye andeler av innvilgede midler. Disse er *avanserte halvlederteknologier*, der næringslivet har den største andelen av midlene (37,5 prosent), og *kvanteteknologier* (61,5 prosent). Sektorfordelingene i tabell 4.4 illustrerer et viktig poeng. Ulike typer institusjoner (med ulik sektortilhørighet) bidrar ulikt på teknologiområdene. Når vi snakker om norsk deltakelse innen *bioteknologi*, handler det egentlig utelukkende om forskningsinstitusjoner, mens innenfor for eksempel *kvanteteknologier*, så er ikke instituttsektoren representert i det hele tatt, og næringslivet er en mer aktiv deltaker enn UH-sektoren.

Tabell 4.4 Prosentvis fordeling av tildelte midler per sektor og teknologiområde, Norge

Teknologiområde	UH	INST	PRIV	OFF/ØVR
Kunstig intelligens	52,7	34,0	12,0	1,3
Energiteknologier	30,4	56,9	11,4	1,3
Avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier	45,8	43,9	9,7	0,6
Robotikk og autonome systemer	53,0	42,7	3,9	0,4
Bioteknologier	72,4	27,6	0,0	0,0
Avanserte halvlederteknologier	35,8	25,8	37,5	0,9
Avansert konektivitet, navigasjon og digitale teknologier	64,1	7,8	28,1	0,0
Avanserte sensorteknologier	17,3	62,9	19,8	0,0
Kvanteteknologier	38,5	0,0	61,5	0,0
Romfarts- og fremdriftsteknologier	73,3	1,4	25,3	0,0
Undervannsteknologi	78,0	12,7	0,0	9,3

Slike sektorforskjeller kan både være et resultat av innretningen på EUs utlysninger, og av ulik kompetanse i sektorene. Derfor er det interessant å se om vi finner de samme sektorfordelingene i de andre nordiske landene. Merk at lave prosentandeler for forskningsinstitutter i Danmark og Sverige ikke betyr at sektoren er lite involvert, men heller at sektoren er liten i disse landene.

Tabell 4.5 Prosentvis fordeling av tildelte midler per sektor på tvers av nordiske land

Land	UH	INST	PRIV	OFF/ØVR
Danmark	75,18	1,63	16,68	6,52
Finland	47,01	28,14	20,12	4,74
Norge	44,56	42,16	12,15	1,14
Sverige	67,05	7,42	23,39	2,14
Europa	40,08	18,98	31,78	9,16

De nordiske landene har det til felles at de har UH-sektorer som er langt mer involvert i EU-prosjekter enn hva gjennomsnittet for et europeisk lands UH-sektor er (40 prosent). Og Norges prosentandel for deltakelse av forskningsinstitutter er

skyhøyt, både i en nordisk og i en europeisk kontekst. Men tilstedeværelsen av frittstående forskningsinstitutter varierer mye mellom land, slik at den beste markøren for å si noe om sektorforskjeller er å se på variasjoner i næringslivets involvering. Her ligger alle nordiske land godt under det europeiske gjennomsnittet (31,8 prosent), men Norge skiller seg i særdeleshet ut med at kun 12 prosent av EU-midlene har gått til næringslivet. I tabell 4.6 ser vi nærmere på om dette også er tilfellet på tvers av de elleve teknologiområdene.

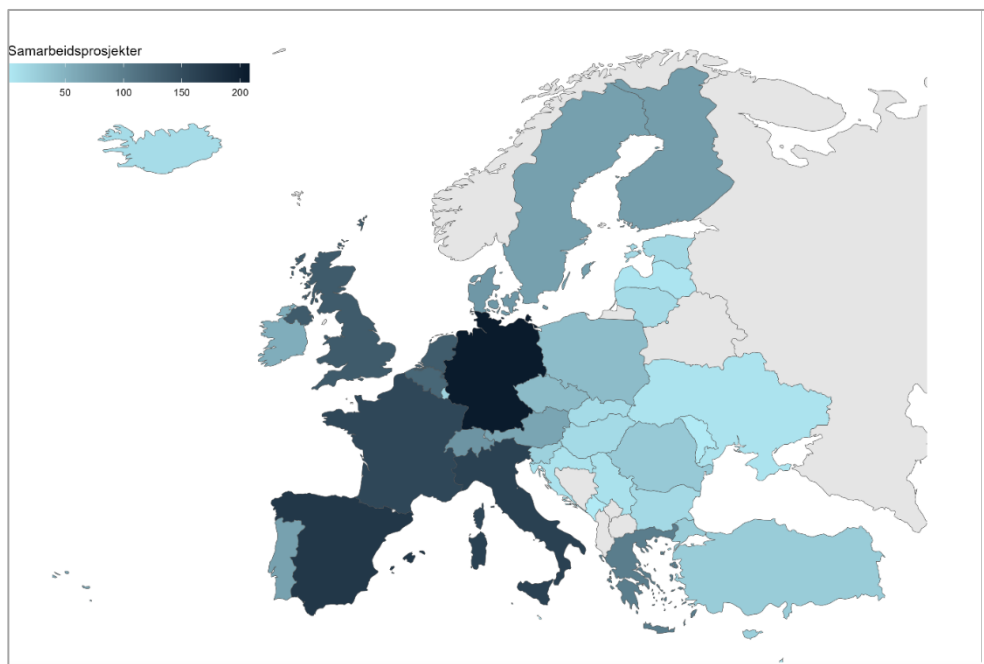
Tabell 4.6 viser at norsk næringsliv ikke deltar i prosjekter innen *bioteknologier* (mot 7-34 prosent andeler i andre nordiske land) og *undervannsteknologier* (heller ikke Sverige har deltakelse her fra næringslivet). Norsk næringsliv har videre de laveste prosentandelene på tildelte midler innenfor *energiteknologier* (11 prosent, mot 23-55 prosent i andre land), *kunstig intelligens* (12 prosent, mot 13-21 prosent i andre land), og *robotikk og autonome systemer* (4 prosent, mot 20-30 i andre land). Motsatt har norsk næringsliv de høyeste prosentandelene i tildelte midler innenfor tre teknologiområder: *avanserte halvlederteknologier* (37 prosent, mot 15-24 prosent i andre land), *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier* (28 prosent, mot 4-20 i andre land), og *kvanteteknologier* (61 prosent, mot 2-30 prosent i andre land; men merk her at dette er en høy andel av et svært beskjedent volum). Norsk næringsliv har videre den nest høyeste prosentandelen innenfor *avanserte sensorteknologier* (20 prosent, som er høyere enn i Finland og Sverige), og nest høyest innenfor *romfarts- og fremdriftsteknologier* der verken Finland eller Danmark har deltakelse fra næringslivet.

Tabell 4.6 Prosentvis fordeling av tildelte midler per sektor (ekskl. OFF/ØVR) og teknologiområde på tvers av nordiske land

Teknologiområder	Land	UH	INST	PRIV
Kunstig intelligens	Norge	52,7	34,0	12,0
	Danmark	73,2	2,7	13,6
	Finland	61,1	17,8	14,5
	Sverige	70,3	4,4	21,4
Energiteknologier	Norge	30,4	56,9	11,4
	Danmark	54,9	1,3	40,2
	Finland	34,6	41,5	23,9
	Sverige	25,4	18,7	55,7
Avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier	Norge	45,8	43,9	9,7
	Danmark	88,2	1,5	6,1
	Finland	49,7	22,6	20,9
	Sverige	79,7	7,8	10,1
Robotikk og autonome systemer	Norge	53,0	42,7	3,9
	Danmark	64,2	0,0	30,8
	Finland	28,2	35,7	20,8
	Sverige	57,5	7,5	31,3
Bioteknologier	Norge	72,4	27,6	0,0
	Danmark	89,5	1,4	7,5
	Finland	46,2	14,5	34,0
	Sverige	82,3	0,0	17,2
Avanserte halvlederteknologier	Norge	35,8	25,8	37,5
	Danmark	77,4	0,0	21,8
	Finland	33,3	42,0	24,5
	Sverige	83,0	1,5	15,5
Avansert konektivitet, navigasjon og digitale teknologier	Norge	64,1	7,8	28,1
	Danmark	78,4	0,0	13,2
	Finland	67,0	27,4	4,1
	Sverige	66,6	12,3	20,2
Avanserte sensorteknologier	Norge	17,3	62,9	19,8
	Danmark	56,2	7,4	31,1
	Finland	36,0	48,7	15,4
	Sverige	80,2	16,7	3,1
Kvanteteknologier	Norge	38,5	0,0	61,5
	Danmark	80,8	0,0	19,2
	Finland	39,9	29,2	30,8
	Sverige	97,7	0,0	1,9
Romfarts- og fremdriftsteknologier	Norge	73,3	1,4	25,3
	Danmark	92,8	0,0	0,0
	Finland	53,8	35,2	0,0
	Sverige	35,9	19,9	40,6
Undervannsteknologi	Norge	78,0	12,7	0,0
	Danmark	58,1	0,0	41,9
	Finland	17,0	63,8	8,5
	Sverige	0,0	0,0	0,0

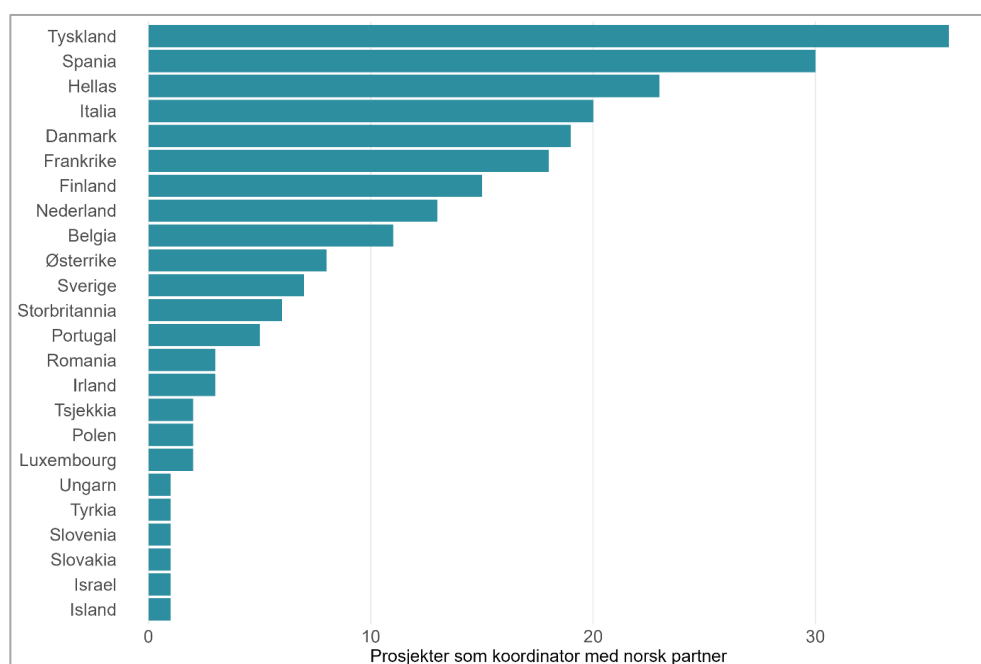
4.1.3 Samarbeid i EUs rammeprogrammer

Her ser vi på hvilke land Norge samarbeider mest med i EU-prosjektene. Analysen er forholdsvis kort og enkel, til forskjell fra den mer omfattende samarbeidsanalysen for norske vitenskapelige publikasjoner vi presenterte i kapittel 3. Bakgrunnen for denne forskjellen er at det europeiske samarbeidet i EU-prosjekter i liten grad avslører noen distinkte samarbeidsrelasjoner, fordi utlysningene legger opp til utstrakt partnerskap på tvers av europeiske land. Som vi ser av figur 4.3 gjenspeiler egentlig samarbeidsintensiteten mer størrelsen på de ulike land, enn at det uttrykker en spesiell samarbeidsrelasjon mellom Norge og ulike land.



Figur 4.3 Norsk samarbeidsintensitet med europeiske land i EU-prosjekter

Av figuren ser vi at Norge deltar i flest prosjekter med Tyskland, dernest Spania, Frankrike og Italia (i tillegg til Storbritannia). Dette sammenfaller godt med volum og koordinering (jfr. tabell 4.1). Derimot ser vi noen avvik fra dette mønsteret når vi ser på hvilke koordinatorknasjoner som står bak samarbeidsprosjektene som Norge deltar i (figur 4.4).



Figur 4.4 Prosjektkoordinators land, i prosjekter der Norge inngår som partner

Her finner vi et forholdsvis høyt antall prosjekter ledet fra Danmark og Finland, samtidig som Norge har deltatt i et større antall prosjekter med koordinator fra Hellas.

Med utgangspunkt i figur 4.3 over beskriver vi nærmere norske samarbeidsmønstre for teknologiområdene samlet, samt for de elleve teknologiområdene. Vi konsentrerer oss her om å beskrive hovedsamarbeidspartnerne (dvs. det landet som inngår i flest prosjektsamarbeid med Norge).

På tvers av alle elleve teknologiområder vises det at Tyskland er Norges viktigste hovedsamarbeidspartner. Etter Tyskland følger Spania og Frankrike som de mest sentrale samarbeidspartnerne, etterfulgt av Storbritannia og Italia (der nest Hellas, Belgia og Nederland). Det er altså særlig sentral- og søreuropeiske land som Norge har mest samarbeid med når det gjelder prosjekter på sensitive teknologiområder.

Når det gjelder de andre nordiske landene kan samarbeidet med Danmark, Sverige og Finland karakteriseres som moderat. Samarbeidet med de tre nordiske landene er fraværende for prosjekter om *kvanteteknologi*; i tillegg vises ingen samarbeid med Sverige og Finland i prosjekter innen *romfarts- og fremdriftsteknologier* og innen *undervannsteknologi*. For *undervannsteknologi* vises det til sterkt samarbeid med Tyskland.

Tyskland er (med to unntak – mer om disse i neste avsnitt) hovedsamarbeidspartner for alle teknologiområder sammen med ett eller flere andre land. Samarbeidsmønsteret med Tyskland og Spania som hovedsamarbeidspartner for alle teknologier er omtrent det samme for *kunstig intelligens*, *avansert konnektivitet*,

navigasjon og digitale teknologier og robotikk og autonome systemer. For avansert halvlederteknologi og undervannsteknologi er det Tyskland som peker seg ut som den eneste hovedsamarbeidspartner.

På to av teknologiområdene brytes imidlertid trenden med at Tyskland er viktigste samarbeidsland (eller blant de viktigste samarbeidslandene). På *kvanteteknologier* skiller Italia seg ut som viktigste samarbeidsland (men dette er kun basert på fire prosjekter med norsk deltakelse), mens på *romfarts- og fremdriftsteknologier* skiller Belgia seg ut som viktigste samarbeidsland. Dette er egentlig et ubetydelig funn, og neppe et uttrykk for en sterk bilateral relasjon på dette feltet. Norge deltar som tidligere nevnt i kun tre prosjekter på dette teknologiområdet, og her er det belgiske partnere i alle tre (men verken Norge eller Belgia koordinerer prosjektene). Bak Italia og Belgia på disse områdene følger Tyskland, Spania og Frankrike med samarbeid i to prosjekter innenfor hvert teknologiområde. Dermed er disse også viktige samarbeidsland på disse områdene (sammen med Storbritannia på *kvanteteknologier* og Romania på *romfarts- og fremdriftsteknologier*), selv om de ikke plasseres i gruppen Norge har flest samarbeid med her. Det er også verdt å merke seg at *kvanteteknologier* og *romfarts- og fremdriftsteknologier* skiller seg ut som de to områdene der Norge samarbeider med færrest land (14). Selv om 14 samarbeidsland gjør at porteføljen er relativt diversifisert, kan relativt lavt antall samarbeidsland indikere at Norge på disse områdene er mer avhengig av samarbeid med de viktigste samarbeidspartnerne enn på andre områder. *Kvanteteknologier* og *romfarts- og fremdriftsteknologier* skiller seg også ut i sammenligning med de andre områdene ved at de følger et rimelig klart øst/vest-skille og er områder hvor Norges samarbeid lener seg relativt tungt på vest-europeiske partnere.

Analysene i dette kapittelet har holdt seg på nasjon- og sektornivå. Vi gjør ikke egne analyser av enkeltinstitusjoner, men avslutter den delen av rapporten som handler om deltakelse i EU-finansierte prosjekter med å vise en oversikt over de 15 største norske og utenlandske aktørene fra henholdsvis de akademiske sektorene (UH/INST) og næringslivet (PRIV) (tabell 4.7). Med størrelse forstås tildelte midler (euro).

Tabell 4.7 De 15 største deltakerne i teknologiprojektene fordelt på sektorer (UH/INST og PRIV), og land (Norge og øvrige europeiske land), med sum tildelt beløp

UH/INST		UH/INST	
SINTEF	61,1	Interuniversitair Micro-Electronica Centrum Vzw	532,5
NTNU	48,0	Commissariat À l'energie Atomique (CEA)	311,2
Universitetet i Oslo	26,8	Fraunhofer	230,6
UiT Norges arktiske universitet	15,5	CNRS	226,3
NORCE	13,0	Delft University of Technology	113,6
Universitetet i Bergen	8,6	Deutsches Zentrum Fur Luft - Und Raumfahrt Ev	105,3
Oslo Universitetssykehus	8,3	Max-Planck-Gesellschaft	96,2
Simula Research Laboratory	6,6	Spanish National Research Council (CSIC)	92,9
Institutt For Energiteknikk	6,4	Danmarks Tekniske Universitet	85,6
Nansen senter for miljø og fjernmåling	6,1	Katholieke Universiteit Leuven	79,8
Norges Geotekniske Institutt	6,0	VTT Technical Research Centre of Finland	74,8
NILU	5,6	Ludwig-Maximilians-Universität München	71,4
Meteorologisk institutt	5,2	Eindhoven University of Technology	59,7
NMBU	3,6	Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)	57,3
Høgskulen på Vestlandet	2,7	Milano University	51,7
PRIV		PRIV	
Coorstek Membrane Sciences	5,9	General Electric	67,0
Rolls Royce	4,6	Airbus	61,3
Flexfuels	3,1	Safran	57,6
Hydrogenious Lohc	3,0	Thales	54,7
Norsk Elektro Optikk	2,8	Maero	42,0
Corvus Energy	2,8	Axelera	33,6
Norwegian Hydrogen	2,6	Infineon Technologies	26,2
Hydro Havrand	2,6	Siemens	25,8
Domore Diagnostics	2,5	ArianeGroup	24,6
Oivi	2,5	Leonardo - Societa Per Azioni	23,9
Sustainable Energy	2,4	Rolls Royce	22,4
Lace Lithography	2,2	Codasip	21,7
Elkem	2,1	STMicroelectronics	20,0
Chip Nanoimaging	1,9	Iveco	19,0
Kongsberg Gruppena	1,9	Intrasoft	18,6

SINTEF (som her inkluderer alle deler av SINTEF-konsernet) er Norges klart største mottaker av midler til prosjekter om sensitive teknologier (61,1 millioner euro), etterfulgt av NTNU (48 millioner). Med dette plasserer SINTEF seg på en 13. plass i Europa over største tilskuddsmottakere innen den akademiske sektoren. Tar vi med næringsliv også, er SINTEF den 15. største mottakeren i Europa sentralt. Det er like fullt mange organisasjoner foran SINTEF som har mottatt *vesentlig* mer penger. Europas klart største mottaker av EU-midler til FoU-prosjekter tilknyttet sensitive teknologier er det belgiske forskningsinstituttet

Interuniversitair Micro-Electronica Centrum Vzw med mer enn 5 500 ansatte og forskning rettet mot halvledere, kunstig intelligens, fotonikk, 5G og kvanteteknologi. Nest størst er det franske Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), med 21 000 ansatte og forskning konsentrert om fire kjerneområder: kjernekraft og alternative energikilder (solenergi, hydrogen, batterier), forsvar og sikkerhet (atomvåpen, cybersikkerhet), digital teknologi (mikroelektronikk, kunstig intelligens, superdatamaskiner), medisinsk teknologi (radionuklider, bildediagnostikk, bioteknologi). På listen over store internasjonale aktører er det videre flere paraplyorganisasjoner som organiserer en rekke institutter (CNRS i Frankrike, Fraunhofer i Tyskland, osv.). Det største universitetet på listen er det tekniske universitetet i Delft i Nederland (Nederland har også det tekniske universitetet i Eindhoven med i tabell 4.7).

