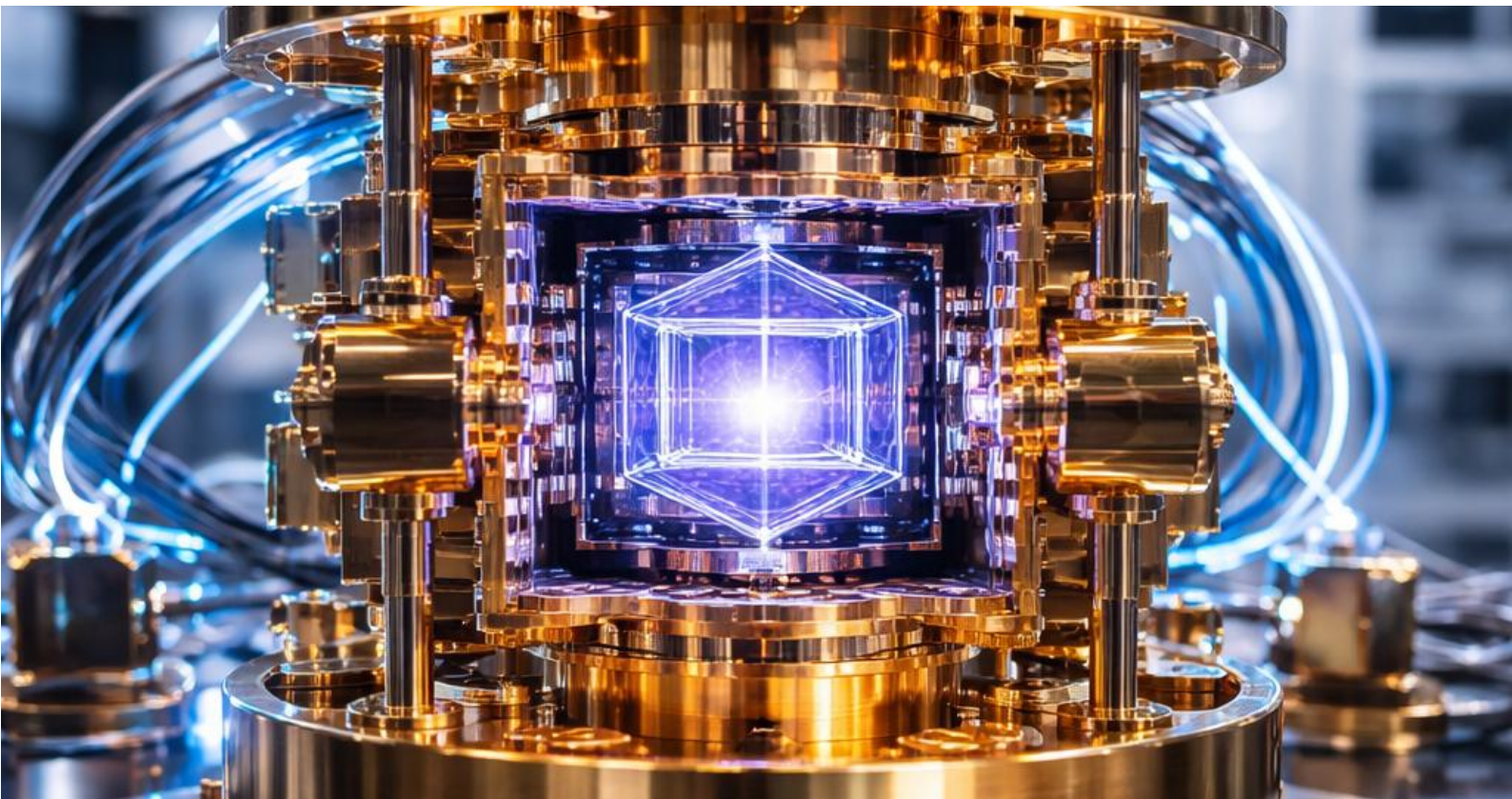


Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger

# Veien mot en norsk kvantestrategi



1	<b>Introduksjon</b>	<b>5</b>
2	<b>Nasjonal status på kvanteteknologifeltet</b>	<b>6</b>
2.1	<b>UoH- og instituttsektoren</b>	<b>6</b>
2.1.1	Overordnet status og faglig innsats	6
2.1.2	Kartlegging av fagfelt og ledende forskningsmiljøer	9
2.1.3	Opplevde utfordringer og fremtidige behov	11
2.2	<b>Næringsliv</b>	<b>13</b>
2.2.1	Kartlegging av næringslivsaktivitet	13
2.2.2	Kompetansesituasjonen og eksempler på næringslivsaktivitet	13
2.2.3	Oppstartsmiljøer og SMBer	18
2.3	<b>Dagens økosystem og klynger</b>	<b>18</b>
2.3.1	Oslo Science City	19
2.3.2	Norsk Kvanteklynge	19
2.3.3	Klyngeprogrammet	19
2.4	<b>Nasjonal infrastruktur</b>	<b>21</b>
2.4.1	Forsknings- og laboratorieinfrastruktur	21
2.4.2	Databehandling og simulering	22
2.4.3	Kvantesensorer og metrologi	22
2.4.4	Kvantekommunikasjon og kryptografi	22
2.5	<b>Områder som vurderes strategisk viktige</b>	<b>22</b>
<hr/>		
3	<b>Strategier og initiativ i Norden</b>	<b>25</b>
3.1	<b>De nordiske strategiene</b>	<b>25</b>
3.2	<b>Struktur og organisering i Norden</b>	<b>27</b>
3.3	<b>Kort oppsummering av rapporter om nordisk og baltiske forutsetninger</b>	<b>31</b>
3.4	<b>Innspillsmøte for norsk kvantestrategi</b>	<b>32</b>
<hr/>		
4	<b>Fremganger og globale trender på kvantefeltet</b>	<b>33</b>
4.1	<b>Veien videre for kvantedatamaskiner og kvantefeilkorrigerings</b>	<b>34</b>
4.2	<b>Kobling mellom kvanteberegning, AI og HPC</b>	<b>37</b>
4.3	<b>Kobling mellom kvanteprogramvare og applikasjon</b>	<b>38</b>
4.4	<b>Noen utvalgte internasjonale initiativ</b>	<b>39</b>
<hr/>		
5	<b>Sikkerhetsutfordringer og sikkerhetstiltak</b>	<b>40</b>
5.1	<b>Kvanteberegninger og sikkerhet</b>	<b>41</b>
5.2	<b>Kvantesensing</b>	<b>43</b>
5.3	<b>Kvantenøkkeldistribusjon, kvantekommunikasjon og kvantebasert tilfeldighet</b>	<b>44</b>
<hr/>		
6	<b>Styrker og svakheter i det norske økosystemet</b>	<b>45</b>
6.1	<b>Kompetansesituasjonen</b>	<b>45</b>
6.2	<b>Kapitalmarkedet</b>	<b>46</b>

6.3	Kommersialisering av forskning	48
6.4	Relevante virkemidler i Forskningsrådet og Innovasjon Norge	50
<hr/>		
7	Drøfting av sivilt-militært samarbeid	56
7.1	Muligheter for innovasjon og verdiskaping for næringsliv og samfunn	56
7.2	Flerbruksløsninger som kan komme til anvendelse for forsvarsevne og motstandsdyktighet	57
7.3	Håndtering av sensitive fagområder	58
<hr/>		
8	Drøfting av samfunnsansvar forbundet med kvanteteknologi	59
8.1	Overordnet utfordringsbilde	59
8.2	Problemstillinger rundt kvanteresistent kryptografi	60
<hr/>		
9	Internasjonalt samarbeid	63
9.1	Behovet for internasjonalt samarbeid	63
9.2	Nordisk samarbeid som strategisk plattform	64
9.3	Nøkkelpartnere utenfor Norden	66
9.4	Forsvarsperspektivet	67
9.5	Samarbeidsmodeller og virkemidler	68
<hr/>		
10	Forslag til prioriterte områder	69
10.1	Utnytte nasjonale fortrinn	69
10.2	Koblingen kvanteteknologi og halvlederindustrien	71
10.3	Potensiale for nye områder og markeder	73
<hr/>		
11	Mulige nye strukturelle grep og tilnærminger	74
11.1	Finsk modell for samfunns- og næringslivsutfordringer	74
11.2	ARPA-modellen for banebrytende og høyrisiko teknologiutvikling.	75
11.3	Modell for offentlig innkjøp	76
11.4	Modeller for hastighet, forenkling og industrielt samarbeid	77
11.5	Mobilisering av næringslivet og styrking av kvanteøkosystemet	78
<hr/>		
12	Avsluttende betraktninger	79
13	Vedlegg: Brukstilfeller (use cases) – fra konsept til nytte	80
13.1	Kvantesensorer	82
13.2	Kvantekommunikasjon	85
13.3	Kvanteprogramvare	86
<hr/>		
14	Vedlegg: Ordliste for kvanteteknologi	89

# Sammendrag

Kvanteteknologi er i ferd med å utvikle seg til en strategisk muliggjørende teknologi med betydelige konsekvenser for verdiskaping, samfunnssikkerhet og statlig handlefrihet. Internasjonalt investeres det tungt i kvanteteknologi av både stormakter og naboland, drevet av forventninger om teknologiske gjennombrudd innen sensorer, sikker kommunikasjon, beregning og materialutvikling. For Norge innebærer dette både nye muligheter og nye sårbarheter. Spørsmålet er ikke om kvanteteknologi vil få betydning, men hvordan og hvor Norge bør posisjonere seg for å sikre samfunnsnytte, konkurransekraft og nasjonal beredskap.

En solid grunnplanke av forskning og utdanning er avgjørende for at Norge skal kunne lykkes med kvanteteknologi. Norge har allerede flere forskningsmiljøer av høy internasjonal kvalitet, særlig innen kvantesensorer, materialer, fotonikk, kvantealgoritmer og kvanteprogramvare. Samtidig fremstår den samlede innsatsen fragmentert, kompetansebasen begrenset og det er få oppstartsselskaper og etablerte bedrifter som i dag har med vesentlig innsats på feltet. Norge har verken volum eller ressurser til å konkurrere bredt på hele kvantefeltet. En norsk kvantestrategi må derfor være selektiv, anvendelsesnær og koordinert, med tydelige prioriteringer basert på nasjonale fortrinn, faktiske samfunnsbehov og legge til rette for strategisk internasjonalt og nordisk samarbeid.

I dokumentet peker vi særlig på tre områder der Norge har realistiske forutsetninger for å ta en relevant og verdiskapende posisjon:

*Kvantesensorer og kvantemetrologi* fremstår som Norges sterkeste satsingsområde. Norske fagmiljøer innen materialvitenskap, presisjonsmåling og fotonikk er allerede godt etablert, og har tette koblinger til anvendelser innen maritim sektor, energi, klima, helse og forsvar. Kvantesensorer representerer et område der teknologien er relativt moden, gevinstene kan realiseres tidligere enn på andre kvantefelt, og der Norge har tilgang til unike testarenaer og krevende brukere. Dette området bør utgjøre en tydelig spydspiss i den nasjonale strategien.

*Kvantealgoritmer, kvanteprogramvare og hybrid kvante–HPC* bør prioriteres som et andre hovedområde. Dette feltet krever lavere investeringer i fysisk infrastruktur enn maskinvareutvikling, bygger på sterke norske miljøer innen matematikk, informatikk og høytytelses databehandling, og har høy relevans for næringsliv og offentlig sektor. Det er her de første praktiske kvantefordelene internasjonalt forventes å oppstå, særlig innen optimalisering, simulering, materialutvikling og kunstig intelligens.

*Post-kvante-kryptografi og sikker kvantekommunikasjon* må behandles som et spørsmål om nasjonal sikkerhet og beredskap. Fremtidige kvantedatamaskiner vil kunne undergrave dagens kryptografiske løsninger, og Norge må forberede en gradvis overgang til kvantesikre systemer. Dette krever styrket kompetanse, test- og verifikasjonsinfrastruktur og tett samspill mellom forskningsmiljøer, forvaltning og sikkerhetsmyndigheter, i koordinering med europeiske og allierte initiativer.

Dagens kvanteinnsats er spredt på mange aktører og mangler overordnet koordinering. En nasjonal kvantestrategi bør derfor etablere tydelige mekanismer for samordning på tvers av universiteter, instituttsektor, næringsliv og virkemiddelapparat. Eksisterende laboratorier, sentre og forskningsmiljøer bør kobles. Næringslivet må engasjeres til å se muligheter for å finne anvendelser som drar nytte av unike kompetanse, naturressurser og industrielle styrker. Dette vil gi bedre ressursutnyttelse, raskere utvikling og sterkere koblinger til anvendelse og marked.

Kompetansemangel fremstår som en betydelig flaskehals for videre utvikling. Antallet kandidater med kvanterelelevant utdanning er lavt, og tilgangen på anvendt kompetanse begrenset. Flere universiteter har nå tatt grep for å styrke utdanningen i kvanteteknologi, men strategien bør inneholde en helhetlig plan for videre utdanning og kompetanseutvikling, som omfatter samordnede masterløp, økt rekruttering til doktorgrads- og postdoktorstillinger, samt modulbaserte videre- og etterutdanningstilbud for ansatte i offentlig og privat sektor. Kompetansebygging må også kunne foregå gjennom nordisk og internasjonalt samarbeid og utveksling hvor Norge må styrke sin evne til å tiltrekke ledende internasjonal kompetanse. Uten et raskt og målrettet kompetanseløft vil øvrige satsinger ha begrenset effekt.

Overgangen fra forskning til kommersiell og samfunnsmessig anvendelse er krevende på kvantefeltet. Norge har få oppstartsselskaper på feltet, og generelt begrenset tilgang på risikovillig kapital og få dedikerte testarenaer, samtidig som flere større industriselskaper viser økende interesse. Strategien bør derfor vektlegge økosystemutvikling og samspill mellom forskningsmiljøer, oppstartsselskaper, etablerte bedrifter og offentlig sektor. Tidlig involvering av brukere gjennom pilotprosjekter og konkrete brukstilfeller er avgjørende for å demonstrere nytte, redusere risiko og akselerere kommersialisering.

Internasjonalt samarbeid er en forutsetning for å lykkes. Norge bør posisjonere seg som en spesialisert og pålitelig partner i nordisk, europeisk og NATO-relatert kvantesamarbeid. Nordisk samarbeid gir kritisk masse og komplementaritet, mens EU- og NATO-initiativer er viktig for finansiering, kompetanseutvikling, sikkerhetshåndtering og markedsadgang for norsk næringsliv.

Den samlede vurderingen blir at Norge har reelle muligheter til å ta en meningsfull posisjon innen kvanteteknologi, dersom innsatsen er tydelig prioritert, koordinert og kobler forskning med anvendelser. En strategi som bygger på nasjonale fortrinn, kompetansebygging og tett samspill mellom forskning, næringsliv og sikkerhetsmyndigheter, vil gjøre det mulig å omsette kvanteteknologisk utvikling til konkret samfunnsnytte, økt verdiskaping og styrket nasjonal beredskap.

# 1 Introduksjon

Som et ledd i regjeringens arbeid med en strategi for kvanteteknologi har Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Nasjonal sikkerhetsmyndighet fått oppdraget med å lage et kunnskapsunderlag for utarbeidelsen av strategien. Underlaget er utarbeidet på grunnlag av en kvalitativ vurdering av et bredt spekter av kilder, herunder nasjonale og internasjonale strategier og rapporter. Videre bygger underlaget på skriftlige innspill samt intervjuer, samtaler og innspillmøter med aktører i det norske og nordiske miljøet for kvanteteknologi. Drøftingene våre er basert på foredrag og panelsamtaler

innenfor temaet kvanteteknologi i 2025, samt samtaler med nøkkelpersoner fra forskningsmiljøer, økosystemaktører, næringsliv og egne vurderinger. Vi har etterstrebet å gjengi informasjon og perspektiver på en mest mulig objektiv og balansert måte.

Feltet kvanteteknologi har i løpet av de siste årene fått stor oppmerksomhet internasjonalt, og til tross for at teknologien generelt er å anse som umoden er det høy aktivitet hos betydelige internasjonale teknologiaktører og det gjøres store investeringer og intensivering av forskningsinnsatsen.

Kvanteteknologi har egenskaper til å endre forutsetninger innenfor næringsliv og samfunnsområder på måter som er vanskelige å forutse. Dette dokumentet er derfor forfattet med respekt for usikkerhet på at det er fremtidige utviklingstrekk, mulighetsrom og trusler som vil bryte med mønstre vi ser i dag, og som kan innebære at dagens vurderinger kan være utdatert raskt eller om få år. Dokumentet skal forstås som et kunnskapsbasert innspill basert på dagenes fakta og innsikter om utviklingstrekk en strategi bør ta hensyn til, og i hvilken retning det kan være hensiktsmessig for Norge å bevege seg i for å oppnå samfunns- og næringsmessig verdiskaping. Vi har tidvis inkludert faglige og tekniske detaljer for å kunne gi en opplysende kontekst med forbehold om at fremstillingen kan være mangelfull og forenklet.

## 2 Nasjonal status på kvanteteknologifeltet

### 2.1 UoH- og instituttsektoren

#### 2.1.1 Overordnet status og faglig innsats

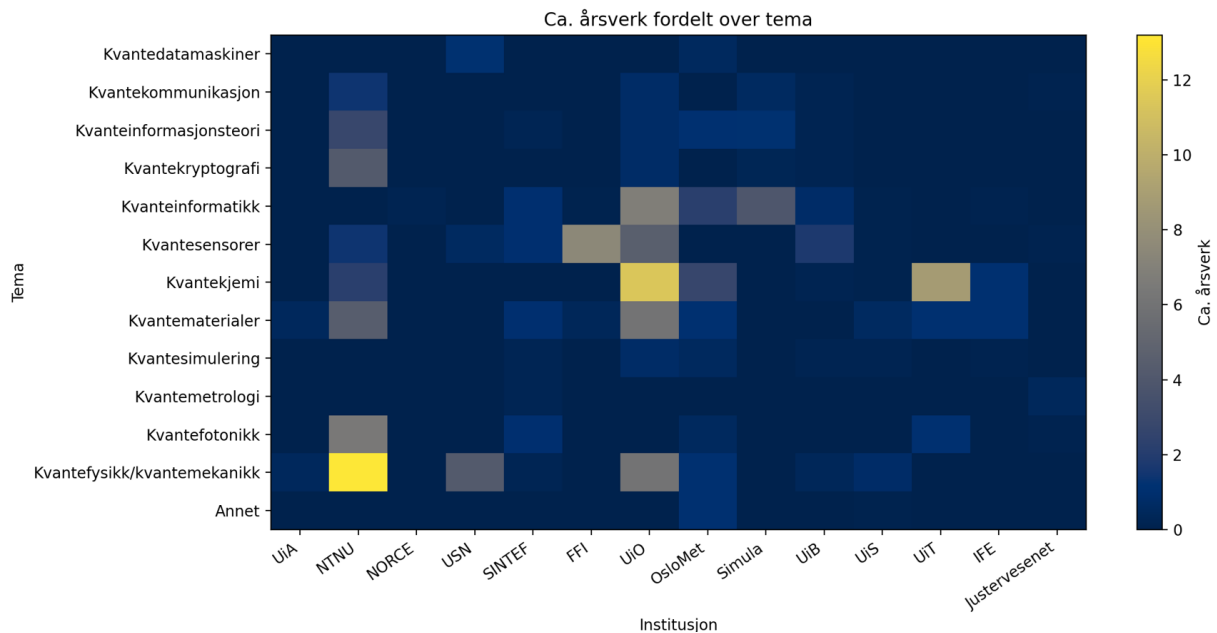
Det norske økosystemet for kvanteteknologi er i vekst, med flere forskningsgrupper som bidrar til fremskritt innenfor områder som sensorer, materialer for kvantekomponenter, kvantedatabehandling, hybrid kvantedatabehandling og HPC. Disse gruppene holder hovedsakelig til ved de største universitetene og forskningsinstitutter og samarbeider blant annet gjennom sentre som Gemini Center on Quantum Technology, Norway Quantum House, og forskningsprosjekter finansiert av Forskningsrådet. Som en del av regjeringens satsing på kvanteteknologi ble det i desember 2025 tildelt midler til fire nye forskningssentre med mål om å styrke kompetanse og kapasitet på området ytterligere. Senterne skal dekke kvantesensorer, kvantekommunikasjon og kvanteberegning, og vil gjennom målrettet forskning bidra til økt nasjonal kapasitet og kvalitet.

I arbeidet med å kartlegge de sentrale aktørene i norsk academia ble en undersøkelse sendt ut til alle teknologiske fakulteter og forskningsinstitusjoner i Norge som har aktivitet på kvanteteknologifeltet der de ble bedt om å fylle ut omfanget av og retningen på innsatsen. Svarene er fra august 2025.

Overordnet viser undersøkelsen at det er innmeldt rundt 131 årsverk med følgende fordeling av innsatsen over forhåndsdefinerte områder:

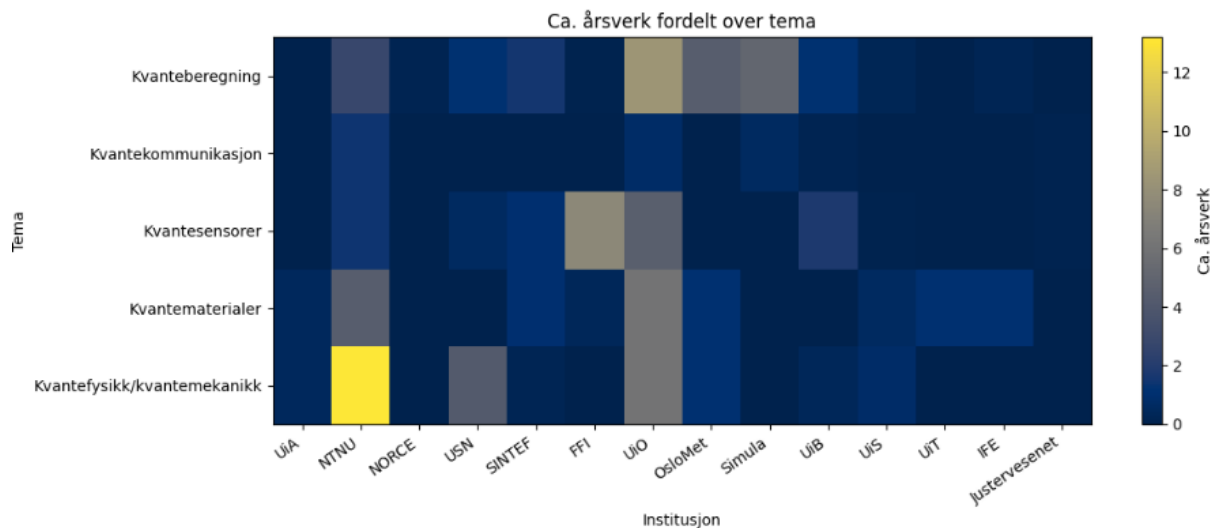
Fagområde	%	Ca. Årsverk
Kvantedatamaskiner	1.4	2
Kvantekommunikasjon	2.4	3
Kvanteinformasjonsteori	4.8	6
Kvantekryptografi	4.1	5
Kvanteinformatikk (herunder algoritmer og programvare)	11.6	15
Kvantesensorer	13.0	17
Kvantekjemi	20.2	27
Kvantematerialer	12.4	16
Kvantesimulering	1.6	2
Kvantemetrologi	0.5	1
Kvantefotonikk	7.0	9
Kvantefysikk / kvantemekanikk	20.1	27
Annet	0.9	1

Innsatsen fordeler seg per institusjon og tematikk som vist i Figur 1 under.



Figur 1. Fordeling av kvanteteknologisk tematikk fordelt på institusjoner.

Legger vi sammen årsverkene for de kvanteberegningsorienterte områdene (kvantedatamaskiner, kvanteinformasjonsteori, kvanteinformatikk, og kvantesimulering), kan vi se på fordelingen over de kvanteteknologiske områdene hos respondentene i undersøkelsen, som vist i Figur 2.



Figur 2. Årsverk på utvalgte kvanteteknologiske tematikker fordelt på institusjoner.

Det er verdt å merke seg at oversikten er omtrentlig, da de kvanteteknologiske fagområdene er relativt nye, uorganiserte og i stor grad baserer seg på kunnskap fra eksisterende teoretiske og eksperimentelle fagfelt. Fakultetene kan derfor kun gi anslagsvis fordeling av hvordan hovedaktiviteten til forskerne bør kategoriseres. I tillegg til denne oversikten finnes det enkeltindivider ved andre fakulteter som har kvanteteknologi som del av sin forskningsaktivitet. Det er også betydelig overlapp i forskningsaktiviteten mellom teknologiområdene, da de samme grunnleggende kvantefenomene, som spin, superposisjon, og sammenfiltrering, og teknologiplatformer som baserer seg på disse, ofte kan brukes til kvanteberegning, -simulering, -kommunikasjon og –sensorer. Kvantefysisk teoretisk grunnforskning og materialfysikk legger grunnlaget for alle de tre teknologiene.

Aktivitetene fordeler seg nå med ca. 75% på grunnforskning, deretter 21% på anvendt forskning og 4% på utviklingsarbeid.

Den kvanteteknologiske forskningen i Norge er finansiert omtrent 50:50 med interne midler og ekstern finansiering, og av ekstern finansiering kommer rundt 58% fra Forskningsrådet, 34% fra EU, og resten fra fond, bedrifter, eller NSM.

NTNU og UiO er de klart største aktørene i Norge med i underkant av 40 årsverk hver i fakultetsstillinger, i tillegg til stipendiater.

Mens aktiviteten er relativt stor for teknologi relatert til kvantesensorer (inkludert materialer og fotonikk), og for kvanteinformatikk, er aktiviteten rettet mot kvantekommunikasjon foreløpig svært begrenset. Forskning på maskinvareutvikling for kvantedatamaskiner er veldig begrenset, og preget av at området er strategisk bortvalgt i Norge grunnet internasjonale konkurranseforhold.

Hoveddelen av forskning på kvantesensorer har sitt utspring i kvantevitenskap og materialfysikk, ettersom sensorenes ytelse og funksjonalitet i stor grad bestemmes av materialenes kvanteegenskaper. Sentrale forskningsområder inkluderer superledende materialer, spinnfysikk, magnetiske systemer, halvledere med defekter som vakanser i silisiumkarbid eller nitrogen vakanse



(NV)-sentre i diamant, samt fotoniske materialer. Disse temaene er strategiske satsingsområder ved institusjoner som UiO, SINTEF, FFI, UiB, USN og NTNU.

Materialforskningen er kritisk fordi kvantesensorer utnytter fenomener som superledning, spinnkoherens og optiske overganger, som er direkte avhengige av materialenes struktur, renhet og defektdynamikk. For eksempel er superledende materialer, eller NV-sentre i diamant en unik plattform for presis magnetfeltmåling. Kunnskapen som opparbeides gjennom målrettet materialforskning danner ikke bare grunnlaget for eksperimentell utvikling av sensorer, men legger også et robust fundament for fremtidige anvendelser innen kvantekommunikasjon og kvanteinformasjonsteknologi.

Miljøene innenfor kvantealgoritmer og –programmering, hovedsakelig ved SINTEF, Simula, OsloMet, NTNU og UiO, driver aktiv forskning på hybrid kvante-klassisk databehandling, kvantemaskinlæring, og kvanteoptimering, med industrielle samarbeidspartnere eksempelvis innenfor energi, logistikk og forsvar.

Ved NORCE og Justervesenet er det eksisterende kompetanse innen kvantefotonikk og tid/frekvens synkronisering som kan anvendes i forskning på og utvikling av kvantekommunikasjon. NORCE er også invitert inn i et European Defence Fund prosjektpartnerskap med mål om å utvikle beviselig sikker undervanns-kvantekommunikasjon.

Nasjonal sikkerhetsmyndighets kvanteprogram finansiert av Forsvarsdepartementet (FD) fokuserer på kvanteforskning relatert til nasjonal sikkerhet, spesielt kommunikasjonssikkerhet, emisjonssikkerhet og transmisjonssikkerhet. Forskingen fokuserer på kvantesensing, kvantealgoritmer og distribuerte kvanteberegninger, og samarbeider med academia og søsterorganisasjoner i NATO alliansen gjennom Nasjonalt senter for anvendt kryptologi i NSM.

## 2.1.2 Kartlegging av fagfelt og ledende forskningsmiljøer

Kartleggingen av norske forskningsmiljøer er basert på innsendte bidrag fra relevante organisasjoner og gir en samlet oversikt over de tre sentrale kvanteteknologiske områdene: kvantesensorer, kvantekommunikasjon og kvanteberegning. Formålet er å belyse hvordan nasjonale miljøer bidrar innenfor hvert område, samt å identifisere styrker, svakheter og utviklingsmuligheter for Norge. Avslutningsvis gir kartleggingen et bilde av aktørenes planlagte ressursbruk og strategiske prioriteringer fremover.