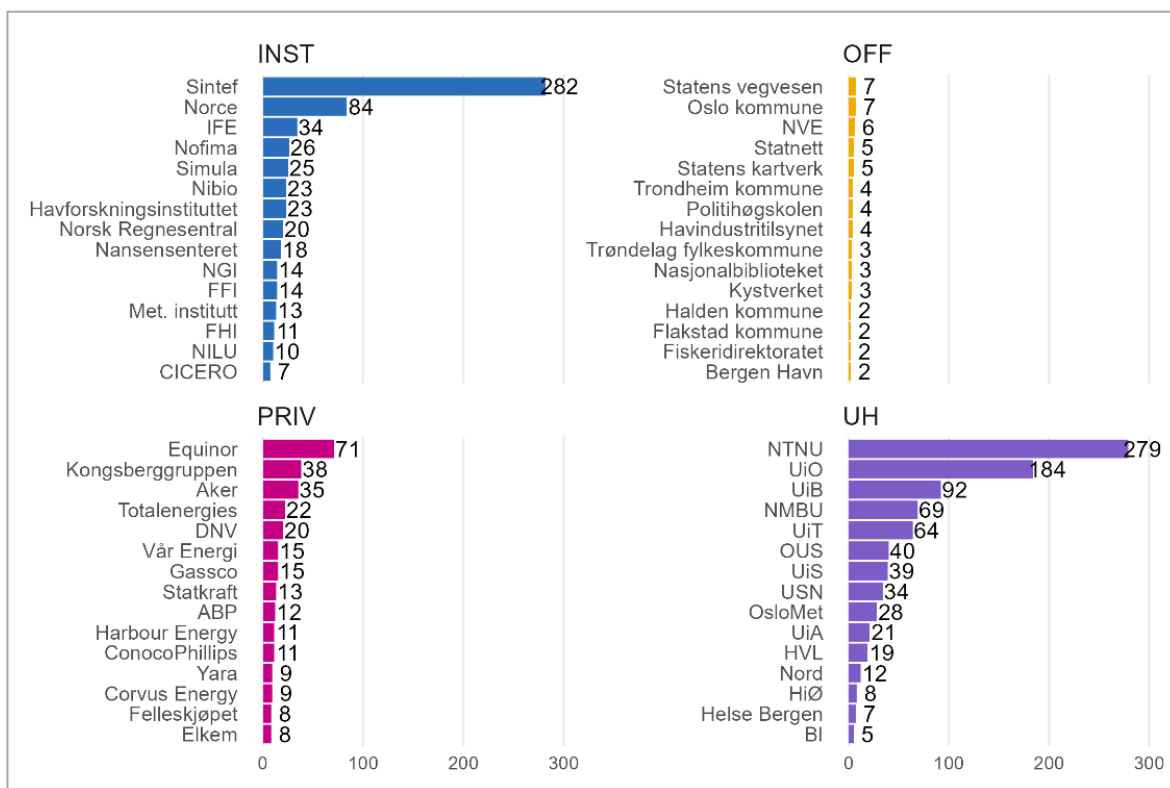
Ser vi på næringslivets mottak av midler, er det generelt mye lavere enn for de akademiske institusjonene. Alle bedrifter i tabell 4.7 er presentert på konsernnivå, selv om de fleste på listen består av ulike datterselskaper (ofte i ulike land også). Ingen av de norske bedriftene er i nærheten av å komme inn på listen over de største bedriftene.

4.2 Mest aktive norske institusjoner i prosjekter totalt

Som vi redegjorde for i metodekapittelet kommer prosjektdata fra Norges forskningsråd og det Europeiske Forsvarsfondet (EDF) med noen begrensninger. Det er nemlig kun i EU-dataene at vi har mulighet til å splitte budsjett på involverte deltakere, mens i EDF- og Forskningsrådsprosjekter har vi bare informasjon om prosjektets totale budsjett. Om EDF-dataene vil vi også bemerke at det er et beskjedent antall norske deltakelser i prosjekter der EDF har lagt ut prosjektinformasjon (i alt 26), hvilket gjør at vi ikke ser noe poeng i å lage en egen EDF-analyse. Tilsvarende blir det mer komplisert å se det hele bildet i *hvilke* norske aktører som deltar i prosjekter innen sensitiv teknologiutvikling dersom de tre finansieringskildene analyseres separat. For å illustrere hvilke institusjoner i Norge som er mest aktive i prosjekter på sensitive teknologiområder, velger vi derfor her å slå sammen de tre datakildene og se på *antall* prosjektdeltakelser, uavhengig av størrelse på prosjektet eller om man deltar som koordinator/partner.

Også her ser vi den store dominansen til teknologimiljøet i Trondheim gjennom NTNU og SINTEF (figur 4.5). Begge har deltatt i om lag 280 prosjekter med oppstart i perioden 2020–2025. Nummer tre på listen er Universitetet i Oslo med 184 prosjekter, nøyaktig dobbelt så mange som Universitetet i Bergens 92 prosjekter. UiB fremstår imidlertid også som et klart knutepunkt for FoU-relatert til sensitive teknologier, da NORCE er det nest største forskningsinstituttet med 84 prosjektdeltakelser.

Fra næringslivet skiller Equinor seg ut med 71 prosjekter, mens Kongsberg-gruppen (hele konsernet) og Aker ASA er de nest største private aktørene.



Figur 4.5 De 15 mest aktive norske institusjonene i prosjekter (EU, EDF, Forskningsrådet), antall prosjektdeltakelser

I det følgende skal vi se på de viktigste norske aktørene per teknologiområde innen de fire sektorene høyere utdanning (UH), instituttsektor (INST), privat næringsliv (PRIV) og offentlig sektor (OFF). Betydningen av aktørene for de individuelle teknologiområdene blir målt med antall prosjektdeltakelser.

For de individuelle teknologiområdene er SINTEF ledende på alle teknologiområder blant instituttene, mens NTNU alene er ledende i alle elleve områder i UH-sektoren. Det er to unntak der NTNU ikke er ledende alene i antall prosjektdeltakelser, men der en annen institusjon har like mange prosjektdeltakelser; det gjelder UiO i *avanserte halvlederteknologier* (figur 4.6) og NMBU i *bioteknologier* (figur 4.7).

Når det gjelder privat næringsliv og offentlig sektor er bildet mer sammensatt. Equinor og Kongsberg Gruppen peker seg ut innen privat næringsliv. Equinor er sentral på prosjektdeltakelser innen *kunstig intelligens* (figur 4.8) og *energiteknologier* (figur 4.9), mens Kongsberg Gruppen er ledende på prosjektdeltakelser innen *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier, robotikk og autonome systemer* (figur 4.10) og *undervannsteknologier* (figur 4.11). Deltagelsen fra offentlig sektor er jevnt over veldig lav, men ett område skiller seg ut: *romfart og*

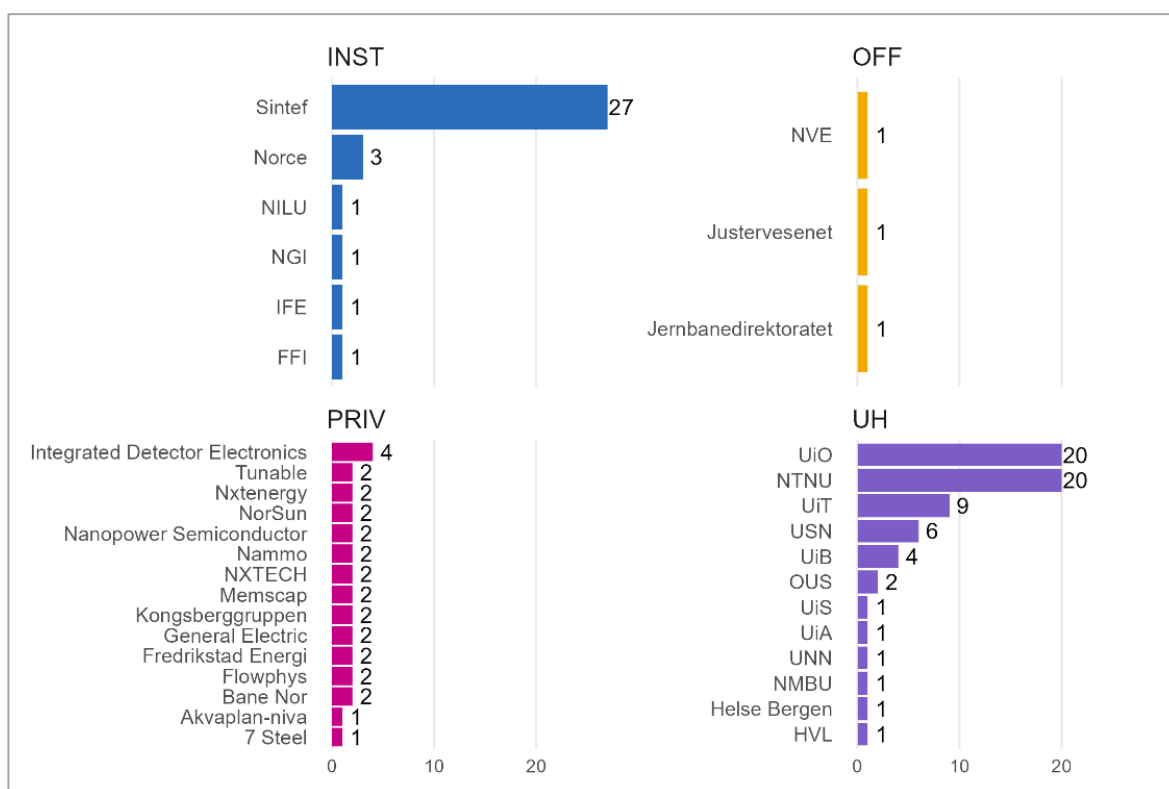
fremdriftsteknologier. Der er Statens kartverk med i fire prosjekter og Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (NKOM) med i to. Til sammenligning har NTNU og SINTEF som de største institusjonene i UH- og INST-kategoriene henholdsvis tolv og åtte prosjektdeltagelser.

Ser vi på hvilke områder som domineres av få institusjoner, dvs. områder der de institusjonene som deltar i flest prosjekter er få og deltar i mange flere prosjekter enn de som følger rett bak på lista, er de mest slående tilfellene *romfarts og fremdriftsteknologier* og *avanserte halvlederteknologier*. På *romfarts- og fremdriftsteknologier* er NTNU klart størst i universitets- og høyskolesektoren med tolv ganger så mange deltagelser (12) som neste på lista (1), mens SINTEF er klart størst i instituttsektoren med åtte ganger så mange deltagelser (8) som neste på lista (1). På *avanserte halvlederteknologier* er SINTEF klart størst i instituttsektoren med ni ganger så mange deltagelser (27) som neste på lista (3), men her finner vi ingen tilsvarende dominans i universitets- og høyskolesektoren. I privat sektor finner vi klarest dominans av få institusjoner på *energiteknologier* hvor Equinor har litt mer enn dobbelt så mange deltagelser (33) som neste på lista (14, Total-energies). På *energiteknologier* er det også verdt å merke seg at enkeltinstitusjoner nyter relativt stor dominans også i universitets- og høyskolesektoren og i instituttsektoren: NTNU har litt over dobbelt så høy deltagelse (55) som neste på lista (25, UiO), mens SINTEF har litt mer enn fem ganger så mange deltagelser (91) som neste på lista (18, NORCE).

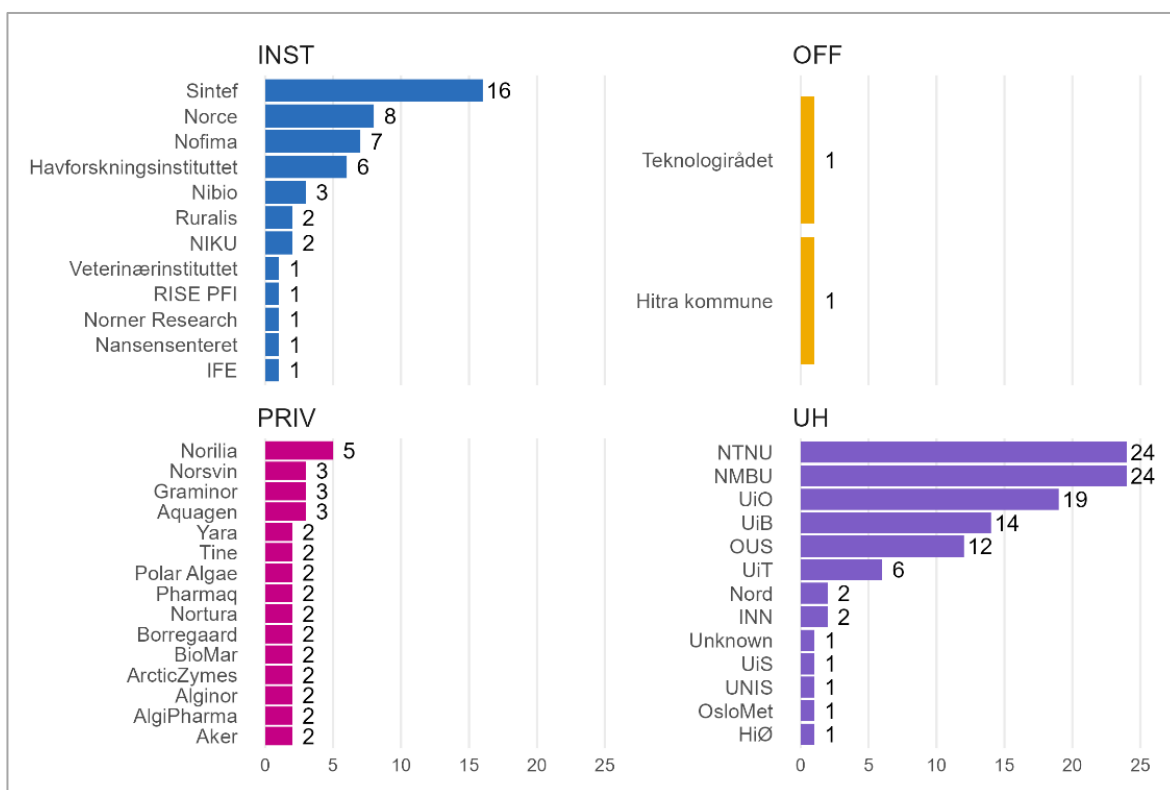
Energiteknologier-området skiller seg også ut på den måten at det er der forskjellen mellom mest aktive deltager i instituttsektoren (SINTEF: 91) og mest aktive deltager i universitets- og høyskolesektoren er nest størst (NTNU: 55). På *kvanteteknologier* er forskjellen imidlertid enda større (NTNU: 4 og SINTEF: 1), men her er utvalget, altså det totale antallet prosjekter, så lite at vi ikke kan tillegge tallene særlig betydning. På de øvrige områdene er deltagelsene relativt jevnt fordelt mellom universitets- og høyskolesektoren og instituttsektoren.

Videre ser vi at det kun er på tre områder at instituttsektoren har den mest aktive deltakeren; *avanserte halvlederteknologier*, *avanserte sensorteknologier* og *energiteknologier*. Som indikert over skiller *Energiteknologier* seg ut som eneste område hvor instituttsektoren har soleklart mest aktive deltager på et område (SINTEF: 91 og NTNU: 55). På de to øvrige er forholdet relativt jevnt. For *avanserte halvlederteknologier* er SINTEF størst med 27 deltagelser, mens UiO og UiT har 20 deltagelser hver. For *avanserte sensorteknologier* er SINTEF størst med 16 deltagelser mens NTNU har 14. Motsatt, dvs. på teknologiområder der universitets- og høyskolesektoren har mest aktive deltager, skiller *kunstig intelligens* seg ut som det området med tydeligst UH-dominans. Alene er NTNU soleklart største deltager (114) mens UiO er nest størst (92). I instituttsektoren er SINTEF størst (92) men «bare» like aktive som andreplassen i HES-kategorien, UiO.

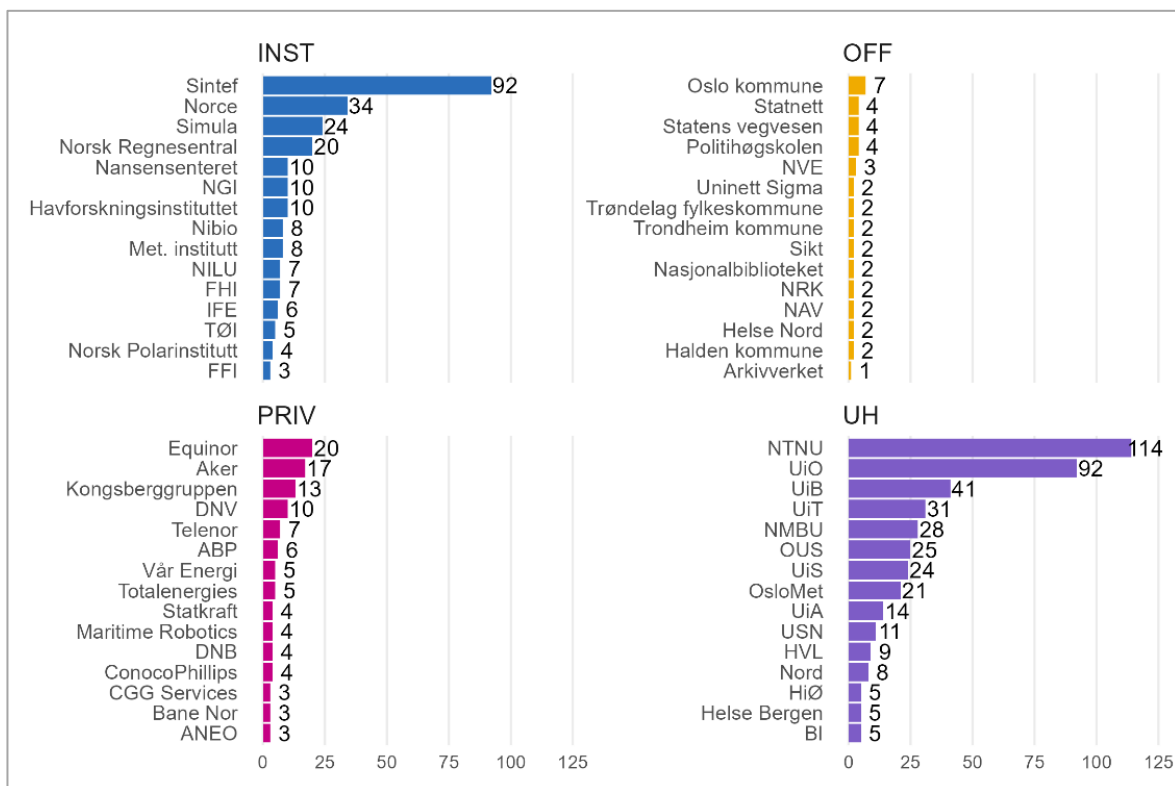
Tilstedeværelsen av private selskaper er størst innenfor *KI-forskningen*. Blant de fem største deltagerne fra privat sektor finner vi tre statseide norske selskaper (Equinor: 20, Kongsberg Gruppen: 13: og Telenor: 7), og blant de 15 største finner vi seks (de tre ovennevnte, samt: Statkraft: 4, DNB (34 prosent statlig eierskap): 4 og BaneNor: 3). Til sammen utgjør disse seks rett i underkant av 50 prosent av alle prosjektdeltagelser blant de 15 mest aktive deltagerne på *kunstig intelligens*. Til sammenligning har ingen av de andre områdene tilsvarende involvering fra stats-eide selskaper. Nærmest er *energiteknologier* med rundt 40 prosent av de 15 mest aktive, og *avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier* med rett i underkant av 40 prosent.