Kvantesensorer fremstår som det området der Norge i dag har de tydeligste fortrinnene. Kvantesensorer utnytter kvantemekaniske tilstander til ekstremt følsomme målinger av blant annet tid, magnetfelt, gravitasjon og akselerasjon, og har stor relevans for anvendelser innen forsvar, navigasjon, energi og marin overvåkning. Kartleggingen viser at Norge allerede har sterke fagmiljøer innen materialteknologi, fotonikk og sensorelektronikk, og at disse miljøene gir et godt utgangspunkt for å utvikle internasjonalt ledende kapasitet innen kvantesensorer gjennom målrettet og koordinert innsats.

En viktig del av dette fundamentet er den nasjonale infrastrukturen for nano- og mikroteknologi, særlig gjennom NORFAB-samarbeidet mellom NTNU, Universitetet i Oslo, SINTEF og Universitetet i Sørøst-

Norge. SINTEF har bygget opp betydelig kompetanse innen kvantesensorer gjennom prosjekter som SiQuest og QSens, i tett samarbeid med UiO, og har markert seg internasjonalt blant annet gjennom publikasjoner i Nature Photonics og utvikling av kryogeniske superledende materialplattformer. UiO har samtidig en sentral rolle gjennom tunge eksperimentelle satsinger innen kvantefotonikk, halvledere og kvantemetrologi. Dette miljøet står for en betydelig andel av Norges eksperimentelle kvanteforskning og samarbeider både med Forsvarets forskningsinstitutt om navigasjonssensorer og med Justervesenet om metrologiske anvendelser.

NTNU bidrar med bred og avansert kompetanse innen kvantefysikk, materialer og nanoteknologi, fordelt på flere fakulteter og institutter. Aktiviteten spenner fra grunnleggende kvantefenomener i faste stoffer til utvikling av mikro- og nanostrukturer for sensorer og kommunikasjonskomponenter. NTNU-miljøene arbeider blant annet med kvantepintronikk, sensorer og fotoniske kretser, med anvendelser innen både biomedisin og maritime systemer. Universitetet i Bergen har utviklet en tydelig nisje innen diamantbaserte kvantesensorer, blant annet rettet mot medisinsk diagnostikk, strålingsbiologi og navigasjon i GPS-frie miljøer, ofte i samarbeid med industriaktører som Kongsberg Discovery. USN har også en dedikert teoretisk kvanteteknologigruppe med hovedvekt på kvantesensorer og metrologi.

FFI har i særlig grad prioritert kvantesensorer, som utgjør hoveddelen av instituttets samlede kvanteinnsats. FFI vurderer teknologier som inertialsensorer basert på kalde atomer og avanserte magnetometre som strategisk viktige for forsvar og overvåking, og samarbeider tett med både forskningsmiljøer og industri for å utvikle operative komponenter. Justervesenet spiller på sin side en nøkkelrolle innen kvantemetrologi, ved å drifte operative kvantebaserte målenormaler og sikre sporbarhet og målenøyaktighet på høyeste internasjonale nivå..

Samlet sett viser kartleggingen at kvantesensorer representerer et strategisk sterkt område for Norge, særlig fordi det allerede finnes et tett og velfungerende samspill mellom akademia, instituttsektor og industri. Dette gir tilgang til reelle brukerbehov og testarenaer som få land har tilsvarende forutsetninger for. Samtidig peker aktørene på behovet for å skalere opp eksperimentell aktivitet, investere i kostbar infrastruktur som kryostater og laserbaserte kjølesystemer, og samle relativt små miljøer i et mer koordinert nasjonalt løft.

Kvantekommunikasjon er et område med mer begrenset aktivitet, men er et strategisk viktig felt i norsk sammenheng. Området omfatter sikker informasjonsutveksling basert på kvantemekaniske prinsipper, herunder kvantekryptering og kvantenettverk. I dag er aktiviteten konsentrert til noen få miljøer, med NTNU som det mest fremtredende akademiske tyngdepunktet med utgangspunkt i kommunikasjonsteknologi. De har også et miljø innenfor kvanteinformatikk og kvantematematikk, som er langt fremme internasjonalt innenfor det matematiske fundamentet til kvantekommunikasjon og beregninger. UiO, Simula UiB og Justervesenet bidrar med komplementær kompetanse innen fotonikk, sikker kommunikasjon og metrologi, og Justervesenet kan få en særlig rolle i standardisering og verifikasjon av kvantekommunikasjonsløsninger.

Til tross for et relativt lavt samlet ressursomfang vurderes kvantekommunikasjon som strategisk kritisk, særlig i lys av fremtidige trusler mot klassisk kryptografi og behovet for å beskytte samfunnskritisk infrastruktur. Norge er ikke blant de ledende internasjonalt på dette området, men

deltakelse i nordiske og europeiske samarbeidsprosjekter gir tilgang til nødvendig kritisk masse og bidrar til gradvis kompetansebygging.

Kvanteberegning er et område i tydelig vekst, med utspring i matematikk- og informatikkmiljøer med økende aktivitet innen kvantealgoritmer, programvare og teoretisk kvanteinformatikk. Norske miljøer har i begrenset grad egen maskinvareutvikling, men har sterk kompetanse innen programvare, algoritmer og anvendelser rettet mot realistiske problemstillinger. Simula og OsloMet har markert seg særlig innen kvanteprogrammering og kvantebasert kunstig intelligens, mens SINTEF, NTNU, og UiB kombinerer teoretisk kvantefysikk med anvendt algoritmeutvikling og samarbeid med industri og offentlig sektor. Det er viktig å merke seg at på grunn av de samme kvantefenomenene utnyttes på tvers av teknologiområdene kan den grunnleggende forskningen som foregår på kvanteegenskaper i materialer, fysikkteori og matematikk ha anvendelser innen alle de tre kvanteteknologiske områdene, og fremskritt i ett område kan være betydningsfullt for et annet.

Når det gjelder planlagt ressursbruk fremover, viser kartleggingen en tydelig vilje til oppskalering innen alle tre delområder. Kvanteberegning prioriteres gjennom senterambisjoner, styrking av kvanteprogramvare og algoritmer og tettere kobling mot europeiske initiativer. Innenfor kvantesensorer planlegges betydelige investeringer i infrastruktur og koordinert kapasitetsbygging, mens kvantekommunikasjon løftes frem som et strategisk viktig, men underutviklet område der nasjonal innsats bør balanseres mot øvrige kvanteprioriteringer. I undersøkelsen pekte aktørene på behovet for tydelig nasjonal koordinering og langsiktige finansieringsmekanismer for å sikre at norsk kvanteforskning kan omsettes til robust teknologi og samfunnsnytte. I 2025 tildelte Forskningsrådet, i tillegg til oppgradering av infrastruktur, midler til femårige kompetanse- og kapasitetsbyggende sentre for kvanteteknologisk forskning. Disse sentrene skal styrke grunnleggende forskning innen matematikk, naturvitenskap og teknologi, og samarbeide tett med ledende nordiske forskningsmiljøer. Centre for Defects in Semiconductors for Quantum Sensing skal øke kapasiteten innen kvantesensorer. Centre for Quantum Computing and Applications og Norwegian Quantum Software Center skal styrke nasjonal kompetanse på kvanteberegning. Centre for Quantum Communication Networks and Applications skal bygge kapasitet innen sikker kvantekommunikasjon.

### 2.1.3 Opplevde utfordringer og fremtidige behov

Overordnet har Norge flere sterke fagmiljøer. Likevel må dette utgangspunktet utvikles videre for å møte forventninger om et sterkt og tilstrekkelig forskningsmessig fundament for at Norge skal hevde seg på kvantefeltet. Samtlige institusjoner forventer en markant økning i etterspørselen etter kandidater med kvantekompetanse i løpet av det neste tiåret. Økningen drives av faktorer som:

- Økt forskningsaktivitet og teknologisk modning.
- Nye anvendelser innen kvantekommunikasjon, kvantesensorer, kvantesimulering og kvanteberegning.
- Fremvekst av næringsmuligheter og industriell interesse, særlig innen energi, forsvar, kommunikasjon og metrologi.

Dagens utdanningskapasitet er lav sammenlignet med våre nordiske naboland og vurderes som utilstrekkelig for å dekke fremtidige behov i både forsknings- og industrisektoren.

**Utdanning, tverrfaglighet og anvendt kompetanse:** Kvanteteknologi krever samspill mellom flere fagområder, særlig fysikk, matematikk, informatikk, elektronikk og kryptografi. Institusjoner som SINTEF, FFI, IFE, NORCE og Justervesenet peker på mangel på kandidater med både solid teoretisk grunnlag og praktisk erfaring, spesielt innen kvantesensorer, tids- og frekvensmåling, kvantealgoritmer og sikker kommunikasjon.

For å møte dette behovet etterlyser flere fagmiljøer en nasjonal utdanningsstrategi som:

- Samordne universiteter, høyskoler og forskningsinstitutter.
- Etablere felles masterprogrammer og kursmoduler.
- Sikre langsiktig finansiering av undervisning, laboratorier og stipendiatstillinger.
- Knytte utdanning til nasjonale forsknings- og innovasjonsprosjekter i industrien.

En slik strategi vil bidra til å bygge kritisk masse og motvirke fragmentering og samle ressurser for å styrke Norges konkurranseevne internasjonalt.

**Livslang læring og etterutdanning:** Flere institusjoner påpeker at kompetansebehovet ikke bare gjelder nyutdannede kandidater. Et betydelig antall ingeniører, forskere og teknologer i både offentlig og privat sektor vil trenge faglig oppdatering. Dette behovet understrekes også i tilbakemeldinger fra næringslivet.

Universitetene i Tromsø, Agder og Sørøst-Norge foreslår utvikling av modulbaserte videreutdanningstilbud, gjerne digitale, slik at fagpersoner kan tilegne seg kvantekompetanse parallelt med arbeid. Slike tiltak kan bidra til å spre kompetanse nasjonalt og redusere geografiske skjevheter.

**Internasjonal læring og samarbeid:** Norge kan hente inspirasjon fra land som Nederland, Tyskland, Danmark og Sveits, hvor kvanteteknologi inngår i helhetlige utdanningsprogrammer. Der kombineres forskning, utdanning og næringsliv gjennom felles sentre, integrerte bachelor–master–ph.d.-løp og praksisordninger i industrien.

En tilsvarende modell tilpasset norske forhold kan bidra til å styrke kompetanseutviklingen og gjøre Norge til en attraktiv samarbeidspartner i europeiske og globale kvanteinitiativ. Til tross for rapporter om begrensede fagmiljøer og utdanningstilbud er det de siste årene tatt flere konkrete grep for å styrke utdanning innen kvanteteknologi. Universitetet i Oslo har etablert et eget tverrfaglig bachelorstudium i kvanteteknologi som samler kvantefaglig innhold i et mer helhetlig løp, tett koblet til sterke forskningsmiljøer, og et masterstudium i kvantevitenskap og kvanteteknologi. UiO jobber også aktivt med Niels Bohr instituttet i København om koordinering av studietilbud og studentutveksling. NTNU har besluttet å innføre en egen studieretning i kvanteteknologi ved sivilingeniørstudiet og utvider samtidig porteføljen av kvanteorienterte emner innen fysikk, elektronikk og informatikk. OsloMet har utviklet en masterspesialisering innen matematisk modellering og kvanteteknologi, og har i tillegg etablert en egen Quantum Hub for å styrke tverrfaglig undervisning og koblingen mellom utdanning, forskning og anvendelser. Universitetet i Bergen har nylig vedtatt å opprette et sivilingeniørstudium i kvanteteknologi med planlagt oppstart i 2026, som markerer et viktig steg i retning av mer ingeniør- og anvendelsesorientert kvanteutdanning i Norge. Samlet sett viser disse

initiativene at UoH-sektoren nå beveger seg fra spredte enkeltkurs til mer strukturerte og målrettede utdanningsløp innen kvanteteknologi.

## 2.2 Næringsliv

### 2.2.1 Kartlegging av næringslivsaktivitet

I arbeidet med å kartlegge næringslivets aktivitet på feltet utarbeidet vi en spørreundersøkelse som er sendt til om lag 60 norske bedrifter med den hensikt å dekke et representativt utvalg bedrifter på tvers av bransjer, størrelse og modenhet. Det er i tillegg gjennomført samtaler med enkeltaktører og benyttet innsikt fra nasjonale og nordiske rapporter<sup>1</sup> i tillegg til egen innsikt. Det kom i alt inn 17 svar på undersøkelsen i tillegg til 4 svar fra andre aktører. Dette er Nordic Innovation, Abelia, Standard Norge og Oslo Science City.

Det er vanskelig å trekke slutninger om hva som er årsaken til at bedrifter har valgt å ikke svare. Det kan skyldes manglende interesse og relevans, det kan skyldes at henvendelsen ikke har nådd frem til relevant mottaker internt, eller igjen andre årsaker, og sannsynligvis er alle disse representert. Det har i kartleggingsarbeidet vært gjort to forsøk på å innhente svar fra den enkelte bedrift.

Ettersom omfanget av kartleggingen av næringslivet er begrenset, er det i mindre grad fremsatt tallgrunnlag og statistikk fra undersøkelsen. Imidlertid ønsker vi å trekke frem trender og indikasjoner, samt enkelte eksempler. Eksempler som er presentert i dette kapittelet er ikke å anse som en prioritering, men som et utdrag fra et større bilde.

Flere av de store norske selskapene har vesentlig offentlig eierskap. Selv om dette er noe som har betydning i andre sammenhenger, for eksempel innen privat-offentlig samarbeid innen finansiering, behandles disse i det følgende på lik linje med annen kommersiell næring.

Det har vært begrenset dialog med offentlige helseinstitusjoner og aktører innenfor livsvitenskap. En kort tilbakemelding fra LMI (Legemiddelindustrien) tyder foreløpig på lite bedriftsengasjement blant deres medlemmer knyttet til kvantefeltet.

I arbeidet med kartleggingen har NHO bidratt til å belyse næringslivsdimensjonen gjennom egne initiativ til samlinger og diskusjoner med relevante aktører, og også bidrag via åpne innspillprosesser både skriftlig og muntlig.

### 2.2.2 Kompetansesituasjonen og eksempler på næringslivsaktivitet

Over halvparten av respondentene i spørreundersøkelsen oppgir at de har liten eller ingen spesialisert kompetanse på kvanteteknologi, men uttrykker et ønske om økt kompetanse. Et flertall av respondentene uttrykker et behov for tettere samarbeid med akademia og instituttsektoren, noe som tyder på at koblingen mellom forskning og næringsliv oppleves som avgjørende for

---

<sup>1</sup> Krågebakk, Vebjørn & Sunde-Hansen, Daniel & Hjorth-Jensen, Morten & Nilsen, Terje. (2025). Call for Action: How to Position and Prepare Norway to Become a Quantum Powerhouse. 10.13140/RG.2.2.21243.99367.

kompetanseutvikling. Over halvparten fremhever også behovet for tilgang til eksperter, og dette korrelerer godt til at de færreste av respondentene melder om tilsvarende intern kompetanse. Like mange trekker frem behovet for økonomisk støtte for å muliggjøre kompetanseheving. Kurs og opplæring nevnes av noen, men dette fremstår som et mindre prioritert tiltak sammenlignet med de andre alternativene.

Det er også rimelig å anta at dette bildet gjelder for mange av de virksomhetene som ikke besvarte undersøkelsen. Bevisstheten om hva kvanteteknologi er, og hvilke muligheter og trusler teknologien representerer, er fortsatt begrenset. For mange fremstår kvanteteknologi fortsatt som et teoretisk fagfelt, og blir derfor ikke prioritert i praksis, men som Kristian Hovet i Tunable AS påpeker:

*«Ved å vise at sensor-oppstartsselskaper (som oss og andre) lykkes, vil interessen fra næringslivet komme.»*

Det eksisterer derfor et behov for å få frem informasjon om kvanteteknologi og vist frem de praktiske bruksområdene for kvanteteknologi i næringslivet.

### **Eksempler på næringsaktivitet i Norge - programvare**

En majoritet av respondenter nevner eller fokuserer på programvare, kvantealgoritmer, simulering eller bruk av kvantedatamaskiner til programvareutvikling og beregning. Noen eksempler på dette er:

**Impetus AS** har vunnet et EDF-prosjekt QANCOMFIN, som gir et prosjektbudsjett på omtrent 3,5 millioner euro over 3 år innen software simulering. (Quantum Computing with Finite Elements for crack propagation in defence applications)

**Ruter AS** benytter kvanteteknologi i pilotprosjekter for optimaliseringsproblemer som trafikkmodellering, ruteplanlegging og kapasitetsstyring. Opplyser gjennom spørreundersøkelsen at de bruker anslagsvis 3-4 mill. kroner årlig på kvanteaktiviteter gjennom egenfinansiering.

**Planck Technology** benytter ikke kvantealgoritmer i dag, men ser et stort potensial for kvanteberegninger innen sitt fagfelt – spesielt innen materialteknologi, hvor kvanteteknologi kan gi langt mer presise simuleringer enn klassiske metoder. Dette kan gi anvendelser i områder som gasslagring, separasjon og energi.

Noen deler av næringslivet ser på programvareutvikling for kvantedatamaskiner som en spennende mulighet. Dette skyldes at slike maskiner nå er tilgjengelige via skytjenester, noe som gjør det enklere å komme i gang. Sammenlignet med andre områder innen kvanteteknologi, krever dette mindre investering i fysisk infrastruktur.

Kvantefordeler oppstår kun i spesielle tilfeller der kvantealgoritmer gir radikalt mer effektive løsninger enn klassiske algoritmer. Det mest fremtredende eksempelet på dette er Shors algoritme som kom i 1994 og har utløst en enorm innsats innenfor sikker kvantekommunikasjon og post-kvantekryptografi, til tross for at realiseringen av algoritmen (Q-day) for reell kryptering fortsatt ligger frem i tid. Derfor

pågår en omfattende global satsing på algoritmeutvikling for å identifisere hvilke problemer kvantedatamaskiner kan løse bedre, og for å sikre at programvare og kompetanse er klare den dagen maskinvaren modnes. Tilsvarende er det nødvendig med kvanteprogramvareutvikling for at algoritmer kan kjøres på en gitt kvantedatamaskin. Både kvantealgoritmeutvikling og kvanteprogramvareutvikling har stor industriell interesse: Volvo og Scania i Sverige tester kvantealgoritmer for logistikkoptimalisering, og europeiske konsern som Airbus har lansert årlige konkurranser for å utvikle nye kvantealgoritmer innen f.eks. ruteplanlegging.

Kollektivtransportsselskapet Ruter sier bl.a. følgende om sin satsing.

*«I de neste 1–2 årene planlegger vi å videreføre arbeidet med praktiske pilotprosjekter innen optimalisering, særlig knyttet til trafikkmodellering, ressursallokering og kapasitetsstyring. Målet er å teste hvordan kvantealgoritmer kan utfylle klassiske metoder og gi mer effektiv drift og bedre mobilitetsløsninger. For å løfte dette arbeidet har vi også etablert en egen stilling som Direktør for kunstig intelligens og kvanteteknologi, som har ansvar for å bygge retning, kompetanse og prosjekter på området.»*

En bølge av oppstartsselskaper er vokst fram innen kvantealgoritmer og software. I Norden finnes flere gründere innen kvantealgoritmer og kvanteprogramvare – f.eks. finske Algorithmiq (startet i 2020), som utvikler kvantealgoritmer og programvare for legemiddeldesign, og danske Kvantify (startet i 2022), som spesialisere seg på kvanteoptimalisering. Internasjonalt finnes flere hundre startups dedikert til kvanteberegninger innen både hardware og programvare, deriblant en rekke algoritme-selskaper: Kanadiske 1QBit var pionér innen kvanteoptimalisering allerede i 2012, og nyere amerikanske firmaer som QC Ware og Zapata Computing har tiltrukket seg store investeringer i jakten på praktiske kvantealgoritmer for industriell bruk. Et annet eksempel er britiske Phasecraft, som utvikler algoritmer spesielt rettet mot nær-tids kvantedatamaskiner som bidrar til at kvantefordeler kan bli tilgjengelige enda tidligere.

Kvantealgoritme- og programvareutvikling er spesielt viktig nå fordi de første praktiske nyvinningene ikke vil komme fra generiske, feiltolerante kvantedatamaskiner, men fra spesialiserte algoritmer som utnytter dagens og kommende mellomstadier av kvanteberegningsteknologi. Generisk anvendelse må vente på fullmodne kvanteberegninger som fortsatt ventes å være vesentlig frem i tid – men de første kvantefordelene vil oppstå i konkrete, avgrensede problemområder der algoritmene er skreddersydd til maskinens begrensninger. Dette gjør tidlig algoritme- og programvareutvikling til en strategisk nøkkel for å ta del i tidlige konkurransefortrinn, posisjonere nasjonale aktører i globale verdikjeder og bygge kompetanse som kan gi varig teknologisk og industriell ledelse når markedet modnes.

### **Eksempler på næringsaktivitet i Norge - sensorer**

Kvantesensorer utnytter kvantemekaniske fenomener for å oppnå ekstremt høy presisjon i målinger av for eksempel magnetfelt, elektriske felt, gravitasjon, akselerasjon, temperatur og tid, og har potensial innen alt fra bilbehandling, diagnostikk, navigasjon, feilanalyse, undersjøiske og underjordiske oppdagelser m.m. Kvantesensorer utpekes som et område hvor Norge har både sterk forsknings og næringslivskompetanse, men også stort potensial for anvendelse innen fremtredende

norske næringer som maritim, olje og energi, klima, i tillegg til forsvar og infrastruktur som kritisk viktige områder. Norske forskningsmiljøer som SINTEF, NTNU og UiO er sentrale aktører, og flere prosjekter er i gang for å utvikle neste generasjons sensorteknologi.

**Tunable AS** – Ikke direkte kvanteteknologi, men utvikler avanserte kvanteinspirerte gass-sensorer basert på mikro- og nanoteknologi kombinert med infrarød spektroskopi. Sensorene deres er designet for å gi sanntidsanalyse av flere gasser samtidig.

Kvantesensorer har et bredt spekter av anvendelsesområder der Norge kan ha naturgitte fordeler. Ekstremt presise målinger av gravitasjon og magnetfelt kan muliggjøre identifisering av metaller og mineralforekomster, noe som er særlig relevant for geologisk kartlegging og ressursutvinning. Innenfor maritim og forsvarssektoren kan kvantesensorer også åpne for nye muligheter innen overvåking, situasjonsforståelse og sikkerhet.

### Eksempel på forskningsbaserte oppstartsselskaper i Norge

Norge har så vidt kartleggingen har kunnet avdekke, pr. i dag kun ett oppstartsselskap innen kvanteteknologi. I eksterne kartlegginger fremstår Norge uten oppstartsselskap innen kvante.

**Lace Lithography** - er et teknologiselskap etablert i 2023 med utspring fra mer enn 10 års grunnforskning innen kvantefysikk ved Universitetet i Bergen. Selskapet utvikler en banebrytende form for litografi til å lage mønstre med enda høyere oppløsning på silisium-skiver, en kritisk komponent i chipproduksjon. Selskapet hevder å ha mange års forsprang på dagens ledende teknologi, gitt at de lykkes med kommersialisering av løsningen. I dag har det nederlandske selskapet ASML tilnærmet monopol i markedet.

Lace Lithography (og CEO) har mottatt støtte fra

- Forskningsråd (Nanomat, Fripro, Forny, IPN, PES mm)
- EU (FET, EIC)
- Innovasjon Norge (Miljøteknologiordningen)

Lace Lithography utnytter kvantesystemer og kvanteegenskaper i sin teknologi for å muliggjøre produksjon av komponenter med ekstrem presisjon. Lace Lithography er et eksempel på hvordan langsiktig grunnforskning kan danne grunnlaget for teknologisk anvendelse med markedsforstyrrende potensiale. Selskapet har kontor i Bergen (hovedkontor) og Barcelona og rekrutterer ledende ekspertise fra hele verden og selskapet har flere høyt anerkjente internasjonale investorer på eiersiden, Planlagt fremtidig ressursbruk av de større norske bedriftene

Etablerte næringsaktører vil i økende grad bli påvirket av nyvinninger innen kvanteteknologi, men deltar i ulik grad i utviklingen. Ressursbruken varierer betydelig, og står ikke nødvendigvis i forhold til bedriftens størrelse. Flere mindre selskaper investerer relativt mer enn større aktører, også ved direkte sammenligning.

### Planlagt fremtidig ressursbruk av de større norske bedriftene



Spørreundersøkelsen viser at mange av de største bedrifter ser seg selv primært som teknologibrukere, snarere enn teknologiutviklere. Blant de større aktørene oppfattes kvanteteknologi som en fremtidig mulighet, men egenaktiviteten er foreløpig begrenset. Ikke alle respondentene har ønsket sine svar publisert. Under følger innsikt fra enkelte større norske bedrifter.

**Kongsberg** er blant de mest aktive og synlige norske industribedriftene innen kvanteteknologi, både nasjonalt og internasjonalt. Selskapet har svært høy bevissthet om teknologiens potensial og deltar på sentrale arenaer og er involvert i policyarbeid, konferanser og partnerskap på tvers av Norden og globalt. Kongsberg har flere ansatte med relevant kompetanse og investerer betydelige egne midler i utvikling av nye løsninger. Selskapet ser kvanteteknologi som både en nødvendighet og en mulighet for fremtidig konkurransekraft, og planlegger å øke satsingen de neste årene, spesielt gjennom produktrettet forskning og utvikling av avanserte sensorer.

**Ruter** fremstår som en av de mer aktive større aktørene og er godt kjent med teknologiens potensial, særlig innen optimaliseringsproblemer som trafikkmodellering, ruteplanlegging og kapasitetsstyring. Selskapet samarbeider med akademiske miljøer som OsloMet og Sintef, og har fire ansatte dedikert til kvanteprosjekter. Ruter peker på at den største barrieren for videre satsing er tilgang på norsk infrastruktur og kompetanse, og etterlyser nasjonale testarenaer, målrettet finansiering og tettere samarbeid mellom næringsliv og academia. Selskapet planlegger å øke aktiviteten betydelig de neste 1–2 årene, med særlig vekt på praktiske piloter innen optimalisering og ressursallokering.

**Equinor** har god kjennskap til kvanteteknologi og ser bl.a. potensial for å bruke kvanteteknologi til å undersøke materialeegenskaper, forbedre brønnbaner og styrke sensorteknologi, og vurderer også teknologien som en trussel mot dagens krypteringsalgoritmer. Equinor har ingen planlagte nye aktiviteter, men følger utviklingen tett og ser seg primært som sluttbruker, ikke teknologiutvikler. Selskapet peker på behovet for myndighetsstøtte til standardiseringsinitiativ og mener at sensorteknologi, cybersikkerhet, optimalisering og utvikling av nye materialer er relevante anvendelsesområder for energisektoren.

**DNB** har definert flere konkrete bruksområder for kvanteteknologi, inkludert porteføljeoptimalisering, risikostyring, svindeldeteksjon, prising av derivater, kryptografi / sikkerhet og algoritmisk trading. Selskapet har også fokus på Quantum Machine Learning (QML) for prediksjon og optimalisering. DNB følger utviklingen tett gjennom samarbeid med SINTEFs NeQst-program og deltakelse i nordiske og europeiske initiativer. DNB har startet kartlegging av egen bruk av kryptering og vurderer post-kvantekryptografi (PQC) som et sentralt område, i tråd med regulatoriske krav fra Norge, EU og USA. Selskapet har få ansatte dedikert til kvante, men ser behov for å bygge et internt kvanteforum og ønsker å delta i nordisk samarbeid. DNB etterlyser en mer samlet nasjonal innsats for å unngå fragmentering og duplisering, og mener næringslivet bør spille en sentral rolle i en eventuell samlende enhet for kvanteteknologi i Norge.

**DNV** har over 500 ansatte som jobber med cybersikkerhet, et område som i økende grad påvirkes av kvanteteknologiske fremskritt. Derfor har DNV identifisert kvantecybersikkerhet som særlig relevant for sin virksomhet. I tillegg er maritim sektor, energi og digital assurance/AI viktige satsingsområder. Når det gjelder kvanteteknologi, har DNV allerede flere kvantefysikere og ser betydelige muligheter til å synliggjøre og mobilisere denne kompetansen for å styrke fremtidige satsinger. Selskapet

finansierer én kvanteprofessor ved NTNU og peker på behovet for å bygge opp kompetanse nasjonalt, samt å styrke samarbeid mellom akademia og næringsliv. DNV fremhever viktigheten av standardisering, regulatorisk tilpasning og utvikling av testinfrastruktur, spesielt for sertifisering av kvantesensorer i maritime og luftfartssapplikasjoner. Selskapet planlegger å øke aktivitetene, særlig innen sensorsamarbeid, og ønsker å bidra til nasjonale og internasjonale klynger og referanseprosjekter.

Flere bedrifter planlegger økt aktivitet innen kvanteteknologi de neste 1–2 årene, noe som tyder på en forsiktig oppskalering. Som barrierer peker flere firmaer på manglende norsk infrastruktur, som vurderes som utilstrekkelig og i behov av styrking. Dette gjelder blant annet testlaboratorier, produksjonsprosesser og tilgang til skyressurser.

### 2.2.3 Oppstartsmiljøer og SMBer

Norge har få oppstartsbedrifter innen kvanteteknologi sammenlignet med våre naboland der vi finner mer enn 60 oppstarts og kvanterelaterte firmaer. I Norge er kompetansen i stor grad bundet til akademisk forskning fremfor kommersialisering. Selv om norske universiteter og forskningsmiljøer ligger langt fremme på flere områder, har overgangen fra laboratorium til marked gått sakte sammenlignet med andre land i Norden. Årsakene inkluderer begrenset tilgang til risikovillig kapital, mangel på nødvendig infrastruktur og en svakere kultur for entreprenørskap sammenlignet med våre naboland. For å endre dette må Norge styrke nordisk samarbeid, etablere ordninger som fremmer kommersialisering av forskning og tiltrekke internasjonal kompetanse. Disse tiltakene vil bidra til å bygge en konkurransedyktig kvanteteknologisk industri. (Se også 6.3 Kommersialisering av forskning)

VC selskap innen kvanteteknologi er omtalt i avsnitt 6.2

## 2.3 Dagens økosystem og klynger

Økosystemet rundt kvanteteknologi favner i tillegg til akademia og næringsliv også offentlig sektor, virkemiddelapparatet, interesseorganisasjoner, forskningssentre og klynger. Vi har valgt å ikke skrive om egne virksomheter og i mindre grad gå inn på de etablerte og kjente aktørene i økosystemet. Næringsklyngene er omtalt i kapittel 2.3.3.

## 2.3.1 Oslo Science City

Oslo Science City er Norges første innovasjonsdistrikt og er etablert for å styrke samspillet mellom forskning, næringsliv og offentlig sektor. Distriktet dekker ett kvadratkilometer og samler om lag 300 oppstartsbedrifter, 8 000 forskere og 40 000 studenter. Aktørene inkluderer blant annet UiO, Handelshøyskolen BI, SINTEF, Forskningsparken, Oslo universitetssykehus og Oslo Cancer Cluster.

### Opportunities of Quantum

Arrangeres av Oslo Science City sammen med BI, UiB og det fransk-norske handelskammeret, som del av French-Norwegian day under Oslo Innovation Week, oktober 2025.

Her møttes forskere, næringsliv og politikere for å diskutere og styrke samarbeidet mellom Norge, Frankrike og resten av Europa innen kvantevitenskap og -teknologi.

Samarbeidet organiseres gjennom arbeidsgrupper, prosjekter, industripartnerskap og møteplasser, med mål om å gjøre veien fra forskning til kommersiell og samfunnsmessig anvendelse kortere. Aktiviteten er konsentrert rundt fire faglige tyngdepunkt: helse og livsvitenskap, klima og energi, digitalisering og kunstig intelligens samt demokrati og inkludering.

Oslo Science City er medlem av The Global Institute on Innovation Districts (GIID) og har strategiske samarbeid med Stockholm Science City og Innovation District Copenhagen.

Distriktet spiller også en sentral rolle i utviklingen av det norske økosystemet for kvanteteknologi gjennom samarbeid mellom forskningsmiljøer, næringsliv og offentlige aktører. Dette inkluderer blant annet seminarer, workshops og tilrettelegging for internasjonale partnerskap. Oslo Science City huser dessuten sentral infrastruktur og ledende forskningsmiljøer innen kvanteteknologi, som MiNaLab og Gemini Center on Quantum Technology.

## 2.3.2 Norsk Kvanteklynge

Norsk kvanteklynge<sup>2</sup> har som formål å være et forskningsdrevet nasjonalt nettverk, kompetansesenter og kontaktpunkt innen kvantevitenskap og -teknologi (KVT). *Klyngen skal være en ressurs innenfor kvante og kvanterelaterte spørsmål for norske myndigheter, og skal samarbeide tett med offentlige aktører og næringslivet.* Klyngen ble stiftet og lansert i august 2025 av UiO, NTNU og SINTEF og har pr. i dag ytterligere medlemmer: Kongsberg Discovery, NHO, UiB, Simula, OsloMet, FFI, NORCE og USN.

## 2.3.3 Klyngeprogrammet

Klyngeprogrammet er et nasjonalt samarbeidsinitiativ, forvaltet av Innovasjon Norge i partnerskap med Siva og Forskningsrådet. Målet med programmet er å styrke norske bedrifters evne til samarbeid og innovasjon, slik at de sammen kan møte samfunnsutfordringer og utvikle konkurransefortrinn.

I Norge finnes det flere klynger og katapultsentre som kan spille en aktiv rolle i å identifisere og finne bruksområder til kvanteteknologi. Klyngene har gjennomgående god bransjekunnskap som er

---

<sup>2</sup> Hentet fra [norskquanteklynge.no](https://norskquanteklynge.no): [Norsk kvanteklynge](https://norskquanteklynge.no)

nødvendig for å kunne identifisere nisjer der Norge kan ha fortrinn. Et nært samarbeid mellom kvantemiljøer og klyngemiljøer vil kunne skape muligheter og identifisere retninger for videre forskning innenfor kvanteteknologi. Mange av klyngene har inngående kunnskap om blant annet sensorer, ettersom mange norske firmaer benytter posisjonering, navigasjon og presis tidsmåling – noen av kvanteteknologiens største fordeler. Eksempler på klynger som arbeider med sensorer kan være:

**Ocean Autonomy Cluster** er Norges ledende klynge for maritim autonomi, etablert i Trondheim i 2020. Klyngen samler over 70 medlemmer fra industri, forskning og offentlig sektor for å utvikle og kommersialisere autonome løsninger for havrommet. Fokusområdene er bærekraft, sikkerhet og effektivitet til sjøs, og klyngen har ambisjoner om internasjonal posisjonering i Europa, USA og Canada. Ocean Autonomy Cluster drives av Fremtidens Industri og samarbeider med andre klynger som NCE Aquatech og Midsec.

**Norwegian Space Cluster** er en nasjonal innovasjonsklynge som samler aktører fra hele verdikjeden i romindustrien – fra oppstrøms (satellitter, raketter) til nedstrøms (dataanalyse, tjenester). Klyngen fremmer samarbeid, innovasjon og kommersialisering innenfor romteknologi.

Klynger som jobber med sikkerhet og kommunikasjon vil naturlig adressere kvanteteknologi. Flere norske klynger kan bidra med kunnskapsdeling og samarbeid på dette området som f.eks.

**Norwegian Cybersecurity Cluster** er en nasjonal klynge som samler aktører innenfor cybersikkerhet for å styrke Norges digitale motstandskraft. Klyngen arbeider med kompetanseutvikling, innovasjon og kommersialisering av sikkerhetsløsninger, og fungerer som en samarbeidsplattform mellom næringsliv, akademia og offentlig sektor. Den har base i Lillehammer og inngår i Norwegian Innovation Clusters-programmet.

**NORDSEC – Nordic Defence and Security Cluster** er en nordisk næringsklynge som fremmer innovasjon og forretningsutvikling innenfor forsvar, samfunnssikkerhet og beredskap. Klyngen samler bedrifter, forskningsmiljøer og offentlige aktører for å utvikle teknologiske løsninger og tjenester som styrker nasjonal og nordisk forsvarsevne. Den legger til rette for samarbeid på tvers av sektorer og teknologier, og tilbyr støtte til prosjektutvikling, EU-rådgivning, testfasiliteter og nettverksbygging.

Innenfor materialteknologi og utvikling av nye materialer vil kvanteteknologi spille en stadig viktigere rolle. Kvantemekaniske beregningsmetoder gjør det mulig å simulere og forutsi materialegenskaper på atomnivå, noe som gir en helt ny presisjon i utviklingen av avanserte kompositter, halvledere og energimaterialer. Dette er spesielt relevant for industrier som batteriproduksjon, hydrogenlagring, og høytytelseskomponenter til maritim og offshore sektor. Én av klyngene innenfor dette området vil være:

**Future Materials – Norsk katapult senter** er et nasjonalt utviklings- og testsenter for materialteknologi. Future Materials har infrastruktur hos sterke industrielle partnere som Elkem, ReSiTec, Mechatronics Innovation Lab og Norner, og dekker områder som plast, kompositter,

metaller, pulver og additiv tilvirkning. Senteret retter seg mot små og mellomstore bedrifter, etablerte selskaper, forskningsmiljøer og utdanningsinstitusjoner.

## 2.4 Nasjonal infrastruktur

Arbeidet med å kartlegge Norges posisjon innenfor kvanteteknologi viser at vi allerede har flere sterke og internasjonalt anerkjente fagmiljøer, men at infrastrukturen er fragmentert og mangler samordning. De ulike forskningsmiljøene fremhever behovet for et helhetlig løft for å sikre at Norge kan ta en strategisk og relevant rolle fremover

### 2.4.1 Forsknings- og laboratorieinfrastruktur

Norge har etablert flere forskningsmiljøer med solid laboratorieinfrastruktur innen kvantefysikk, materialvitenskap og nanoteknologi. NTNU huser Senter for fremragende forskning QuSpin, som er internasjonalt ledende innen kvantespintronikk, og har i tillegg betydelige ressurser knyttet til NanoLab og laboratorier for avanserte kvantematerialer. Ved Universitetet i Oslo finner man MiNaLab og Hylleraas-senteret, som utgjør en sentral del av den nasjonale kapasiteten innen mikro- og nanofabrikasjon, kvantekjemi og kvantemekaniske beregninger. Universitetet i Bergen har utviklet et sterkt miljø innen kvantesensorikk, spesielt innen diamantbaserte kvantesensorer, og kvantekryptografi, mens Universitetet i Tromsø driver eksperimentell forskning på nanoskala innen kvantefysikk. De nyere teknisk-naturvitenskapelige fakultetene ved Universitetet i Stavanger, Universitetet i Agder og Universitetet i Sørøst-Norge bygger opp miljøer innen anvendt kvantefotonikk og kvanteberegning.

Instituttsektoren utfyller universitetsmiljøene. Institutt for energiforskning og Forsvarets forskningsinstitutt besitter laboratorier for sorterteknologi, materialforskning og kryogenikk, mens SINTEF kombinerer forskning på fotonikk, nanoteknologi og kvantematerialer med industrielle anvendelser. Justervesenet spiller en særskilt rolle som nasjonal metrologi-institusjon, med operative kvantemålestandarder for spenning, motstand og tid. Til tross for denne bredden peker miljøene på behovet for et nasjonalt løft. Det etterlyses en felles laboratorieinfrastruktur som kan fungere som et åpent, tverrsektorielt senter for eksperimentell forskning og industrisamarbeid. Eksisterende fasiliteter som QuSpin, MiNaLab og SINTEF foreslås integrert i et koordinert system, og det pekes på behovet for å investere i lavtemperaturteknologi, avansert fotonikkutstyr og felles test- og kompetansesentre.

NORTEM (Norwegian Centre for Transmission Electron Microscopy) er en nasjonal forskningsinfrastruktur som drives av NTNU, SINTEF og UiO, lokalisert i Trondheim og Oslo. Senteret tilbyr avanserte TEM-teknikker for materialforskning og industri, og har nylig fått finansiering til NORTEM II, som inkluderer to nye høyoppløselige JEOL-mikroskoper – ett i Trondheim (Grand ARM 2, klart i 2025) og ett i Oslo (NEOARM, klart i 2026). Disse installeres i spesialdesignede rom med strenge krav til elektromagnetisk skjerming og vibrasjonskontroll. NORTEM er sentral for forskning på blant annet batteriteknologi, legeringer og biologiske systemer, og bidrar til kompetansebygging gjennom kurs, workshops og PhD-prosjekter, med mål om å styrke Norges posisjon innen avansert materialanalyse og innovasjon.

## 2.4.2 Databehandling og simulering

På området kvanteberegning og simulering har Norge en viss kapasitet gjennom programvareutvikling og tilknytning til internasjonale kvanteplattformer. Simula, NTNU, OsloMet og Universitetet i Oslo har utviklet kompetanse på kvantealgoritmer, kvantesimulering og programvare for hybrid databehandling, og norske forskere har tilgang til kvantedatamaskiner via internasjonale skytjenester som IBM Q og Azure Quantum. Universitetene i Stavanger og Tromsø deltar i prosjekter som kombinerer kvanteprogrammering og klassiske superdatainfrastrukturer. For å løfte denne kapasiteten videre etterlyser miljøene et nasjonalt kvantedatasenter med kobling til høytytelses databehandling (HPC) gjennom den nasjonale infrastrukturen NRIS og Sigma2. Et slikt senter bør gi forskere og næringsliv tilgang til eksperimentell maskinvare, skybasert kvanteberegning og opplæring. Det foreslås også opprettet en nasjonal programvare- og algoritmekontor som kan samle norske forskningsmiljøer med styrke innen kvanteinformasjon, matematikk og datavitenskap.

## 2.4.3 Kvanteseensorer og metrologi

Innenfor kvanteseensorer og metrologi har Norge flere forskningsgrupper med høy internasjonal kvalitet. Justervesenet utgjør et sentralt nasjonalt tyngdepunkt med sine kvantemålestandarder og deltakelse i europeiske metrologiprojekter gjennom BIPM og EURAMET. Universitetet i Bergen, SINTEF, Forsvarets forskningsinstitutt, Institutt for energiforskning og NSM arbeider med kvanteseensorer for anvendelser i forsvar, helse, energi og klima. Universitetene i Oslo, Tromsø og Trondheim har i tillegg utviklet optiske og magnetiske sensorer med høy følsomhet basert på kvantemekaniske prinsipper. Miljøene er samstemte i at Norge bør etablere et nasjonalt senter for kvanteseensorer og kvantemetrologi, fortrinnsvis i samarbeid mellom Justervesenet, UiB, NTNU, IFE og SINTEF. Et slikt senter kan fungere som bro mellom grunnforskning og industri, og samtidig sikre at Norge har en strategisk posisjon i internasjonal standardisering.

## 2.4.4 Kvantekommunikasjon og kryptografi

Flere norske institusjoner har forskningsaktiviteter knyttet til kvantekommunikasjon og kryptografi. Universitetet i Bergen, NTNU, FFI, SINTEF og UiO arbeider med fotonikk og krypteringsteknologi, og norske miljøer deltar i det europeiske initiativet EuroQCI (European Quantum Communication Infrastructure). Norge har foreløpig ingen nasjonal testinfrastruktur på området, men interessen for å utvikle en norsk node i EuroQCI er økende. Det foreslås at Norge etablerer en egen testlinje for kvantekommunikasjon, både via fiber og satellitt, som kan gi erfaring med sikker kvantebasert kommunikasjon. Samtidig må Norge videreutvikle kompetansen på post-kvantekryptografi i tett samarbeid med nasjonale sikkerhetsmyndigheter og europeiske partnere.

## 2.5 Områder som vurderes strategisk viktige

Det er bred internasjonal enighet om at kvanteteknologi representerer en av de mest transformative teknologiske utviklingene i det 21. århundret. EU, NATO og en rekke nasjonale strategier peker på kvanteteknologiens potensial til å endre både samfunn, næringsliv og sikkerhetspolitikk, og understreker samtidig at teknologien innebærer betydelige strategiske og geopolitiske implikasjoner. De norske forskningsmiljøenes tilbakemeldinger speiler mange av disse perspektivene, og har et tydelig fokus på områder der Norge har særlige forutsetninger for å bidra og delta aktivt. Det er videre

godt samsvar mellom tilbakemeldingene fra næringslivet og forskningsmiljøenes vurdering av strategisk viktige områder for Norge.

Innenfor **helse og livsvitenskap** samsvarer de vurderingene fra de norske miljøene med den internasjonale forståelsen av feltets potensial. Kvantedatamaskiner forventes å gjøre det mulig å modellere biologiske prosesser og molekylære interaksjoner med hittil uoppnåelig presisjon. Norske miljøer ved blant annet Universitetet i Bergen, Universitetet i Oslo og SINTEF ser store muligheter for å anvende slike metoder til utvikling av legemidler og medisinsk teknologi. De fremhever samtidig kvantesensorers rolle i medisinsk diagnostikk, der mer presise og skånsomme måleinstrumenter kan gi nye former for tidlig sykdomsdeteksjon og overvåkning av fysiologiske signaler. Dette samsvarer med europeiske og amerikanske prioriteringer, der helse og bioteknologi er definert som ett av de første områdene som vil dra nytte av kvantegjennombrudd.

For **materialvitenskap og energi** peker både internasjonale strategier og norske institusjoner som NTNU, IFE og SINTEF på kvantesimuleringers betydning for utvikling av nye materialer og energiteknologier. Kvantebaserte beregninger kan muliggjøre design av høytemperatur-superledere, nye batterier og katalysatorer som kan endre energiproduksjon og lagring. Norske miljøer fremhever særlig anvendelser knyttet til fornybar energi, hydrogen og karbonfangst, der kvanteteknologi kan bidra til økt effektivitet og bærekraft. Dette reflekterer EUs strategiske vektlegging av kvanteteknologi som et virkemiddel i grønn omstilling og energisikkerhet.

Også for **maritim og subsea** samsvarer de norske vurderingene tett med internasjonale prioriteringer. Kvotesensorer trekkes frem som særlig lovende for presis navigasjon uten GPS, miljøovervåkning og tilstandsbasert vedlikehold av fartøy og infrastruktur. NTNU, SINTEF, FFI, Justervesenet og NORCE peker på anvendelser som autonome systemer, havbunnskartlegging og overvåkning av strømmer og forurensning, i tråd med EUs og NATOs fokus på kvantebasert posisjonering og havsikkerhet. Kvantestimuleringer vurderes som viktige for å utvikle korrosjonsbestandige materialer og grønnere drivstoff, mens kvantekryptering og post-kvantekommunikasjon ses som avgjørende for sikker drift av maritime nettverk. Norske miljøer fremhever at landets sterke maritimindustri, sensor- og metrologikompetanse og krevende havmiljø gir et særlig fortrinn til å bli en internasjonal testarena for «kvante for havet».

**Klima- og miljøforskning** fremstår som et annet område der norske og internasjonale vurderinger konvergerer. Både EU og norske miljøer, som UiB, UiT og NORCE, understreker potensialet for kvantesensorer i miljøovervåkning og klimamodellering. Presise målinger av atmosfæriske prosesser, havstrømmer og gravitasjonsfelt vil kunne styrke både forskningsbasert forvaltning og beredskap. Norske aktører peker spesielt på anvendelser i nordområdene og Arktis, hvor avansert måleteknologi kan bidra til bedre overvåkning og ressurskartlegging.

Innenfor **finans, kommunikasjon og IKT** følger de norske miljøene den internasjonale erkjennelsen av at kvanteutviklingen både representerer en risiko og en mulighet. Simula, OsloMet og UiO fremhever behovet for å forberede overgangen til post-kvantekryptografi og utvikling av kvantesikre algoritmer, i tråd med EUs og NATOs sikkerhetsanbefalinger. Samtidig viser forskningsmiljøene til potensialet for kvantealgoritmer i risikomodellering, logistikk og optimalisering, særlig innen finans og

transport. Dette er i samsvar med analyser fra EU-kommisjonen, som forventer at de første kommersielle gevinstene fra kvantedatamaskiner vil komme nettopp innen disse områdene.

**Forsvars- og sikkerhetssektoren** fremstår som et felt der det internasjonale og nasjonale perspektivet er særlig tett sammenfallende. NATO, EU og nasjonale sikkerhetsmyndigheter beskriver kvanteteknologi som en flerbruksteknologi (dual-use) som både kan styrke og true sikkerhet. Norske aktører, særlig FFI, Justervesenet og SINTEF, understreker at kvantedatamaskiner på sikt kan bryte dagens krypteringsstandarder, og at det haster å utvikle kvantesikre kommunikasjonsløsninger. Samtidig ses teknologien som en mulighet for å styrke nasjonal beredskap gjennom kvantekommunikasjon, krypterte nettverk og avansert sensorikk for overvåkning, navigasjon uten GPS og ubåtsporing.

Innenfor **transport, logistikk og prosessoptimalisering** beskriver både internasjonale strategier og norske miljøer et stort potensial for optimalisering gjennom kvantealgoritmer. NTNU, UiS og SINTEF peker på hvordan kvantebaserte beregninger kan gi mer effektive løsninger for ruteplanlegging, forsyningskjeder, trafikkstyring og planlegging av vannkraftproduksjon. På sikt forventes kvantesensorer å kunne støtte navigasjonssystemer uavhengig av satellittbasert teknologi - et tema som har høy prioritet i EUs og NATOs teknologiske veikart, og som Kongsberg Discovery aktivt arbeider mot bl.a. via samarbeid med SINTEFs MiNaLab og UiBs diamantlab.

**Telekommunikasjon og infrastruktur** er et område der norske forskningsmiljøer i økende grad orienterer seg mot europeiske initiativer som EuroQCI – et felles europeisk kvantekommunikasjonsnettverk. UiO, UiB og SINTEF deltar i prosjekter som kan legge grunnlaget for en norsk node i dette nettverket. Dette samsvarer med EUs mål om å bygge et kontinentalt kvanteinternett som sikrer digital suverenitet og robust kommunikasjon mellom medlemsland.

Også innen **romfart og flerbruksteknologi** ser man tydelig samsvar mellom norske og internasjonale vurderinger. Flere forskningsmiljøer viser til at kvanteteknologi vil kunne støtte navigasjon, kommunikasjon og jordobservasjon, både for sivile og militære formål. Dette er i tråd med både EUs og NATOs strategier, som legger vekt på romrelatert kvanteteknologi som en nøkkelkomponent i fremtidig infrastruktur.

Sammenlignet med de brede internasjonale perspektivene er de norske tilbakemeldingene preget av en pragmatisk og anvendelsesnær tilnærming. Der EU og NATO legger vekt på strategisk suverenitet og geopolitisk konkurranseevne, fokuserer norske miljøer i større grad på hvordan kvanteteknologi kan styrke eksisterende nasjonale fortrinn – særlig innenfor det maritime, energi, forsvar, helse og miljø. Samtidig deler de den internasjonale erkjennelsen av at kvanteteknologi er både en mulighet og en sårbarhet, og at tidlig investering i kompetanse, infrastruktur og standardisering er avgjørende for å sikre nasjonal sikkerhet og verdiskaping.

Samlet sett viser sammenstillingen at norske forskningsmiljøer i stor grad deler det globale synet på kvanteteknologi som en strategisk ressurs med potensial til å omforme både økonomiske strukturer og samfunnets grunnleggende infrastruktur. Der de internasjonale strategiene vektlegger tempo og konkurranse, legger de norske aktørene til grunn et mer selektivt og samarbeidende perspektiv – der



realistiske prioriteringer, nordisk samarbeid og nasjonal koordinering anses som nøkkelen til å posisjonere Norge som en relevant og ansvarlig aktør i den kommende kvantøkonomien.

## 3 Strategier og initiativ i Norden

### 3.1 De nordiske strategiene

Sverige, Danmark og Finland har alle definert kvanteteknologi som et strategisk satsingsområde med stor betydning for nasjonal sikkerhet, økonomisk utvikling og teknologisk suverenitet. Selv om landene har valgt ulike tilnærminger, viser strategiene en felles forståelse av teknologiens transformative potensial og behovet for langsiktig og koordinert innsats.

Felles for de tre landene er en helhetlig tilnærming som omfatter forskning og utdanning, utvikling av infrastruktur, kommersialisering, sikkerhet og internasjonalt samarbeid. Kvanteteknologiens konsekvenser for cybersikkerhet og kryptografi er gjennomgående adressert, og alle landene har tiltak for å håndtere risikoen knyttet til fremtidige kvantedatamaskiners evne til å bryte dagens krypteringsløsninger. Internasjonalt samarbeid står sentralt, særlig gjennom deltakelse i EU-initiativer som Quantum Flagship, EuroQCI og QuantERA, samt bilateralt samarbeid med USA og andre likesinnede land. Også NATO-samarbeid fremheves, gitt teknologiens sikkerhetspolitiske relevans.

Utdanning og kompetanseutvikling er høyt prioritert i alle tre land. For Sverige sin del er ikke nasjonal strategi lansert, omtalen refererer her til kunnskapsgrunnlaget A Swedish Quantum Agenda<sup>3</sup>. Strategiene legger vekt på flerfaglig kompetanse, etablering av forskerskoler og tiltrekking av internasjonale talenter. Et sentralt mål er å bygge robuste økosystemer som kobler akademia, næringsliv og offentlig sektor, og som kan støtte både grunnleggende forskning og anvendt innovasjon.

Samtidig reflekterer strategiene tydelige nasjonale særtrekk. Sverige har sterke akademiske miljøer, særlig innen kvanteberegning, og har gjennom Wallenberg Centre for Quantum Technology (WACQT) etablert en ambisjon om å være ledende innen kvantedatamaskiner, kvantesimulering, kvantekommunikasjon og kvantesensorer. Strategien er forskningsdrevet og legger stor vekt på koordinering mellom aktører, blant annet gjennom forslag om en nasjonal samordningsplattform. NordForsk gjør i sin rapport 4 (se under) en SWOT analyse og enkelte svakheter er oppsummert her: Sveriges nasjonale koordinering innen kvanteteknologi er fragmentert, med spredte lokale miljøer som gjør det vanskelig å samle innsatsen. Offentlig finansiering har historisk vært begrenset, og mesteparten av midlene kommer fra private aktører som Wallenberg-stiftelsen. Det er store utfordringer knyttet til å opprettholde og utvikle avansert infrastruktur, samt å beholde teknisk personell. Den sterke avhengigheten av privat finansiering kan redusere mangfoldet i forskningen. I tillegg finnes det hull i innovasjonssystemet, særlig når det gjelder å koble akademia og industri og å kommersialisere kvanteteknologier.

---

<sup>3</sup> Vinnova 2023. Hentet fra vinnova.se: [A Swedish quantum agenda](#)

<sup>4</sup> Gudmund Høst, "[Nordic Quantum Technology Research Co-operation](#)", NordForsk, Oktober 2025

Danmark har valgt en mer kommersiell og sikkerhetsorientert tilnærming. Den nasjonale strategien<sup>5</sup>, lansert i 2023, er tydelig strukturert og etappevis, med klare prioriteringer for forskning, innovasjon, kommersialisering, sikkerhet og internasjonalt samarbeid. Betydelige offentlige investeringer har lagt grunnlaget for etableringen av Quantum House Denmark som et nasjonalt knutepunkt for akademia og industri, samt utvikling av test- og demofasiliteter. Sikkerhetsdimensjonen er integrert, blant annet gjennom tett involvering av Politiets Efterretningstjeneste (PET) og deltakelse i NATO DIANA-initiativer for flerbruksteknologi som gir tilgang til tverrfaglige team og et bredt nettverk for å utvikle teknologier med både sivile og militære anvendelser<sup>6</sup>. Danmark har også posisjonert seg internasjonalt gjennom anskaffelse av avansert kvanteinfrastruktur, tiltrekking av globale aktører og etableringen av et stort dedikert kapitalfond for kvanteteknologi. Dette har bidratt til rask utvikling av et kvanteøkosystem med flere selskaper.

Danmark etablerte høsten 2025 verdens største kapitalfond innen kvante, 55 North, finansiert av Danmarks Eksport- og Investeringsfond og Novo Holdings (hver med 0,5 mrd. danske kroner). Disse fremskrittene viser hvor avgjørende en tydelig og helhetlig strategi er for å sikre koordinering, finansiell forutsigbarhet og konkrete insentiver som driver innovasjon og samarbeid på tvers av industri, akademia og myndigheter. Danmark har med dette etablert seg som en viktig aktør i utviklingen av ny kvanteteknologi.

Finland lanserte i 2025 en nasjonal kvantestrategi med åtte konkrete tiltak for å styrke forskning, kommersialisering og internasjonal posisjonering. Til tross for at Finland var relativt sent ute med sin strategi, har de allerede etablert seg som en sentral aktør innenfor kvantefeltet og har utviklet den mest langsiktige og operasjonaliserte strategien, med tidshorisont frem mot 2035 og tydelige, målbare ambisjoner for verdiskaping og sysselsetting.