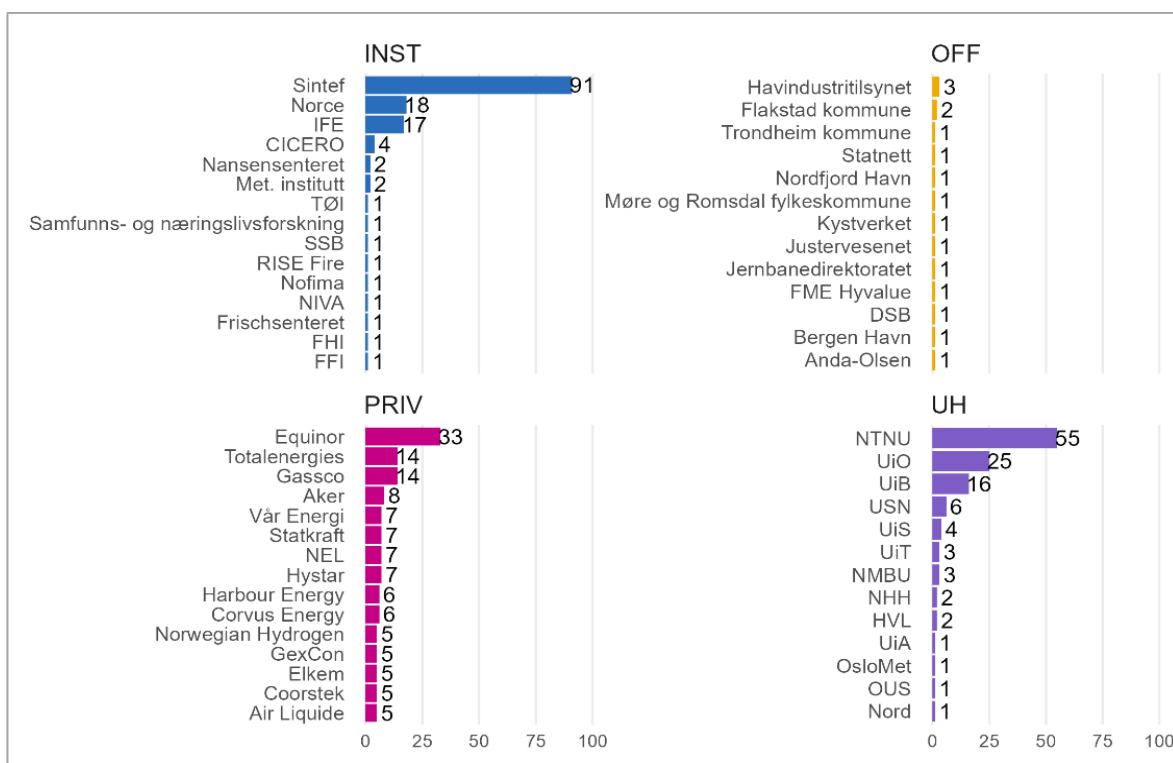
Figur 4.6 Mest aktive norske institusjoner, avanserte halvlederteknologier (antall)



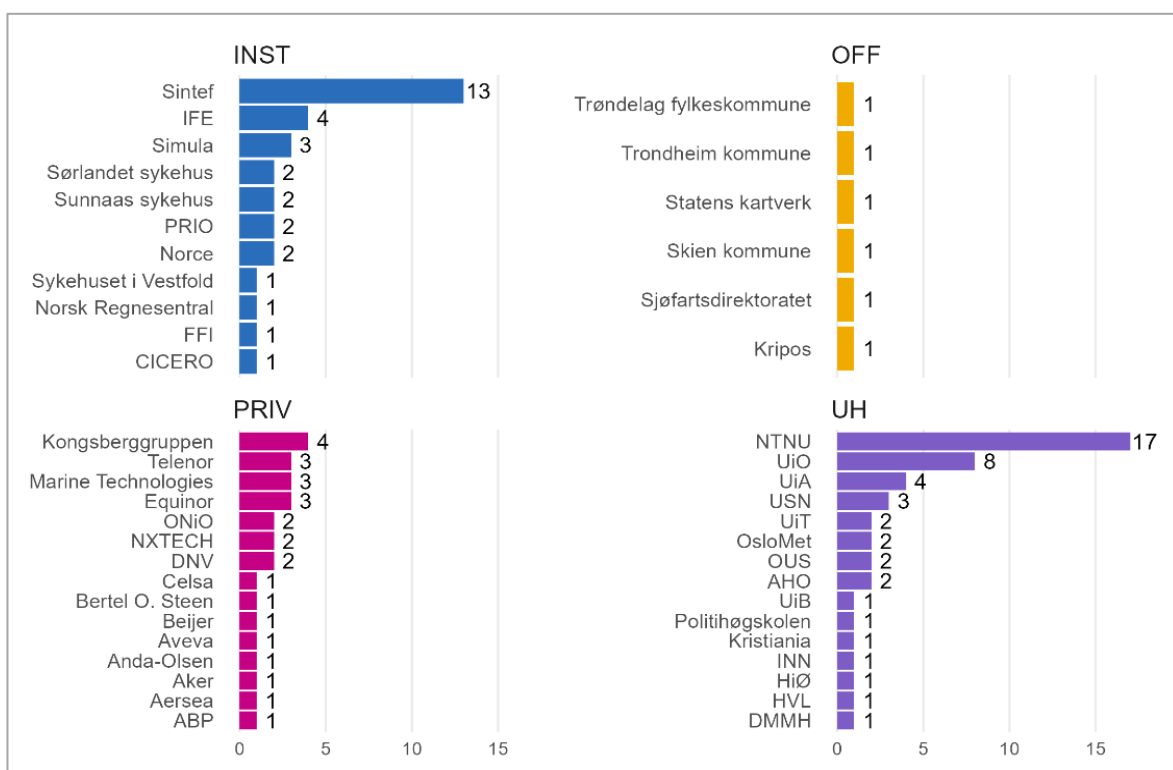
Figur 4.7 Mest aktive norske institusjoner, bioteknologier (antall)



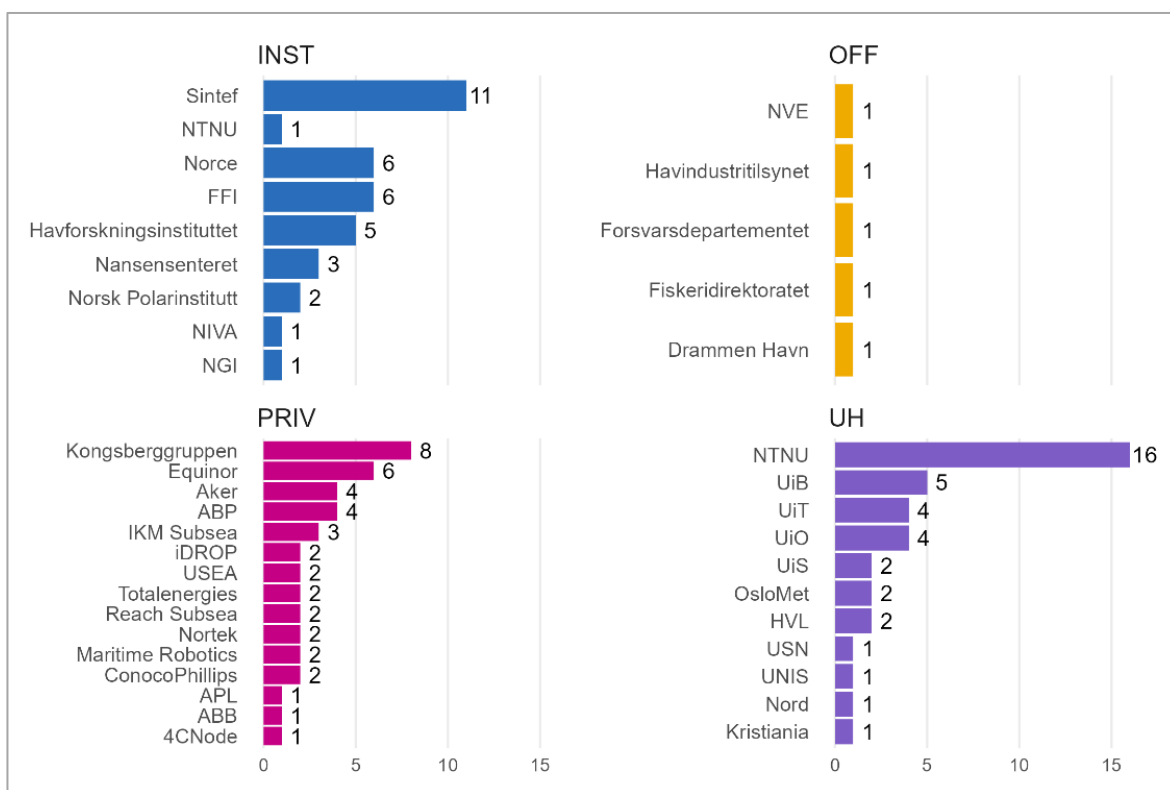
Figur 4.8 Mest aktive norske institusjoner, kunstig intelligens (antall)



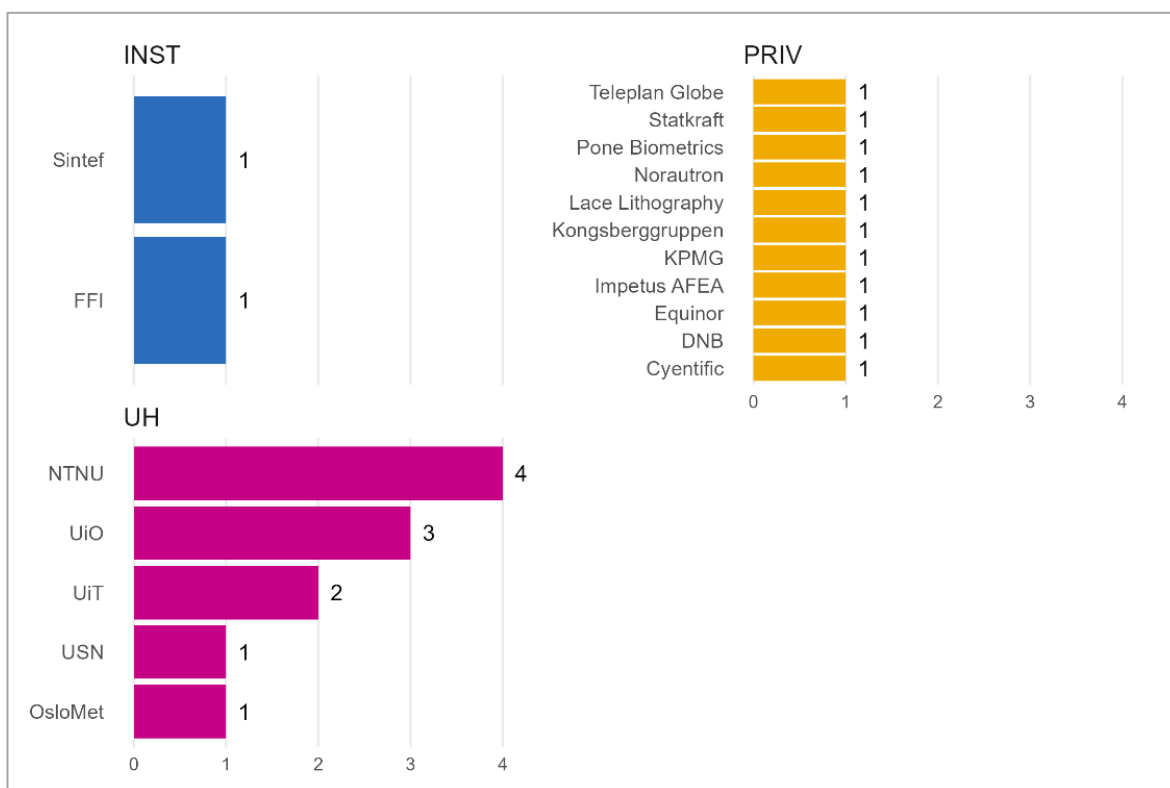
Figur 4.9 Mest aktive norske institusjoner, energiteknologier (antall)



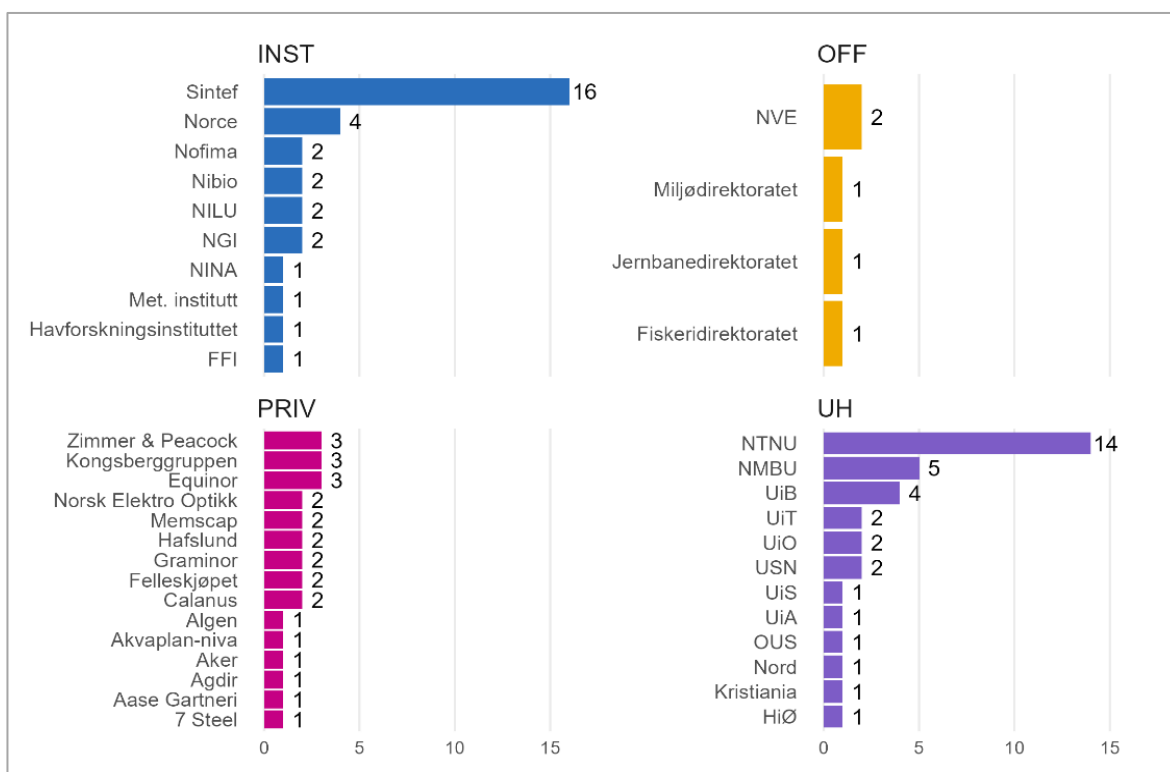
Figur 4.10 Mest aktive norske institusjoner, avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier (antall)



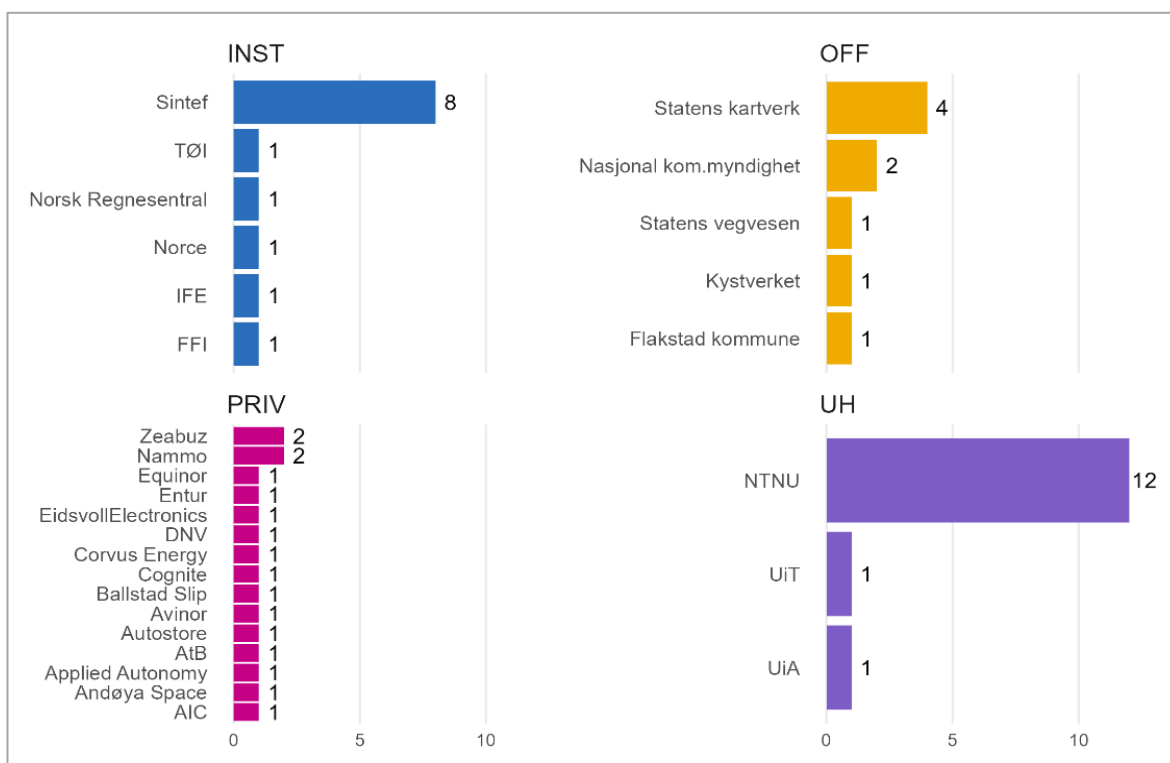
Figur 4.11 Mest aktive norske institusjoner, undervannsteknologier (antall)



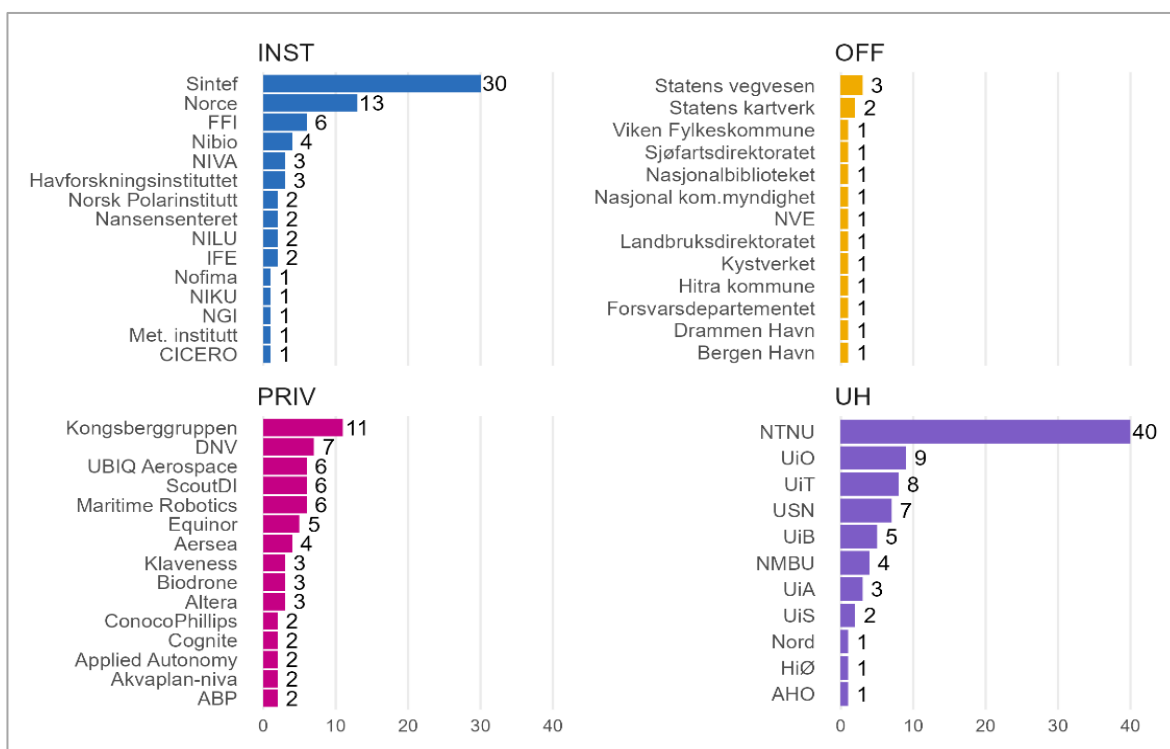
Figur 4.12 Mest aktive norske institusjoner, kvanteteknologier (antall)