Landet har allerede operasjonelle kvantedatamaskiner og planer for videre skalering, samt etablert sentrale strukturer som Quantum Competence Centre og FiQCI-infrastruktur og fremstår som teknologisk ledende innenfor kryogenisk teknologi og kvanteprosessorer, med etableringen av en rekke oppstartsbedrifter innen både kvanteberegningkomponenter, kvantesimuleringer og kvantealgoritmer. Finland har flere prosjektet innenfor NATO-DIANA-initiativet for flerbruksteknologi. Ifølge den nylige

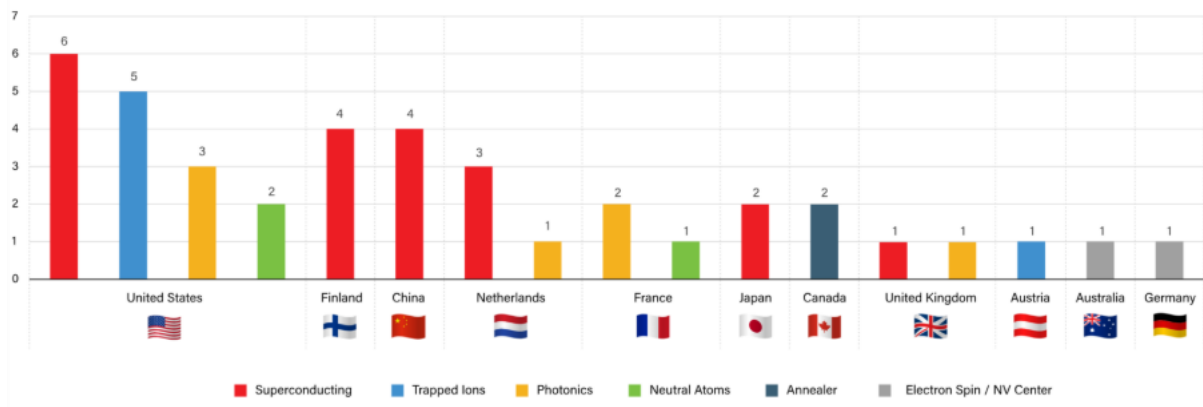
en fra NordForsk er Finland sterkest i Norden på kvantehardware, men har behov for styrket utvikling av kvantesoftware<sup>7</sup>, se Figur 3. Dette kan gi gode muligheter for komplementært samarbeid med Norge.

---

<sup>5</sup> Den danske strategien er todelt, men omtales her samlet.

<sup>6</sup> [BII Quantum Lab](#)

<sup>7</sup> Gudmund Høst, "[Nordic Quantum Technology Research Co-operation](#)", NordForsk, Oktober 2025



Figur 3. Finland er en sentral aktør innen kommersielt tilgjengelige kvanteprosessorer. Figuren viser antall QPUs (kvanteprosessorer) som er tilgjengelig fra de ledende nasjonene innen ulike modaliteter (fysiske implementasjoner).<sup>8</sup>

Samlet sett viser de nordiske kvantestrategiene en bred og ambisiøs tilnærming som kombinerer forskningsmessig kvalitet, industrielle ambisjoner og sikkerhetspolitiske hensyn. Forskjellene mellom landene illustrerer hvordan nasjonale forutsetninger og prioriteringer former ulike strategiske veivalg, samtidig som de peker på et betydelig potensial for styrket nordisk samarbeid på tvers av hele verdikjeden innen kvanteteknologi.

## 3.2 Struktur og organisering i Norden

Sverige, Danmark og Finland har alle etablert egne organisasjoner for styrking av økosystemet rundt kvanteteknologi. Tilnærmingene er ulike, og organisasjonene opererer med ulikt utgangspunkt og mandat. I det følgende ser vi nærmere på disse strukturene.

**QSIP (Sverige):** QSIP (Quantum Sweden Innovation Platform) ble etablert i november 2023 med støtte fra Vinnova for å stimulere og fremme innovasjon innen kvanteteknologi og bygge en globalt konkurransedyktig svensk kvanteindustri. QSIP organiserer egne workshoper, webinarer og representerer det svenske kvanteøkosystemet i deltakelser på internasjonale konferanser. QSIP tilbyr bedriftsrådgivning, inkubasjonstjenester, bistand med kapitaltilgang via investor-nettverk (QuSIN), lab-to-fab fasilitering, entreprenørskapsutdanning og internasjonalisering i samarbeid med Business Sweden. QSIP ledes av Chalmers Industriteknik og medlemmer inkluderer universitetene (Chalmers, KTH, Lund, Linköping, Uppsala), RISE, GU Ventures og industriaktører som Ericsson og Scania.

**Danish Quantum Community (Danmark):** Danish Quantum Community (DQC) er en uavhengig, ideell organisasjon etablert i 2021 for å samle og styrke det danske kvanteøkosystemet og skal være «veien til kvante i Danmark». Organisasjonen fungerer som en nasjonal plattform som kobler sammen universiteter, forskningsmiljøer, oppstartsbedrifter, etablerte selskaper, investorer og offentlige aktører med mål om å bygge et helhetlig og konkurransedyktig økosystem for kvanteteknologi i Danmark.

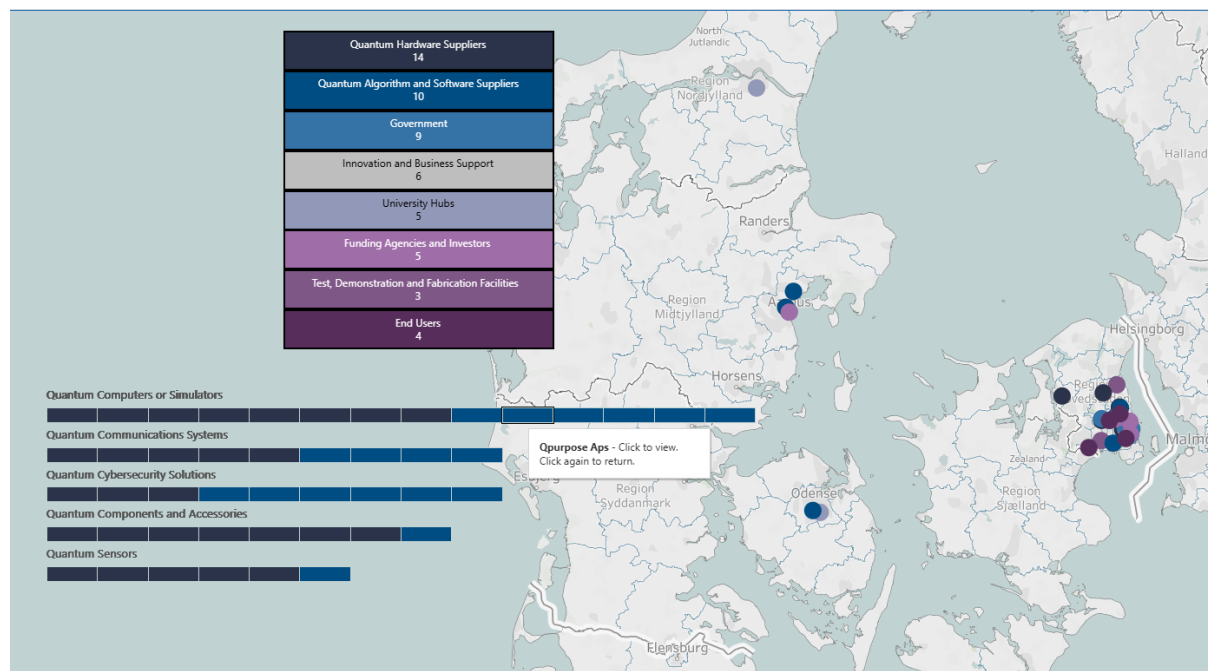
<sup>8</sup> Ruane, J., Kiesow, E., Galatsanos, J., Dukatz, C., Blomquist, E., Shukla, P., "The Quantum Index Report 2025", MIT Initiative on the Digital Economy, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Mai 2025.

DQC er organisert som en medlemsbasert forening med en generalforsamling som øverste organ og et styre valgt blant medlemmene. Medlemskap tilbys både institusjoner og enkeltpersoner, og organisasjonen har i dag over 60 partnere fra akademia, næringsliv og offentlig sektor. Finansieringen skjer gjennom medlemskontingenter, partnerskap og prosjektmidler fra offentlige aktører som Danish Business Authority og Innovationsfonden.

Som en sentral aktør i økosystemet publiserer DQC strategiske dokumenter og analyser, blant annet *Danish Quantum Agenda*<sup>9</sup>, og har utviklet en katalog med 16 danske kvantebestillingsfall (*16 Danish Quantum Use Cases*<sup>10</sup>). Disse brukstilfellene viser hvordan kvanteteknologi kan anvendes i ulike sektorer, fra farmasi og materialforskning til finans og cybersikkerhet, og bidrar til å synliggjøre konkrete muligheter for industri og samfunn. Formålet med katalogen er å inspirere sluttbrukere til å engasjere seg i kvanteteknologi, identifisere relevante muligheter og starte partnerskap som kan drive utviklingen fremover, men er også en del av viktig merkevarebygging for Danmarks satsing på kvanteteknologi.

Gjennom konferanser, workshops og nettverksaktiviteter fungerer DQC som en brobygger mellom forskning, industri og politikk, og spiller en nøkkelrolle i å realisere Danmarks ambisjon om å bli en ledende aktør innen kvanteteknologi i Europa.

Eksempel på ressurser som er tilgjengelig via Danish Quantum Community er et interaktivt kart (Figur 4) over det danske kvanteøkosystemet med oversikt over bedrifter innen kvante, infrastruktur, relevante myndigheter, innovasjon- og forretningsstøtte, virkemiddelapparat, universitet og institutt og sluttbruker.



<sup>9</sup> [Danish Quantum Agenda](#)

<sup>10</sup> [16 Danish Quantum Use Cases](#)

Figur 4. Oversikt over ressurser som er hentet fra Danish Quantum Community:  
<https://dqc.dk/ecosystem/> November 2025

**Institue Q (Finland):** *InstituteQ – The Finnish Quantum Institute* er etablert som Finlands nasjonale kompetansesenter for kvanteteknologi og fungerer som en strategisk drivkraft for å utvikle et samlet og konkurransedyktig økosystem. Initiativet er et samarbeid mellom Aalto-universitetet, Helsingfors universitet og VTT Technical Research Centre of Finland, og har som hovedoppgave å koordinere forskning, utdanning, innovasjon og industriell anvendelse. Gjennom sin rolle som brobygger mellom akademia, næringsliv og myndigheter bidrar InstituteQ til å sikre at Finland beholder sin posisjon som en ledende aktør i den europeiske kvantesatsingen.

Organisasjonen er strukturert som et konsortium med en styringsmodell som gir de tre grunnleggende institusjonene en sentral rolle i beslutningsprosesser. Finansieringen kommer fra flere kilder, blant annet Research Council of Finland, Business Finland og partnerinstitusjonene, noe som gir langsiktig stabilitet for forskningsprosjekter, infrastruktur og kommersialisering. InstituteQ leder også Finnish Quantum Flagship, et åtteårig nasjonalt program som skal styrke kompetanse, teknologiutvikling og industriell bruk av kvanteteknologi. Programmet har betydelig offentlig finansiering og fungerer som en katalysator for samarbeid på tvers av sektorer.

Som en del av sitt mandat har InstituteQ utviklet Finnish Quantum Agenda<sup>11</sup>, som definerer strategiske prioriteringer for forskning, innovasjon og internasjonalt samarbeid. Organisasjonen tilbyr tilgang til avansert infrastruktur, inkludert kvantedatamaskiner via FiQCI-plattformen og LUMI-superdatamaskinen, og arrangerer konferanser, workshops og utdanningsprogrammer for å bygge kompetanse i hele verdikjeden. Gjennom disse aktivitetene skaper InstituteQ et miljø der forskere, bedrifter og offentlige aktører kan samarbeide om å realisere kvanteteknologiens potensial.

Tabell 1 gir en oppsummering av økosystemorganisasjonene i Sverige, Finland og Danmark og en kort vurdering av egnethet for Norge.

Organisasjon	Organisering og Finansiering	Formål og egnethet for Norge
QSIP (Sverige)	Vertskap hos Chalmers Industriteknik. Innovasjonsplattform som kobler næringsliv og akademia gjennom workshops, nettverk, investorforum og innovasjonskonkurranser  Offentlig grunnfinansiering fra Vinnova pluss bidrag fra 14 partnere (universiteter og bedrifter). Foreløpig finansiert i 2 år. Målsetning om full medlemsfinansiering fra år 5.	Stimulere kvanteteknologisk innovasjon og beholde kompetanse nasjonalt. Bygge et konkurransedyktig kvante-industrielt miljø i Sverige.  Fokus hovedsakelig på næringsliv og innovasjon. Norge bør vektlegge enda tettere samarbeid mellom forskning og næringsliv. Kortsiktig finansiering gir usikkerhet.

<sup>11</sup> Hentet fra [instituteq.fi/fqf/](http://instituteq.fi/fqf/): Finnish Quantum Flagship

Danish Quantum Community (Danmark)	Ideell organisasjon, etablert i 2021 som en tverrsektoriell interesseorganisasjon. Drives med en medlemsmodell og styres gjennom generalforsamling og styret. Har over 70 medlemmer på tvers av økosystemet.  Finansieres gjennom medlemskontingent og partnerskap. Offentlig støtte til prosjekt.	Danish Quantum Community fungerer som en samlende aktør for det danske kvanteøkosystemet. Organisasjonen bringer sammen relevante aktører innen kvanteteknologi i Danmark med mål om å bygge et helhetlig økosystem og styrke landets innsats innen kvanteforskning og utvikling av kvanteteknologi.  Uavhengig organisasjon. Krever økt modenhet i næringslivet (quantum readiness).
InstituteQ – The Finish Quantum Institute (Finland)	Samarbeidsplattform som inkluderer Aalto, Helsingfors universitet, VTT m.fl. Samfinansierer Finnish Quantum Flagship sammen med det finske forskningsrådet. Vert for Finnish Quantum Days, utformer "Finnish Quantum Agenda". Inkluderer BusinessQ som er et nettverk av finske kvante-selskap.  Ukjent finansieringsmodell. Antas finansiert via partnerskap og medlemsbedrifter. Offentlig støtte til prosjekt og oppdrag.	InstituteQs kjernefunksjoner omfatter nasjonal koordinering av kvanteforskning, utdanning, infrastruktur, innovasjon og internasjonalt samarbeid.  Nylig utvidet fra de tre grunnleggende universitetene til nå å omfatte ni forskningsinstitusjoner og universitet. Norge bør vektlegge enda tettere samarbeid mellom forskning og næringsliv.

Tabell 1. Oppsummering av ulike økosystemorganisasjoner i Norden

De svenske, danske og finske økosystemene fremstår helhetlige og tydelige i et globalt perspektiv. Hvert av landene koordinerer sine initiativer på en måte som knytter fagmiljøer, næringsliv og offentlige aktører sammen og gir langsiktig strategisk retning. Slik unngås fragmentering, samtidig som det bygges kapasitet, kompetanse og relevans opp mot europeiske rammeverk og internasjonale partnerskap.

Gjennom koordinering av nasjonale kvanteinitiativ blir kompetansebygging, rekruttering og oppskalering av infrastruktur mer forutsigbart og effektiv. Et godt integrert økosystem forsterker samspillet mellom forskning, næringsliv og legger til rette for kommersialisering. Tett koordinering og samspill gir raskere skaleringsløp, mer effektiv ressursbruk og større gjennomslag i europeiske prosesser. En konsistent nasjonal presentasjon av aktiviteter gjør det enklere for internasjonale partnere å forstå hvert lands styrker og kunne satse langsiktig i landet.

Nasjonal koordinering er videre en forutsetning for et effektivt nordisk samarbeid. For internasjonale partnere fremstår aktivitetene som helhetlige, forståelige og langsiktige, noe som styrker troverdigheten og gjør Norden tydeligere i den globale utviklingen av kvanteteknologi—uten at innsatsen oppleves som fragmentert.

## 3.3 Kort oppsummering av rapporter om nordisk og baltiske forutsetninger

**Nordic Innovation - Nordic-Baltic Quantum Ecosystem:** *Nordic Innovation* konkluderer med at Norden har potensial til å bli en ledende region innen kvanteteknologi i sin rapport lansert i juni <sup>12</sup>.

Rapporten anbefaler tre tiltak:

- Etablere et nordisk-baltisk kvantekoordinasjonsforum
- Lansere et nordisk-baltisk initiativ for strategisk innflytelse
- Starte tverrnasjonale pilotprosjekter

Som oppfølging til siste punkt er det lansert to pilotprosjekt på tvers av flere nordiske samarbeidspartnere, foreløpig uten norske deltakere.

*Nordisk pre-inkubasjonsprogram for kvanteteknologi* med mål om å bygge broer mellom forskning og entreprenørskap. (Prosjektleder: BioInnovation Institute)

*Robust kritisk infrastruktur for Norden (ReCIN)*<sup>13</sup> med mål om å identifisere kvanteteknologibaserte løsninger for energiforsyning, vann og kommunikasjon (Prosjektleder: Danish Quantum Community)

**NordForsk - Nordic Quantum Technology Research Co-operation:** Rapporten Nordic Quantum Technology Research Co-operation på vegne av NordForsk <sup>14</sup> ble publisert i oktober 2025 og gir en samlet vurdering av dagens nordiske samarbeid innen kvanteteknologi og peker på både styrker og samarbeidsutfordringer. De nordiske landene har komplementære styrker innenfor forskning, infrastruktur og industrirettede initiativer. Intervjuer og fokusgrupper fremhever særlig verdien av felles ressursbruk, koordinert finansiering og mobilitet for talent, men peker samtidig på fragmentert styring, uensartede finansieringsmekanismer og begrenset deling av infrastruktur som sentrale hindringer for et mer effektivt samarbeid. Rapporten peker på at eksisterende initiativer som Nordic Quantum Network, NordlQuEst og flere nasjonale satsinger viser at regionen allerede har et sterkt utgangspunkt for tettere integrasjon.

Rapporten anbefaler flere tiltak:

- Etablere et langsiktig, nordisk finansieringsprogram etter modell av tidligere toppforskningsinitiativ,
- Bygge et felles rammeverk for grensekryssende samarbeid, og
- Utvikle et nettverk av laboratorier, testfasiliteter og kvanteinfrastruktur.

Videre foreslås tiltak for å

---

<sup>12</sup> Nordic Innovation 2025. Hentet fra nordicinnovation.org: [Nordic-Baltic Quantum Ecosystem](#)

<sup>13</sup> Kongsberg Digital er i Advisory Board

<sup>14</sup> Hentet fra nordforsk.org: [Nordic Quantum Technology Research Co-operation | NordForsk](#)

- Styrke koblingen mellom akademia og industri,
- Utvikle en nordisk oppstarts- og innovasjonsarena,
- Øke talentmobilitet gjennom felles utdannings- og mobilitetsprogrammer, og
- Satse målrettet på felles pilotprosjekter innen anvendelser som helse, energi og sikker kommunikasjon.

Overordnet viser rapporten at regionen har både vilje og forutsetninger til å ta en globalt ledende rolle, men at dette forutsetter mer helhetlig styring, koordinering og langsiktige investeringer.

### 3.4 Innspillsmøte for norsk kvantestrategi

Forskningsrådet gjennomførte, i samarbeid med Innovasjon Norge og NSM, et åpent innspillsmøte som del av arbeidet med å utvikle kunnskapsgrunnlaget. Møtet hadde som mål å hente inn innspill fra forskningsmiljøer, næringsliv, investorer og offentlige aktører om Norges posisjon, muligheter og behov innen kvanteteknologi. Deltakerlisten besto av representanter for institutter og UH-aktører som er langt fremme på kvantefeltet, bedrifter som ser potensiale i teknologien i tillegg til nærings- og arbeidslivsorganisasjoner. Til stede var også relevante departementer og virkemiddelapparatet.

**Strategiske prioriteringer:** Deltakerne uttrykte bred enighet om at Norge bør konsentrere innsatsen om et begrenset antall områder der landet allerede har sterke fagmiljøer og tydelig industrirelevans. Flere fremhevet kvantesensorikk som et område med både forskningsmessig og kommersiell modenhet. Deltakerne pekte også på kvantematerialer, kvantekjemi, kvantealgoritmer og programvare, samt kvantekommunikasjon og kryptografi som felt der Norge kan hevde seg. Samtidig understreket flere at Norge ligger bak ledende nordiske land, noe som gjør tydelige prioriteringer nødvendige.

**Behovet for koordinering og styrking av fagmiljøer:** Innspillene pekte på at vi nasjonalt har kompetente, men fragmenterte miljøer. Universiteter, institutter og teknologibedrifter arbeider i dag parallelle løp, og det etterlyses en sterkere nasjonal koordinering for å samle innsatsen og styrke samhandling mellom akademia, næringsliv og myndigheter. Norsk kvanteklynge ble omtalt som et positivt initiativ, men flere tok til orde for å etablere en mer permanent struktur som kan fylle en nasjonal koordinerende rolle.

**Kompetanse og arbeidskraft:** Deltakerne identifiserte tilgang på kompetanse som en av de mest kritiske faktorene for en nasjonal satsing. De pekte på behovet for å styrke utdanningskapasiteten på alle nivåer, inkludert etter- og videreutdanning, og for å utvikle ordninger som legger til rette for mobilitet og kompetanseutveksling mellom forskning og næringsliv. Flere aktører fremhevet betydningen av å bygge nasjonal kompetanse for å redusere avhengigheten av internasjonal arbeidskraft og sikre fremtidig teknologisk suverenitet.

**Verdiskaping og industrielle muligheter:** Næringslivet ser kvanteteknologi som en muliggjørende teknologi med stort potensial innen blant annet materialutvikling, energi, finans og forsvar. Flere aktører beskrev konkrete industrielle anvendelser, men understreket samtidig behovet for bedre tilgang til testfasiliteter, maskinvare og finansieringsordninger som kan støtte risikofylte prosjekter i



tidlig fase. Deltakerne var samstemte om at verdiskaping forutsetter tett samspill mellom forskning og industri, slik at aktørene sammen kan identifisere og videreutvikle relevante brukstilfeller.

**Nordisk og internasjonalt samarbeid:** Innspillene viste bred støtte til at Norge bør styrke deltakelsen i nordiske og europeiske initiativer for å få tilgang til infrastruktur, kompetanse og markeder. Dette inkluderer blant annet samarbeid om den danske kvantedatamaskinen, nordiske finansieringsordninger og EUs kvanteprogrammer. Flere aktører påpekte at norske fagmiljøer allerede deltar i internasjonale forsknings- og innovasjonsprosjekter, men mente at tydeligere nasjonale prioriteringer og bedre rammevilkår kan styrke denne innsatsen. Samtidig uttrykte flere bekymring for at eksportkontroll og adgangsbegrensninger kan påvirke norske aktørers tilgang til maskinvare, noe som gjør det viktig å avklare Norges handlingsrom i samarbeid med relevante internasjonale partnere.

**Sikkerhet og standardisering:** Flere aktører beskrev kvanteteknologi som strategisk viktig, særlig med tanke på fremtidig kryptering og beskyttelse av samfunnskritiske systemer. De fremhevet standardisering som et område der Norge bør engasjere seg aktivt for å påvirke tekniske rammer og sikre fremtidig markedsadgang. Deltakerne påpekte at internasjonale standarder og terminologi fastsettes nå, og at manglende norsk deltakelse kan svekke både nasjonale interesser og fremtidige industrielle muligheter. Flere anbefalte derfor å etablere insentiver som gjør det enklere for norske eksperter å delta i internasjonale standardiseringsfora.

**Infrastruktur og finansieringsbehov:** Deltakerne trakk frem mangelen på nasjonal kvanteinfrastruktur som en betydelig utfordring. Norge har verken egen kvantedatamaskin eller tilstrekkelige testarenaer for teknologiutvikling og anvendelse. Flere foreslo å etablere et nasjonalt kvantedatasenter og å styrke finansieringsmekanismer som støtter risikofylt innovasjon og bedre medfinansiering av internasjonale prosjekter. Deltakerne omtalte den foreslåtte satsingen *Kvantespranget* som et mulig virkemiddel for å styrke nasjonal kapasitet, forutsatt at satsingen realiseres.

**Oppsummerende vurdering:** Innspillene peker på at Norge har flere faglige og industrielle styrker som kan danne grunnlag for en målrettet satsing på kvanteteknologi, men at dagens innsats er fragmentert og mangler helhetlig koordinering. Strategiske prioriteringer, kompetanseutvikling, bedre infrastruktur og aktiv internasjonal deltakelse fremstår som sentrale forutsetninger for at Norge skal kunne ta gode posisjoner. Flere aktører understreket også teknologiens betydning for nasjonal sikkerhet og behovet for å bygge nasjonal kompetanse og kapasitet for å møte fremtidige utfordringer.

## 4 Fremganger og globale trender på kvantefeltet

En dypere analyse av den globale status og utviklingen innen kvanteteknologi ligger utenfor rammen for denne rapporten. Vi har likevel valgt å fremheve enkelte særskilte innsikter og trender som utmerker seg i det internasjonale landskapet.

Selskaper innen kvantedatabehandling har økt betydelig og har blant annet tiltrukket seg 1,6 milliarder dollar i investeringer i 2024<sup>15</sup>. Det finnes nå over 40 kommersielt tilgjengelige kvanteprosessorenheter (QPUer), med USA som ledende både i antall og teknologisk mangfold, selv om teknologien fortsatt er et stykke unna å kunne brukes til storskala kommersielle applikasjoner.

Utviklingen av kvantenettverk går raskt, og det er nå identifisert 28 testnettverk i USA og Europa som spiller en sentral rolle for fremtidens kvanteinternett.

Kvantesensorikk er et av de mest dynamiske feltene innen kvanteteknologi, og utviklingen drives av både offentlig og privat satsing verden over med en forventet årlig vekst på 25%<sup>16</sup>. Teknologien er på vei ut av laboratoriene og inn i praktisk bruk, med applikasjoner innen blant annet forsvar, miljøovervåking, navigasjon, helse og industri. Særlig trekkes frem kvanteklokker, magnetometre og sensorer for medisinsk bildediagnostikk som områder med stor kommersiell og samfunnsmessig betydning.

## 4.1 Veien videre for kvantedatamaskiner og kvantefeilkorrigerings

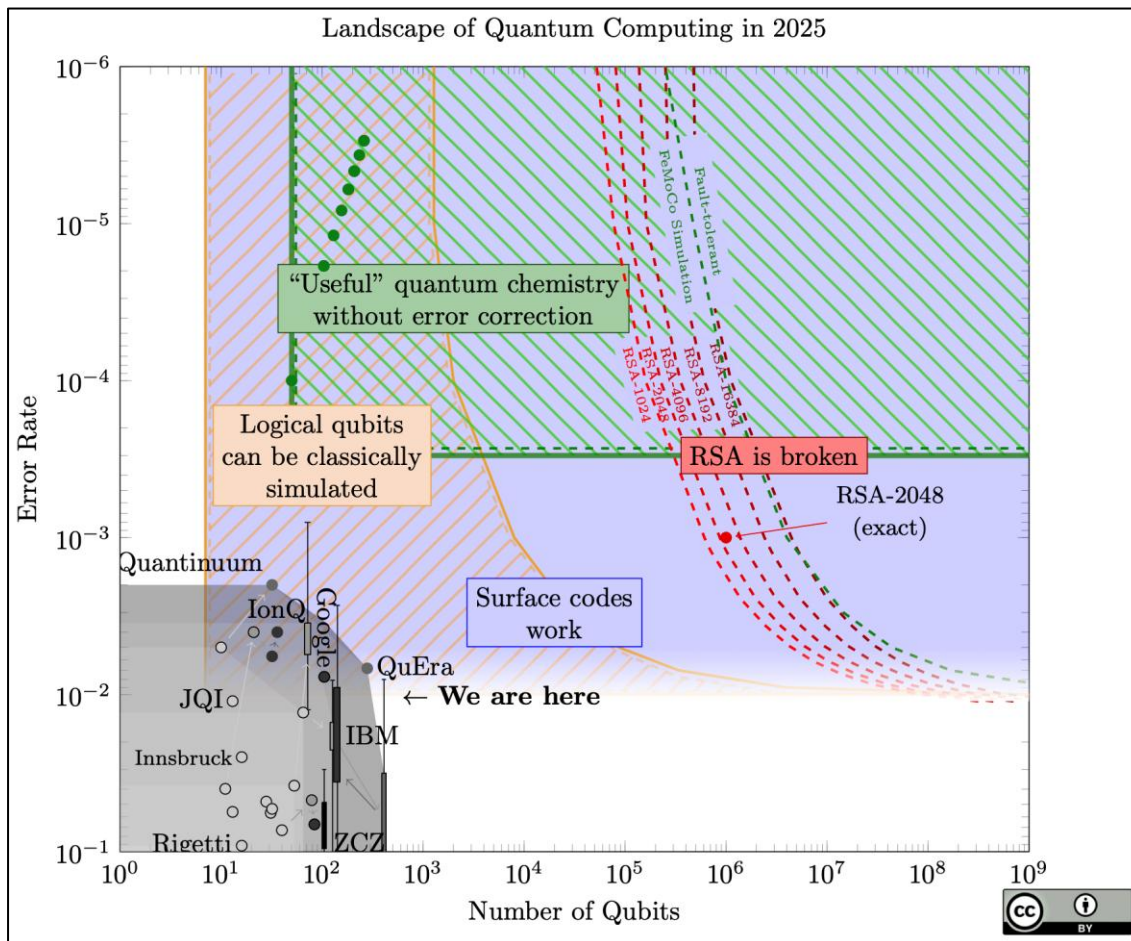
Såkalte NISQ-datamaskiner (*Noisy Intermediate-Scale Quantum*) er allerede tilgjengelige og kan demonstrere beregninger som i praksis ikke lar seg utføre på klassiske høytytelsesdatamaskiner (HPC). Oppgavene som løses i dag er imidlertid i hovedsak av demonstrativ karakter og lar seg ikke skalere til praktisk relevante problemstørrelser. På grunn av feltets tekniske kompleksitet kan eksperimentelle resultater være krevende å tolke, og det forekommer at også etablerte aktører, som HSBC, Microsoft og IBM, blir møtt med kritikk<sup>17</sup> fra ledende fysikere og kvanteinformatikere for å overselge betydningen av enkelte resultater. Mens det er betydelig usikkerhet knyttet til når kvantedatamaskiner vil kunne utføre beregninger med reell praktisk nytte, har samtidig de siste årenes gjennombrudd innen kvantehardware utløst store investeringer og styrket forventningene om å nå neste teknologiske fase, utviklingen av *feiltolerante kvantedatamaskiner* som kan løse nyttige problemer.

---

<sup>15</sup> [MIT-QIR-2025](#)

<sup>16</sup> [Hyperion Research - The Global Quantum Sensor Market](#)

<sup>17</sup> <https://www.sciencenews.org/article/microsoft-topological-quantum-majorana>  
<https://www.globaltrading.net/experts-pour-cold-water-on-hsbc-quantum-computing-breakthrough/>



Figur 5. Hentet fra Samuel Jaques, University of Waterloo<sup>18</sup>

Utviklingen av praktisk nyttige kvantedatamaskiner forutsetter både mer stabile fysiske representasjoner av qubits og mer effektive kvantefeilkorrigerende koder. Kvantedata er i utgangspunktet ustabil, og dagens qubits kan bare opprettholde en definert kvantetilstand i svært korte tidsrom før de påvirkes av støy eller kolliderer til uforutsigbare tilstander. Hver operasjon i en kvanteberegning, realisert som en sekvens av kvanteporter, tilfører ytterligere støy og øker sannsynligheten for feil. Dette setter en streng begrensning på hvor mange operasjoner som kan utføres i sammenheng, og dermed hvilke beregningsoppgaver som lar seg gjennomføre i praksis.

Løsningen ligger i en kombinasjon av høyere kvalitet på fysiske qubits og mer avanserte kvantefeilkorrigerende koder. Når kvaliteten på de fysiske qubitene er tilstrekkelig høy, kan flere ustabile qubits organiseres i et feilkorrigeringsregime som samlet representerer én logisk qubit. Redundansen i flere fysiske qubits gjør det mulig å bevare informasjonen i den logiske qubiten selv i nærvær av støy. Dersom feilratene i de fysiske qubitene er for høye, vil imidlertid feilkorrigerende koder ikke fungere effektivt. For å utnytte kvantefeilkorrigerende i feiltolerante kvantedatamaskiner må feilratene derfor reduseres under et kritisk terskelnivå.

<sup>18</sup> [https://sam-jaques.appspot.com/quantum\\_landscape](https://sam-jaques.appspot.com/quantum_landscape)

I stedet for å realisere skalering gjennom én stor, monolitisk kvantedatamaskin, er et alternativ å forsøke å la flere mindre kvantesystemer samarbeide i en koordinert arkitektur. Distribuert kvanteberegning er en arkitektur der flere kvanteprosessorer kobles sammen i et nettverk og samarbeider om å utføre beregninger, en skaleringsretning som har vist lovende resultater<sup>19</sup>. I stedet for én stor kvantedatamaskin, benyttes flere mindre systemer som kommuniserer via kvantekommunikasjonslenker basert på sammenfiltrering og kvanteteleportasjon. Ved å fordele beregningene kan man omgå begrensninger i fysisk koblingsgrad og maskinvarekompleksitet, og på sikt muligjøre feiltolerante kvanteberegninger i større skala. Samtidig introduserer distribuerte systemer nye utfordringer. Systemene er avhengige av pålitelig kvantekommunikasjon, presis synkronisering mellom noder og effektiv forvaltning av sammenfiltrering. Tap, støy og forsinkelser i kvantenettverket kan raskt bli ytelsesbegrensende. I tillegg kompliseres feilkorreksjon når logiske qubits og kvanteoperasjoner er fordelt over flere fysiske maskiner. For algoritmeutvikling innebærer dette at algoritmer eksplisitt må ta hensyn til at qubits er distribuert, og minimere behovet for kommunikasjon mellom noder, ettersom etablering og vedlikehold av sammenfiltrering er kostbart og feilutsatt. Tradisjonelle kvantealgoritmer må derfor redesignes eller dekomponeres i moduler som kan kjøres lokalt med begrenset, strukturert samhandling. Dette stiller nye krav til algoritmisk optimalisering, kompilering og ressursanalyse, og gjør samspillet mellom maskinvare, nettverksprotokoller og algoritmedesign til et sentralt strategisk tema for videre utvikling av kvanteberegninger.

Algoritmiske og kvantekodeteoretiske gjennombrudd de siste fem årene har resultert i nye ressursestimater<sup>20</sup> for kvantefaktorisering av RSA-2048, der de mest effektive kjente tilnærmingene i dag anslår et behov på om lag én million fysiske qubits. Dette tilsvarer rundt 9 500 ganger flere fysiske qubits enn det de mest avanserte kvantedatamaskinene kan realisere i dag, men representerer samtidig et betydelig fremskritt sammenlignet med estimatene for bare noen få år siden. Forskingen er nå i økende grad rettet mot overgangen fra NISQ-systemer til fullt feiltolerante kvantedatamaskiner. Som påpekt av ledende fagekspert<sup>21</sup> er dette sannsynligvis en utviklingsvei som vil være teknisk krevende, kostbar og langvarig, og som forutsetter tett samspill mellom programvare, algoritmer og kvantehardware.

I kvantedatamaskiner er algoritmeutvikling sterkt knyttet til den fysiske arkitekturen. Algoritmer må tilpasses spesifikke qubit-typer (superledende, ionefeller, fotoniske) og deres feilmodeller. I motsetning til klassiske prosessorer, hvor operativsystemer og applikasjoner kan abstraheres fra chipdesign, krever kvanteprogramvare en forståelse av maskinvare for å optimalisere gate-sekvenser, redusere decoherence og håndtere støy. Dette gjør at utviklere ofte jobber tett med fysikere og ingeniører for å implementere algoritmer som faktisk kan kjøres på dagens begrensede og feilutsatte kvanteprosessorer.

Kvanteprogramvare er ikke bare algoritmer – det inkluderer også hele arkitekturen fra kompilatorer til integrasjon mot HPC data sentre. Programvare-rammeverk som Qiskit (IBM), Cirq (Google) og PennyLane gir utviklere høynivå-API-er for å beskrive kvantealgoritmer i form av abstrakte

---

<sup>19</sup> <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08404-x>  
<https://arxiv.org/abs/2505.15917>

<sup>21</sup> <https://arxiv.org/pdf/2510.19928>

kvanteporter og kretsstrukturer. Disse representasjonene er imidlertid ikke direkte kompatible med fysisk kvantehardware, fordi ulike kvanteprosessorer har forskjellige gate-sett, koblingskart og begrensninger. Programvaren må derfor gjennom en kompilerings- og mapping-prosess for å oversettes til maskinvare-spesifikk kode. I praksis betyr dette at softwareutvikling ikke kan være generisk; den må ta hensyn til fysiske arkitekturs begrensninger og muligheter for å levere reelle gevinster.

## 4.2 Kobling mellom kvanteberegning, AI og HPC

AI og kvanteberegning har et gjensidig forsterkende forhold som kan akselerere teknologisk utvikling. Quantum Machine Learning (QML) er et eksempel på et fremvoksende felt som kombinerer kvanteberegning med maskinlæring. Her brukes kvantealgoritmer til å håndtere store og komplekse datasett med høy dimensjonalitet, noe som kan gi betydelig hastighetsforbedring i treningsprosesser for AI-modeller. På den andre siden kan AI bidra til kvanteutviklingen for eksempel ved å automatisere feilkorrigerende, optimalisere kvantehardware eller gjennom utvikling av hybride algoritmer.

Høyttelsesberegninger (HPC) er en grunnleggende forutsetning for utviklingen av kvanteteknologi. Før kvantedatamaskiner kan bygges og skaleres, må kvantefysiske prosesser modelleres og testes gjennom omfattende simuleringer – noe som krever den enorme regnekraften HPC tilbyr. Superdatamaskiner brukes til å simulere qubit-interaksjoner, støy og feilkorrigerende, og gir dermed innsikt i hvordan kvanteprosessorer kan designes mer effektivt. Dette punktet er mindre relevant i norsk sammenheng uten en målsetning om å utvikle egne kvantedatamaskiner.

HPC er også viktig for utvikling og validering av kvantealgoritmer for å analysere ytelse og identifisere områder med reell kvantefordel. I overgangsfasen mot praktisk kvantebruk spiller HPC også en sentral rolle i hybride løsninger, der klassiske superdatamaskiner håndterer tunge beregninger mens kvanteprosessorer tar spesialiserte oppgaver. HPC fungerer både som kontroll- og integrasjonsplattform og spiller en helt sentral rolle i utvikling av kvanteberegninger, både innen hardware, software og applikasjoner.

Disse synergiene gjør AI, QC og HPC til en strategisk kombinasjon for fremtidens beregningslandskap.

Norge, representert ved Sigma2 er medeier av VLQ, den andre kvantedatamaskinen under det europeiske EuroHPC JU-initiativet og del av LUMI-Q konsortiet. Kvantedatamaskinen skal integreres med eksisterende nasjonale HPC-ressurser i et dedikert prosjekt støttet av NFR (Q-NRI) som vil gi norske forskere og bedrifter tilgang til kombinasjonen av tradisjonell superdatakraft og kvantebaserte beregninger.

## 4.3 Kobling mellom kvanteprogramvare og applikasjon

Kvanteprogramvare forventes å ha stor innvirkning på en rekke sektorer ved å forbedre algoritmer og muliggjøre løsninger på komplekse problemstillinger som tidligere var uoverkommelige.

Kvantedatamaskiner utvikles med ulike teknologier og hver teknologi har sine styrker som gjør den bedre egnet til bestemte oppgaver. Superledende maskiner (IBM, Google) har korte operasjonstider og et godt utviklet programvareøkosystem, men qubit-koblingen er vanligvis begrenset til nærliggende qubits. Ionebaserte maskiner (IonQ, Quantinuum) har nesten full kobling mellom qubits, noe som forenkler mange algoritmer, men operasjonene er betydelig langsommere enn i superledende systemer. Maskiner med nøytrale atomer (Rydberg) gir fleksibel qubit-geometri og har lovende egenskaper for simulering og optimaliseringsproblemer der mange ting påvirker hverandre samtidig, men teknologien er mer umoden. Fotoniske maskiner bruker lys som qubit og er sterke på sampling (tilfeldighetsprøver) og kommunikasjon, men universell kvanteberegning er fortsatt krevende. Kvanteannealere (D Wave) er spesialverktøy for kombinatoriske optimaliseringsproblemer. De er ikke universelle, men raske når problemet passer arkitekturen.

Ulike kvanteprogrammer stiller ulike krav: hvor lenge programmet må kjøre, hvilke qubiter som må snakke med hvilke, hvilke operasjoner som trengs, og hvor mye støy maskinen tåler. Kortere og mer robuste algoritmer, som VQE og QAOA, er best egnet for dagens NISQ-maskiner, særlig når de tilpasses maskinens naturlige koblingsmønster og gate-sett. Store og komplekse algoritmer, som Shors faktorisering, krever omfattende feilkorleksjon og et stort antall stabile qubiter – noe som fortsatt ligger flere år frem i tid. Feilkorleksjon innebærer å bruke mange fysiske qubiter for å lage én logisk qubit, noe som dramatisk øker ressursbehovet. Utvikling av effektive feilkorleksjonsmetoder er en av de mest sentrale utfordringene i kvanteforskningen i dag og mottar enorm forskningsinnsats globalt. Sampling-oppgaver, som boson-sampling, passer naturlig på fotoniske maskiner, mens kvanteannealere er spesialiserte for optimaliseringsproblemer som kan uttrykkes som energiminimering. I tillegg betyr maskinens koblingsmønster mellom qubiter mye: hvis de qubitene som må snakke sammen ikke er koblet, må programmet legge inn ekstra trinn, som gjør kjøringen tregere og mer sårbar for støy.

God bruk av kvantedatamaskiner handler om samspill mellom maskinen og programmet. Program og algoritmedesign dreier seg om effektiv utnyttelse og feilhåndtering av maskinen for å gi mer pålitelige resultater. Uten denne dobbelte forståelsen kan elegante ideer være upraktiske på en gitt maskin, eller gi unødvendig lange og støyfulle kjøring. Nøkkelen til å oppnå kvantefordel i praksis er dermed å forstå både fysikken og programvareverktøyene.

## 4.4 Noen utvalgte internasjonale initiativ

### Google med fremskritt mot feiltoleranse

Google rapporterte nylig<sup>22</sup> viktige eksperimentelle resultater som tar et stort steg mot feiltolerante kvantedatamaskiner gjennom å demonstrere overflatekode-basert kvantefeilkorrigerende som opererer under den teoretiske feilterskelen. Resultatene ble oppnådd i relativt begrensede systemer og begrenset til minne, uten demonstrasjon av komplette feiltolerante algoritmer. Studien gir derfor ikke i seg selv bevis for praktisk nyttige kvantedatamaskiner, men representerer et empirisk datapunkt som støtter at overflatekoder kan skaleres på en kontrollert måte gitt tilstrekkelig forbedringer i maskinvare i praksis.

**Samarbeid mellom IBM og AMD:** IBM og AMD har inngått et strategisk samarbeid for å utvikle hybride kvanteklassiske systemer som kombinerer IBMs kvantedatamaskiner med AMDs høyteknologiske prosessorer. Kvantedatamaskinene brukes til oppgaver som krever nøyaktige simuleringer av kvantemekanikk, mens AMDs prosessorer tar seg av databehandling og maskinlæring.

Samarbeidet retter seg mot anvendelser innenfor blant annet legemiddelutvikling, materialforskning, logistikkoptimalisering og avanserte simuleringer. Plattformen bruker åpne standarder og utviklingsverktøy som Qiskit, som gjør det enklere for utviklere å lage programmer og teste dem på tvers av ulike systemer.

**Google hevder kvanteoverlegenhet:** Gjennom sin metode *Quantum Echoes*, demonstrerte Google i 2025 det som foreløpig regnes som det første tilfellet av verifiserbar kvanteoverlegenhet<sup>23</sup>. Det innebærer at kvantedatamaskinen løste en oppgave av reell praktisk verdi raskere enn noen superdatamaskin kunne klart med verifiserbart resultat. Nyvinningen skiller seg fra Googles tidligere "supremacy"-eksperiment i 2019 som ble kritisert for manglende praktisk nytte og verifiserbarhet. Metoden ble publisert i Nature i oktober 2025 og kjører på Googles nye kvanteprosessor, Willow, som benytter forbedrede supraleidende qubits med lavere feilrate og høyere koherenstid enn tidligere generasjoner. Willow markerer et teknologisk fremskritt gjennom bedre fysisk layout, krysskobling og mindre støy i målekretsene som muliggjør kjøring av mer komplekse algoritmer med høyere pålitelighet. I et foreløpig upublisert eksperiment viser Google hvordan metoden kan brukes til å forutsi molekylær struktur, et beregningsproblem som skalerer eksponentielt med klassiske metoder og som er enormt tidkrevende med eksperimentelle metoder (Nuclear Magnetic Resonance, NMR).

**Danmark anskaffer kvantedatamaskinen «Magne»:** Gjennom prosjektet «Magne» kjøper Danmark en av verdens mest avanserte kvantedatamaskiner. Maskinen utvikles av Atom Computing i samarbeid med Microsoft og skal installeres i København i løpet av 2026-2027. Magne blir en av de første kvantedatamaskinene på modenhetsnivået *Level 2*.

Prosjektet vil tilgjengeliggjøre beregningskraft fra «Magne» til både forskningsmiljøer og industri i hele Europa, med mulige anvendelser innenfor eksempelvis materialvitenskap, legemiddelutvikling,

---

<sup>22</sup> <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08449-y>

<sup>23</sup> Hentet fra [blog.google](https://blog.google): [The Quantum Echoes algorithm breakthrough](#)

klimamodellering og komplekse optimaliseringsproblemer. Det er forventet at maskinvaren vil være teknologisk ledende i kun få år, men allikevel gi miljøene rundt gevinster gjennomverdifull læring, erfaring og andre.

**DARPA Quantum Benchmarking Initiative:** Gjennom DARPA Quantum Benchmarking Initiative (QBI) inviteres internasjonale aktører til å presentere realistiske planer for utvikling av feil-tolerante kvantedatamaskiner innen 2033. Programmet skal gå utover teori og små eksperimenter, og foreta en uavhengig, strukturert vurdering av hvilke teknologiske tilnærminger som faktisk kan skaleres til praktisk anvendelse. Deltakerne finansieres gjennom tidsavgrensede, milepælsbaserte kontrakter, uten at DARPA tar eierskap eller kommersielle interesser.

Overordnet kan man si at det ble gjort store fremskritt på kvanteteknologi i 2025 og at feltet på mange områder har beveget seg fra forskningsstadiet til reell anvendelse. Kvantedatamaskiner ble mer stabile og nyttige, samtidig som kvantekommunikasjon tok et sprang fremover, med verdens lengste kvantekrypterte forbindelse via satellitt, integrasjon i 5G-nett og demonstrasjoner over eksisterende fibernett. Kvantesensorer ble testet og validert i felten, fra navigasjon i ubåter til gravitasjonsmålinger til havs, og store aktører som Bosch, Q-CTRL og NASA viste prototyper klare for industrielle formål.

## 5 Sikkerhetsutfordringer og sikkerhetstiltak

Kvanteteknologi omfatter metoder som utnytter kvantefysiske prinsipper for å generere, kontrollere og måle kvantetilstander. Kvantedatamaskiner kan for utvalgte problemklasser utføre beregninger som ligger utenfor rekkevidden til klassiske datamaskiner. Dette åpner for nye anvendelser innen blant annet dataanalyse, optimalisering og materialsimulering, men innebærer også nye sikkerhetsutfordringer. Dersom kvantedatamaskiner oppnår tilstrekkelig skala og feiltoleranse, kan de på sikt undergrave sikkerheten i sentrale kryptografiske metoder. For nasjonal sikkerhet innebærer dette en risiko for at beskyttet kommunikasjon kan bli sårbar for overvåkning dersom en aktør oppnår et slikt teknologisk forsprang. Samtidig gir teknologien betydelige muligheter for Norge og allierte, blant annet gjennom avansert simulering av komplekse scenarier, utvikling av nye materialer og analyse av store datamengder til støtte for etterretning, planlegging og beredskap.

I et sikkerhets- og modenhetsperspektiv er det hensiktsmessig å skille mellom kvanteteknologier med kortere tidshorison, særlig kvantesensing, måleteknologi og sikre løsninger for posisjonering, navigasjon og tid (PNT), og mer langsiktige effekter knyttet til kvanteberegning og kvantekommunikasjon. Utviklingen innen alle disse områdene følger et trinnvis løp, fra eksperimentell forskning via mellomstadier med begrenset skala og presisjon, til mer modne og operative løsninger. For reell operativ nytte er det i alle tilfeller avgjørende med videreutvikling av programvare, algoritmer og effektiv integrasjon med eksisterende IKT- og høytytelsesberegningsinfrastruktur (HPC).

Allerede i dag har teoretiske fremskritt innen kvantealgoritmer betydelig praktisk innvirkning på cybersikkerhet, blant annet gjennom endrede trusselvurderinger for kryptografi, mens kvantesensorer allerede har konkrete anvendelser innen sikker navigasjon, presisjonsmåling og situasjonsforståelse.



Kvanteteknologi og kvanteinformasjonsprosessering utgjør brytningsteknologier med potensial til å påvirke en rekke områder innen informasjonssikkerhet og nasjonal sikkerhet, herunder kryptoanalyse og avansert dataanalyse. Samtidig har de ledende eksperimentelle arkitekturene for kvantedatamaskiner ikke vist gjennombrudd av kryptoanalytisk relevans de siste ti årene. Selv om teoretiske kvantealgoritmer siden 1990-tallet har vært formulert for arbitrært store problemstørrelser, er dagens fysiske kvanteberegningssystemer fortsatt begrenset til svært små og spesialiserte beregninger. Forskningen på praktiske og skalerbare kvantearkitekturer er fortsatt i en tidlig fase og fokuserer på å identifisere qubit-representasjoner og systemdesign som kan håndtere store beregninger pålitelig over tid.

Kvantesystemer er i utgangspunktet ustabile og svært følsomme for ytre påvirkning. Et sentralt forskningsområde er derfor kvantefeilkorrigerende, som tar sikte på å redusere antallet fysiske qubits som kreves for å realisere et sett med logiske, beregnende qubits. Mer effektive feilkorrigerende koder kan gjøre det mulig å bygge funksjonelle kvantesystemer med langt færre fysiske ressurser. Parallelt fokuserer algoritmforskning på å løse større problemstillinger raskere og med lavere ressursbruk. Forbedrede kvantealgoritmer som krever færre qubits vil direkte påvirke de teknologiske kravene til fremtidige kvantesystemer. I tillegg kan fremskritt innen maskinlæring og kunstig intelligens, særlig i grensesnittet mellom arkitekturdesign og kvanteinformasjonsprosessering, bidra til å akselerere utviklingen ytterligere. Nettverksbaserte tilnærminger, der flere mindre kvantedatamaskiner kobles sammen i kvanteberegningsnettverk, undersøkes også som et mulig mellomtrinn på veien mot storskala kvanteberegninger.

Per i dag foreligger det imidlertid ingen vesentlige gjennombrudd som demonstrerer praktisk bruk av kvantedatamaskiner til å løse store beregningsproblemer eller kryptoanalytiske oppgaver av operativ relevans. Forskning på kvantekryptoanalyse, det vil si kryptoanalyse som helt eller delvis utnytter kvantedatamaskiner, er derfor i hovedsak rettet mot å forstå og forutse de langsiktige konsekvensene av kvanteteknologi for dagens og fremtidens informasjonssikkerhetsløsninger.

## 5.1 Kvanteberegninger og sikkerhet

Tidlige brukere, herunder finansinstitusjoner og forsvarsorganisasjoner, har allerede investert betydelige ressurser i å forstå både kortsiktige og langsiktige anvendelser av kvanteberegning. Til tross for stor interesse er det avgjørende å opprettholde et realistisk perspektiv på teknologiens praktiske muligheter og begrensninger. Kvantedatamaskiner utgjør ikke en universell erstatning for klassiske datamaskiner, men har potensial til å gi betydelige ytelsesfortrinn innen avgrensede problemklasser, som simulering av kvantemekaniske systemer, utvalgte optimaliseringsproblemer og faktorisering av store tall. Pågående forskning innen kvantealgoritmer er fortsatt i en fase der hovedmålet er å demonstrere praktisk kvantefordel, det vil si målbar ytelsesgevinst med dagens eller nær-fremtidige kvantedatamaskiner sammenlignet med klassiske løsninger.

Eksempler på kvantealgoritmer med mulig relevans for cybersikkerhet og dataanalyse inkluderer kvantevandring og Harrow–Hassidim–Lloyd-algoritmen (HHL) for løsning av lineære ligningssystemer, som kan få anvendelser innen blant annet maskinlæring, mønstergjenkjenning og nettverksanalyse.

De første kvantealgoritmene med direkte betydning for cybersikkerhet ble utviklet på 1990-tallet. Simons algoritme, publisert i 1994, demonstrerte den første teoretiske eksponentielle kvantefordelen over klassiske algoritmer for et spesialisert problem og la grunnlaget for videre utvikling innen kvantekompleksitetsteori. Dette arbeidet ledet blant annet til Shors algoritme for faktorisering og Grovers algoritme for kvantesøk. Siden denne perioden har det vært kjent at tilstrekkelig kraftige kvantedatamaskiner vil utgjøre en alvorlig trussel mot offentlig-nøkkel-kryptografi, og særlig mot kryptoprotokoller for nøkkelutveksling som benyttes på internett. En sentral bekymring er at aktører allerede i dag kan samle inn og lagre kryptert sensitiv kommunikasjon med sikte på dekryptering på et senere tidspunkt, dersom eller når kvantedatamaskiner blir i stand til å implementere Shors algoritme for realistiske problemstørrelser.

Samtidig er dagens kvantedatamaskiner langt unna å kunne utføre kryptoanalytisk relevante beregninger. Den eksperimentelle demonstrasjonen av kvantefaktorisering er fortsatt begrenset, og faktorisering av tallet  $15 = 3 \times 5$ , først vist i 2001, regnes fortsatt som den mest kjente demonstrasjonen. Det er fortsatt betydelig usikkerhet knyttet til tidslinjen for når Shors algoritme kan realiseres for praktisk relevante tallstørrelser. At det er vesentlig vanskeligere å kvantefaktorisere noe større tall enn 15, for eksempel 21, er ikke intuitivt<sup>24</sup> for utenforstående, men reflekterer den sterkt ikke-lineære sammenhengen mellom problemstørrelse, feilrate, sammenfiltrering og kretsdybde i fysiske kvantesystemer. Samtidig innebærer ikke den manglende eksperimentelle fremgangen siden 2001 at fremtidige gjennombrudd er utelukket. Det er bred enighet blant sikkerhetsmyndigheter internasjonalt om at utviklingen har kommet til et punkt der det allerede nå er nødvendig å migrere til kvanteresistent, eller post-kvante, kryptografi for å beskytte informasjon med lang levetid.

I tillegg til Shors og Grovers algoritmer finnes det flere kvantealgoritmer og algoritmiske rammeverk med potensiell betydning for forsvar, nasjonal sikkerhet og etterretning. Kvantesøk basert på Grovers algoritme kan for eksempel gi en kvadratisk hastighetsforbedring for uttømmende søk i store søkerom, noe som kan påvirke sikkerhetsmarginene for symmetrisk kryptografi, passordbaserte systemer og autentiseringsmekanismer.

Kvantealgoritmer for løsning av lineære ligningssystemer, særlig Harrow–Hassidim–Lloyd (HHL)-algoritmen og senere varianter, har potensiell relevans for signalbehandling, sensorfusjon og dataanalyse i etterretnings- og overvåkningssystemer. Slike algoritmer kan i prinsippet gi eksponentielle hastighetsforbedringer for spesifikke problemstrukturer, for eksempel i modellering av komplekse nettverk, sporingsproblemer og prediktiv analyse, forutsatt tilgang til egnet kvantehardware og datarepresentasjon.

Videre kan kvantealgoritmer basert på kvantevandringer (quantum walks) anvendes til raskere søk og analyse i grafer og nettverk. Dette er relevant for blant annet analyse av kommunikasjonsnettverk, avdekking av skjulte strukturer i store datamengder og identifisering av avvikende mønstre i cybersikkerhets- og etterretningssammenheng. Kvantevandringer utgjør også et viktig verktøy i utviklingen av nye kryptoanalytiske teknikker mot strukturerte kryptosystemer.

---

<sup>24</sup> <https://algassert.com/post/2500>

Innen optimalisering forskes det på kvantealgoritmer<sup>25</sup> som har potensielle anvendelser innen militær logistikk, ressursallokering, planlegging og operasjonsanalyse. Selv om det foreløpig ikke er vist entydig kvantefordel i praktiske militære scenarier, pågår det omfattende forskning på hvorvidt slike metoder kan gi fordeler for komplekse, kombinatoriske problemer med høy operativ relevans. Kvantecalgoritmer for maskinlæring og mønstergjenkjenning, herunder kvantevarianter av klassiske læringsalgoritmer og hybride kvante–klassiske metoder, undersøkes også med tanke på anvendelser innen etterretning, bilde- og signalanalyse, målidentifikasjon og autonomi. Selv om mange av disse algoritmene fortsatt er på et teoretisk stadium, kan fremtidige gjennombrudd få betydelige implikasjoner for informasjonsdominans og beslutningsstøtte. Samlet sett viser bredden av kvantealgoritmer at kvantedatabehandling ikke bare representerer en trussel mot eksisterende kryptografiske systemer, men også et mulig verktøy for avansert analyse, optimalisering og beslutningsstøtte i sikkerhets- og forsvarssektoren. Dette understreker behovet for både risikoreduserende tiltak, som overgang til post-kvantekryptografi, og langsiktig kompetansebygging for å kunne forstå og utnytte teknologien på en kontrollert og sikker måte.