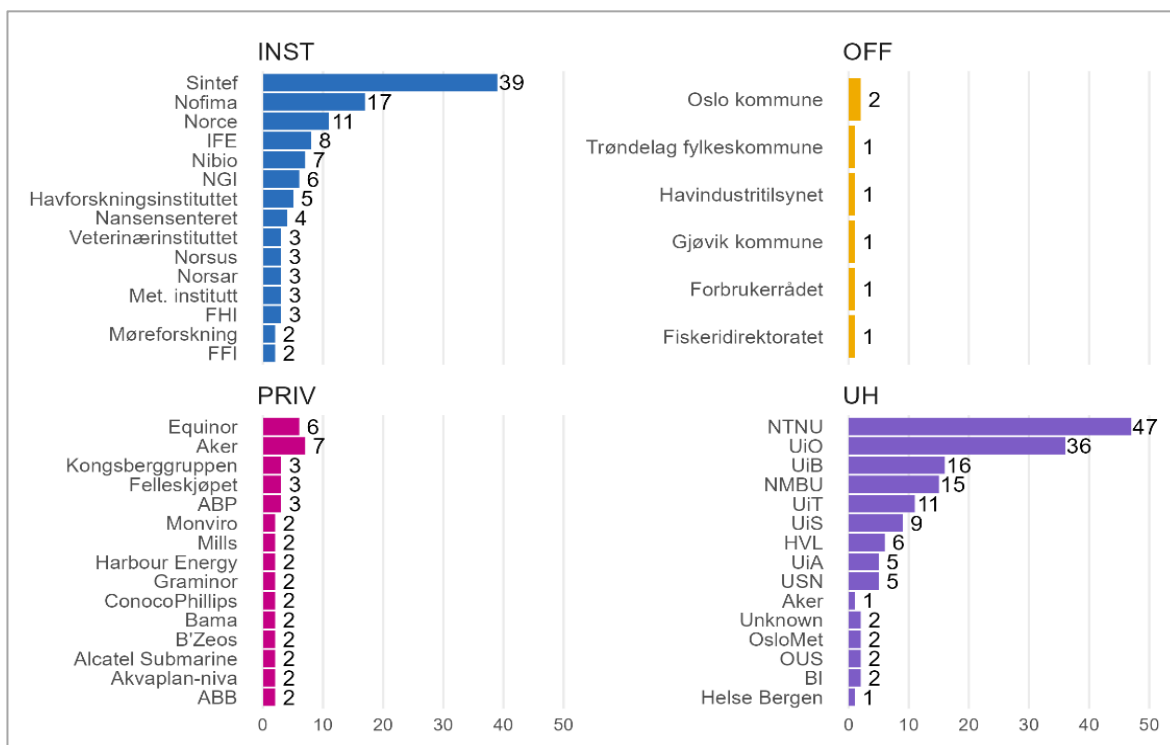
Figur 4.13 Mest aktive norske institusjoner, avanserte sensorteknologier (antall)



Figur 4.14 Mest aktive norske institusjoner, romfarts- og fremdriftsteknologier (antall)

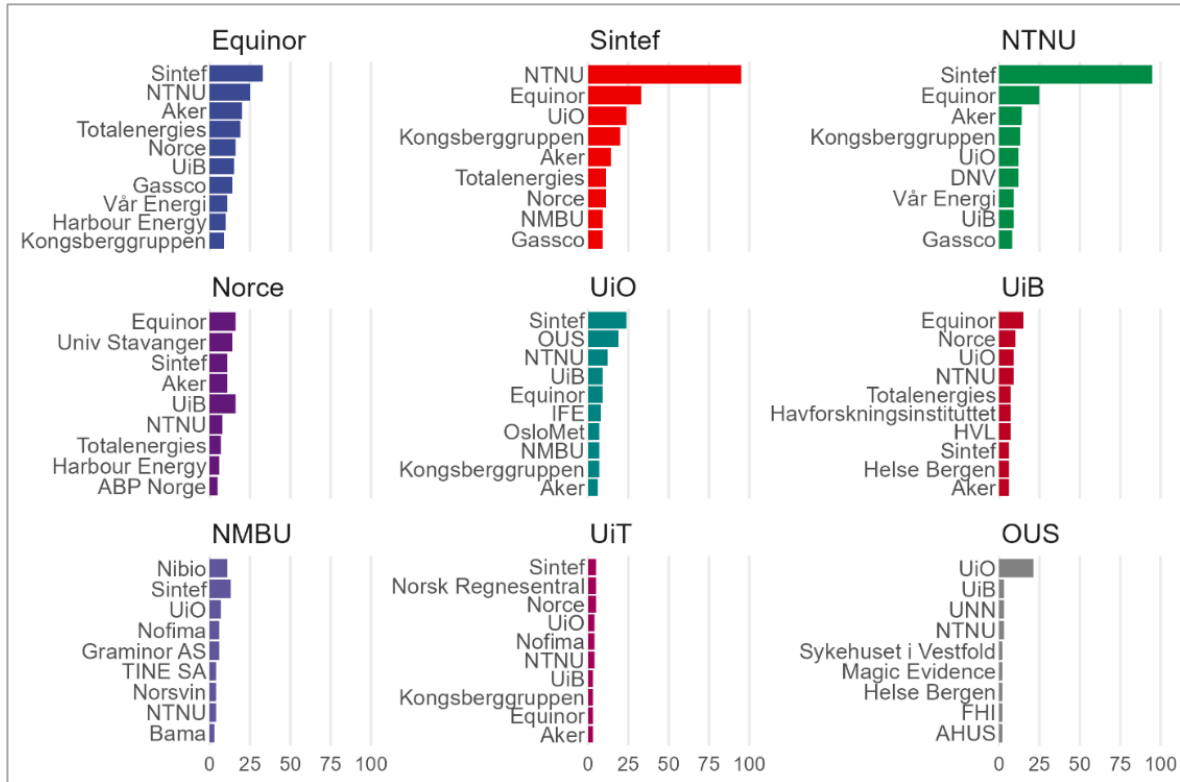


Figur 4.15 Mest aktive norske institusjoner, robotikk og autonome systemer (antall)



Figur 4.16 Mest aktive norske institusjoner, avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier (antall)

Til slutt inkluderer vi en figur som viser hvem de mest sentrale norske aktørene (jfr. figur 4.5) samarbeider mest med i Forskningsråds-, EU- og EDF- prosjekter (figur 4.17).



Figur 4.17 Viktigste samarbeidspartnere for Norges 9 største institusjoner

Her ser vi tydelig at tyngden av de viktigste institusjonene på sensitive teknologi-områder finnes i universitets- og høyskolesektoren og i instituttsektoren: åtte av de ni mest aktive institusjonene kommer herfra (seks av ni institusjoner tilhører universitet- og høyskolesektoren). Equinor er den eneste institusjonen fra privat sektor på listen over de ni mest aktive aktørene i Norge. Equinor er også en viktig samarbeidspartner for de øvrige åtte mest sentrale aktørene: selskapet er blant de viktigste samarbeidspartnerne til seks av åtte resterende institusjoner, og blant de to viktigste til fire av institusjonene. Equinor har på sin side en differensiert «portefølje» av egne sentrale samarbeidspartnere: Trondheimsmiljøet (SINTEF og NTNU), UiB, samt en rekke energiselskaper.

Videre er Oslo Universitetssykehus sammen med NMBU eneste institusjon som har Universitetet i Oslo som en av sine viktigste partnere, og er selv også Universitetet i Oslos viktigste partner. Universitetet i Oslo er også eneste institusjon som har OsloMet som viktig partner. På samme måte har NORCE og Universitetet i Bergen et relativt sterkt samarbeid med hverandre. Universitetet i Bergen er også eneste institusjon som har tett samarbeid med Høgskulen på Vestlandet og med

Havforskningsinstituttet. Selv om det er mye samarbeid på kryss og tvers av regioner, ser vi her konturene av regionale samarbeidsklynger hvor SINTEF og NTNU danner den tydeligste noden, og hvor det også finnes klare nettverk rundt særlig Oslo og Bergen. Dette kan tyde på at geografisk nærhet i mange tilfeller gir tettere samarbeid på de sensitive teknologiområdene.

Av institusjoner som ikke selv er blant de ni mest sentrale aktørene, skiller Aker og Kongsberg Gruppen seg ut. Aker er blant de viktigste samarbeidspartnerne til åtte av ni institusjoner, og Kongsberg Gruppen til sju av ni. TotalEnergies (et norsk datterselskap av et fransk konsern) er blant de viktigste samarbeidspartnerne til fem av institusjonene (Equinor, de to instituttene SINTEF og NORCE, i tillegg til NTNU og Universitetet i Bergen). Merk også at Gassco er blant de viktigste partnerne til tre institusjoner: Equinor, SINTEF og NTNU.

5 Oppsummering

I dette kapittelet oppsummerer vi funnene fra kapittel 3 og 4, og svarer direkte på spørsmålene stilt i oppdraget. Som beskrevet i innledningen var spørsmålene:

1. Hvilke land er ledende på de aktuelle teknologiområdene?
2. På hvilke av de aktuelle teknologiområdene er Norge per i dag ledende?
3. På hvilke teknologiområder mangler Norge nasjonal kunnskap/kompetanse som vi bør ha?
4. Hvem samarbeider Norge med på hvilke områder innenfor teknologiområdene?
5. På hvilke teknologiområder er Norge avhengig av samarbeid med hhv. allierte og ikke-allierte?

Vi går gjennom disse spørsmålene én for én (igjen: med unntak av spørsmål 3 som vi ikke besvarer) og forklarer hvordan hvert av spørsmålene besvares ved hjelp av de ulike datakildene. Helt til slutt skisserer vi noen utfordringer og mangler med datagrunnlaget vårt, samt muligheter for videre undersøkelser av norsk forskning på sensitive teknologiområder.

5.1 Hvilke land er ledende på de aktuelle teknologiområdene?

For å svare på hvilke land som er ledende på de aktuelle teknologiområdene kan vi benytte både prosjektdata og publikasjonsdata. De belyser litt ulike ting med ulik dekning av ikke-europeisk innslag, samt deltakelse fra næringsliv, og diskuteres derfor separat nedenfor.

5.1.1 Publikasjonsdata

I publiseringsanalysen så vi på siteringstall for de største og mest siterte nasjonene i verden innenfor de elleve sensitive teknologiområdene (tabell 3.7.). Helt konkret viser denne delen av analysen hvor høy andel av landenes

artikkelproduksjon som er blant de 10% mest siterte artiklene globalt i løpet av et år, innenfor et gitt teknologiområde. Den viser også disse landenes totale artikkelproduksjon på teknologiområdene (målt i antall).

Det mest presise bildet av hvilke land som er ledende innenfor de ulike sensitive teknologiområdene, og på tvers, får vi om vi ser på hvilke land som både har stor andel høyt siterte artikler, men som også produserer et stort antall artikler totalt sett. Singapore, for eksempel, har svært gode siteringstall på de fleste av områdene, men er ikke blant de ti landene som produserer flest artikler innenfor noen av teknologiområdene. Norge er i en tilsvarende situasjon, med svært gode siteringstall på enkelte områder, men med få publiserte artikler totalt sett. På den annen side publiserer India store mengder artikler (på flere av områdene er landet blant de aller mest produserende), men har relativt lave siteringstall. Høye siteringstall og stor produksjon indikerer alene en viss styrke i forskningen, men må etter vårt syn ses i sammenheng for å gi en god indikasjon på hvorvidt land er *ledende* innenfor et bestemt område.

Blant de mest produserende landene med høye siteringstall er det særlig USA og Kina som skiller seg ut. Dette er de to mest-produserende landene på samtlige områder; samtidig har de relativt høye siteringstall på tvers av områdene. USA og Kina kan dermed, basert på våre tall, sies å være de to ledende nasjonene innenfor sensitive teknologier samlet sett. Å fastslå om det er USA eller Kina som er ledende på sensitive teknologiforskning samlet sett, er ikke mulig. På flere av områdene har USA større andel topp 10%-siterte artikler enn Kina, mens Kina har produsert flere artikler totalt sett. For eksempel er 20,4 prosent av USAs 7 436 artikler på *avansert konnektivitet* blant de topp 10% mest siterte artiklene globalt, mens det samme «kun» gjelder for 16,3 prosent av Kinas 21 865 artikler på samme område. Tilsvarende mønster finner vi på *avanserte halvledere, energiteknologier, kunstig intelligens, robotikk og autonome systemer, og romfart- og fremdriftsteknologier*.

På de øvrige områdene derimot, er det lettere å fastslå hvilket land som er ledende. Innenfor *avanserte materialer* har Kina og USA tilnærmet like siteringstall mens Kina har produsert over dobbelt så mange artikler. På *avanserte sensorer og undervannsteknologi* har Kina høyest siteringstall og størst produksjon. På disse tre områdene er Kina, basert på våre tall, verdens ledende forskningsnasjon. På *bioteknologier* derimot, har USA klart høyest siteringstall og har en noe større produksjon, og kan dermed sies å være ledende på dette området. Det samme kan sies om *kvanteteknologier*: her har USA klart best siteringstall, mens Kina kun har marginalt høyest produksjon.

Bak Kina og USA er det også noen gjengangere på tvers av teknologiområdene av land som både har høye siteringstall og stor produksjon. Fremst blant disse er Storbritannia som går igjen med høye verdier på begge indikatorer på tvers av alle områdene. Australia figurerer høyt på omtrent halvparten av listene, det samme

gjør Iran, men med noe lavere tall. Canada og Tyskland har også gode tall, men på litt færre områder, og til slutt er Frankrike og Saudi-Arabia godt representert, men med noe lavere tall og på tvers av færre områder enn de ovennevnte. Det er interessant å merke seg at engelskspråklige land skårer jevnt høyt på publiseringsindikatorerne vi måler her. Irans posisjon som en av verdens ledende forskningsnasjoner på flere sensitive teknologier er også slående.

5.1.2 Prosjektdata

Basert på data over alle lands deltagelse og rolle i prosjekter som omhandler sensitive teknologier i EUs rammeprogrammer og i perioden 2020–2025 ser vi et tydelig mønster av at det er de samme få landene som er mest aktive på samtlige teknologiområder. Tyskland, Spania, Frankrike og Italia går igjen på listen over de mest aktive nasjonene på alle områdene. Dette reflekteres også i tallene for hvilke land som er mest aktive på tvers av teknologiområdene, hvor de samme fire landene troner øverst på listen. Tyskland er mest aktive land på alle områder unntatt *robotikk og autonome systemer* hvor Spania er størst. På samtlige områder er det relativt liten avstand mellom mest aktive land og de neste på lista. Med andre ord: det er ingen av teknologiområdene hvor ett land skiller seg ut som merkbart dominerende når det gjelder prosjektdeltagelser. Tyskland dominerer i den forstand at de er mest aktive land på nesten alle områder og mest aktive land totalt på tvers av områdene, men er ikke mye mer aktive enn andre land på noen av områdene.

Dette bildet må imidlertid nyanseres noe, fordi antall prosjektdeltagelser ikke er et perfekt mål for hvem som er ledende innenfor et teknologiområde. Justerer vi for størrelse målt i innbyggertall vil vi for eksempel se at enkelte land presterer «bedre» enn om vi ser på totale tall på prosjektdeltagelser. Plutselig skiller Luxembourg, Kypros og Belgia seg ut som de mest aktive landene. For de to førstnevnte forklares dette av at de er veldig små, mens for Belgia forklares det delvis av beskjedent innbyggertall, og delvis av allerede høy aktivitet (Belgia er nr. syv på listen som måler deltagelse i totale tall).

Likevel: når spørsmålet er hvilke land som er *ledende* på de aktuelle teknologiområdene, anser vi at totale tall på antall deltagelser og tildelte midler gir den beste indikasjonen. Det er fordi forskningsresultatene et land leverer ikke mister verdi av at landet er stort, eller tilsvarende, at de øker i verdi av at landet er lite. Luxembourg er lite aktive i EU-prosjekter om sensitive teknologier selv om de deltar mye per innbygger, og Tyskland svært aktive selv om de deltar mindre per innbygger. Derfor har vi ikke vektlagt størrelsesjusterte tall for de elleve teknologiområdene i denne analysen. Det egner seg bedre til å belyse forskningsinnsatsen til enkelte land – hvilket vi vil gjøre i neste seksjon som svarer ut oppdragets spørsmål 2 og diskuterer Norges posisjon på de ulike områdene.

En annen indikator som kan nyansere bildet av hvilke land som er ledende, er koordineringsgrad. Vi har både tall for hvor stor andel av prosjektene et land deltar i som dette landet koordinerer, og for hvor stor andel av tildelte midler som tilfaller prosjekter hvor landet har koordineringsrollen. Her gjør Israel og Belgia det særlig godt, men også de nordiske landene får jevnt over god skår. Belgias særlig høye koordineringsgrad målt i andel tildelte midler i prosjekter der landet er koordinator (68 prosent) kan forklares med Belgias posisjon som hovedstad i EU og medfølgende «postkassefunksjon» i mange EU-prosjekter.

På samme måte som med størrelsesjusteringen ser vi imidlertid begrenset verdi i denne indikatoren for å måle hvilke land som er *ledende* på de ulike teknologiområdene. Det er fordi tallene jevnt over viser at de landene som er ledende målt i totale tall på deltagelser og midler også har relativt høy koordineringsgrad. For eksempel har alle de fem mest aktive landene målt i antall prosjektdeltagelser en koordineringsgrad på mellom 22,7 og 29,4 prosent. Andelen midler som går til prosjekter der landene har koordineringsgrad ligger mellom 40 og 51 prosent.

Som med størrelsesjusterte tall for deltagelse egner en slik nedbrytning seg best for analyse av enkelte lands forskningsinnsats på de sensitive teknologiområdene – som følger i neste seksjon om Norges posisjon.

Oppsummert: De to datakildene (publikasjoner og prosjekter) kan ikke sammenlignes direkte. Førstnevnte dekker hele verden, men er hovedsakelig begrenset til universiteter og forskningsinstitutter. Sistnevnte er begrenset til Europa, men dekker til gjengjeld øvrige sektorer også. I EU-prosjektene har om lag 40 prosent av tildelte midler gått til ikke-akademiske sektorer (næringsliv, offentlig sektor og andre organisasjoner). Globalt er USA og Kina ikke overraskende de ledende nasjonene på vitenskapelig publisering, men vi vet lite eller ingenting om deres næringsliv/industri. Det samme kan sies om andre sterke nasjoner globalt som Saudi-Arabia og Iran.

For Europas del, så er Tyskland den ledende nasjonen i *EU-sammenheng*, der tyske akademiske institusjoner og næringsliv/industri har den mest sentrale rollen i Europa. Dessverre er EU-dataene også noe amputert, da sterke forskningsnasjoner som Sveits og Storbritannias fulle og hele FoU-aktivitet ikke synliggjøres på grunn av begrensninger i deres mulighet til å delta i rammeprogrammene. Tysklands rolle med tanke på vitenskapelig publisering er overhodet ikke den samme som for prosjektdeltakelser. Storbritannia ligger stort sett foran Tyskland på alle teknologiområder med tanke på siteringer (og ofte også med hensyn til volum).

5.2 På hvilke av de aktuelle teknologiområdene er Norge per i dag ledende?

Som diskutert i innledningen kan det være krevende å fastslå at Norge er ledende på noen av de aktuelle teknologiområdene. Det vi imidlertid kan gjøre er å undersøke på hvilke områder Norge er relativt sterke og relativt svake. Det gjør vi som ovenfor ved hjelp av både publikasjonsdata og prosjektdata.

5.2.1 Publikasjonsdata

For å bruke publikasjonsanalysene til å svare på *hvor* norsk forskning er relativt sterk og svak konsentrerer vi oss om tallene for norsk produksjonsvolum og siteringsgjennomsnitt på de ulike teknologiområdene som vist i tabell 3.7. Det vil si at vi ser bort fra oversikter over totalt antall norske publikasjoner i perioden 2015–2024. Denne viser vekst i norsk forskning på de ulike områdene, men setter ikke denne veksten i sammenheng med internasjonal vekst, ei heller med siteringsgjennomsnitt, og egner seg derfor dårlig til å belyse den relative styrken på norsk forskning innen de ulike områdene.

I tabell 3.7. ser vi at *kunstig intelligens* skiller seg ut som Norges sterkeste forskningsområde innenfor de sensitive teknologiene. Her er en meget stor andel av norske artikler (24,4 prosent) blant de topp 10% mest siterte i verden, samtidig som den totale produksjonen av artikler også er relativt høy med rundt 2500 artikler i perioden 2015–2024. Selv om dette antallet kun utgjør en helt marginal andel av verdensproduksjonen i samme periode, er tallet høyt sammenlignet med norsk produksjon på andre teknologiområder, og veksten har vært kraftig de siste ti år. I tillegg er det relevant i denne sammenheng at antallet artikler produsert totalt sett er høyt fordi det er et tegn på kontinuitet i både produksjon og siteringer. Områder der det produseres lite, men med høye siteringstall er sårbare for svingninger, mens områder der det produseres mye og med høye siteringstall tyder på robusthet i kvaliteten.