Videre forskning på kvantealgoritmer og nye arkitekturer for kvanteberegning, herunder distribuerte og nettverksbaserte kvantesystemer, kan avdekke både nye anvendelser og nye sårbarheter som i dag ikke er fullt ut forstått. For å vurdere reell praktisk gjennomførbarhet og potensiell kvantefordel er det avgjørende å forstå samspillet mellom kvanteminne, kretsdybde, feiltoleranse og beregningskompleksitet. Det er et grunnleggende skille mellom en teoretisk kvantealgoritme og en fysisk implementerbar kvantekrets, og brobygging mellom disse nivåene krever tett samarbeid mellom eksperter på algoritmer, maskinvare og kvantearkitektur.

## 5.2 Kvantesesensing

Blant områdene innen kvanteteknologi er kvantesensing det mest modne og praktisk anvendbare. Mens kvantedatamaskiner og kvantekommunikasjon fortsatt krever store forskningsgjennombrudd før de kan tas i bred bruk, har kvantesensorer vært i praktisk bruk i flere tiår. Allerede i 1964 fløy NASA sitt første kvanteinstrument på romferden Mariner IV, et optisk pumpet vektormagnetometer som målte magnetfelt på Mars. Atomklokker er et annet eksempel på kvantesensorer som i dag er en uunnværlig del av hverdagen, blant annet i GNSS-systemer.

Kvantesensing utnytter kvantemekaniske fenomener som superposisjon og sammenfiltrering, samt den ekstreme følsomheten til kvantetilstander, for å oppdage fysiske endringer med en presisjon som kan overgå de fundamentale grensene for klassiske sensorer. Eksempler på anvendelser inkluderer gravitasjonsmålinger som kan avslører tunneler, ledninger eller mineralforekomster, akselerometre, gyroer og klokker som kan gi sikrere posisjon, navigasjon og tid (PNT), elektromagnetiske målinger for strålingssikkerhet (TEMPEST), eller utføre medisinske målinger som ultrafølsom magnetometerbasert diagnostikk. Kvantesesensing åpner også for helt nye målemetoder. Distribuert kvantesensing gjør det mulig å koble flere sensorer sammen for å oppnå en samlet presisjon som overstiger det klassiske systemer kan levere, som for eksempel har anvendelser for bedre situasjonsforståelse i rommet. Radarmålinger med sammenfildrede fotonpar er et annet eksempel, som gjør systemene mindre sårbare for jamming. Jamming representerer også en vesentlig sårbarhet

---

<sup>25</sup> eksempelvis <https://www.nature.com/articles/s41586-025-09527-5>

for eksisterende navigasjons-, posisjons- og tidsinfrastruktur. Kvantesesorteknologier, herunder løsninger basert på utnyttelse av jordmagnetisme, er allerede demonstrert som jamme-resistente og robuste supplementer til dagens systemer<sup>26</sup>.

Kvanteteknologi kan være en trussel mot cybersikkerhet på flere måter enn gjennom forsering av kryptografi. *Sidekanalsangrep* har som mål å hente ut sensitiv informasjon fra elektroniske systemer gjennom å måle fysiske signaler som lekker informasjon om strømforbruk, elektromagnetisk aktivitet eller tidsbruk i prosesseringen. Slike metoder kan brukes til å stjele sensitiv programkode, kryptonøkler og annen sensitiv data, eller brukes til å omgå sikkerhetsmekanismer. Ulike typer sensorer brukes til å måle elektromagnetisk aktivitet i slike angrep. Men kvantesensorer kan oppnå en presisjon langt utover det tradisjonelle sensorer kan levere, og nettopp denne ekstreme presisjonen gjør at kvantesensorer kan muliggjøre nye og mer avanserte former for sidekanalangrep. Bruken av kvantesensorer til å måle sensitive eller gradert informasjon illustrerer hvordan kvanteteknologi kan påvirke krav og motiltak innen cybersikkerhet og elektromagnetisk aktivitet utover ren kryptografi.

## 5.3 Kvantenøkkeldistribusjon, kvantekommunikasjon og kvantebasert tilfeldighet

Kvantenøkkeldistribusjon (QKD) er en metode som gjør det mulig for to parter å etablere og dele kryptografiske nøkler med innebygde mekanismer for å oppdage avlytting, og som i prinsippet er sikker også mot fremtidige kvantedatamaskiner. Sikkerheten er teoretisk beviselig og forankret i fundamentale fysiske lover, snarere enn antagelser om beregningsmessig vanskelighet. QKD har vært et aktivt forskningsfelt siden slutten av 1980-tallet, men teknologien har fortsatt praktiske, teknologiske og sikkerhetsmessige begrensninger som må adresseres før den kan tas i bred operativ bruk for sikker kommunikasjon.

Norge oppnådde internasjonal anerkjennelse som verdensledende<sup>27</sup> innen sårbarhetsanalyse av QKD-løsninger gjennom arbeidet ved NTNUs daværende *Quantum Hacking Laboratory* som senere flyttet til Canada og University of Waterloo.

Kvantebasert generering av tilfeldige tall er en beslektet teknologi med viktige anvendelser innen både kryptografi og avansert simulering. Kvantebaserte tilfeldige tallgeneratorer (QRNG) utnytter målinger av kvanteprosesser som ifølge kvanteteorien er fundamentalt stokastiske. I motsetning til klassiske støykilder, som termisk eller elektronisk støy, gir dette en kilde til tilfeldighet med en mer entydig og veldefinert fysisk modell, samt bedre muligheter for formell verifikasjon av kvalitet og entropi. QRNG-er har særlig betydning i Monte Carlo-simuleringer, der høy entropikvalitet og stabil statistisk oppførsel direkte påvirker nøyaktighet og reproduserbarhet i resultatene. Teknologien er også relevant for presisjonsmålinger og for utvalgte navigasjons- og tidsdistribusjonssystemer, hvor tilgang til en godt karakterisert og kontrollerbar tilfeldighetskilde kan bidra til å redusere systematiske feil og usikkerhet. Sammenlignet med andre fysiske støykilder kan QRNG-er tilby både høyere

---

<sup>26</sup> <https://www.sandboxaq.com/solutions/aqnav>

<sup>27</sup> <https://www.bbc.com/news/technology-14505750>

entropikvalitet og høyere genereringshastighet, og fungerer derfor som et viktig supplement i anvendelser der kravene til modellering, stabilitet og sporbarhet er særlig strenge.

Det foregår også interessant forskning på hvordan kvantefysikk og kryptografi kombineres på disruptive måter<sup>28</sup> til å løse nye problemer i kryptografi.

## 6 Styrker og svakheter i det norske økosystemet

Det norske økosystemet for kvanteteknologi er i utvikling, men er begrenset sammenlignet med våre nordiske naboer og andre sammenlignbare europeiske miljøer. Økosystemet omfatter aktører innen forskning, næringsliv, kapital og politikk og systemet må drives av kompetanse, finansiering og kommersialisering for å lykkes med løp som kobler forskning med verdiskaping.

Det blir da kritisk viktig å håndtere kompetansegapet, sørge for tilgang til kapital og å lykkes med kommersialisering av forskning. Andre dimensjoner av økosystemet, som forsknings- og næringsaktiviteter, infrastruktur og nordisk og internasjonalt samarbeid, er omtalt mer inngående i andre deler av rapporten.

### 6.1 Kompetansesituasjonen

Pr. i dag er det ikke en utpreget mangel på arbeidskraft innen kvanteteknologi i næringslivet, men det er relevant å se til gjeldende trender for lignende ressursmangel i næringslivet for øvrig. NHOs Kompetansebarometer 2024 viser at over 34 000 stillinger sto ubesatt i 2024, og mer enn 6 av 10 bedrifter rapporterer udekket kompetansebehov. Behovet er størst innen ingeniør- og tekniske fag, IKT og teknologiintensive yrker<sup>29</sup>. Abelia Omstillingsbarometer 2024 bekrefter at Norge ligger midt på treet internasjonalt og sakter akterut når det gjelder tilgang på relevant kompetanse. Norge har en lavere andel som tar utdanning i teknologi og realfag enn våre naboland og har også mye å gå på i forhold til evnen til å tiltrekke oss internasjonale talenter<sup>30</sup>. Kompetanseutfordringen bekreftes i Atomicos rapport State of European Tech for 2024, hvor det kommer frem at Norge har en vesentlig lavere andel tech-ansatte pr. million innbyggere enn våre nordiske naboer og ikke er blant topp 10 i Europa på dette punktet<sup>31</sup>. Sammenlignet med tall for 2015 har andelen knapt økt i Norge.

Det er bred enighet i Europa om at mangel på kompetent arbeidskraft innen kvanteteknologi er en kritisk utfordring. Utfordringen for Norge bekreftes i regjeringens veikart for det teknologibaserte næringslivet<sup>32</sup> som også viser til pågående og planlagte tiltak. Tiltak for å tiltrekke og utvikle nødvendig kompetanse er en integrert del i samtlige strategier for kvanteteknologi. Utdanning er også

---

<sup>28</sup> <https://eprint.iacr.org/2020/107.pdf>  
<https://eprint.iacr.org/2023/1825>

<sup>29</sup> NHO 2025. Hentet fra [nho.no](https://nho.no): [NHOs kompetansebarometer 2024](#)

<sup>30</sup> Oslo Economics 2025. Hentet fra [abelia.no](https://abelia.no): [Omstillingsbarometeret 2024](#)

<sup>31</sup> Atomico 2025. Hentet fra [stateofeuropeantech.com](https://stateofeuropeantech.com): [The State of European Tech 2025](#)

<sup>32</sup> NFD, DFD 2025. Hentet fra regjeringen.no: [Veikart for det teknologibaserte næringslivet](#)

en del av de nordiske landenes felles erklæring om å bli en ledende region for kvanteteknologi. Det er viktig å se til initiativ og tiltak i sammenlignbare land og legge vekt på å styrke egen satsing gjennom gode samarbeid og effektiv flyt av kompetent arbeidskraft.

Deep tech-selskaper har behov for å tiltrekke den beste internasjonale kompetansen og rekrutterer ansatte fra hele verden. Langsomme prosesser for arbeidstillatelse, spesielt for arbeidskraft utenfor EU, oppleves som en barriere og bidrar til at Norge blir mindre attraktivt som arbeidsted. Selskaper som har behov for slik kompetanse ser at det er viktig å tilby støtte blant annet til etablering av midlertidig og fast bosted, opprettelse av sosialt nettverk og navigering av norsk regelverk, rettigheter og plikter. Dette kan være krevende tjenester å tilby for et lite oppstartsselskap, men er en viktig del av å tiltrekke ønsket kompetanse.

Innenfor academia er det tilsvarende behov for god støtte til etablering, men er enklere ivarett av robuste organisasjoner. Attraktiviteten for studenter og forskere vil være avhengig av muligheten til å jobbe med de beste i feltet samt tilgang til spennende prosjekt. Bruk av strategiske II-er stillinger, økt forskermobilitet, internasjonalt- og nordisk samarbeid vil kunne bidra til å heve Norske miljøers attraktivitet.

I årsrapporten for 2024 fra Nasjonalt senter for realfagsrekruttering<sup>33</sup> fremgår det at det har vært en positiv utvikling i antall søkere til tekniske fag, realfag og IT i 2024. Totalt søkte nærmere 160 000 personer seg til høyere utdanning, og innen STEM-fagene er teknologiske fag de mest populære, etterfulgt av informasjonsteknologi og realfag. Antall førstevalgsøkere til realfag økte med 8,9 prosent fra året før, mens teknologiske fag hadde en økning på 3,2 prosent. IT-fagene har holdt seg stabile over tid, med kun en liten nedgang på 0,5 prosent det siste året. Søkermassen til teknologiske fag er størst og har økt mest de siste fem årene, mens realfag har hatt færrest søkere og nedadgående trend, men viser en klar oppgang i 2024. I videregående skole har det vært en svak økning i antall elever som velger programmering, og endringer i fag og navn har hatt en positiv effekt på interessen for teknologi- og forskningsrelaterte fag. Rapporten peker på at tiltak som ENT3R, STEM arbeidsliv og ulike informasjonsplattformer har bidratt til økt motivasjon og interesse for realfag og teknologi blant elever.

## 6.2 Kapitalmarkedet

Tilgang på risikovillig og kompetent kapital er avgjørende for å utvikle innovative selskaper med høyt vekstpotensial. I Norge er det dokumentert en betydelig mangel på slik kapital, noe som særlig rammer deep tech-selskaper – virksomheter som utvikler avansert teknologi med lange utviklingsløp og høy risiko. Kvanteteknologi er et tydelig eksempel på denne kategorien.

Norge har nest minst risikokapital per innbygger i Norden. Svenske og finske selskaper tiltrekker seg langt mer kapital både i tidlig og sen fase<sup>30</sup>. Selv om investeringene i norske deep tech-selskaper har økt<sup>31</sup>), ligger Norge fortsatt bak de nordiske nabolandene, samt Estland og Nederland, når det gjelder andel av BNP investert i teknologi. Vi ligger riktignok foran store økonomier som Spania og Italia.

---

<sup>33</sup> Nasjonalt senter for realfagsrekruttering 2025. Hentet fra realfagsrekruttering.no: [Årsrapport 2024](#)

Antall venturefond og investorer i Norge har falt siden 2008, noe som svekker innovasjonsøkosystemet<sup>34</sup>. Mange velstående norske investorer prioriterer eiendom fremfor oppstartsselskaper. Norge har dessuten den laveste andelen nasjonale investeringer i senfase-runder sammenlignet med de andre nordiske landene<sup>35</sup><sup>31</sup>. Investinor peker på en tydelig kapitaltørke i tidligfasemarkedet, der tilgangen på risikovillig kapital har falt kraftig de siste årene. Nedgangen rammer særlig mindre selskaper med lange utviklingsløp og forsterkes av lavere tilførsel av kapital til nye fond<sup>36</sup>.

Deep tech-selskaper krever store investeringer og har lange utviklingsløp før kommersialisering. Kapitalbehovet er derfor ekstra kritisk. Disse selskapene trenger investorer som bidrar med erfaring, nettverk og strategisk støtte – kompetent kapital er helt nødvendig.

Mangelen på risikovillig og kompetent kapital har alvorlige konsekvenser: Norske selskaper får ikke realisert sitt fulle potensial, og mange gründere må hente kapital i utlandet. Dette kan føre til at både eierskap og verdiskaping flyttes ut av Norge.

Den danske regjeringen har etablert et kvantefond (lansert 2. oktober 2025) for å styrke utviklingen og kommersialiseringen av kvanteteknologi. Fondet, 55 North, har en samlet kapital på 1 milliard danske kroner. Halvparten kommer fra Danmarks Eksport- og Investeringsfond (EIFO), mens resten er investert av Novo Holdings. Målet er å posisjonere Danmark og Europa som ledende aktører innen kvanteteknologi, med investeringer i hele verdikjeden – fra kvantecomputere og programvare til sensorer og kryoteknologi<sup>37</sup>.

I Norge finnes det ingen nasjonale fond som retter seg spesifikt mot kvanteteknologi. Investinor investerer imidlertid i deep tech og er aktiv innen sektorer som kommunikasjon, programvare, halvledere, climateknologi, energi og livsvitenskap. Nysnø Klimainvesteringer er statens investeringsselskap med mandat til å støtte løsninger som reduserer klimagassutslipp. Nysnø kan være relevant for kvanteteknologi dersom teknologien har en tydelig klimaeffekt, for eksempel ved å bidra til energieffektivisering, optimalisering av energisystemer eller utvikling av lavutslippsløsninger. Det norske ventureselskapet Propagator Ventures investerer i tidligfase deep tech i USA og Europa, med fokus på avansert AI og kvanteteknologi. Ifølge Norsk Venturekapitalforening<sup>38</sup> (desember 2025) er kapitaltilgangen til norske oppstartsselskaper nå på sitt laveste nivå siden 2020. I første halvår 2025 hadde Norge den svakeste kapitaltilgangen og laveste investeringsaktiviteten i Norden. Nedgangen skyldes blant annet makroøkonomisk usikkerhet med høy inflasjon og økte renter, redusert tilgang til internasjonal kapital og lavere risikovilje blant investorer som heller prioriterer modne selskaper.

---

<sup>34</sup> Menon Economics 2025. Hentet fra finansnorge.no: [Finansnærings betydning for kapitaltilgang i norsk næringsliv](#)

<sup>35</sup> NHO 2025. Hentet fra nho.no: [Norges "Draghi-rapport": Veien til vekst – Hva nå, Norge?](#)

<sup>36</sup> Investinor 2025. Hentet fra investinor.no: [Norske tidligfaseinvestorer ser tegn til bedring](#)

<sup>37</sup> Ervervsministeriet 2025. Hentet fra em.dk: [Verdens største kvantefond åpner i Danmark](#)

<sup>38</sup> Norsk venturekapitalforening 2025. Hentet fra nvca.no: [Laveste kapitaltilgang til norske oppstartsselskaper siden 2020](#)

## 6.3 Kommersialisering av forskning

For at Norge skal kunne ta del i den globale verdiskapingen innen kvanteteknologi er det avgjørende at forskningsresultater omsettes til konkrete produkter, tjenester og industrielle anvendelser – og i dialog med næringslivet, entreprenører og andre mulige sluttbrukere.

Kommersialisering av forskning er derfor en sentral komponent i kunnskapsgrunnlaget for en nasjonal strategi for kvanteteknologi. Det handler om evnen til å bygge bro mellom akademia og næringsliv, stimulere til innovasjon og sikre at investeringer i forskning gir samfunnsøkonomisk avkastning. Dette er i mindre grad en generell styrke ved det norske forsknings- og innovasjonssystemet noe som gir en særlig utfordringen for muliggjørende teknologier som kvanteteknologi. Gode grep i form av kultur, struktur og virkemidler for kobling mellom forskning og forretningsmuligheter er derfor viktig helt fra startfasen i arbeidet.

I Norge finnes det sterke fagmiljøer og betydelig offentlig støtte til forskning, men det er samtidig strukturelle og kulturelle barrierer som hemmer overgangen fra forskning til kommersiell anvendelse, og særlig for kapitalkrevende og lengre løp frem mot markedet.

Norge rangeres som en sterk innovasjonsnasjon iht. EUs innovasjonsindeks, men faller i 2025 rangeringen to plasser (fra 7. til 9.) og ligger bak de ledende innovasjonslandene, hvor Sverige, Danmark og Finland er representert blant topp fem<sup>39</sup>. Etableringsraten for nye bedrifter er relativt lav – i 2023 var det anslått at rundt 7% av voksne nordmenn var involvert i oppstartsbedrifter, noe som er blant de laveste nivåene i høyt utviklede økonomier<sup>40</sup>.

Norges plassering i Global Innovation Index 2025<sup>41</sup> viser et tydelig skille mellom gode rammevilkår og mer beskjedne kommersielle resultater: I innovation inputs (rammefaktorer som utdanning, forskning, infrastruktur og institusjoner) har Norge klatret til 11. plass, med høy score på infrastruktur og institusjonell kvalitet. Samtidig ligger vi på 26. plass i innovation outputs, som måler konkret kommersialisering via indikatorer som patenter, varemerker, design og teknologioverføring. Totalt rangerer Norge på 20 plass – rangeringen har vært stabil her. Til sammenligning rangerer Finland på en 7. plass (input 5, output 10), Danmark på 9. plass (input 7, output 11), og Sverige på en total 2. plass (input 3, output 2).

NHOs rapport om norsk konkurransekraft slår fast at norsk næringsliv investerer for lite i forskning og utvikling, at tilgangen på kapital for oppstartsbedrifter er svak og at samarbeidet mellom akademia og næringsliv er mindre utviklet enn i andre land<sup>35</sup>. Tilgang på kapital er behandlet i eget delkapittel. I tillegg påpeker NHO at Norge mangler universiteter i den absolutte forskningstoppen internasjonalt, og at en relativt stor offentlig sektor i økonomien kan dempe den private innovasjonsdynamikken. En oversikt over relevante indikatorer er gitt i Tabell under.

---

<sup>39</sup> European Commission 2025. Hentet fra [research-and-innovation.ec.europa.eu: European innovation scoreboard - Research and innovation](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/Research-and-innovation)

<sup>40</sup> Global Entrepreneurship Research Association 2023. Hentet fra [gemconsortium.org: Entrepreneurship in Norway - GEM Global Entrepreneurship Monitor](https://gemconsortium.org/Entrepreneurship-in-Norway-GEM-Global-Entrepreneurship-Monitor)

<sup>41</sup> WIPO 2025. Hentet fra [wipo.int: Global Innovation Index 2025](https://wipo.int/Global-Innovation-Index-2025)



Indikator	Status Norge
Europeisk innovasjonsrangering (EU Innovation Scoreboard, 2025) <sup>39</sup>	Nr. 9 i Europa - lavest blant de nordiske landene
Tidligfase entreprenørskap (TEA-rate, 2023) <sup>40</sup>	~7% av voksne <sup>40</sup> - blant de laveste i høyinntektsland
Global Innovation Index (WIPO, 2025) <sup>41</sup>	Nr. 20 i verden - opp fra 16 til 11 på input, stabilt på 26 plass på output, lavest på samtlige blant de nordiske landene
Næringslivets andel av FoU (utført andel av total FoU, 2023) <sup>42</sup>	~50% - resten finansieres av offentlig sektor, ønske om høyere andel
Andel av akademisk FoU finansiert av næringslivet (2021) <sup>45</sup>	~2 - ned fra ~6 rundt 2000

Tabell 2. Indikatorer for status i Norge på faktorer som vil påvirke konkurransekraft.

Til tross for jevn vekst i næringslivets egen FoU-innsats over tid <sup>42</sup>, er nivået fortsatt lavere enn hos mange sammenlignbare land. Norge utmerker seg med offentlig finansiering av forskning, mens privat finansiering er begrenset <sup>43</sup>. Regjeringens mål om at total FoU skal utgjøre 3% av BNP innen 2030 (hvorav 2% fra næringslivet) innebærer nær en doubling av næringslivets FoU fra dagens nivå <sup>44</sup>. Analyser fra NIFU og Oslo Economics indikerer at én årsak til den lave nærings-FoU-andelen er norsk næringsstruktur – vi har færre FoU-intensive industrier enn flere andre land – slik at gapet til utlandet blir mindre når man sammenligner sektorer direkte <sup>43,30</sup>

En sentral utfordring for kommersialisering av forskning, er samspillet mellom academia og næringslivet. Flere studier viser en stor avstand mellom disse sektorene i Norge. Andelen av universitetenes forskning finansiert av næringslivet har sunket jevnt fra nærmere 6% rundt 2001 til om lag 2% i 2021 <sup>45</sup>. Videre oppgir kun omtrent 30% av norske forskere at deres forskning er næringsrelevant. Dette tyder på kulturelle og strukturelle barrierer: Ulike rapporter påpeker store forskjeller i kultur og tankesett mellom academia og bedrifter, og at økosystemet for kunnskapsoverføring er lite utviklet. OECD har også uttalt at Norge mangler tilstrekkelige insentiver for kunnskapsutveksling i universitetssektoren. En illustrasjon på utfordringen er effekten av policyendringer: Etter opphevelsen av «lærerunntaket» (som ga enkelte forskere eierskap til egne

<sup>42</sup> NFR 2025. Hentet fra forskningsradet.no: [Indikatorrapporten](#)

<sup>43</sup> NIFU 2025. Hentet fra nifu.no: [Alternative modeller for finansiering av forskning i Norge](#)

<sup>44</sup> NFD, KD 2024. Hentet fra regjeringen.no: [Strategi for å øke næringslivets investeringer i forskning og utvikling](#)

<sup>45</sup> Universitets- og høyskolerådet 2024. Hentet fra uhr.no: [Kommersialisering av forskning](#)

oppfinnelser) på midten av 2000-tallet, falt antallet patenter og oppstartsselskaper fra universiteter i Norge med omkring 50%.

Indikatorrapporten fra Forskningsrådet bekrefter at Norge har et sterkt forskningssystem og høy vitenskapelig publisering, men peker også på at det er et forbedringspotensial når det gjelder å involvere næringslivet tidlig i forskningsprosjekter og å utvikle felles innovasjonsarenaer. Det faktum at norske bedrifter investerer mindre i forskning og utvikling enn næringslivet i andre nordiske land, begrenser evnen til å absorbere og videreutvikle forskningsresultater <sup>42</sup>.

Samarbeidet mellom UoH, forskningsinstitutter og næringslivet er vektlagt økt, blant annet gjennom ulike støtteordninger, men er ofte senter- og prosjektbasert og fører ikke alltid til varig samarbeid, innovasjoner eller kommersialisering. Samtidig skjer noe samarbeid direkte: de største norske bedriftene engasjerer seg i forskning, men omfanget av slikt samarbeid har likevel avtatt de senere årene <sup>45</sup>. Analyser antyder bl.a. at dagens modell for teknologioverføring ikke fullt ut har klart å utløse potensialet i forskningsbasert innovasjon <sup>46</sup>. Funnen t peker bl.a. på tydeliggjøring av mandatet til forskningsinstitusjonene. Det er i senere år etablert flere tiltak, bl.a. via økt støtte og virkemidler til kvalifisering og verifisering av forskningsresultater for kommersialisering. Regjeringen lanserte i 2024 en egen strategi for å øke næringslivets investeringer i forskning og utvikling<sup>44</sup> og fremmer tiltak for å øke kommersialisering av offentlig finansierte forskningsresultater som del av Stortingsmelding 14 (2024-2025), Sikker kunnskap i en usikker verden <sup>47</sup>.

Nordic Innovation fremla sommeren 2025 en rapport over det nordisk-baltiske økosystemet for kvanteteknologi <sup>12</sup>. Her påpekes mangel på kommersiell aktivitet sammenlignet med våre naboland som kan vise til flere oppstartsselskaper innen kvante i motsetning til i Norge.

Oppsummert tegner kildene et bilde av et Norge med et betydelig forbedringspotensial i å omsette forskning til ny næringsvirksomhet. Både NHOs Draghi-rapport og andre analyser viser at verdiskapingen fra forskning ikke er maksimal, hovedsakelig fordi privat sektor investerer og innoverer for lite i forhold til vårt kunnskapsnivå, tilgang på spesielt langsiktig risikokapital er begrenset, og fordi broen mellom forskningsmiljøene og næringslivet fortsatt er svak.

## 6.4 Relevante virkemidler i Forskningsrådet og Innovasjon Norge

Utviklingen av et helt nytt og velfungerende økosystem av aktører fra akademia, næringsliv, offentlig sektor og finans på et så umodent felt som kvanteteknologi vil antakeligvis kreve nye grep også på virkemiddelsiden. De bredere virkemidlene retter seg i hovedsak mot eksisterende og velfungerende aktører, mens realiseringen av en nasjonal satsing vil måtte samle fragmenterte miljøer, bygge et nytt næringsliv eller ta det eksisterende gjennom et stort teknologiskifte. De nasjonale ressursene er også begrenset så virkemidlene bør også gi muligheter for å foreta prioriteringer i tråd med nasjonale føringer. En palett av virkemidler er relevante, men i sum peker disse forholdene mot mer

---

<sup>46</sup> NIFU 2022. Hentet fra regjeringen.no: [Organisering av teknologioverføring ved norske forskningsinstitusjoner: Mulige modeller](#)

<sup>47</sup> Regjeringen 2025. Hentet fra regjeringen.no: [Meld. St. 14 \(2024–2025\)](#)

spesialutviklede virkemidler som kommer i tillegg til de som eksisterer i dag og bygger gode fundament for forskning og innovasjon. Nedenfor er en oppsummering av dagens virkemidler i Forskningsrådet og Innovasjon Norge, og en vurdering av i hvilken grad de er egnet for utvikling av kvanteteknologi.

## Forskningsrådet

<i><b>Virkemiddel</b></i>	<i><b>Kort beskrivelse</b></i>	<i><b>Egnethet for kvanteteknologi</b></i>
Kvalifiserings- og verifiseringsprosjekter	Formålet er å modne og validere nye teknologier fra forskningen til relevante anvendelsesmiljøer, gjennomføre å validere og gjøre innledende undersøkelser av anvendelser som skal danne grunnlag for videre veivalg i prosessen med å ta forskning i bruk.	<b>Høy.</b> Kvanteteknologien er fortsatt umodent, og det vil være behov for avklaringer med tanke på videre løp mot anvendelser
Innovasjonsprosjekt i næringslivet	Formålet er å gi FoU-aktive bedrifter inntil 50% støtte til FoU for av nye produkter, tjenester eller prosesser. Prosjektet skal gjøres i samarbeid med andre bedrifter eller forskningsmiljøer i inn- eller utland, og skal resultatene spres.	<b>Høy.</b> Teknologiprojekter har godt gjennomslag, og der er også de siste årene satt av egne midler til nye teknologiområder som kvante. Prosjekttypen anvendes i på en åpen arena, og innen mange domener (maritim, energi mm) og med rom for kvanteprosjekter
Senter for kvanteteknologisk forskning	Formålet er sentre med tyngdepunkt i grunnleggende forskningsaktiviteter innenfor matematisk, naturvitenskapelig og/eller teknologisk forskning – og med sluttbrukerkobling.	<b>Høy.</b> Designet for å samle den nasjonale innsatsen på kvantefeltet, og derigjennom bygge økosystem og kritisk masse for å gi økt nasjonal kapasitet og kvalitet innenfor feltet.
Forskningsinfrastruktur	Formålet er å bygge, styrke og koordinere relevant infrastruktur for norsk forskning og næringsliv, og bidra til å sikre moderne og oppdatert utstyr, dataverktøy og nødvendige støttetjenester.	<b>Høy.</b> Nasjonale kvanteinfrastrukturer vil virke samlende for norske kvantemiljøer, bidra til nasjonal suverenitet på feltet og sikre tilgang for norske bedrifter og akademiske miljøer.
FRIPRO og forskerporsjekter	Formålet er forskerinitierte prosjekter både på en åpen arena innenfor alle fag og tema, samt innenfor domener og teknologiområder som maritim, energi,	<b>Høy.</b> Store deler av kvantefeltet er fortsatt umodent, og vil behøve kontinuerlig forskning over år før teknologien vil nå anvendelser.

	helse, forsvar og muliggjørende teknologier. Lav TRL.	Forsere kan søke åpen arena eller tema- og teknologiutlysninger og, og mange av disse vil være kvanter relevante.
Kvanteteknologi-satsingen	Innenfor muliggjørende teknologi-porteføljen er det en satsing på kvanteteknologi, pt rette mot lave TRL-nivåer (se sentrene omtalt over), men satsingen vil omfatte næringsrettet innsats og mer økosysteminnsats fremover, jmf «kvantespranget». Kvanteprosjekter kan også inngå i de mer generelle utlysningene under porteføljen og i de teknologispesifikke (nano/bio/IKT)-utlysningene der bla. disrupsjon og samspill etterspørres. er.	<b>Høy.</b> En rettet satsing vil være nasjons sydspiss for kvalitet, kapasitet og samspill. De øvrige teknologisatsingene er også åpne for kvanteprosjekter, bl.a. slik det er vist over år knytte til forsvarsrelevante prosjekter. .
Generelt om rettet satsinger, sentreordninger	Formålet er å bygge kvalitet og kapasitet på prioriterte og på potente felt. Innsats for lavutslipp, maritim, energi, transport, helse og forsvar vil kunne være relevante (bla. Grønn plattform, Pilot-T/E/H mm) mht til anvendelser, er forventet over tid å omfatte også kvante slik de har gjort for andre muliggjørende teknologier. Senterordninger som SFF, SFI og KI-sentrene er har allerede vist seg vikte for feltet, og domenesentre samt Grønn Plattform kan også være relevante fremover, også for å koble forskningsmiljøer og sluttbrukere.	<b>Moderat.</b> Disse ordningene retter seg primært mot eksisterende og sterke aktører, og er generelt strukturerende og gir samspill direkte (i sentre) eller er indirekte å utvikle bygge økosystemer gjennom å bygge kvalitet, kapasitet og også samspill.
Grønn plattform	Stor, felles utlysning fra Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Siva for tverrfaglige konsortier som vil ta fram markedsnære grønne løsninger. I 2025 ble det lyst ut ~823,5 mill. kr til treårige prosjekter (30–80 mill. kr per prosjekt).	<b>Moderat.</b> Utløsningen er ikke relevant i seg selv med mindre kvanteprosjektet har klar klima-/miljøeffekt og en bred, verdikjedeorientert plan. Stor skala og konsortiekrav passer mer modne satsinger. Selve modellen kan være relevant. Dette er også et virkemiddel under Innovasjon Norge.

PILOT-E	Felles finansiering og oppfølging fra idé til marked for klima- og miljøvennlig energiteknologi. Etablert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova; fra 2023 også i samarbeid med Gassnova. Formål: raskere utvikling/bruk og utslippskutt.	<b>Lav-moderat.</b> God match kun hvis kvanteprojektet er direkte rettet mot energisystem/klimakutt (f.eks. kvanteoptimalisering for kraftnett). Selve modellen kan være relevant. Dette er også et virkemiddel under Innovasjon Norge.
PILOT-T (Transport)	Ordning for smarte mobilitetsløsninger og transportteknologi; mål om raskere testing/piloter av teknologier, tjenester og forretningsmodeller for et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem. Samarbeid mellom Forskningsrådet og Innovasjon Norge.	<b>Moderat.</b> Relevans for kvante-prosjekter innen transport (f.eks. kvantesensorer, optimalisering, posisjonering) med tydelig pilotering mot mobilitet/logistikk. Selve modellen kan være relevant. Dette er også et virkemiddel under Innovasjon Norge.

Tabell 3. Virkemidler relevante for kvanteteknologi i Forskningsrådet.

### Innovasjon Norge

Virkemiddel	Kort beskrivelse	Egnethet for kvanteteknologi
Klyngeprogram (Norwegian Innovation Clusters)	Samarbeidsprogram drevet av Innovasjon Norge i samarbeid med Siva og Forskningsrådet. Skal utløse og forsterke samarbeidsbasert utvikling gjennom klynger på tre nivå (NIC Connect/Explore/Impact). Vekt på langsiktig vekst og økt konkurransekraft.	<b>Høy.</b> Kvanteteknologi trenger tverrfaglige økosystemer (industri-akademia-offentlig sektor). Klyngeprogrammet finansierer og fasiliterer nettopp slikt samarbeid og risikoavlastning i utforskning/innovasjon. Må ha tilstrekkelig langsiktighet og bør være tilknyttet nordiske / internasjonale nettverk.
Bedrifts-nettverk	Veiledning og finansiering (inntil 1 mill. kr/år) for strategiske, markedsrettede samarbeid mellom særlig SMB-er med vekstambisjoner. Løpende søknadsfrist.	<b>Moderat.</b> Godt egnet for flere mindre kvante-aktører som vil samarbeide om marked/posisjonering og deling av kompetanse, men er mindre rettet mot tung FoU/piloter. Kan bli mer

		relevant med større modenhet innen feltet.
Miljøteknologi-ordningen	Tilskudd til utvikling, pilot-testing og demonstrasjon av ny miljøteknologi som løser vesentlige miljøproblemer; skal redusere risiko ved lansering. Løpende søknadsfrist.	<b>Lav-moderat.</b> Primært for prosjekter med tydelig miljøeffekt (energi, sirkulærøkonomi m.m.). Kan passe kvanteprosjekter hvis de dokumenterer konkret miljøgevinst (f.eks. betydelig energieffektivisering).
Innovasjonskontrakt	Tilskudd til leverandørbedrifter som utvikler/forbedrer et nytt produkt, prosess eller tjeneste i forpliktende samarbeid med en pilotkunde; sterk kommersialiserings- og skaleringstenkning.	<b>Moderat.</b> Relevant for kvante-løsninger (f.eks. sensorer/kvante-sikret kommunikasjon) som utvikles sammen med krevende pilotkunder og skal ut i markedet. Tidlige teknologiløp vil sannsynligvis kreve tidligere involvering av sluttbruker som gjør ordningen mindre relevant.
Grønn plattform	Stor, felles utlysning fra Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Siva for tverrfaglige konsortier som vil ta fram markedsnære grønne løsninger. I 2025 ble det lyst ut ~823,5 mill. kr til treårige prosjekter (30–80 mill. kr per prosjekt).	<b>Moderat.</b> Utlysningen er ikke relevant i seg selv med mindre kvanteprosjektet har klar klima-/miljøeffekt og en bred, verdikjedeorientert plan. Stor skala og konsortiekrav passer mer modne satsinger. Selve modellen kan være relevant.
PILOT-E	Felles finansiering og oppfølging fra idé til marked for klima- og miljøvennlig energiteknologi. Etablert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova; fra 2023 også i samarbeid med Gassnova. Formål: raskere utvikling/bruk og utslippskutt.	<b>Lav-moderat.</b> God match kun hvis kvanteprosjektet er direkte rettet mot energisystem/klimakutt (f.eks. kvanteoptimalisering for kraftnett). Selve modellen kan være relevant.
PILOT-T (Transport)	Ordning for smarte mobilitetsløsninger og transportteknologi; mål om raskere testing/piloter av teknologier, tjenester og forretningsmodeller for et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem.	<b>Moderat.</b> Relevans for kvante-prosjekter innen transport (f.eks. kvantesensorer, optimalisering, posisjonering) med tydelig pilotering mot

	Samarbeid mellom Forskningsrådet og Innovasjon Norge.	mobilitet/logistikk. Selve modellen kan være relevant.
FRAM Programmet	<p>Bedriftsutviklingsprogram rettet mot små bedrifter. Programmet har som mål å styrke bedriftenes konkurranseevne gjennom:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strategiutvikling og ledelse</li> <li>- Innovasjon og innovasjonskultur</li> <li>- Bærekraft og sirkulærøkonomi</li> </ul> <p>Programmet gir tilgang til tilpasset veiledning, kompetanseutvikling og nettverksbygging. Leveres i samarbeid med ekstern partner.</p>	<p><b>Moderat-høy.</b> Innholdsmessig ikke tilpasset KT. Programmets konsept og struktur kan være godt egnet for tilpasning til å målrettet øke quantum awareness og quantum readiness hos norske bedrifter. Bør evt. utvides til alle bedriftsstørrelser.</p>

Tabell 4. Virkemidler relevante for kvanteteknologi i Innovasjon Norge.

Dagens generiske virkemidler *kan* støtte kvanteprosjekter – særlig Klyngeprogrammet og Innovasjonskontrakt. Klyngeprogrammet forutsetter minimum 10 deltakende bedrifter, som pr. i dag vil være mye for det norske kvantenæringsmiljøet. Bedriftsnettverk kan være et alternativ, men med begrenset ramme vil dette virkemidlet ha mindre effekt. For klyngesamarbeid ville et nordisk samarbeid kunne øke relevans og effekt av samarbeidet. Innovasjonskontrakt forutsetter mer moden teknologi hvor pilotkunde kan komme inn på et senere TRL nivå. Internasjonal erfaring fra forskning og utvikling innen kvante tilsier et behov for å koble på næring/kunde vesentlig tidligere da kvanteteknologi pr. nå i liten grad utvikles som hyllevare. Dedikerte, flerårige kvanteprogrammer med sterke piloterings- og infrastrukturkomponenter pekes på som en mulig modell for å akselerere fra forskning til industriell skala. Det er videre et kritisk behov for å øke quantum awareness og quantum readiness blant norske bedrifter som kan adresseres i dedikerte program og virkemidler rettet mot utforskende aktiviteter.

Vår foreløpige vurdering er at det sannsynligvis vil være nødvendig med en styrking og utvidelse av nasjonale virkemidler for å støtte en norsk satsing på kvanteteknologi. Innovative tilnærminger er diskutert i kapittel11 Mulige nye strukturelle grep og tilnærminger.

# 7 Drøfting av sivil-militært samarbeid

## 7.1 Muligheter for innovasjon og verdiskaping for næringsliv og samfunn

FFI, NSM og Forskningsrådet oppsummerte sin anbefaling<sup>48</sup> om hvordan det norske forskningssystemet kan videreutvikles og tilgjengeliggjøres for forsvarssektoren gjennom fire konkrete råd:

- Økt bruk av sivile forskningsmiljøer innenfor forsvar, sikkerhet og beredskap. Et viktig element i dette er å etablere en systematikk for å identifisere flerbruksmuligheter og skjermet forskning. I tillegg må antall forskningsutførende aktører som kan utføre gradert forskning øke noe.
- Opprettelse av en ny portefølje i Forskningsrådet for å styrke forskning relevant for forsvar, sikkerhet og beredskap.
- Etablering av en arena for kunnskapssamarbeid innenfor forsvar, sikkerhet og beredskap.
- Styrket tverrdepartemental koordinering av FoU for forsvar, sikkerhet og beredskap.

Miljøene i Forsvaret besitter førstelinjekunnskap om behovet for innovasjon innen sine respektive ansvarsområder. Dette er en integrert del av deres operative virkelighet, og deres erfaring og faglige innsikt gjør dem til sentrale aktører i den nasjonale innovasjonsstrukturen. Akademia bidrar med grunnleggende forskning som har relevans for både sivile og militære formål. Oppstartsbedrifter utgjør den mest fleksible og responsive mekanismen for innovasjon og fungerer i økende grad som drivkrefter for raskere utvikling av mer kostnadseffektive og forbedrede løsninger. Erfaringene fra Ukraina har vist at evnen til rask innovasjon og teknologiomstilling har blitt en maktfaktor. Dette er imidlertid ikke mulig uten et like raskt og pålitelig system for å identifisere de riktige problemene, finne aktørene som kan løse dem og sikre hurtig finansiering.

Fredstid gir de beste forutsetningene for å etablere en solid base av næringsliv, forskningsmiljøer og øvrige kompetanseaktører, slik at samfunnet er forberedt ved en eventuell krisesituasjon eller krig. En systematisk integrering av sivile kompetansemiljøer fra næringsliv og akademia i Forsvarets innovasjons- og forskningsarbeid i fredstid, sammen med effektive mekanismer for hurtig finansiering og utlysning av behov, er den mest hensiktsmessige tilnærmingen for å sikre nødvendig beredskap. Dette legger grunnlaget for en etablert og operativ aktørbase ved en eventuell krig. Modellen gir betydelige gevinster i fredstid ved å sikre en mer integrert og effektiv anvendelse av kompetanse og teknologi som allerede finnes i landet. Dette bidrar til en styrket nasjonal teknologisk utvikling og øker muligheten for å ta en ledende posisjon internasjonalt. En koordinert bruk av ekspertise og finansielle ressurser på tvers av sivil og militær sektor skaper større samlet effekt. Teknologisk ekspertise er

---

<sup>48</sup> [https://www.forskningsradet.no/siteassets/publikasjoner/2024/sluttrapport\\_helhetlig-forskningssystem.pdf](https://www.forskningsradet.no/siteassets/publikasjoner/2024/sluttrapport_helhetlig-forskningssystem.pdf)



også en strategisk handelsvare som gir Norge adgang til internasjonale arenaer hvor man ellers ikke får innpass uten å holde et konkurransedyktig internasjonalt nivå.

Kunnskapsutveksling og forskningssamarbeid mellom akademia og Forsvaret foregår i dag sporadisk, heller enn systematisk. Disse samarbeidene er ofte resultat av enkeltpersoners relasjoner som flytter på seg mellom sektorene og i så måte allerede kan sies å være etablert på forhånd. Nasjonalt Senter for Anvendt Kryptologi i NSM, finansiert av FD, er et eksempel på en strategisk samarbeidsarena for forskning og utvikling innen blant annet sikker kommunikasjon som samler myndigheter, akademia og industri for å utvikle og ta i bruk sikkerhetsløsninger som ligger i forkant av den teknologiske utviklingen.

Regjeringen uttaler i langtidsplanen at forskningsinnsatsen knyttet til totalforsvar og sammensatte trusler må samordnes bedre, og at utvikling av kunnskap om sektoruavhengige utfordringer bør prioriteres. Sammensatte trusler utgjør en stadig større utfordring for både forsvarssektoren og samfunnet. For å håndtere disse på en god og effektiv måte, må sivil og militær forskning og utvikling arbeide mot felles mål.

Etablering av mer fleksible og effektive finansieringsordninger, og styrket samhandling mellom Forsvaret, næringsliv og akademia, kan gi Norge et bedre utgangspunkt for å utvikle løsninger som både adresserer kritiske behov raskere og samtidig åpner for ny internasjonalt konkurrerende næringsutvikling i fredstid. Internasjonale erfaringer viser at hurtig innovasjon innen høyteknologiske sektorer forutsetter finansieringsmekanismer som tillater risikotaking, sikrer løpende dialog mellom behovseiere og teknologimiljøer, og minimerer unødvendige byråkratiske barrierer. For Norge representerer dette viktige læringspunkter, særlig dersom målet er å etablere ordninger der akademia og industri i fellesskap kan adressere komplekse utfordringer innen kvanteteknologi til støtte for Forsvaret og øvrige samfunnssektorer. Konkret kan dette innebære etablering av hurtigspor for FoU- og innovasjonsprosjekter etter modell av eksempelvis *Defense Innovation Unit (DIU)* i USA med raskere utlysninger, kortere saksbehandlingstid og tett dialog mellom behovseiere og leverandørmiljøer. Dette diskuterer vi nærmere i Kapittel 13.3

## 7.2 Flerbruksløsninger som kan komme til anvendelse for forsvarsevne og motstandsdyktighet

Kvanteteknologi utgjør et strategisk viktig teknologiområde med betydelig flerbrukspotensial og anvendelser innen både sivile og militære domener. Flerbruksbasert kvanteteknologi omfatter blant annet kvantekommunikasjon, kvantesensorer, kvantedatamaskiner og kvantebaserte tids- og posisjonssystemer, og kjennetegnes ved at investeringer i forskning og utvikling for én sektor samtidig gir betydelig nytteverdi for den andre. En slik tilnærming legger til rette for effektiv ressursutnyttelse, raskere teknologisk utvikling og økt beredskap og robusthet i samfunnskritiske systemer.

Flerbrukstilnærmingen gir flere strategiske fordeler. Den muliggjør bedre utnyttelse av begrenset nasjonal kompetanse og forskningskapasitet, fremmer innovasjon gjennom systematisk kunnskapsdeling mellom sivile og militære miljøer, og gir økt strategisk fleksibilitet ved at kritiske

teknologier kan anvendes både for samfunnets behov og for nasjonal forsvarsevne. Dette bidrar til en gjensidig forsterkende effekt, der Norge kan styrke sin posisjon innen avansert kvanteteknologi samtidig som samfunnets motstandsdyktighet og sikkerhet forbedres, for eksempel innen områder som sikker navigasjon og presisjonsmåling.

Samtidig medfører flerbruksteknologi et behov for tydelig styring og målrettet regulering for å balansere åpen forskning med nødvendige sikkerhets- og kontrollhensyn. Økt tilgang til avansert kvanteteknologi stiller krav til robuste tiltak for forskningssikkerhet, herunder beskyttelse av immaterielle verdier, kontroll med sensitiv informasjon og forebygging av uønsket teknologioverføring. Effektiv implementering av slike tiltak forutsetter tett koordinering mellom sivile myndigheter, forskningsinstitusjoner og forsvarssektoren, samt etablering av strukturer som muliggjør trygg og kontrollert håndtering av sensitiv kompetanse.

Erfaringer fra blant annet Danmark, Sverige, Finland og USA viser at målrettede investeringer i flerbruksbasert kvanteteknologi kan gi konkrete gevinster for både samfunnssikkerhet og forsvar, samtidig som det legges et solid grunnlag for langsiktig teknologisk utvikling og strategisk handlefrihet. For Norge representerer kvanteteknologi dermed et sentralt strategisk satsingsområde for fremtidig forsvarsplanlegging, beskyttelse av kritisk infrastruktur og styrking av nasjonal forsknings- og teknologikompetanse.

## 7.3 Håndtering av sensitive fagområder

Norsk kvanteteknologi og tilhørende forskning har antageligvis lav risiko ved eksponering mot utenlandske aktører. Det overordnede bildet er at norske institusjoner innen kvanteteknologi ligger under verdensgjennomsnittet når det gjelder internasjonal forskning, er avhengige av internasjonale leverandørkjeder for laboratoriestyr, spesialiserte komponenter og datamaskiner, og er avhengige av samarbeid med utenlandske forskningsmiljøer for å holde faglig nivå. Norge fremstår i begrenset grad som en særlig attraktiv samarbeidspartner for aktører som primært søker tilgang til ledende kompetanse innen kvanteteknologi. Dette kan endre seg raskt ettersom Norge satser på kvanteteknologi.

Som et lite land med begrenset nasjonal ekspertise innen avanserte teknologidomener er Norge likevel avhengig av å utnytte tilgjengelig kompetanse gjennom målrettede samarbeidsprosjekter på tvers av sektorer. Samtidig kan graderte problemstillinger og sensitiv kunnskap gjøre det krevende for sivil næringsliv og forskningsmiljøer å delta i utviklingsprosjekter knyttet til Forsvaret og andre sikkerhetskritiske samfunnsfunksjoner. Dette skaper utfordringer for både forskningssamarbeid og innovasjon, og forutsetter strukturer som muliggjør effektiv kompetansedeling innenfor trygge og kontrollerte rammer. Disse utfordringene er behandlet i Langtidsplanen for Forsvaret 2025–2036.

Etablering av forsknings- og innovasjonshuber kan være et konkret tiltak for å møte disse behovene. Slike huber kan samle klarert sivil industri og forskningsmiljøer sammen med domeneeksperter fra Forsvaret og relevante myndigheter. Huber kan fungere som trygge innovasjonsarenaer, fysisk og organisatorisk plassert mellom samarbeidspartnerne, der sensitive problemstillinger kan diskuteres og løses innenfor et avgrenset og kontrollert rammeverk.

Det finnes flere internasjonale eksempler på etablerte samarbeidshuber mellom myndigheter, akademia og næringsliv. I USA har Institute for Defense Analyses (IDA) eksistert siden 1950-tallet og gir klarerte forskere mulighet til å arbeide med høyt graderte problemstillinger innen blant annet sikker kommunikasjon og beregningsvitenskap for National Security Agency (NSA). Laboratory for Physical Sciences og LQC Qubit Collaboratory er andre eksempler på samarbeidshuber for gradert forskning på kvanteteknologi mellom NSA, akademia og næringsliv. I Storbritannia har Government Communications Headquarters (GCHQ), i samarbeid med det britiske matematikkmiljøet gjennom Heilbronn Institute for Mathematical Research, etablert et eget institutt tilknyttet University of Bristol med høye sikkerhetskrav. Instituttet er modellert etter amerikanske IDA og fungerer som en samarbeidshub mellom forskere og GCHQ, med flere tilknyttede satellitthuber rundt om i Storbritannia. Også flere EU-land har i senere år etablert tilsvarende strukturer for å legge til rette for samarbeid om graderte problemstillinger.

Samarbeidshuber fungerer som plattformer for kompetanseoverføring og tverrsektorielt samarbeid, der gradert eller sensitiv kunnskap kan håndteres på en strukturert måte uten at sikkerheten svekkes. Ved å etablere dedikerte, frittliggende og sikkerhetsgodkjente samarbeidslokaler kan unødvendig eksponering i samarbeidet reduseres. Standardiserte prosesser for klarering og tilgangsstyring kan gjøre det mulig for forskere og næringslivsaktører å oppnå sikkerhetsklarering tilpasset informasjonsnivået de skal håndtere. Dette kan kombineres med veiledning og opplæring i regelverk for flerbruksteknologi, eksportkontroll og håndtering av sensitiv informasjon, slik at samarbeid mellom sivile og militære aktører skjer innenfor forsvarlige og lovmessige rammer. På denne måten kan Norge utnytte begrensede ressurser mer effektivt på tvers av sektorer, samtidig som nødvendige sikkerhets- og kontrollkrav ivaretas. Dette vil bidra til å styrke både nasjonal forskningskapasitet, innovasjonsevne og beredskap innen strategisk viktige teknologier.

## 8 Drøfting av samfunnsansvar forbundet med kvanteteknologi

### 8.1 Overordnet utfordringsbilde

Mulige skadevirkninger for samfunnet forbundet med kvanteteknologi er betydelige og omfatter både teknologiske, økonomiske og geopolitiske dimensjoner. En av de mest omtalte utfordringene er knyttet til sårbarhet i digital infrastruktur. Kvantedatamaskiner kan på sikt bryte dagens krypteringsmetoder, noe som vil kunne undergrave tilliten til digitale systemer og true alt fra finansielle tjenester til nasjonale sikkerhetsmekanismer. Selv før teknologien når et slikt modenhetsnivå, skaper risikoen i seg selv usikkerhet som kan påvirke beslutningstaking, investeringer og internasjonal sikkerhetspolitikk. En annen sentral utfordring er faren for konsentrasjon av makt.

De høye kostnadene og det omfattende kompetansebehovet knyttet til kvanteteknologi gjør at feltet lett kan domineres av et fåtall ressurssterke nasjoner og teknologigiganter. Dette kan føre til teknologiske monopoler, global makt konsentrasjon og økt avhengighet av enkelte aktører. Slike forhold kan forsterke eksisterende globale maktskjevheter, bidra til økonomisk ulikhet og skape nye former for geopolitisk konkurranse, der land søker å sikre seg strategiske fordeler innen et felt som

oppfattes som avgjørende for fremtidig militær og økonomisk styrke. Denne utviklingen kan også forsterke ulikheter mellom rike og fattige land. Stater som mangler ressurser til å investere i kvanteteknologi, risikerer å falle raskt bakpå i både økonomisk konkurransevne og sikkerhetspolitisk kapasitet. Det kan føre til langvarige forskjeller i innovasjonsevne og teknologisk utvikling, med store samfunnsmessige konsekvenser. Samtidig kan kvanteteknologi få destabiliserende virkninger i det internasjonale systemet.

Muligheten for å oppnå militære fordeler eller overlegenhet innen kryptografi, kommunikasjon eller sensorsystemer kan trigge et kappløp mellom stormakter. Dette kan redusere internasjonalt samarbeid, øke hemmelighold og forsterke risikoen for misforståelser og militære spenninger. Også innen økonomi og kriminalitet kan kvanteteknologi skape nye utfordringer. Ekstrem beregningskraft kan åpne for avanserte former for markedssimulering, manipulasjon og utnyttelse av sårbarheter i finansielle systemer. Videre kan kombinasjonen av kvanteteknologi, kunstig intelligens og store datamengder gi nye muligheter for overvåkning og analyse, noe som kan true personvern og menneskerettigheter, særlig i autoritære stater.

Kompetansegapet som følger av teknologiens kompleksitet, utgjør også en samfunnsmessig risiko. Land som ikke klarer å utdanne eller beholde eksperter, kan bli avhengige av eksterne miljøer og miste muligheten til å påvirke utviklingen. Dette kan skape arbeidslivsutfordringer og øke ulikheten mellom ulike samfunnsgrupper og regioner. Kvanteteknologi, som med all teknologi, innebærer også etiske og demokratiske utfordringer. Teknologiens kompleksitet gjør at beslutninger ofte tas av små grupper eksperter, teknologiselskaper eller statlige aktører, noe som kan redusere demokratisk kontroll og skape blindsoner i regulering og samfunnsdebatt. Som ved tidligere teknologiske gjennombrudd kan reguleringene komme for sent, noe som kan føre til utilsiktede og potensielt skadelige konsekvenser.

## 8.2 Problemstillinger rundt kvanteresistent kryptografi

Det foreligger bred internasjonal enighet om at sannsynligheten for realisering av en kryptoanalytisk relevant kvantedatamaskin innenfor en overskuelig tidshorisont ikke lenger kan anses som neglisjerbar. En slik utvikling vil ha potensielt svært alvorlige konsekvenser for samfunnets grunnleggende sikkerhetsmekanismer og digitale tillit. Dette har utløst behovet for kvantemigrasjon – en planlagt og koordinert overgang til kvantesikre kryptografiske løsninger.

Som følge av Shors kvantealgoritme vil all kryptografi som baserer sin sikkerhet på vanskeligheten av faktorisering eller diskrete logaritmer bli sårbar. Dette gjelder i praksis offentlig-nøkkel-kryptografi brukt til nøkkelutveksling og digitale signaturer. Andre sentrale kryptografiske mekanismer, herunder symmetrisk kryptografi (for eksempel AES), påvirkes ikke på tilsvarende måte og vurderes fortsatt som robuste innenfor gjeldende sikkerhetsforutsetninger.

I 2015 besluttet Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) å igangsette målrettet arbeid med kvanteresistente kommunikasjonsløsninger og å utrede konsekvenser for høygraderte kommunikasjonssystemer. Beslutningen bygget på en samlet vurdering av risiko og konsekvens, der

det ble lagt til grunn at konsekvensene av en kryptoanalytisk relevant kvantedatamaskin er så omfattende at sannsynligheten for realisering innen en 30-års horisont ikke lenger kunne ignoreres. Vurderingen tok særlig utgangspunkt i følgende forhold:

- Krav om beskyttelse av gradert informasjon i inntil 30 år i henhold til Sikkerhetsloven
- Lang ledetid for utvikling, evaluering, godkjenning og standardisering av nye kryptografiske løsninger
- Betydelig kompleksitet og varighet knyttet til utskifting og integrasjon av eksisterende systemer

Den samlede tidsdimensjonen, fra teknologisk utvikling til full operativ innføring og langvarig informasjonsbeskyttelse, innebærer at kvantetrusselen må håndteres som et langsiktig, men tidskritisk strategisk risikoscenario. NSM publiserte veiledning for post-kvantekryptografi og kvantemigrasjon i 2017<sup>49</sup> og 2023<sup>50</sup>. Parallelt har det i perioden 2016–2024 blitt utviklet nye internasjonale kryptografiske standarder<sup>51</sup> for kvantesikker kryptografi, som nå enten er tatt i bruk eller er i ferd med å bli implementert i kritiske systemer internasjonalt. For å akselerere kvantemigrasjon i sikkerhetskritisk nasjonal infrastruktur utstedte Det hvite hus i 2022 *National Security Memorandum 10 (NSM-10)*<sup>52</sup>, som fastsatte overordnede føringer for organisering, koordinering og sektoransvar knyttet til nasjonal overgang til kvanteresistent kryptografi. Som en oppfølging til dette har det amerikanske forsvarsdepartementet nylig utstedt et eget styringsdokument rettet særskilt mot forsvarssektoren generelt, se Figur 6. Dokumentet pålegger alle forsvarsgrener å forberede migrasjon til post-kvantekryptografi ved å identifisere, kartlegge og rapportere all bruk av kryptografi i samtlige informasjonssystemer, uavhengig av gradering, formål eller anvendelsesområde, herunder også våpensystemer og operative plattformer.