Til sammenligning har både *robotikk og autonome systemer* og *romfart og fremdriftsteknologier* relativt høye siteringstall. På begge områdene ligger norsk forskning helt i toppen av statistikken over andel topp 10%-siterte artikler. Men, *robotikk og autonome systemer* og *romfart og fremdriftsteknologier* skiller seg fra *kunstig intelligens* i den forstand at de har mye lavere total produksjon. Der norsk forskere innen *kunstig intelligens* produserte om lag 2 500 artikler i løpet av perioden vi måler, produserte de innenfor *robotikk og autonome systemer* og *romfart og fremdriftsteknologier* henholdsvis 405 og 184 artikler. Her kan siteringsgjennomsnittet skyldes at norsk forskning på disse områdene er eksepsjonell, men en kanskje mer sannsynlig forklaring er at norske forskningsmiljøer har

bidratt i større internasjonale forfatternettverk. Vi har i dette prosjektet dessverre ikke hatt anledning til å gå inn i enkeltartikler for å studere slike mulige forklaringer. Derfor må vi ta tallene på siteringsgjennomslag for *robotikk og autonome systemer* og *romfart og fremdriftsteknologier* med en klype salt, mens tallene for *kunstig intelligens* kan tillegges betydelig mer vekt. *Undervannsteknologier* er et litt spesielt område fordi volumet (og siteringstallene) er svært lave, men dette er også internasjonalt et veldig lite område, og sammenlignet med resten av verden har Norge faktisk en relativt sterk publiseringsaktivitet på dette området.

I andre enden av skalaen skiller *avanserte halvledere*, *avanserte sensorer* og *kvanteteknologier* seg ut som områdene der Norge er svakest. Samtlige er svake fordi de har en kombinasjon av relativt lav andel topp 10% mest siterte artikler og lav total produksjon, og lav andel av global produksjon.

5.2.2 Prosjektdata

Som vist i tabell 4.1 i kapittel 4 er Norge det 16. mest aktive landet i prosjekter relatert til sensitiv teknologiutvikling i EUs rammeprogrammer for forskning og innovasjon, målt i antall prosjektdeltagelser, og tolvte mest aktive målt i mottatte midler. Justert for folketall er Norge åttende mest aktive land, men her ligger vi bak land som får høy skår på denne indikatoren pga. veldig lavt folketall. Når det gjelder koordineringsgrad har Norge den nest høyeste målt i prosent og den fjerde høyeste målt i prosent av tildelte midler. Fordelt på de elleve sensitive teknologi-områdene tegner bildet seg imidlertid noe annerledes. Noen få områder skiller seg ut som særlig sterke, andre som svake, og en del midt på treet.

Mest iøynefallende er norsk prosjektdeltagelse på *kunstig intelligens*. Det er på dette området Norge henter klart mest penger fra EU-prosjekter, men mer interessant er at andelen av totalen av innhentede EU-midler på sensitive teknologier som går til KI-forskning i Norge er betydelig større enn andelen som går til KI-forskning i EUs totale budsjettportefølje. Dette indikerer at Norge har en sterkere spesialisering enn andre land innenfor forskning på kunstig intelligens. En sammenligning med våre nordiske naboer viser at Norge kommer godt ut også i konkurranse med sammenlignbare land: Sverige, Danmark og Finland ligger alle tett på forventet inntjening der Norge ligger godt over. Dette inntrykket underbygges av størrelsesjusterte tall og tall for koordineringsgrad. Justert for folketall går 110 prosent mer enn hva vi kunne forvente til norsk KI-forskning gitt fordelingen i EUs budsjettportefølje ellers. Målt i andel av prosjekter er norsk koordineringsgrad i KI-prosjekter 159 prosent høyere enn i EU for øvrig, mens målt i andelen av midlene som går til koordinerende prosjekt er den 98 prosent høyere.

Nesten like iøynefallende er norsk prosjektforskning på *energiteknologier*. Her henter Norge nest mest penger i EU-prosjekter, og også her henter Norge betydelig

mer penger enn forventet gitt fordelingen i EUs totale prosjektportefølje. Faktisk er avstanden mellom forventet og reell innhenting større på *energiteknologier* enn på *kunstig intelligens*. Og også her gjør Norge det godt sammenlignet med Sverige, Danmark og Finland som alle ligger langt tettere på forventet inntjening. I tillegg skårer *energiteknologier* bedre enn *kunstig intelligens* på størrelsesjustert deltagelse (340 prosent) og på begge målene for koordineringsgrad (henholdsvis 190 og 166 prosent). Det er dermed flere indikatorer i prosjektdataene som taler for at *energiteknologi* er et enda sterkere felt for Norge enn *kunstig intelligens*, til tross for at den totale mengden KI-forskning bedrevet av Norge er klart størst.

Til slutt er *avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier* også et område hvor norsk forskning er relativt sterk. På samme måte som for de to ovennevnte områdene er *avanserte materialer* et område hvor norsk forskning henter inn mer midler enn forventet og skårer ekstra godt justert for folketall og med koordineringsgrad tatt i betraktning. Også verdt å merke seg er at *Robotikk og autonome systemer* skiller seg ut med særlig høy koordineringsgrad, spesielt målt i andel koordinerte prosjekter (243 prosent høyere enn det europeiske gjennomsnittet). Dette er også et område hvor Norge henter mer penger enn forventet og som skårer relativt høyt på den folketallsjusterte indikatoren for innhentede EU-midler.

I den andre enden av skalaen finner vi *romfarts- og fremdriftsteknologier* og *undervannsteknologier* som begge skiller seg ut som særlig svake. På begge områder henter Norge inn langt mindre penger enn forventet gitt fordelingen i EUs budsjettportefølje. Vi kommer litt bedre ut etter folketallsjusteringen, men er fortsatt lite deltagende. Videre koordinerer Norge ingen prosjekter på disse områdene. Som nevnt i kapittel 4 henger dette for undervannsteknologier sammen med at dette er et lite felt i europeisk sammenheng som det lyses ut få midler på. *Romfarts- og fremdriftsteknologier* er derimot et stort felt i europeisk sammenheng. Og kontrasten er stor til de ekstremt gode siteringstallene Norge har på dette området (omtalt over).

Oppsummert: Det er KI-forskning som fremstår som Norges klart «beste» område, uten at det går an å si at Norge er «ledende» i en global sammenheng. Til det er vi for små. Men Norge har relativt høyt volum på publiseringen, svært høy andel høyt-siterte artikler, og har hentet hjem relativt mye midler fra EU på dette området. På det andre store teknologiområdet, *energiteknologier*, har også Norge en høy andel høyt siterte artikler, og har lyktes veldig godt i EU-sammenheng.

5.3 På hvilke teknologiområder er Norge avhengig av samarbeid med hhv. allierte og ikke-allierte? Og hvem samarbeider Norge med på hvilke områder innenfor teknologiområdene?

I denne seksjonen svarer vi samlet på spørsmål 4 og 5, fordi vi anser at svaret på spørsmål 4 fungerer som en utdyping av svaret på spørsmål 5. Sagt annerledes: vi får et mer detaljert og nyansert svar på hvilke teknologiområder Norge har særlig sterkt samarbeid med henholdsvis allierte og ikke-allierte hvis vi samtidig ser på hvem Norge samarbeider med på hvilke underområder innenfor de sensitive teknologiområdene.

Som nevnt i innledningen viser data fra EU-prosjekter forsvinnende liten deltakelse fra ikke-allierte. Derfor bruker vi kun publikasjonsdata til å besvare også disse spørsmålene. Vi minner også om vår presisering innledningsvis: vi kan ikke måle avhengighet, men ser heller på samarbeidshyppighet.

5.3.1 Publikasjonsdata

I samarbeidsanalysen av publikasjonsdata i kapittel 3, så vi på hvor mye Norge samarbeider med ulike grupperinger av land, og på hvor mye Norge samarbeider med enkeltland på de ulike sensitive teknologiområdene (både de elleve hovedområdene og de 48 underområdene). Disse grupperingene er NATO-land, EU-land, to ulike konstellasjoner av Panorama-land, og til slutt risikoland.

Her kommer det tydelig frem at Norge (ikke overraskende) samarbeider mest med allierte på de fleste hovedområdene: NATO- og EU-søylene ligger jevnt høyt på våre grafer. Den ikke-begrensede Panorama-gruppen, som inkluderer både USA og Kina, ligger også jevnt høyt. Samtidig ligger Nordengruppen lavt, hvilket indikerer at Norges samarbeid med allierte land i stor grad er konsentrert om samarbeid med de store europeiske forskningsnasjonene, i tillegg til USA. Den samme figuren viser også at norsk samarbeid med risikoland, som i likhet med den begrensede Panorama-gruppen inkluderer Kina, ligger jevnt lavt, men samtidig, at det er av betydelig størrelse på enkelte områder. Særlig på *kunstig intelligens* og *energiteknologier* har Norge substansielt samarbeid med risikoland. Dette har økt samtidig som norsk og internasjonal forskning på disse feltene generelt har økt i omfang.

Ser vi nærmere på de seneste oppdaterte tallene fra 2024, er Kina viktigste samarbeidsland på de to områdene hvor Norges produksjon er størst, målt i antall artikkelsamarbeid: *kunstig intelligens* og *energiteknologier*. Ikke tilfeldig da at dette også er de to områdene (som nevnt over) hvor samarbeidet med risikoland er størst. Tallene vi presenterte på porteføljedi-versitetsindikatoren (BIC) indikerer

også at Norge over tid har samarbeidet med færre land i KI-forskningen, og i stigende grad konsentrert samarbeidet vårt om Kina. Dette *kan* være et tegn på en viss avhengighet av Kina innenfor nettopp dette teknologiområdet.

Videre er Kina også største samarbeidsland i 2024 på *robotikk og autonome systemer*, blant de ti viktigste samarbeidslandene på alle områder unntatt to (*romfart og fremdriftsteknologier* og *undervannsteknologier*) og blant de fem viktigste på fem av områdene. I 2024-tallene figurerer ingen av de andre tre risikolandene på listene over Norges ti viktigste samarbeidsland på noen av teknologiområdene. Inntrykket av at Kina er blant Norges viktigste samarbeidsland underbygges også av siteringsanalysen. Her ser vi at Norge har en stor andel av sine mest siterte publiseringer med nettopp Kina på de fleste områder. *Avansert konnektivitet, kunstig intelligens og robotikk og autonome systemer* skiller seg ut som områder der samarbeidet med Kina er ekstra sterkt målt i siteringsgjennomsnitt. På disse områdene sampubliserer norske og kinesiske forskere omfattende og med høy kvalitet (målt i andel artikler som er blant de 10% og 1% mest siterte i verden ila. et år). Sampubliseringsnettverk som vist i figur 3.6. – 3.16. viser også at kinesiske institusjoner er sentrale i flere samarbeidsnettverk der norske institusjoner inngår.

Deler vi de elleve hovedområdene opp i de 48 underområdene, bekreftes inntrykket av at Norge samarbeider mest med allierte på de sensitive teknologiområdene, men også at Norge har utstrakt samarbeid med enkelte ikke-allierte og særlig ett risikoland: Kina. For eksempel så ser vi (ikke overraskende) at USA, Storbritannia og Tyskland, men også særlig Kina og India, er viktige samarbeidspartnere på underområder innenfor *kunstig intelligens* og *energiteknologier*. Videre viser analysen at de største samarbeidspartnerne på hovedområdene fordeler seg ulikt på underområdene. Slik kan vi for eksempel se at Norges samarbeid med Kina på kunstig intelligens er konsentrert om underområdene *maskin- og dyplæring* og *sky- og kantdata*, mens Norges samarbeid med India på kunstig intelligens er konsentrert om underområdet *datamaskinsyn og språkbehandling*. Tilsvarende er Norges samarbeid med Kina og India på *energiteknologier* konsentrert om underområdene *smarte nett og energilagring* samt *nullutslipp*.

Av oppdelingen i underområder kan vi også se at Iran og Russland er noe til stede i norsk forskningssamarbeid. Norges samarbeid med Russland er ganske ubetydelig og spredt og dermed ikke verdt å heftes ved. Iran, på den annen side, har et mer betydelig samarbeid med Norge, både i den forstand at de bidrar i flere artikler, og at artiklene de bidrar i er konsentrert på færre områder. Mest omfattende er norsk samarbeid med Iran på *maskin- og dyplæring* (et underområde av kunstig intelligens) med 72 artikkelbidrag. Deretter følger *smarte nett og energilagring* (under energiteknologier), *fotonikk* (under avanserte halvledere) og *additiv produksjon* (under avanserte materialer) hvor Iran bidrar i henholdsvis 20, 15 og 11 artikler.

Men, som analysen også viser, er Irans bidrag fordelt på hele perioden vi måler (2015–2024). Dette gir bare en håndfull artikkelsamarbeid årlig på underområdet med størst iransk bidrag og enda færre på de øvrige. I tillegg måler tallene på underområdene antall artikler og ikke forfatterandeler. Mål for iranske forfatterandeler viser derimot at antall forfatterandeler iranske forskere har i artikler der Norge også er med som samarbeidspartner er svært lave, hvilket indikerer at artikkelsamarbeid der både norske og iranske forskere er med ofte involverer mange forskere fra mange forskjellige land. Selv om slike samarbeid rett nok representerer et kontaktpunkt mellom norske og iranske forskere og miljøer, utgjør de sannsynligvis en marginal risiko for uønsket teknologioverføring. Dette reflekteres også i siteringsanalysen hvor Iran ikke figurerer på noen av listene over land Norge sampubliserer mest med når det gjelder høyt siterte artikler.

Dermed står vi igjen med dette bildet: Norge samarbeider mest med allierte, mye med Kina, og marginalt med øvrige risikoland på de sensitive teknologiområdene. Dette bekrefter og aktualiserer Kinas særstilling i norsk forskningssikkerhetspolitikk, der landet er det eneste som både er satsingsland for forskningssamarbeid og utpekt av Etterretningstjenesten som trusselaktør i forskningssammenheng. Som dypdykket i samarbeidsnettverk viser, står en rekke norske institusjoner som samarbeider tett med Kina i utfordringen med å finne den rette balansen mellom åpenhet og aktsomhet i sitt internasjonale forskningssamarbeid. Vi gjen-tar at analysen av sampublisering og samarbeidsnettverk ikke har som formål å mistenkeliggjøre institusjoner som har ustrakt samarbeid med risikoland, først og fremst Kina, men snarere å bidra til å etablere et godt kunnskapsgrunnlag for den konkrete utformingen av norsk forskningssikkerhetspolitikk fremover.

5.4 Avsluttende betraktninger

Dette oppdraget er utført på svært kort tid (over en tomåneders periode) der hovedtyngden av arbeidet har ligget i et omfattende databasearbeid, som har inkludert utvikling av metoder for å samle inn relevante data, samt utvikling av maskinlæringsmodeller som kan klassifisere publikasjoner og prosjekter innen de elleve områdene fortløpende. Dette kan brukes til monitorering i fremtiden, men også til mer inngående analyser. Sistnevnte hadde vi ikke tid eller ressurser til i dette oppdraget.

Det er mye vi ikke fullt ut forstår ved våre tall, som er *beskrivende* og ikke forklarende. Overraskende funn er kun omtalt med forbehold, uten at vi har hatt anledning til å gå i dybden i å forsøke å forstå dem. For eksempel: hvordan kan det ha seg at Norge er verdens mest siterte forskningsnasjon innen *romfarts- og fremdriftsteknologier* til tross for at vi har et svært beskjedent omfang av slik forskning?

I analyser der vi har studert norske forskeres kontaktflate med risikoland, har vi ikke skilt på ulike former for samarbeid. Det ville vært naturlig i en mer grundig analyse å skille på bilateralt (og trilateralt) samarbeid der det er grunn til å tro at det er tett kontakt mellom deltakende land, til forskjell fra artikler produsert av et stort antall land der kanskje ikke verken Norge eller Kina/Russland/Iran er initiativtaker/koordinator/førsteforfatter. Slike forhold kan bidra til utdypende forståelse av samarbeidets karakter, og om en risiko for uønsket teknologioverføring er til stede.

Vi har i denne rapporten ikke tatt stilling til kvaliteten på forskningspublikasjonene som utgjør datagrunnlaget vårt. Enkelte av publikasjonene er for tiden under vurdering for forskningsjuks og tilbaketrekking av tidsskriftene som har publisert dem. Vår posisjon er at beslutningen om det kan ha forekommet uregelmessigheter i produksjonen av publikasjonene må ligge hos tidsskriftredaksjonene, og vi har derfor valgt å inkludere all forskning som oppfyller inklusjonskriteriene og ikke ennå er trukket tilbake av tidsskriftene.

Et tilstøtende problemkompleks er spørsmålet om hvorvidt det er sannsynlig at denne forskningen er viktig, altså om den kommer til å sette spor i den vitenskapelige litteraturen, gi opphav til teknologiske nyvinninger eller bli kunnskapsgrunnlag for ny politikk. Nylige analyser av produksjonen til enkelte av samarbeidspartnerne vi kan spore i sampubliseringsnettverkene i kapittel 3.2 tyder på at det produseres mye forskning som ikke bidrar til å flytte forskningsfronten på noe vis (Meho, 2025).

Å vurdere hvor potensielt banebrytende forskningen er ligger utenfor dette oppdragets rammer. Disse avveiningene ansporer likevel til refleksjon rundt hva som egentlig er eksponering for risiko i internasjonalt forskningssamarbeid. Utgjør det en risiko for Norge at en liten utdanningsinstitusjon er involvert i et omfattende samarbeid med risikoland om forskning som med all sannsynlighet ikke blir lest og brukt? Med bakgrunn i formålet med KVASt er det kanskje heller et større «problem» at et norsk universitet har samarbeid med én institusjon fra risikolandene der det utføres mer «viktig» forskning. Slike ting kan man ikke håndtere i et tidsmessig avgrenset monitoreringsoppdrag, men fordrer et litt større utredningsprosjekt.

Analysene våre kombinerte publikasjoner og prosjekter, som har hver sine styrker (og svakheter). Og sannsynligvis trengs begge for å kartlegge omfanget av norsk forskning og innovasjon innen sensitive teknologiområder. Men med tanke på analyser som ser på internasjonale samarbeidspartnere og hvem som er internasjonalt ledende, gir prosjektdataene ikke spesielt god informasjon. Med utgangspunkt i data fra EU, EDF og Forskningsrådet, vet vi ingenting om hvilke større teknologibedrifter i USA og Kina (eller i Sør-Korea, Singapore og Canada) som er tungt inne i FoU disse teknologiområdene. Vi vet kun hva som skjer i

Europa, og dette er en svakhet med prosjektdataene våre. De fanger ikke opp samspill med ikke-europeiske nasjoner, eller noen av trusselaktørene identifisert av Etterretningstjenesten. Derimot belyser de norsk næringslivs innsats, hvilket er tilnærmet fraværende i publikasjonsdataene.

Både Kina og USA hører med til Norges viktigste samarbeidspartnere innen *vitenskapelig publisering*, og det er her vi også ser norsk samarbeid med Russland og Iran. Dersom formålet med fremtidig monitorering er å kartlegge omfanget av samarbeid med risikoland, holder det med bibliometriske analyser. Dersom formålet er å kartlegge *norsk* FoU og innovasjon, så må publiserings- og prosjektdata kombineres.

Referanser

- Aksnes, D. W., & Sivertsen, G. (2019). A Criteria-based Assessment of the Coverage of Scopus and Web of Science. *Journal of Data and Information Science*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.2478/jdis-2019-0001>
- Aksnes, D.W. (2024). *Mapping Norwegian Polar and Svalbard Research*. Report 2024: 12. NIFU. Oslo
- Appio, F. P., Cesaroni, F., & Di Minin, A. (2014). Visualizing the structure and bridges of the intellectual property management and strategy literature: a document co-citation analysis. *Scientometrics*, 101(1), 623-661. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1329-0>
- Breslin, D., & Gatrell, C. (2023). Theorizing through literature reviews: The miner-prospecter continuum. *Organizational Research Methods*, 26(1), 139-167.
- Buckland, M., & Gey, F. (1994). The relationship between recall and precision. *Journal of the American society for information science*, 45(1), 12-19.
- Callahan, A., Hockema, S., & Eysenbach, G. (2010). Contextual cocitation: Augmenting cocitation analysis and its applications. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(6), 1130-1143.
- Campos, D. G., Fütterer, T., Gfrörer, T., Lavelle-Hill, R., Murayama, K., König, L., Hecht, M., Zitzmann, S., & Scherer, R. (2024). Screening smarter, not harder: A comparative analysis of machine learning screening algorithms and heuristic stopping criteria for systematic reviews in educational research. *Educational Psychology Review*, 36(1), 19.
- Cisneros, L., Ibanescu, M., Keen, C., Lobato-Calleros, O., & Niebla-Zatarain, J. (2018). Bibliometric study of family business succession between 1939 and 2017: mapping and analyzing authors' networks. *Scientometrics*, 117(2), 919-951.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 133, 285-296.
- Etterretningstjenesten (2025) *Fokus 2025*. <https://www.etterretningstjenesten.no/publikasjoner/fokus>

- Europakommisjonen (2023) *COMMISSION RECOMMENDATION of 3.10.2023 on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with member states*. [31c246f2-f0ab-4cdf-a338-b00dc16abd36_en](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/rec/2023/1616/oj)
- Jackson, J. P. N. & Nielsen, J. P. (red) (2005). *Russia–Norway. Physical and Symbolic Borders*. LRC Publishing House.
- Jakobsen, E., Etzold, T. & Svendsen, Ø. (2024). *The Maritime Zeitenwende: Germany in the Northern Waters*. NUPI rapport 14/2024. Oslo: NUPI.
- Karlstrøm, H. (2024). Uses of artificial intelligence and machine learning in systematic reviews of education research. *London Review of Education*, 22(1), 1-12.
- Karlstrøm, H. (2023). *Nye kilder til data om forskningsaktivitet. Notat til NFRs arbeidsgruppe for bibliometri, 2023*. NIFU Arbeidsnotat 2013:10. <https://hdl.handle.net/11250/3074742>
- Kunnskapsdepartementet (2021) *Panorama*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/panoramastrategien-20212027/id2845286/>
- Kunisch, S., Denyer, D., Bartunek, J. M., Menz, M., & Cardinal, L. B. (2023). Review research as scientific inquiry. *Organizational Research Methods*, 26(1), 3-45.
- Markussen, H. R. (2025). How Dual Use Puts Research Under the Microscope. *Issues in Science & Technology*, 41(3), 60-62. <https://doi.org/10.58875/DXXW9659>
- Markussen, H. R., Karlstrøm, H., & Wendt, K. (2025) *Internasjonalt forskningssamarbeid og geopolittikk*. NIFU Arbeidsnotat 2025: 4. <https://hdl.handle.net/11250/3184331>
- Marzi, G., Balzano, M., Caputo, A., & Pellegrini, M. M. (2025). Guidelines for bibliometric-systematic literature reviews: 10 steps to combine analysis, synthesis and theory development. *International Journal of Management Reviews*, 27(1), 81-103.
- Meho, L.I. (2025). Gaming the metrics: bibliometric anomalies in global university rankings and the research integrity risk index (RI2). *Scientometrics*, <https://doi.org/10.1007/s11192-025-05480-2>
- Meld. St. 14 (2024–2025): *Sikker kunnskap i en usikker verden*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-14-20242025/id3092418/>
- Norges forskningsråd (2024) *Oppdragsbeskrivelse: Kunnskapsgrunnlag for vurdering av sensitive teknologier*. <https://www.forskningsradet.no/contentassets/40eaf18a31fb400cb8134ec4aea5ef57/kvast-oppdragstekst-endelig-versjon-oktober-2024.pdf>

- Piro, F.N., Seeber, M. & Wang, L. (2024). Regional and sectoral variations in the ability to attract funding from the European Union's Seventh Framework Program and Horizon 2020. *Scientometrics*, 129:1493–1521.
- Rekving, G. (2022). Understanding Cold War Trust-Building Between Norway and the Soviet Union. Norwegian–Russian Relations – A History of Peaceful Coexistence. I: Finger, M., Rekving, G. (Red) *Global Arctic*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81253-9_19
- Rosseau, R., Zhang, L. & Sivertsen, G. (2023). Using the weighted Lorenz curve to represent balance in collaborations: the BIC indicator. *Scientometrics*, 128, 609–622.
- Rådet for den europeiske union (2024) *COUNCIL RECOMMENDATION on enhancing research security*. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9097-2024-REV-1/en/pdf>
- Scotti, K. L., Young, S., Gainey, M. A., & Lan, H. (2025). Artificial Intelligence and Automation in Evidence Synthesis: An Investigation of Methods Employed in Cochrane, Campbell Collaboration, and Environmental Evidence Reviews. *Cochrane Evidence Synthesis and Methods*, 3(5), e70046.
- Steder, F. B. & Apalvik, T. (2025). Kunnskapsgrunnlag for vurdering av sensitive teknologier (KVASt) - delleveranse 2: Norske teknologiområder av strategisk betydning for nasjonal sikkerhet. FFI-notat, Eksternnotat 25/00521. https://www.ffi.no/dokumenter/20250311_FFI_eksternnotat_KVASt_DL2_Endelig.pdf/_attachment/inline/dded4823-8096-407f-ba72-7f0b0f201461:c3fae9f9f2997930e8f3f811e15482d47d2a769c/20250311_FFI_eksternnotat_KVASt_DL2_Endelig.pdf
- Vabø, A., & Schmidt, E. K. (2025). Emerging governance issues within a changing geopolitical landscape for international collaboration in Nordic public research. I E. Pekkola, J-E Johanson, M. Mikkonen, J. Stenvall & E. Siirtola (Red): *Future Public Governance and Global Crises* (pp. 189–201). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781035318674>
- Wang, S., Scells, H., Koopman, B., & Zuccon, G. (2023). *Can ChatGPT write a good boolean query for systematic review literature search?* arXiv preprint arXiv:2302.03495.
- Wang, Z., Pang, Y., Lin a, Y. & Zhu, X. (2024). Adaptable and Reliable Text Classification using Large Language Models. *2024 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2024, pp. 67-74, doi: 10.1109/ICDMW65004.2024.00015.
- Warner, B., Chaffin, A., Clavié, B., Weller, O., Hallström, O., Taghadouini, S., ... & Poli, I. (2024). *Smarter, better, faster, longer: A modern bidirectional encoder*

- for fast, memory efficient, and long context finetuning and inference*. arXiv preprint arXiv:2412.13663.
- Wollscheid, S. & Tripney, J. (2021) Rapid reviews as an emerging approach to evidence synthesis in education. *London Review of Education*, 19(1), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.14324/LRE.19.1.32>.
- Wollscheid, S., Karlstrøm, H. & Fossum, L.W. (2024). *Kunstig intelligens: Supplement eller erstatning for kunnskapsoppsummeringer?* NIFU Innsikt 2024: 4 <https://hdl.handle.net/11250/3127737>
- Wollscheid, S., Karlstrøm, H., Flobakk-Sitter, F. & Svege, I. (2025). KI-assisterte kunnskapsoppsummeringer er bedre enn KI-genererte. *Forskningsspolitikk* 2/2025.
- Zhang, L., Cao, Z., Sivertsen, G., et al. (2024). The influence of geopolitics on research activity and international collaboration in science: the case of Russia. *Scientometrics*, 129, 6007-6021.
- Zhao, W., Mao, J., & Lu, K. (2018). Ranking themes on co-word networks: Exploring the relationships among different metrics. *Information Processing & Management*, 54(2), 203-218.

Vedlegg

Vedlegg 1: Liste med de 11 teknologiområdene og 48 teknologiene

Teknologiområde	Teknologier
1. Avanserte halvlederteknologier	Mikroelektronikk, inkludert prosessorer Fotonikk teknologier, inkludert laser og våpen for rettet energi Høyfrekvente databrikker Utstyr for produksjon av halvledere på svært avanserte node-størrelser
2. Kunstig intelligens teknologier	Høyytelsesdata-behandling Sky- og kantdata-behandling Dataanalyses-teknologier Datamaskinsyn, språkbehandling, objektgjenkjenning Maskinlæring, dyplæring
3. Kvanteteknologier	Kvanteberegning Kvantekryptografi Kvante-kommunikasjon Kvantesensorer og radar
4. Bioteknologi	Teknikker for genetisk modifikasjon Nye genomiske teknikker Gen-drivere Syntetisk biologi
5. Avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier	Sikker digital kommunikasjon og tilkobling samt 6G Cybersikkerhetsteknologier, inkludert postkvantekryptografi og KI og sikkerhet Tingenes internett og virtuell virkelighet Distribuerte ledgers og digital identitetsteknologi Veiledning, navigasjon og kontrollteknologier, inkludert avionikk og maritim posisjonering Menneske-Maskin Interaksjon, inkludert AR og VR
6. Avanserte sensorteknologier	Elektro-optisk, radar, kjemisk, biologisk, stråling og distribuert sensorer Magnetometre, magnetiske gradiometre Undervanns elektriske felt sensorer Gravimeter og gradiometre Tøyningssensorer (strain sensors)
7. Romforts- og fremdriftsteknologier	Dedikert romfokusert teknologi, fra komponent- til systemnivå Romovervåking og jordobservasjons-teknologier Romposisjonering, navigasjon og timing (PNT) Sikre kommunikasjoner inkludert tilkobling i lav jordbane (LEO) Fremdriftsteknologier, inkludert hypersoniske og komponenter for militært bruk

8. Energiteknologier	Kjernerkraftfusjons-teknologier, reaktorer og kraftproduksjon, radiologisk konvertering/ anrikning/resirkulerings-teknologier Hydrogen og nye drivstoff Netto-null-teknologier, inkludert solenergi Smarte nett og energilagring, batterier
9. Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy (luft, land, overflate og undervann) Roboter og robotstyrte presisjonssystemer Exoskjeletter KI-aktiviserte systemer
10. Avanserte materialer, produksjons- og resirkuleringsteknologier	Teknologier for nanomaterialer, smarte materialer, avanserte keramiske materialer, stealth-materialer, trygge og bærekraftige materialer designet med tanke på sikkerhet og bærekraft Additiv produksjon, inkludert mobile produksjonenheter Digitalt kontrollert mikro-presisjon produksjon og småskala laserbearbeiding/-sveising Teknologier for utvinning, prosessering og gjenvinning av kritiske råmaterialer
11. Undervannsteknologi	Teknologier for posisjonering og navigering under vann Akustisk kommunikasjon, Elektromagnetisk kommunikasjon og Optisk fiberkommunikasjon Sonar

Vedlegg 2: Søkestrenger for de 11 teknologiområdene og 48 teknologiene

Teknologi-områder	Teknologier	Søkestreng Norsk	Søkestreng engelsk (Norge); for alle land brukte vi samme søkestreng, men fjernet land-filter (Norway)
1. Avanserte halvlederteknologier	Mikroelektronikk, inkludert prosessorer Fotonikk teknologier, inkludert laser og våpen for rettet energi Høyfrekvente databrikker Utstyr for produksjon av halvledere på svært avanserte node-størrelser	TS=("avanserte halvlederteknologier" OR halvleder* OR "EUV-litografi" OR nanoelektronikk OR "høyfrekvente brikker" OR "RF-brikker" OR "mikrobølgebrikker" OR "millimeterbølgebrikker" OR mikroelektronikk OR "integreerte kretser" OR "elektronisk miniatyrisering" OR VLSI OR ULSI OR MEMS OR "brikkedesign" OR "system på brikke" OR SoC OR ASIC OR fotonikk OR optoelektronikk OR "optisk kommunikasjon" OR "optisk sammenkobling" OR "laserteknologi" OR "lasersystemer" OR ikke-lineær optikk OR "lysbølge teknologi" OR "optiske sensorer" OR "optisk databehandling")	((TS=("advanced semiconductor* technolog*" OR semiconductor* OR "EUV lithography" OR nanoelectronic* OR "high frequency chip*" OR "RF chip*" OR "microwave chip*" OR "millimeter-wave chip*" OR microelectronic* OR "integrated circuit*" OR "electronic miniaturization" OR VLSI OR ULSI OR MEMS OR "chip design" OR "system on chip" OR SoC OR ASIC OR photonic* OR optoelectronic* OR "optical communication*" OR "optical interconnect*" OR "laser technolog*" OR "laser system*" OR "nonlinear optic*" OR "lightwave technolog*" OR "optical sensor*" OR "optical computing")) AND (PY=(2015–2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))))
2. Kunstig intelligens teknologier	Høytytelsesdata-behandling Sky- og kantdata-behandling Dataanalyser-teknologier Datamaskinsyn, språkbehandling, objektgjenkjenning Maskinlæring, dyplæring	TS=("kunstig intelligens-teknologier" OR "maskinlæringsteknologier" OR "dyp læring-teknologier" OR "nevrale nettverk" OR "datamaskinsyn" OR "naturlig språkprosessering" OR "objektgjenkjenning" OR "dataanalyse-teknologier" OR "høytytelsesdatabehandling" OR "skytjenester" OR "kantdata-behandling")	((TS=("artificial intelligence technolog*" OR "machine learning technolog*" OR "deep learning technolog*" OR "neural network*" OR "computer vision" OR "natural language processing" OR "object recognition" OR "data analytics technolog*" OR "high-performance comput*" OR "cloud comput*" OR "edge comput*")) AND PY=(2015-2024) AND CU=("NORWAY") AND DT=("ARTICLE" OR "REVIEW")))

3.	Kvanteteknologier	Kvanteberegning Kvantekryptografi Kvante-kommunikasjon Kvantesensorer og radar	TS=("kvanteteknologier" OR "kvanteingeniørfag" OR "kvanteenheter" OR "kvantesystemer" OR "kvanteapplikasjoner" OR "kvantedatabehandling" OR "kvanteprosessorer" OR "kvantealgoritmer" OR "kvanteprogramvare" OR "kvantekryptografi" OR "kvantenøkkeldistribusjon" OR "QKD" OR "kvantekommunikasjon" OR "kvantenettverk" OR "kvanteinternett" OR "kvantesensorer" OR "kvanteradar" OR "kvantemetrologi" OR "kvantedatamaskiner")	((TS=("quantum technolog*" OR "quantum engineering" OR "quantum device*" OR "quantum system*" OR "quantum application*" OR "quantum computing" OR "quantum processor*" OR "quantum algorithm*" OR "quantum software" OR "quantum cryptography" OR "quantum key distribution" OR "QKD" OR "quantum communication*" OR "quantum network*" OR "quantum internet" OR "quantum sens*" OR "quantum radar" OR "quantum metrology" OR "quantum comput*") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))))
4.	Bioteknologier	Teknikker for genetisk modifikasjon Nye genomiske teknikker Gen-drivere Syntetisk biologi	TS=("bioteknologi*" OR "bioteknologisk innovasjon*" OR "bioteknologiske applikasjoner" OR "genetisk ingeniørkunst" OR "genetisk modifikasjon" OR "genomredigering" OR "genredigering" OR "CRISPR" OR "genstyring" OR "genstyringssystemer" OR "syntetisk biologi" OR "syntetisk genomikk" OR "genomsyntese" OR "nye genomiske teknikker" OR "NGT" OR "avanserte genetiske teknologier" OR "genetisk manipulering" OR "genetisk forbedring")	((TS=("biotechnology*" OR "biotech innovation*" OR "biotech application*" OR "genetic engineering" OR "genetic modification" OR "genome editing" OR "gene editing" OR "CRISPR" OR "gene-drive" OR "gene drive system*" OR "synthetic biology" OR "synthetic genomics" OR "genome synthesis" OR "new genomic technique*" OR "NGT" OR "advanced genetic technolog*" OR "genetic manipulation" OR "genetic enhancement") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))))

5.	Avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier	Sikker digital kommunikasjon og tilkobling samt 6G Cybersikkerhetsteknologier, inkludert postkvantekryptografi og KI og sikkerhet Tingenes internett og virtuell virkelighet Distribuerte ledgers og digital identitetsteknologi Veiledning, navigasjon og kontrollteknologier, inkludert avionikk og maritim posisjonering Menneske-Maskin Interaksjon, inkludert AR og VR	TS=("avansert konnektivitet" OR "avansert navigasjon" OR "avanserte digitale teknologier" OR "sikker digital kommunikasjon" OR "sikker digital konnektivitet" OR "åpen radionettverkstilgang" OR "cybersikkerhetsteknologier" OR "cyberovervåkning" OR "sikkerhets- og inntrengingssystemer" OR "digital rettsmedisin" OR "tingenes internett" OR "virtuell virkelighet" OR "distribuert hovedbok" OR "digital identitetsteknologi" OR "styrings- og navigasjonsteknologier" OR "kontrollteknologier" OR "avionikk" OR "marin posisjonering" OR "menneske-maskin interaksjon" OR "menneske-datamaskin interaksjon" OR "menneske-robot interaksjon")	((TS=("advanced connectivity" OR "advanced navigation" OR "advanced digital technolog*" OR "secure digital communication" OR "secure digital connectivity" OR "Open Radion Access Network" OR "cyber security technolog*" OR "cyber surveillance" OR "security and intrusion system*" OR "digital forensic*" OR "Internet of Things" OR "Virtual Reality" OR "distributed ledger" OR "digital identify technolog*" OR "guidance navigation technolog*" OR "control technolog*" OR "avionics" OR "marine positioning" OR "human-machine interact*" OR "human-computer interact*" OR "human-robot interact*") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))
6.	Avanserte sensorteknologier	Elektro-optisk, radar, kjemisk, biologisk, stråling og distribuert sensorer Magnetometre, magnetiske gradiometre Undervanns elektriske felt sensorer Gravimeter og gradiometre Tøyingssensorer (strain sensors)	TS=("avanserte sensorteknologier" OR "sensorteknologier" OR "sensoriske systemer" OR "elektro-optiske sensorer" OR "EO-sensorer" OR "radar-sensorer" OR "radarteknologier" OR "kjemiske sensorer" OR "biologiske sensorer" OR "biosensorer" OR "strålingssensorer" OR "distribuert sensing" OR "distribuerte sensornettverk" OR "magnetometre" OR "magnetiske gradiometre" OR "sensorer for elektriske felt under vann" OR "sensing av elektriske felt" OR "gravimetre" OR "gravimetre" OR "gravitasjonsgradiometre" OR "gravitasjonssensing" OR "strekkfølere" OR "strekkmålere" OR "deteksjon av mekanisk deformasjon" OR "deformasjonsfølere" OR "stressensorer")	TS=("advanced sensing technolog*" OR "sensor technolog*" OR "sensing system*" OR "electro-optical sensor*" OR "EO sensor*" OR "radar sensor*" OR "radar technolog*" OR "chemical sensor*" OR "biological sensor*" OR "biosensor*" OR "radiation sensor*" OR "distributed sensing" OR "distributed sensor network*" OR "magnetometer*" OR "magnetic gradiometer*" OR "underwater electric field sensor*" OR "electric field sensing" OR "gravity meter*" OR "gravimeter*" OR "gravity gradiometer*" OR "gravitational sensing" OR "strain sensor*" OR "strain gauge*" OR "mechanical strain detection" OR "deformation sensor*" OR "stress sensor*") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))

7.	Romfarts- og fremdriftsteknologier	Dedikert romfokustert teknologi, fra komponent- til systemnivå Romovervåkning og jord-observasjons-teknologier Romposisjonering, navigasjon og timing (PNT) Sikre kommunikasjoner inkludert tilkobling i lav jordbane (LEO) Fremdriftsteknologier, inkludert hypersoniske og komponenter for militært bruk	TS = ("romteknolog" OR "romsystem" OR "romkomponent*" OR "romteknikk" OR "romapplikasjon*" OR "romovervåkning" OR "jordobservasjonsteknolog*" OR "fjernmålingssatellitt*" OR "rombasert sensor*" OR "romposisjonering" OR "romnavigasjon" OR "romtidtaking" OR "PNT" OR "GNSS" OR "satellittnavigasjon" OR "sikker romkommunikasjon*" OR "LEO-tilkobling" OR "kommunikasjon i lav jordbane*" OR "romkommunikasjonsnettverk*" OR "romdatakobling*" OR "romfremdriftsteknolog*" OR "romfremdriftssystem*" OR "elektrisk fremdrift" OR "kjemisk fremdrift" OR "hypersonisk fremdrift" OR "hypersonisk teknolog*" OR "militær fremdriftskomponent*" OR "aerospacefremdrift")	TS=("space technolog*" OR "space system*" OR "space component*" OR "space engineering" OR "space application*" OR "space surveillance" OR "Earth observation technolog*" OR "remote sensing satellite*" OR "space-based sensor*" OR "space positioning" OR "space navigation" OR "space timing" OR "PNT" OR "GNSS" OR "satellite navigation" OR "secure space communication*" OR "LEO connectivity" OR "Low Earth Orbit communication*" OR "space communication network*" OR "space data link*" OR "space propulsion technolog*" OR "space propulsion system*" OR "electric propulsion" OR "chemical propulsion" OR "hypersonic propulsion" OR "hypersonic technolog*" OR "military propulsion component*" OR "aerospace propulsion") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))
8.	Energiteknologier	Kjernekraftfusjons-teknologier, reaktorer og kraftproduksjon, radiologisk konvertering/ anrikning/resirkulerings-teknologier Hydrogen og nye drivstoff Netto-null-teknologier, inkludert solenergi Smarte nett og energilagring, batterier	TS = ("energiteknolog" OR "kjernekraftfusjonsteknolog" OR "reaktor*" OR "kraftproduksjon" OR "radiologisk konverteringsteknolog*" OR "radiologisk berikelsesteknolog*" OR "radiologisk resirkuleringsteknolog*" OR "hydrogen og nye drivstoff" OR "netto-nullteknolog*" OR "fotovoltaisk" OR "smarte strømnett" OR "energilagring" OR "batteriteknolog*" OR "avansert batteri" OR "lagring i stor skala")**	((TS=("engery technolog*" OR "nuclear fusion technolog*" OR "reactor*" OR "reactor* and power generation" OR "radiological conversion technolog*" OR "radiological enrichment technolog*" OR "radiological recycling technolog*" OR "hydrogen and new fuels" OR "net-zero technolog*" OR "photovoltaic OR "smart grids" OR "energy storage" OR "battery technolog*" OR "advanced battery" OR "grid-scale storage") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))))

9.	Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy (luft, land, overflate og under vann) Roboter og robotstyrte presisjonssystemer Exoskjeletter KI-aktiviserte systemer	TS = ("robotteknolog" OR "robotsystem" OR "autonome system*" OR "autonome teknolog*" OR "intelligent robot*" OR "robotstyrt presisjonssystem*" OR "presisjonsrobotikk" OR "ekskjelett*" OR "bærbar robot*" OR "drone*" OR "ubemannet luftfartøy*" OR "UAV" OR "ubemannet bakkefartøy*" OR "UGV" OR "ubemannet overflatefartøy*" OR "USV" OR "ubemannet under vannsfartøy*" OR "UUV" OR "autonomt kjøretøy*" OR "selvkjørende kjøretøy*" OR "AI-drevet system*" OR "kunstig intelligensrobot*" OR "intelligent autonomt system*" OR "robotautomasering")**	TS=("robotic technolog*" OR "robot system*" OR "autonomous system*" OR "autonomous technolog*" OR "intelligent robot*" OR "robot-controlled precision system*" OR "precision robotics" OR "exoskeleton*" OR "wearable robot*" OR "drone*" OR "unmanned aerial vehicle*" OR "UAV" OR "unmanned ground vehicle*" OR "UGV" OR "unmanned surface vehicle*" OR "USV" OR "unmanned underwater vehicle*" OR "UUV" OR "autonomous vehicle*" OR "self-driving vehicle*" OR "AI-enabled system*" OR "artificial intelligence robot*" OR "intelligent autonomous system*" OR "robotic automation") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))
10.	Avanserte materialer, produksjons- og resirkuleringsteknologier	Teknologier for nanomaterialer, smarte materialer, avanserte keramiske materialer, stealth-materialer, trygge og bærekraftige materialer designet med tanke på sikkerhet og bærekraft Additiv produksjon, inkludert mobile produksjonsheter Digitalt kontrollert mikropresisjon produksjon og småskala laserbearbeiding/-sveising Teknologier for utvinning, prosessering og gjenvinning av kritiske råmaterialer	TS=(("avanserte materialer" OR "smarte materialer" OR "nanomaterialer" OR "nano-materialer" OR "avanserte keramiske materialer" OR "stealth-materialer" OR "trygge og bærekraftige etter design" OR "SSbD-materialer") OR ("additiv produksjon" OR "3D-printing" OR "4D-printing" OR "produksjon i felt") OR ("digitalt styrt produksjon" OR "mikropresisjonsproduksjon" OR "lasermaskinering" OR "laser-sveising" OR "laser-prosessering i liten skala") OR ("kritiske råmaterialer" OR "CRM" OR "sjeldne jordarter" OR "strategiske materialer") AND ("utvinning" OR "prosessering" OR "resirkulering" OR "hydrometallurgisk utvinning" OR "bioluting" OR "nanoteknologibasert filtrering" OR "elektrokjemisk prosessering" OR "black mass"))	((TS=(("advanced material*" OR "smart material*" OR "nanomaterial*" OR "nano-material*" OR "advanced ceramic*" OR "stealth material*" OR "safe and sustainable by design" OR "SSbD material*") OR ("additive manufacturing" OR "3D printing" OR "4D printing" OR "in-field manufacturing") OR ("digital controlled manufacturing" OR "micro-precision manufacturing" OR "laser machining" OR "laser welding" OR "small-scale laser processing") OR ("critical raw material*" OR "CRM" OR "rare earth*" OR "strategic material*") AND ("extraction" OR "processing" OR "recycling" OR "hydrometallurgical extraction" OR "bioleaching" OR "nanotechnology-based filtration" OR "electrochemical processing" OR "black mass")) AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))

11. Undervannsteknologi	Teknologier for posisjonering og navigering under vann Akustisk kommunikasjon, Elektromagnetisk kommunikasjon og Optisk fiberkommunikasjon Sonar	TS = ("undervannsteknolog" OR "marinteknolog" OR "undersjøisk teknolog*" OR "havteknikk" OR "undervannssystem*" OR "nedsenkbart system*" OR "autonomt undervannsfartøy*" OR "AUV" OR "fjernstyrt fartøy*" OR "ROV" OR "undervannssensor*" OR "undervannskommunikasjon*" OR "akustisk kommunikasjon" OR "elektromagnetisk kommunikasjon" OR "fiberkommunikasjon" OR "sonarsystem*" OR "undervannsnavigasjon" OR "marin robotikk" OR "undersjøisk robotikk" OR "undervannsfremdrift" OR "undervannsposisjoneringsystem*" OR "marin posisjonering" OR "sensor for elektrisk felt under vann*" OR "magnetometer*" OR "magnetisk gradiometer*" OR "gravimeter*" OR "tyngdemåler*" OR "tyngdegradiometer*" OR "undervannsovervåkning" OR "havovervåkingssystem*")**	TS=("underwater technolog*" OR "marine technolog*" OR "subsea technolog*" OR "ocean engineering" OR "underwater system*" OR "submersible system*" OR "autonomous underwater vehicle*" OR "AUV" OR "remotely operated vehicle*" OR "ROV" OR "underwater sensor*" OR "underwater communication*" OR "acoustic communication" OR "electromagnetic communication" OR "fiber communication" OR "sonar system*" OR "underwater navigation" OR "marine robotics" OR "subsea robotics" OR "underwater propulsion" OR "underwater positioning system*" OR "marine positioning" OR "underwater electric field sensor*" OR "magnetometer*" OR "magnetic gradiometer*" OR "gravity meter*" OR "gravimeter*" OR "gravity gradiometer*" OR "underwater surveillance" OR "ocean monitoring system*") AND (PY=(2015-2024)) AND (CU=("NORWAY")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))))
-------------------------	--	--	--

Vedlegg 3: Seleksjonskriteriene

Inklusjon		Eksklusjon (for alle 11 områder)
Konsept 1	- Advanced semiconductors technologies (dual-use/dual-use potential) - Microelectronics, including processors - Photonics (including high energy laser) technologies - High frequency chips - Semiconductor manufacturing equipment at very advanced node sizes	Non-empirical paper (theoretical, ethical, philosophical) Non-technology research ICT-critical research/ non-technological research Review studies
Konsept 2	- Artificial intelligence technologies (systems) (dual-use/dual-use potential) - High Performance Computing - Cloud and edge computing - Data analytics technologies - Computer vision, language processing, object recognition - Machine learning, deep learning	
Konsept 3	- Quantum technologies: (dual-use/dual-use potential) - Quantum computing - Quantum cryptography - Quantum communications - Quantum sensing and radar	
Konsept 4	- Biotechnologies (dual-use/dual-use potential) - Techniques of genetic modification - New genomic techniques - Gene-drive - Synthetic biology	
Konsept 5	- Advanced connectivity, navigation and digital technologies (dual-use/dual-use potential) - Secure digital communications and connectivity, such as RAN & Open RAN (Radio Access Network) and 6G - Cyber security technologies incl. cybersurveillance, security and intrusion systems, digital forensics - Internet of Things and Virtual Reality - Distributed ledger and digital identity technologies - Guidance, navigation and control technologies, including avionics and marine positioning - Human-machine interaction, included AR and VR	
Konsept 6	- Advanced sensing technologies (dual-use/dual-use potential) - Electro-optical, radar, chemical, biological, radiation and distributed sensing - Magnetometers, magnetic gradiometers - Underwater electric field sensors - Gravity meters and gradiometer - Strain sensors	
Konsept 7	- Space & propulsion technologies (dual-use/dual-use potential) - Dedicated space-focused technologies, ranging from component to system level - Space surveillance and Earth observation technologies - Space positioning, navigation and timing (PNT)	

Konsept 8	• Energy technologies (dual-use/dual-use potential) • Nuclear fusion technologies, reactors and power generation, radiological conversion/enrichment/recycling technologies • Hydrogen and new fuels • Net-zero technologies, including photovoltaic • Smart grids and energy storage, batteries	
Konsept 9	• Robotics and autonomous systems (dual-use/dual-use potential) • Drones and vehicles (air, land, surface and underwater) • Robots and robot-controlled precision systems • Exoskeleton • AI-enabled systems	
Konsept 10	• Advanced materials, manufacturing and recycling technologies (dual-use/dual-use potential) • Technologies for nanomaterials, smart materials, advanced ceramic materials, stealth materials, safe and sustainable by design materials • Additive manufacturing, including in the field • Digital controlled micro-precision manufacturing and small-scale laser machining/welding • Technologies for extraction, processing and recycling of critical raw materials (including hydrometallurgical extraction, bioleaching, nanotechnology-based filtration, electrochemical processing and black mass)	
Konsept 11	• Underwater technology (dual-use/dual-use potential) • teknologier for posisjonering og navigering under vann • Akustisk kommunikasjon, Elektromagnetisk kommunikasjon og Optisk fiberkommunikasjon • Sonar	
Time span	2015–2024	Før 2015
Document type	Vitenskapelig artikkel	Conference paper etc.
Geography	Norge	
Andre		Manglende sammendrag og tittel som gir for lite informasjon

Vedlegg 4: Oversikt over Norges ti mest aktive samarbeidsland per underområde, artikler i Web of Science, 2015–2014

Teknologiområde	Underområde	Land	Antall publikasjoner
Avansert konnektivitet	Andre	Finland	2
Avansert konnektivitet	Andre	India	2
Avansert konnektivitet	Andre	USA	2
Avansert konnektivitet	Andre	Australia	1
Avansert konnektivitet	Andre	Japan	1
Avansert konnektivitet	Andre	Kina	1
Avansert konnektivitet	Andre	Sverige	1
Avansert konnektivitet	Andre	Tyskland	1
Avansert konnektivitet	Andre	Østerrike	1
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Storbritannia	14
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Kina	13
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	USA	9
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	India	6
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Danmark	5
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Italia	4
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Saudi-Arabia	4
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Sør-Korea	4
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Spania	4
Avansert konnektivitet	Distribuert reskontro og digital identitet	Australia	3
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Kina	22
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	India	17
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Sverige	14
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Canada	12
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Taiwan	12
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Storbritannia	11
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Pakistan	10
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Saudi-Arabia	10
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	USA	8
Avansert konnektivitet	Kybersikkerhet	Libanon	6
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	India	3
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Kina	3
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Sør-Korea	3
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Storbritannia	3
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Sverige	3
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Tyskland	3
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Finland	2
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Nederland	2
Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	Sveits	2

Avansert konnektivitet	Menneske-maskin-interaksjon	USA	2
Avansert konnektivitet	Sikker digital kommunikasjon	India	1
Avansert konnektivitet	Sikker digital kommunikasjon	Italia	1
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Kina	55
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Taiwan	25
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Canada	24
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	USA	23
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Storbritannia	22
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	India	19
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Italia	18
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Pakistan	16
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Tyskland	16
Avansert konnektivitet	Tingenes internett og virtuell virkelighet	Sør-Korea	13
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Kina	4
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Australia	2
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Saudi-Arabia	2
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Sør-Korea	2
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	U Arab Emirates	2
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	USA	2
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Brasil	1
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Egypt	1
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	India	1
Avansert konnektivitet	Veiledning, navigasjon og kontroll	Pakistan	1
Avanserte halvledere	Andre	Kina	66
Avanserte halvledere	Andre	USA	65
Avanserte halvledere	Andre	Tyskland	62
Avanserte halvledere	Andre	Sverige	50
Avanserte halvledere	Andre	Storbritannia	45
Avanserte halvledere	Andre	Italia	43
Avanserte halvledere	Andre	India	41
Avanserte halvledere	Andre	Frankrike	38
Avanserte halvledere	Andre	Danmark	32
Avanserte halvledere	Andre	Sveits	31
Avanserte halvledere	Fototonikk	USA	60
Avanserte halvledere	Fototonikk	Sverige	46
Avanserte halvledere	Fototonikk	Kina	43
Avanserte halvledere	Fototonikk	Storbritannia	40
Avanserte halvledere	Fototonikk	Tyskland	39
Avanserte halvledere	Fototonikk	India	29
Avanserte halvledere	Fototonikk	Frankrike	25
Avanserte halvledere	Fototonikk	Danmark	18
Avanserte halvledere	Fototonikk	Sveits	18
Avanserte halvledere	Fototonikk	Iran	15

Avanserte halvledere	Høyfrekvente databrikker	USA	7
Avanserte halvledere	Høyfrekvente databrikker	Russia	2
Avanserte halvledere	Høyfrekvente databrikker	Kina	1
Avanserte halvledere	Høyfrekvente databrikker	Slovenia	1
Avanserte halvledere	Høyfrekvente databrikker	Sør-Korea	1
Avanserte halvledere	Høyfrekvente databrikker	Tyskland	1
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Tyskland	26
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	USA	26
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Sverige	22
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Storbritannia	18
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Sveits	17
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Frankrike	16
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Kina	16
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	India	12
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Nederland	12
Avanserte halvledere	Mikroelektronikk	Italia	10
Avanserte halvledere	Produksjonsutstyr halvledere	Frankrike	2
Avanserte halvledere	Produksjonsutstyr halvledere	India	2
Avanserte halvledere	Produksjonsutstyr halvledere	Storbritannia	2
Avanserte halvledere	Produksjonsutstyr halvledere	Taiwan	1
Avanserte halvledere	Produksjonsutstyr halvledere	Tyskland	1
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Italia	42
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Tyskland	27
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Storbritannia	24
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Kina	23
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Sverige	20
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Hellas	18
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Spania	17
Avanserte materialer	Additiv produksjon	India	11
Avanserte materialer	Additiv produksjon	Iran	11
Avanserte materialer	Additiv produksjon	USA	11
Avanserte materialer	Andre	Kina	2
Avanserte materialer	Andre	Nederland	2
Avanserte materialer	Andre	Canada	1
Avanserte materialer	Andre	Danmark	1
Avanserte materialer	Andre	Egypt	1
Avanserte materialer	Andre	Frankrike	1
Avanserte materialer	Andre	India	1
Avanserte materialer	Andre	Italia	1
Avanserte materialer	Andre	Japan	1
Avanserte materialer	Andre	Romania	1
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Tyskland	8
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Tyrkia	6

Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Sverige	4
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Belgia	3
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Canada	3
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Kina	3
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Spania	3
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	USA	3
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Nederland	2
Avanserte materialer	Kritiske råmaterialer	Sveits	2
Avanserte materialer	Mikropresisjonsproduksjon	Kina	2
Avanserte materialer	Mikropresisjonsproduksjon	Finland	1
Avanserte materialer	Mikropresisjonsproduksjon	Polen	1
Avanserte materialer	Mikropresisjonsproduksjon	Sverige	1
Avanserte materialer	Mikropresisjonsproduksjon	Tyskland	1
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Tyskland	35
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Kina	34
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	India	27
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	USA	26
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Spania	23
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Danmark	21
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Frankrike	21
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Storbritannia	20
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Sverige	20
Avanserte materialer	Nano- og smarte materialer	Italia	15
Avanserte sensorer	Andre	Kina	5
Avanserte sensorer	Andre	USA	4
Avanserte sensorer	Andre	India	3
Avanserte sensorer	Andre	Taiwan	3
Avanserte sensorer	Andre	Tyskland	3
Avanserte sensorer	Andre	Belgia	2
Avanserte sensorer	Andre	Canada	2
Avanserte sensorer	Andre	Danmark	2
Avanserte sensorer	Andre	Italia	2
Avanserte sensorer	Andre	Saudi-Arabia	2
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Tyskland	3
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Sverige	2
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Argentina	1
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Belgia	1
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Danmark	1
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Estland	1
Avanserte sensorer	Gravimeter og gradiometre	Finland	1
Avanserte sensorer	Magnetometre	USA	34
Avanserte sensorer	Magnetometre	Storbritannia	22
Avanserte sensorer	Magnetometre	Finland	15

Avanserte sensorer	Magnetometre	Russia	11
Avanserte sensorer	Magnetometre	Tyskland	8
Avanserte sensorer	Magnetometre	Danmark	5
Avanserte sensorer	Magnetometre	Sverige	5
Avanserte sensorer	Magnetometre	Nederland	4
Avanserte sensorer	Magnetometre	Canada	3
Avanserte sensorer	Magnetometre	Japan	3
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Kina	9
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	USA	4
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Frankrike	3
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Storbritannia	3
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Tyskland	3
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Italia	2
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Pakistan	2
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Sør-Korea	2
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	Sverige	2
Avanserte sensorer	Tøyningsensorer	U Arab Emirates	2
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Storbritannia	29
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Tyskland	29
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	USA	27
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Kina	19
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	India	15
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Sverige	10
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Japan	9
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Russia	8
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Spania	8
Avanserte sensorer	Ulike sensorer	Østerrike	8
Bioteknologier	Andre	Tyskland	41
Bioteknologier	Andre	USA	32
Bioteknologier	Andre	Nederland	29
Bioteknologier	Andre	Storbritannia	28
Bioteknologier	Andre	Frankrike	20
Bioteknologier	Andre	Italia	18
Bioteknologier	Andre	Spania	14
Bioteknologier	Andre	Danmark	13
Bioteknologier	Andre	Finland	13
Bioteknologier	Andre	Sveits	12
Bioteknologier	Genmodifikasjon	USA	34
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Tyskland	30
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Storbritannia	21
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Nederland	20
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Sverige	17
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Danmark	16

Bioteknologier	Genmodifikasjon	Kina	15
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Sveits	11
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Canada	10
Bioteknologier	Genmodifikasjon	Japan	10
Bioteknologier	Nye genomer	USA	17
Bioteknologier	Nye genomer	Sverige	9
Bioteknologier	Nye genomer	Storbritannia	8
Bioteknologier	Nye genomer	Tyskland	8
Bioteknologier	Nye genomer	Danmark	6
Bioteknologier	Nye genomer	Kina	6
Bioteknologier	Nye genomer	Nederland	6
Bioteknologier	Nye genomer	Brasil	4
Bioteknologier	Nye genomer	India	4
Bioteknologier	Nye genomer	Canada	3
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Tyskland	7
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Nederland	4
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Storbritannia	4
Bioteknologier	Syntetisk biologi	USA	3
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Danmark	2
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Frankrike	2
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Italia	2
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Sveits	2
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Estland	1
Bioteknologier	Syntetisk biologi	Finland	1
Energiteknologier	Andre	USA	8
Energiteknologier	Andre	Kina	5
Energiteknologier	Andre	Nederland	4
Energiteknologier	Andre	India	3
Energiteknologier	Andre	Tyskland	3
Energiteknologier	Andre	Brasil	2
Energiteknologier	Andre	Danmark	2
Energiteknologier	Andre	Italia	2
Energiteknologier	Andre	Russia	2
Energiteknologier	Andre	Spania	2
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Italia	12
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Tyskland	10
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	India	7
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Storbritannia	7
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Sveits	7
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Sør-Afrika	6
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Danmark	5
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Nederland	5
Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	Spania	5

Energiteknologier	Hydrogen og nye drivstoff	USA	5
Energiteknologier	Nullutslipp	India	72
Energiteknologier	Nullutslipp	Kina	54
Energiteknologier	Nullutslipp	Tyskland	46
Energiteknologier	Nullutslipp	Storbritannia	35
Energiteknologier	Nullutslipp	Sverige	33
Energiteknologier	Nullutslipp	USA	33
Energiteknologier	Nullutslipp	Italia	31
Energiteknologier	Nullutslipp	Danmark	26
Energiteknologier	Nullutslipp	Saudi-Arabia	25
Energiteknologier	Nullutslipp	Spania	25
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Kina	87
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	India	83
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Storbritannia	44
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Tyskland	39
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Saudi-Arabia	35
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Spania	32
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	USA	29
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Danmark	24
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Italia	24
Energiteknologier	Smarte nett og energilagring	Iran	20
Kunstig intelligens	Andre	Kina	4
Kunstig intelligens	Andre	Sverige	3
Kunstig intelligens	Andre	Canada	1
Kunstig intelligens	Andre	Egypt	1
Kunstig intelligens	Andre	Japan	1
Kunstig intelligens	Andre	Saudi-Arabia	1
Kunstig intelligens	Andre	Sør-Afrika	1
Kunstig intelligens	Andre	Taiwan	1
Kunstig intelligens	Andre	Østerrike	1
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Kina	4
Kunstig intelligens	Dataanalyse	USA	3
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Canada	2
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Spania	2
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Taiwan	2
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Danmark	1
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Estland	1
Kunstig intelligens	Dataanalyse	India	1
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Italia	1
Kunstig intelligens	Dataanalyse	Japan	1
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	India	100
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Pakistan	86
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	USA	85

Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Kina	84
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Storbritannia	70
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Saudi-Arabia	55
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Sør-Korea	41
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Tyskland	39
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Italia	36
Kunstig intelligens	Datamaskinsyn og språkbehandling	Libanon	36
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Tyskland	6
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Spania	5
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	USA	4
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Storbritannia	3
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Sveits	3
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Belgia	2
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Finland	2
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Frankrike	2
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Hellas	2
Kunstig intelligens	Høyytelsesdata	Italia	2
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Kina	265
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	USA	184
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Storbritannia	169
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Tyskland	129
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	India	115
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Italia	81
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Vietnam	80
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Canada	75
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Taiwan	73
Kunstig intelligens	Maskin- og dyplæring	Iran	72
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Kina	91
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	USA	19
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	India	17
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Storbritannia	15
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Canada	12
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Sverige	11
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Sør-Korea	10
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Pakistan	9
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Italia	8
Kunstig intelligens	Sky- og kantdata	Saudi-Arabia	8
Kvanteteknologier	Andre	Russia	10
Kvanteteknologier	Andre	Tyskland	8
Kvanteteknologier	Andre	Sverige	7
Kvanteteknologier	Andre	Canada	4
Kvanteteknologier	Andre	Japan	4
Kvanteteknologier	Andre	Sveits	4

Kvanteteknologier	Andre	USA	4
Kvanteteknologier	Andre	Finland	3
Kvanteteknologier	Andre	Italia	3
Kvanteteknologier	Andre	Kina	3
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	USA	14
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Storbritannia	6
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	India	5
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Sverige	5
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Danmark	4
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Japan	4
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Spania	4
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Tyskland	4
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Canada	3
Kvanteteknologier	Kvanteberegning	Finland	3
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Frankrike	5
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Portugal	3
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Spania	3
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Sveits	3
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Tyskland	3
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	USA	3
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Brunei	2
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Canada	2
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Danmark	2
Kvanteteknologier	Kvantekommunikasjon	Pakistan	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Sverige	5
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	India	3
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Canada	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Polen	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Slovakia	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Storbritannia	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Tsjekkia	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Tyskland	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Østerrike	2
Kvanteteknologier	Kvantekryptografi	Ghana	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Italia	3
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Australia	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Brunei	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Danmark	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Israel	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Kina	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Pakistan	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Saudi-Arabia	1
Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Sveits	1

Kvanteteknologier	Kvantesensorer og radar	Tyskland	1
Robotikk og autonome systemer	Andre	USA	6
Robotikk og autonome systemer	Andre	Storbritannia	5
Robotikk og autonome systemer	Andre	Sveits	3
Robotikk og autonome systemer	Andre	Brasil	2
Robotikk og autonome systemer	Andre	Frankrike	2
Robotikk og autonome systemer	Andre	Nederland	2
Robotikk og autonome systemer	Andre	Argentina	1
Robotikk og autonome systemer	Andre	Danmark	1
Robotikk og autonome systemer	Andre	Finland	1
Robotikk og autonome systemer	Andre	Georgia	1
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Kina	39
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	USA	39
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Storbritannia	30
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	India	28
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Tyskland	26
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Danmark	20
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Italia	20
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Canada	18
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Finland	17
Robotikk og autonome systemer	Droner og kjøretøy	Frankrike	13
Robotikk og autonome systemer	Eksoskjeletter	Sverige	3
Robotikk og autonome systemer	Eksoskjeletter	Danmark	2
Robotikk og autonome systemer	Eksoskjeletter	Nederland	2
Robotikk og autonome systemer	Eksoskjeletter	Spania	2
Robotikk og autonome systemer	Eksoskjeletter	Sveits	2
Robotikk og autonome systemer	Eksoskjeletter	Tyskland	2
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	India	6
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Kina	5
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	USA	5
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Storbritannia	4

Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Sør-Korea	3
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Tyskland	3
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Frankrike	2
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Spania	2
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Algeria	1
Robotikk og autonome systemer	KI-aktiverte systemer	Bangladesh	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Frankrike	2
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Italia	2
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Kina	2
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Algeria	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Australia	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Brasil	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Danmark	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Estland	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	Finland	1
Robotikk og autonome systemer	Roboter	India	1
Romfart og fremdrift	Andre	Tyskland	3
Romfart og fremdrift	Andre	Frankrike	2
Romfart og fremdrift	Andre	Italia	2
Romfart og fremdrift	Andre	Kina	2
Romfart og fremdrift	Andre	Portugal	2
Romfart og fremdrift	Andre	Storbritannia	2
Romfart og fremdrift	Andre	Sveits	2
Romfart og fremdrift	Andre	USA	2
Romfart og fremdrift	Andre	Belgia	1
Romfart og fremdrift	Andre	Danmark	1
Romfart og fremdrift	Fremdriftsteknologier	Storbritannia	1
Romfart og fremdrift	Fremdriftsteknologier	Tyskland	1
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Tyskland	3
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Italia	2
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Polen	2
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Danmark	1
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Frankrike	1
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Nederland	1
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Romania	1
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Storbritannia	1
Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Sveits	1

Romfart og fremdrift	Komponenter og systemer	Tsjekkia	1
Romfart og fremdrift	Romkommunikasjon	Australia	1
Romfart og fremdrift	Romkommunikasjon	Ethiopia	1
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Tyskland	16
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	USA	14
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Sverige	8
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Frankrike	7
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Japan	6
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Storbritannia	5
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Australia	3
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Danmark	3
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Finland	3
Romfart og fremdrift	Romovervåkning og jordobservasjon	Kina	3
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	USA	16
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Tyskland	10
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Nederland	9
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Storbritannia	9
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Italia	8
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Kina	7
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Sverige	7
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Canada	6
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Finland	6
Romfart og fremdrift	Romposisjonering	Polen	6
Undervannsteknologi	Andre	USA	63
Undervannsteknologi	Andre	Storbritannia	48
Undervannsteknologi	Andre	Tyskland	40
Undervannsteknologi	Andre	Russia	22
Undervannsteknologi	Andre	Finland	21
Undervannsteknologi	Andre	Kina	14
Undervannsteknologi	Andre	Sverige	14
Undervannsteknologi	Andre	Frankrike	13
Undervannsteknologi	Andre	Danmark	12
Undervannsteknologi	Andre	Portugal	11
Undervannsteknologi	Sonar	Storbritannia	16
Undervannsteknologi	Sonar	USA	15
Undervannsteknologi	Sonar	Nederland	4
Undervannsteknologi	Sonar	Tyskland	4
Undervannsteknologi	Sonar	Island	3
Undervannsteknologi	Sonar	Kina	3
Undervannsteknologi	Sonar	Polen	3
Undervannsteknologi	Sonar	Spania	3
Undervannsteknologi	Sonar	Canada	2
Undervannsteknologi	Sonar	Russia	2

Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Frankrike	3
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Italia	2
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Pakistan	2
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Saudi-Arabia	2
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Sverige	2
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Taiwan	2
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Australia	1
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Canada	1
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	India	1
Undervannsteknologi	Undervannskommunikasjon	Iraq	1
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	USA	8
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Frankrike	6
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Portugal	5
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Italia	4
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Danmark	3
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	India	3
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Kina	3
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Spania	3
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Storbritannia	3
Undervannsteknologi	Undervannsnavigering	Canada	2

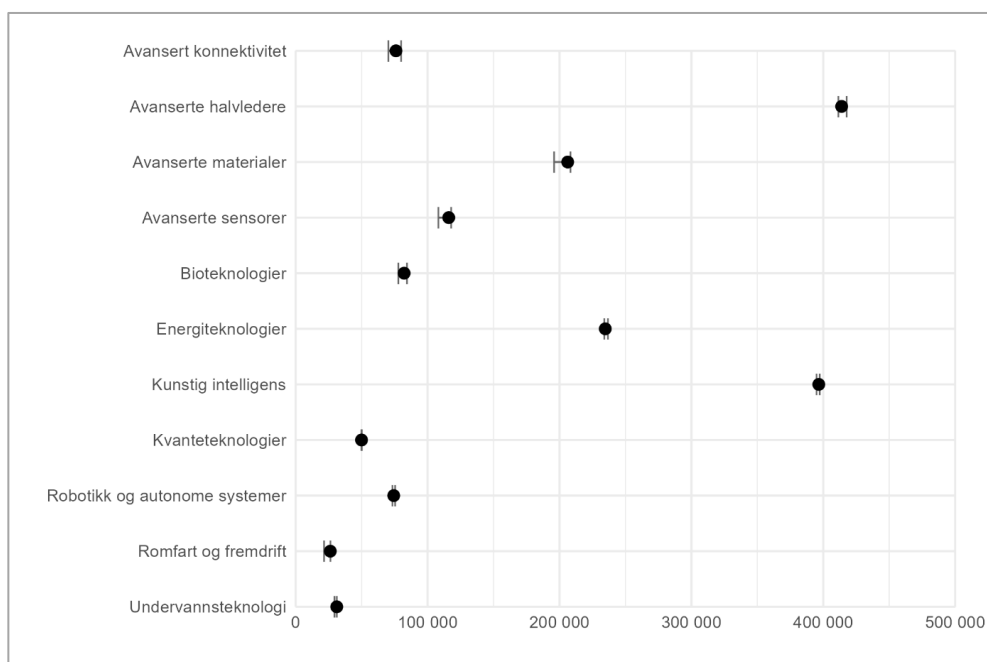
Vedlegg 5: Klassifiseringsmodeller

Å identifisere publikasjoner fra hele verden som samsvarte med våre tematiske definisjoner var ikke håndterbart manuelt. Søkestrengene som lå til grunn for utvalget av norske publikasjoner gir til sammen treff på over to millioner publikasjoner globalt i perioden. Det var likevel viktig å kunne si noe om omfanget av publisering globalt for hvert teknologiområde, både for å kunne forstå det globale bildet og for å kunne gi en relativ vurdering av norsk forskningsinnsats. Vi besluttet derfor å trene opp binære klassifiseringsmodeller på det norske, manuelt identifiserte publikasjonssettet til å maskinelt klassifisere de til sammen 2,05 millioner publikasjonene uten norske forfattere.

Prosedyren for opptrening av modeller var som følger:

1. For hvert område ble et søk gjort i WoS med søkestrenger som spesifisert i Vedlegg 2. Søket ble gjort med Clarivates WoS Starter API-klient for Python. Tittel og sammendrag for hver publikasjon ble hentet ut fra Nasjonal infrastruktur for bibliometri, NIB.
2. Publikasjonene som hadde blitt klassifisert som relevante eller ikke relevante i screeningen av de norske publikasjonene ble slått sammen og brukt som treningsdata for hver modell. Disse ble delt i et treningssett (80 % av publikasjonene) og et valideringssett (de resterende 20 %) som modellen ikke har tilgang til under trening.
3. En allerede trent transformer-basert modell, ModernBERT (Warner et al. 2024), ble valgt ut som basemodell for videre trening. Hver modell ble trent i fem epoker, og den endelige versjonen av modellen ble valgt etter graden av samsvar med valideringssettet.
4. De trente modellene fikk så klassifisere det globale settet innen sitt område, og en endelig validering ble gjort mot de norske publikasjonene som også befant seg i det globale søket.
5. Som et siste valideringssteg ble manuelle stikkprøver tatt av de som hadde utført den manuelle screeningen, og kvaliteten ble funnet tilfredsstillende.

Resultatet av klassifiseringen var et datasett med høy treffsikkerhet i klassifiseringen, med nedre og øvre anslagsgrenser (beregnet ut fra resultatet i punkt 4 i listen over) svært tett opp til de inkluderte verdiene (figur A5.1).



Figur A5.1 Treffsikkerhet i klassifiseringen, med nedre og øvre anslagsgrenser

Tabelloversikt

Tabell 2.1 Seleksjonskriterier for publikasjoner fra området bioteknologier	19
Tabell 2.2 Oversikt over identifiserte og inkluderte WoS-artikler	20
Tabell 2.3 Oversikt over prosjekter per finansieringskilde, og andel med norsk deltakelse	21
Tabell 3.1a De ti største bidragsyterne i Norge per teknologiområde, 2015–2024 (antall publikasjoner, og prosentandel av forfatteradresser)	27
Tabell 3.1b De ti største bidragsyterne i Norge per teknologiområde, 2015–2024 (antall publikasjoner, og prosentandel av forfatteradresser)	28
Tabell 3.2 Grad av balanse i internasjonal sampublisering (2015 og 2024)	32
Tabell 3.3 Norges mest aktive samarbeidsland innen kunstig intelligens og energiteknologier, antall publikasjoner med samforfatterskap, 2024	33
Tabell 3.4 Norges mest aktive samarbeidsland per teknologiområde, antall publikasjoner med samforfatterskap, 2024	34
Tabell 3.5 Norges mest aktive samarbeidsland per underområde (fra teknologiområdene), antall publikasjoner med samforfatterskap, 2015–2024	36
Tabell 3.6 Norske siteringstall, 2015–2024, prosentandel topp 10% (totalt antall publikasjoner)	50
Tabell 3.7a: Andel Topp 10% publikasjoner, Avansert konnektivitet	54
Tabell 3.7b: Andel Topp 10% publikasjoner, Avanserte halvledere	55
Tabell 3.7c: Andel Topp 10% publikasjoner, Avanserte materialer	55
Tabell 3.7d: Andel Topp 10% publikasjoner, Avanserte sensorer	55
Tabell 3.7e: Andel Topp 10% publikasjoner, Bioteknologier	56
Tabell 3.7f: Andel Topp 10% publikasjoner, Energiteknologier	56
Tabell 3.7g: Andel Topp 10% publikasjoner, Kunstig intelligens	56
Tabell 3.7h: Andel Topp 10% publikasjoner, Kvanteteknologier	57
Tabell 3.7i: Andel Topp 10% publikasjoner, Robotikk og autonome systemer	57

Tabell 3.7j Andel Topp 10% publikasjoner, Romfart og fremdrift.....	57
Tabell 3.7k: Andel Topp 10% publikasjoner, Undervannsteknologi.....	58
Tabell 4.1 Nøkkeltall for nasjoners deltakelse i sensitiv teknologiprosjekter, 2020–2025	61
Tabell 4.2 Fordeling av norske prosjekter og EU-midler på tvers av teknologiområder, sammenlignet med den totale fordelingen av EUs midler.....	63
Tabell 4.3 Norges resultater standardisert iht. europeiske gjennomsnittsverdier (1.00).....	65
Tabell 4.4 Prosentvis fordeling av tildelte midler per sektor og teknologiområde, Norge.....	69
Tabell 4.5 Prosentvis fordeling av tildelte midler per sektor på tvers av nordiske land.....	69
Tabell 4.6 Prosentvis fordeling av tildelte midler per sektor (ekskl. OFF/ØVR) og teknologiområde på tvers av nordiske land.....	71
Tabell 4.7 De 15 største deltakerne i teknologiprosjektene fordelt på sektorer (UH/INST og PRIV), og land (Norge og øvrige europeiske land), med sum tildelt beløp	75

Figuroversikt

Figur 2.1 Arbeidsflyt i prosjektet.....	15
Figur 3.1 Utvikling (2015–2024) i antall norske artikler i WoS per teknologiområde.....	24
Figur 3.2 Utvikling (2015–2024) i antall norske artikler i WoS per teknologiområde.....	25
Figur 3.3 Antall norske artikler i WoS (2015–2024) per teknologiområde og underområder.....	30
Figur 3.4 Forfatterandeler i samforfatterskap med grupper av land (2015–2024).....	33
Figur 3.5a Norsk samforfatterskap (forfatterandeler) med tre risikoland per teknologiområde, 2015–2024.....	39
Figur 3.5b Norsk samforfatterskap (antall publikasjoner) med tre risikoland per teknologiområde, 2015–2024	40
Figur 3.6 Samarbeidsnettverk KI-teknologier	44
Figur 3.7 Samarbeidsnettverk bioteknologier	44
Figur 3.8 Samarbeidsnettverk avanserte sensorteknologier	45
Figur 3.9 Samarbeidsnettverk kvanteteknologier.....	45
Figur 3.10 Samarbeidsnettverk energiteknologier.....	46
Figur 3.11 Samarbeidsnettverk avansert konnektivitet.....	46
Figur 3.12 Samarbeidsnettverk avanserte materialer.....	47
Figur 3.13 Samarbeidsnettverk robotikk og autonome systemer.....	47
Figur 3.14 Samarbeidsnettverk Avanserte halvledere.....	48
Figur 3.15 Samarbeidsnettverk romfart og fremdrift.....	48
Figur 3.16 Samarbeidsnettverk undervannsteknologier	49
Figur 3.17 Norske prosentandeler Topp 10% publikasjoner og Topp 10% publikasjoner per teknologiområde med samarbeidsland, 2015–2024	52
Figur 3.18 Prosentilverdier for sampublikasjonene med de 10 viktigste landene innen hvert område.	53

Figur 4.1 Tildelte EU-midler per nordiske land og teknologiområde.....	67
Figur 4.2 Prosentvis fordeling av tildelte midler per teknologiområde	68
Figur 4.3 Norsk samarbeidsintensitet med europeiske land i EU-prosjekter	72
Figur 4.4 Prosjektkoordinators land, i prosjekter der Norge inngår som partner.....	73
Figur 4.5 De 15 mest aktive norske institusjonene i prosjekter (EU, EDF, Forskningsrådet), antall prosjektdeltakelser	77
Figur 4.6 Mest aktive norske institusjoner, avanserte halvlederteknologier (antall)	79
Figur 4.7 Mest aktive norske institusjoner, bioteknologier (antall).....	80
Figur 4.8 Mest aktive norske institusjoner, kunstig intelligens (antall)	80
Figur 4.9 Mest aktive norske institusjoner, energiteknologier (antall)	81
Figur 4.10 Mest aktive norske institusjoner, avansert konnektivitet, navigasjon og digitale teknologier (antall).....	81
Figur 4.11 Mest aktive norske institusjoner, undervannsteknologier (antall)	82
Figur 4.12 Mest aktive norske institusjoner, kvanteteknologier (antall).....	82
Figur 4.13 Mest aktive norske institusjoner, avanserte sensorteknologier (antall)	83
Figur 4.14 Mest aktive norske institusjoner, romfarts- og fremdriftsteknologier (antall).....	83
Figur 4.15 Mest aktive norske institusjoner, robotikk og autonome systemer (antall)	84
Figur 4.16 Mest aktive norske institusjoner, avanserte materialer, produksjons- og resirkulasjonsteknologier (antall).....	84
Figur 4.17 Viktigste samarbeidspartnere for Norges 9 største institusjoner.....	85
Figur A5.1	127

Nordisk institutt for studier av
innovasjon, forskning og utdanning

Nordic institute for Studies in
Innovation, Research and Education

www.nifu.no