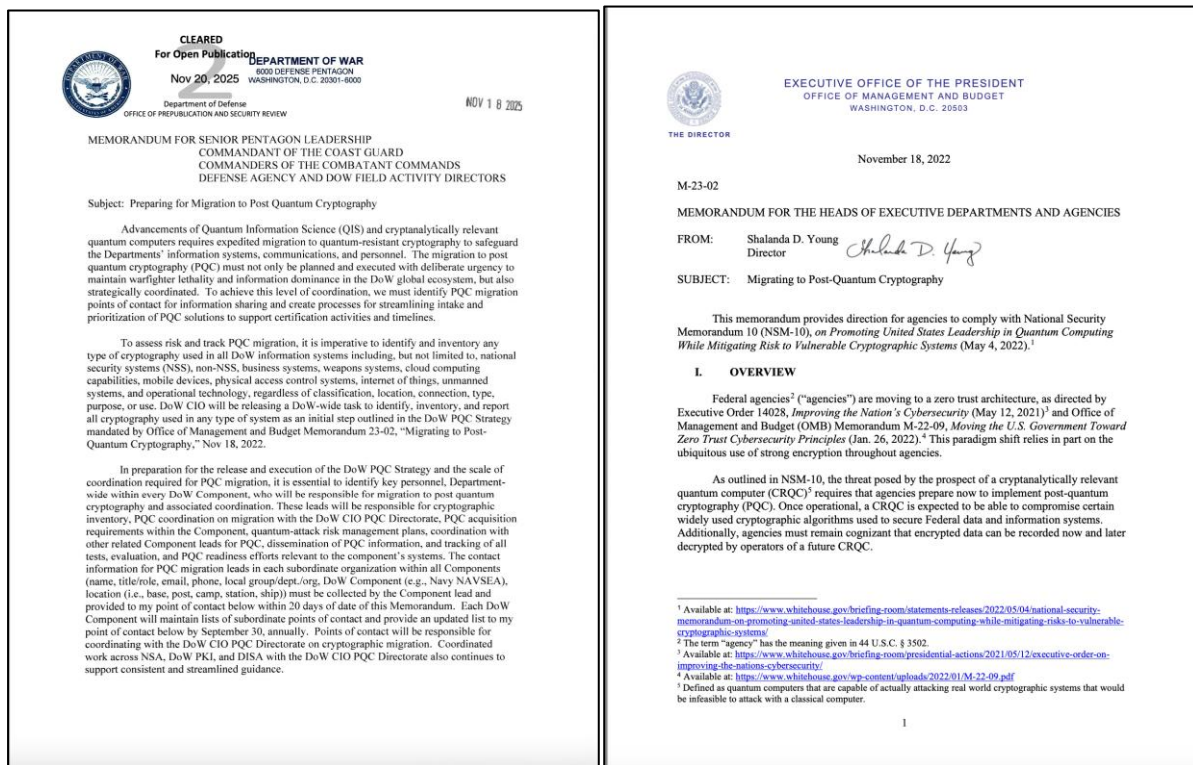
---

<sup>49</sup> <https://nsm.no/getfile.php/1314791-1759326766/NSM/Files/Dokumenter/Rapporter/NSM%20Temarapport%20Kvanteresistent%20kryptografi.pdf>

<sup>50</sup> <https://nsm.no/fagomrader/digital-sikkerhet/kryptosikkerhet/kvantemigrasjon/kvantemigrasjon-veileder/kvantemigrasjon/>

<sup>51</sup> <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/08/nist-releases-first-3-finalized-post-quantum-encryption-standards>

<sup>52</sup> <https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2022/05/04/national-security-memorandum-on-promoting-united-states-leadership-in-quantum-computing-while-mitigating-risks-to-vulnerable-cryptographic-systems/>



Figur 6. Styringsdokument som pålegger forsvarsgrener i USA å forberede migrasjon til post-kvantekryptografi

NIS-direktivet gjennomføres i Norge gjennom ny lov om digital sikkerhet, som pålegger virksomheter å iverksette nødvendige tiltak for å oppnå et forsvarlig sikkerhetsnivå. Sektormyndigheter og sektortilsyn vil få en sentral rolle i oppfølgingen, og departementene kan utpeke kompetente myndigheter med ansvar for tilsyn og veiledning tilpasset den enkelte sektors egenart.

EUs Network and Information Systems Cooperation Group<sup>53</sup>, der NSM er representert, publiserte i 2025 et veikart<sup>54</sup> for migrasjon til kvantesikker kryptografi. Veikartet fastsetter at medlemslandenes kritiske systemer skal være migrert til kvantesikre kryptografiske standarder innen 2030, og at hvert medlemsland innen 2026 skal ha etablert nasjonal strategisk og sektorspesifikk koordinering gjennom et nasjonalt veikart. Dette innebærer blant annet:

- Identifisering og involvering av relevante nasjonale interessenter og myndigheter
- Kartlegging av teknologiske, organisatoriske og regulatoriske avhengigheter
- Koordinert identifikasjon av kvantesårbare systemer for kommunikasjon og databehandling

Kvantetrusselen mot kryptografi reiser flere sentrale problemstillinger. For det første innebærer vurderingen av at sannsynligheten for en kryptoanalytisk relevant kvantedatamaskin ikke lenger er neglisjerbar, en iboende usikkerhet. Tidshorisonten for når en slik maskin faktisk kan realiseres er fortsatt beheftet med betydelig faglig og teknologisk usikkerhet. Dette skaper et spenningsforhold

<sup>53</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis-cooperation-group>

<sup>54</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/coordinated-implementation-roadmap-transition-post-quantum-cryptography>

mellom behovet for tidlig og omfattende tiltak, og risikoen for å binde ressurser til løsninger som kan vise seg å være premature eller måtte revideres i lys av ny kunnskap. Videre er det en asymmetri mellom sannsynlighet og konsekvens. Selv om tidspunktet for realisering er usikkert, er konsekvensene ved manglende forberedelse potensielt irreversible, særlig i lys av kravene til langtidsbeskyttelse av gradert informasjon. Dette tilsier at tradisjonelle risikomodeller, som vektlegger sannsynlighet høyt, kan være utilstrekkelige, og at føre-var-prinsippet må tillegges større vekt enn normalt i kryptografisk planlegging. En annen sentral problemstilling gjelder kompleksiteten i kvantemigrasjon. Overgangen til kvanteresistent kryptografi fremstår ikke primært som en teknologisk utskifting, men som en omfattende systemisk endring som berører arkitektur, livssyklusforvaltning, leverandørkjeder, sertifiseringsregimer og operativ drift. Migrasjon impliserer også et behov for organisatorisk modenhet og kompetanse som ikke nødvendigvis er til stede i alle sektorer. Dette reiser spørsmål om gjennomføringsevne, særlig i virksomheter med komplekse og aldrende systemporteføljer. Videre aktualiseres et styringsmessig dilemma knyttet til tempo og koordinering. Internasjonale veikart, herunder EUs målsetting om migrasjon innen 2035, legger et betydelig tidspress på nasjonale aktører. Samtidig må migrasjonen gjennomføres på en måte som ivaretar kontinuitet, interoperabilitet og sikker drift. Risikoen for fragmenterte eller ukoordinerte tiltak øker dersom sektorer eller virksomheter beveger seg i ulikt tempo eller tolker kravene forskjellig. Selv om nye post-kvante-standards nå er etablert, finnes det alltid risiko for senere sårbarheter, implementeringsfeil eller behov for ytterligere migrasjon. Dette understreker betydningen av kryptoagilitet og kontinuerlig forskning, både på kryptografi og tekniske spørsmål relatert til migrasjon, som en integrert del av det langsiktige sikkerhetsarbeidet. Samlet sett fremstår kvantemigrasjon som et langvarig strategisk risikohåndteringstiltak hvor utfordringen ikke bare ligger i å ta i bruk nye kryptografiske standarder, men i å etablere strukturer, kompetanse og styring som gjør samfunnet i stand til å håndtere kvantemigrasjon.

## 9 Internasjonalt samarbeid

### 9.1 Behovet for internasjonalt samarbeid

Kvanteteknologi utvikles i et globalt kappløp der tempoet og kompleksiteten gjør det umulig for enkeltland å bygge økosystemet alene. Norge har sterke forskningsmiljøer og en voksende industriell interesse, men ressursgrunnet er begrenset sammenlignet med stormakter og større økonomier. Et komplett kvanteøkosystem krever betydelige investeringer i infrastruktur, tilgang på kompetanse og finansiering, samt industriell kapasitet – områder der Norge alene ikke kan matche de globale lederne.

Internasjonalt samarbeid gir tilgang til tre kritiske faktorer: kompetanse, infrastruktur, og markeder. Gjennom partnerskap kan norske aktører delta i banebrytende forskning, dele kostnader for kapitalkrevende infrastruktur som kvantedatamaskiner og testmiljøer, og sikre markedsadgang for norske løsninger. Erfaringer fra andre små land viser at dette er en nødvendig strategi. Nederland har bygget en sterk posisjon gjennom tett integrasjon i EUs Quantum Flagship og etablering av QuTech som et internasjonalt knutepunkt for kvanteforskning. Finland har kombinert nasjonal satsing med nordisk og europeisk samarbeid, og har lyktes med å tiltrekke seg investeringer og utvikle

kvantehardware i samarbeid med globale aktører. Disse eksemplene viser at små land kan oppnå global relevans bl.a. ved å være proaktive i internasjonale nettverk.

For Norge er behovet presserende fordi kvanteteknologi har strategisk betydning for både industri og nasjonal sikkerhet. Uten internasjonalt samarbeid risikerer vi å havne i en posisjon der norske aktører blir rene brukere av teknologi utviklet andre steder, med begrenset mulighet til å påvirke standarder, sikkerhetsrammer og markedsvilkår.

## 9.2 Nordisk samarbeid som strategisk plattform

Norden har unike forutsetninger for å etablere seg som en samlet “kvanteregion”. Felles verdigrunnlag, høy grad av tillit og komplementære kapasiteter innen forskning, industri og digital infrastruktur gir regionen et konkurransefortrinn internasjonalt.

*Nordisk deklarasjon for kvanteteknologi*<sup>55</sup> ble inngått av de nordiske statslederne for å styrke samarbeid på tvers av utdanning, infrastruktur, finansiering, regulering og kommersialisering. Deklarasjonen konkretiserer visjoner og felles mål for å promotere Norden som en samlet aktør i global kvantepolitikk, og gir viktige premisser for videre arbeid. Deklarasjonen utpeker samarbeid innen følgende områder:

- Styrke vitenskapelige og utdanningspartnerskap for å utvikle kompetanse og fremme innovasjon innen kvanteteknologi i Norden.
- Samarbeid om finansiering, vurdere felles ordninger og utnytte EU- og privat kapital.
- Følge regelverksutvikling og fremme et etisk rammeverk for ansvarlig bruk av kvanteteknologi.
- Øke innsats for kommersialisering for å modne nordiske kvanteløsninger raskere i markedet.
- Sikre robuste verdikjeder med standarder for interoperabilitet, personvern, sikkerhet og brukervennlighet.
- Støtte realisering av den europeiske kvanteerklæringen.
- Profilere Norden som attraktivt for kvantebedrifter og investeringer, og vurdere et nettverk for samarbeid og partnerskap.
- Styrke koordinering om kvantesikkerhet for å redusere risiko og samtidig bevare innovasjonsevne.
- Bruke nordiske og internasjonale rammeverk som NordForsk, NORDEFECO og NATO for samarbeid på relevante områder.
- Utvikle globale partnerskap med like-sinnede nasjoner for ansvarlig teknologiutvikling, standardisering og sikre forsyningskjeder.

Norske aktører inngår fra før i en rekke nordiske samarbeidsprosjekter og flere er etablert innenfor kvantefeltet. Enkelte relevante samarbeid nevnes her, uten at oversikten kan regnes som komplett.

---

<sup>55</sup> Hentet fra valtioneuvosto.fi: [Joint statement by the Nordic Prime Ministers and Heads of Government on quantum technologies](#)



*The Nordic Quantum Network* er nylig etablert som paraplyorganisasjon foreløpig driftet under Nordita<sup>56</sup> Nettverket skal legge til rette for og styrke aktiviteter innen kvanteforskning og teknologi på tvers av regionen, støtte samarbeid, utdanning og kommunikasjon med overordnet mål om Norden som ledende region for kvanteforskning og innovasjon<sup>57</sup>.

*UiO og Niels Bohr Institutt* – Samarbeid inngått våren 2024 mellom UiB og Niels Bohr Instituttet med mål om å styrke norsk satsing på kvanteteknologi gjennom forskning og utdanning. Avtalen omfatter forskermobilitet og utveksling, felles utdanningsløp for bachelor- og doktorgrad, delte stillinger og tettere forskningssamarbeid, samt tilgang til forskningsinfrastruktur som MiNaLab.

*Nordic Quantum Life Science Roundtable*<sup>58</sup> – en tverrfaglig møteplass siden 2021 som samler forskere, klinikere, industri og beslutningstakere. Arrangementet alternerer mellom de nordiske landene og fremmer bruk av kvanteteknologi innen livsvitenskap og helse.

*ReCIN* – pilotprosjekt for resiliens i kritisk infrastruktur – støttet av Nordic Innovation<sup>59</sup>, samler aktører fra Danmark, Finland og Sverige<sup>60</sup>. Prosjektet kartlegger brukstilfeller med fokus på kvanteteknologi for sikring av viktig infrastruktur, med sikte på større fullskala prosjekter fra 2026.

*Nordic Chip Collaboration*<sup>61</sup> – etablert i 2024 av Nordic Innovation i samarbeid med Business Finland, Business Sweden og Innovation Norway. Målet er å styrke halvlederindustrien i Norden gjennom kunnskapsdeling, felles prosjekter og kapitalmobilisering<sup>62</sup>.

The Global Institute on Innovation Districts (GIID) og samarbeider strategisk Oslo Science City har strategisk samarbeid med Stockholm Science City og Innovation District Copenhagen, hvorav sistnevne

I tillegg er det verdt å nevne den voksende betydningen av det nordiske HPC-samarbeidet (bl.a. via EuroHPC<sup>63</sup>, NCC-Norway<sup>64</sup> og Nordic HPC Summit<sup>65</sup>), som inkluderer temaer som avansert databehandling og AI-teknologier som kompletterer kvantesatsingen.

Som et ledd i partnerskapsbygging lanseres også et *Nordic Investor Forum* under intensjonsavtalen fra 2025, som målsetter å koble investorer med kvanteprosjekter for å sikre kapital til fremtidige

---

<sup>56</sup> Hentet fra nordita.org: [Nordic Quantum | Nordita: The Nordic Institute for Theoretical Physics](#)

<sup>57</sup> Hentet fra nordforsk.org: [Current Landscape of Quantum Technology Research in the Nordic Region | NordForsk](#)

<sup>58</sup> Hentet fra quantumlifescience.se: [History Quantum Life Science in the Nordics](#)

<sup>59</sup> Hentet fra nordicinnovation.org: [Resilient Critical Infrastructures for the Nordics | Nordic Innovation](#)

<sup>60</sup> Kongsberg Discovery deltar i Advisory Board.

<sup>61</sup> Hentet fra nordicchipcollaboration.com: [About - Nordic Chip Collaboration](#)

<sup>62</sup> Mer om relevans av halvlederteknologi under kapittel 10.2. Flere paralleller og grenseganger kan trekkes til kvanteteknologi

<sup>63</sup> Hentet fra eurohpc-ju.europa.eu: [The European High Performance Computing Joint Undertaking \(EuroHPC JU\)](#)

<sup>64</sup> Hentet fra hpc-portal.eu: [NCC Norway - The Norwegian Euro Competence Centre](#)

<sup>65</sup> Hentet fra nordichpcsummit.enccs.se: [Nordic HPC Summit 2025](#)

satsinger. Dette er et viktig skritt mot å skalere regionale initiativer fra pilotstadiet til kommersiell anvendelse.

Fordelene ved en nordisk plattform er flere: felles investeringer i infrastruktur, koordinert kompetanseutvikling, og en samlet stemme i internasjonale fora. Dette gir økt forhandlingskraft overfor EU og globale aktører, og kan bidra til å redusere risikoen for at Norden blir fragmentert i møte med større markeder. Et sterkt nordisk samarbeid kan også fungere som en bro til EU-programmer og styrke regionens posisjon i standardiseringsprosesser.

En forutsetning for nordisk samarbeid er en sterk og tydelig nasjonal koordinering.

## 9.3 Nøkkelpartnere utenfor Norden

Norge bør målrette internasjonalt samarbeid mot strategiske allierte og teknologisk ledende nasjoner i kvantefeltet. Følgende land fremstår som særlig relevante – både for forskningssamarbeid, markedstilgang og styrking av Norges posisjon i globale standardiserings- og sikkerhetsarenaer.

**EU-land (UK, Tyskland, Nederland, Frankrike m.fl.):** Storbritannia var tidlig ute som kvantesatsende nasjon og har sterk FoU-infrastruktur med fire nasjonale kvantesentre og flere oppstartsbedrifter. Etter sin EU-exit søker UK samarbeid globalt og styrket bl.a. nylig sitt partnerskap med Tyskland innen kvante med felles finansiering av forskning og samarbeid innen standardisering som vil styrke det intranasjonale samarbeidet både mellom akademia og industri <sup>66</sup>.

Tyskland satser tungt på kvanteteknologi med et fokus på kvantedatamaskiner og kvantenettverk.

Frankrike har gjort kvanteteknologi til en nasjonal prioritet med tilsvarende tung satsing som Tyskland. Frankrike har en sterk startup-kultur. Søker globale samarbeid og har nylig inngått strategisk kvantesamarbeid med Singapore <sup>67</sup>.

Nederland er en kvanteteknologi-hotspot i Europa til tross for sin størrelse. Utmerker seg spesielt innen kvante-internett og kommunikasjon inkludert post-kvante kryptografi. Har et åpent og internasjonalt økosystem og lykkes med å tiltrekke internasjonal kompetanse og bedrifter.

**USA:** USA er verdensledende innen kvantedatamaskiner og kommersiell satsing. Forskningsrådet har tidligere pekt på USA som det viktigste enkeltlandet for norsk FoU-samarbeid utenfor Europa, med brede temaer inkludert sikkerhet og teknologi <sup>68</sup>. Norge kan bygge videre på eksisterende rammeverk innen mineral- og teknologiområdet – for eksempel avtalen om kritiske mineraler fra 2024, som legger grunnlag for tettere forsknings- og industrikoblinger.

---

<sup>66</sup> Hentet fra [openaccessgovernment.org: UK and Germany deepen science and technology partnership with £14 million quantum boost](https://openaccessgovernment.org/uk-and-germany-deepen-science-and-technology-partnership-with-14-million-quantum-boost/)

<sup>67</sup> Hentet fra [thequantuminsider.com: French National Quantum Update: June 2025](https://thequantuminsider.com/french-national-quantum-update-june-2025/)

<sup>68</sup> Hentet fra [forskningssamarbeid.no: Forskningssamarbeid utenfor EU/EØS](https://forskningssamarbeid.no/forskningssamarbeid-utenfor-eu/eos/)

**Canada:** Canada har en av verdens fremste kanteforskningsnasjoner med voksende kvanteindustri. I november 2025 inngikk Canada og Danmark intensjonsavtale om kvantesamarbeid med fokus på åpen datadeling, tverrfaglig forskning og viktige samfunnsområder som helse og klima. Eksisterer betydelig samarbeid på forskningssiden innen en rekke felt inkludert marin, energi, miljø og klima.

**Japan:** Dramatisk oppskalering av satsing i 2025 med fokus på omsetting av forskning til industrielle løsninger og økonomisk vekst. Japan satser bl.a. på hybride kvante-høyytelses-maskiner i tillegg til rene kvantedatamaskiner. Japan har interesse for sensorsystem for marin teknologi som potensielt kan være en av Norges styrker innen kvanteteknologi. Japan kan også være et vesentlig marked for programvare og algoritmeløsninger (for eksempel optimalisering og kvantemaskinlæring).

**Sør-Korea:** Mål om å bli et globalt knutepunkt for kvanteøkonomien innen 2035. Satser bl.a. på egenutviklet kvantedatamaskiner, kvanteinternett, og avanserte kvantesensorer integrert i forsvarssystemer. Skal utdanne 2 500 kjernepersonell og etablere 1 200 kvanteteknologiselskap. Marin teknologi er også relevant for Sør-Korea, og representerer et krevende men prestisjetungt marked.

**Singapore:** Singapore har posisjonert seg som en raskt voksende aktør innen kvanteteknologi. Landets National Quantum Office har nylig inngått et strategisk partnerskap med Quantinuum om Helios-systemer<sup>69</sup>, som skal være direkte tilgjengelige i Singapore innen 2026. I tillegg har Singapore signert en intensjonsavtale (MoU) med Sverige om samarbeid innen kvanteforskning, noe som signaliserer en åpning for flere nordiske relasjoner i regionen. Dette gir Norge en mulighet til å dra nytte av slike forbindelser for økt tilgang til kompetanse, infrastruktur og markeder.

**Felles finansieringsmuligheter:** Innenfor EU finnes en stor mengde fellesprogrammer og midler som er tilgjengelig for norske aktører. NFR har samarbeidsavtaler (Money Follows Cooperation – MFC) med flere utenlandske forskningsråd som gjør det mulig for norske aktører å motta midler fra utenlandske forskningsråd når de samarbeider med utenlandske prosjektansvarlige, deriblant Japan, Nederland, Sveits, Sør-Korea, Storbritannia og Tyrkia<sup>70</sup>. Forskningsrådet finansierer norsk deltakelse i QuantERA, en utlysning for transnasjonale prosjekter med 40 medlemsland, I Norden lyser NordForsk og Nordic Innovation ut midler til felles-nordiske forsknings- og innovasjonsprosjekter. Det næringsrettede EUREKA-programmet har også utlysninger rettet mot anvendt kvanteteknologi.

## 9.4 Forsvarsperspektivet

Kvanteteknologi har strategisk betydning for nasjonal sikkerhet og forsvar som påpekt tidligere i rapporten, kapittel 5 og 7. Dette gjør internasjonalt samarbeid med allierte avgjørende, både for å sikre tilgang til teknologi og for å utvikle felles standarder som ivaretar sikkerhet og interoperabilitet. Norge deltar i NATO-samarbeid om fremvoksende teknologier, der kvanteteknologi er identifisert som et prioritert område. En helhetlig tilnærming vil redusere kostnader, styrke innovasjon og sikre at

---

<sup>69</sup> Hentet fra quantinuum.com: [Introducing Helios: The Most Accurate Quantum Computer in the World](#)

<sup>70</sup> Hentet fra forskningsradet.no: [Hvordan virker Money Follows Cooperation?](#)

Norge kan bidra til felles forsvarsevne. For en mer detaljert drøfting av koblingen mellom sivile og militære initiativer se kapittel 7.

## 9.5 Samarbeidsmodeller og virkemidler

For å realisere verdien av internasjonalt samarbeid må Norge ta i bruk fleksible og målrettede modeller som dekker hele verdikjeden fra grunnforskning til kommersialisering. Følgende tilnærminger er pekt på flere steder i rapporten og er sentrale:

**Felles forskningsprosjekter:** Internasjonale konsortier gir tilgang til kompetanse og infrastruktur som Norge ikke kan bygge alene. Deltakelse i programmer som Horisont Europe, EUREKA og EUs Quantum Flagship er avgjørende for å sikre norsk tilstedeværelse i strategiske prosjekter. Bilaterale avtaler med nøkkelpartnere kan supplere EU-tilgangen og gi rom for felles utlysninger og deling av forskningsdata.

**Mobilitetsordninger:** Utveksling av forskere, studenter og industrispesialister styrker kompetanseflyten. Ordninger som Marie Skłodowska-Curie Actions<sup>71</sup> og nasjonale stipendprogrammer kan kombineres med nordiske initiativer for å bygge et robust talentnettverk. Mobilitet er særlig viktig for små land som Norge, der kritisk kompetanse må hentes inn og deles raskt.

**Deling av infrastruktur:** Kvantedatamaskiner, testbed-er og avansert komponentproduksjon krever investeringer i milliardklassen. Norge bør inngå avtaler om tilgang til internasjonale kvanteinfrastrukturer, samtidig som vi bidrar med komplementære ressurser (f.eks. høytytelsesberegning, krypteringskompetanse). Nordisk samarbeid gir en naturlig plattform for felles tilgang til og investeringer i infrastruktur.

**Offentlig-privat samarbeid:** Internasjonale partnerskap bør inkludere industrien tidlig. Felles utviklingsprosjekter mellom norske bedrifter og globale aktører kan akselerere kommersialisering og gi norske selskaper tilgang til internasjonale markeder.

Et viktig område er tilgang til kapital. Etablering av et Nordic Investor Forum, som skal koble kapital med kvanteprosjekter i regionen og tilrettelegge for internasjonale co-investeringer, vil være et sentralt tiltak.

**Standardisering:** Aktiv deltakelse i internasjonale standardiseringsorganer (ISO, ETSI) og sikkerhetsfora er nødvendig for å påvirke rammeverk som vil styre kvanteteknologiens bruk. Norge bør prioritere tidlig involvering for å sikre interoperabilitet og ivareta nasjonale interesser.

**Juridiske, sikkerhetsmessige og regulatoriske hensyn:** Kvanteteknologi har en tydelig flerbrukskarakter, med anvendelser både i sivile og militære kontekster. Dette utløser strenge krav til eksportkontroll, sikkerhetsklarering og håndtering av immaterielle rettigheter. Norske aktører må navigere komplekse regelverk som EU's kontrollordninger og nasjonale sikkerhetslover, samtidig som

---

<sup>71</sup> (eksempel) Hentet fra uib.no: [Marie Skłodowska-Curie Actions \(MSCA\)](#)

de sikrer åpenhet for forskning. Internasjonale partnerskap krever tillit. Deling av teknologi og data kan innebære risiko for spionasje eller uønsket teknologioverføring, selv om norsk kvanteteknologi og forskning anses å ha en lav risiko ved eksponering mot utenlandske aktører, se kapittel 7.3. Dette stiller krav til robuste avtaler, sikkerhetsprotokoller og tett koordinering med nasjonale myndigheter. NATO og EU har allerede identifisert kvanteteknologi som en kritisk teknologi med høy sikkerhetsprioritet.

**Koordinering:** Tydelig norsk koordinering er sentralt for å sikre strategisk samhandling og styrke Norges internasjonale posisjon innen kvanteteknologi, med behov for mekanismer som kan koble norske fagmiljøer til relevante nordiske og europeiske initiativer, programmer og partnerskap. EU og EØS-samarbeidet

EU har lansert en ambisiøs strategi for å bli global leder innen kvanteteknologi innen 2030, med fem pilarer: forskning og innovasjon, infrastruktur, økosystem, rom- og forsvarsteknologi, og kompetanse. Strategien følges opp med et lovverk – den kommende EU Quantum Act – som vil etablere felles rammer for investeringer og styrke EUs indre marked. Norge, som ikke EU-medlem, risikerer begrenset tilgang til finansieringsordninger og styringsfora og kan møte utfordringer når EU beveger seg mot ett integrert marked.

EUs nye tollregler viser at når EU ønsker å beskytte sitt indre marked, kan det innføres tiltak som gjør det vanskeligere for aktører utenfor EU å konkurrere på like vilkår. Dersom tilsvarende mekanismer innføres for kvanteteknologi – for eksempel krav om «kjøp europeisk» eller restriksjoner på eksport av kritiske komponenter – kan Norge oppleve betydelige barrierer. Dette kan påvirke ikke bare næringsliv, men også tilgang til viktig infrastruktur for forskning og utvikling.

For å møte utfordringene og utnytte mulighetene kan vi arbeide proaktivt gjennom flere spor. Det innebærer å utnytte EØS-mekanismene fullt ut og sikre god deltakelse i relevante EU-programmer, samtidig som vi styrker bilaterale avtaler med både EU-land og strategiske partnerskap utenfor EU. Nordisk samarbeid vil gi en plattform for å stå sterkere samlet i regionen. I tillegg bør vi være tidlig ute i internasjonale standardiseringsprosesser og delta aktivt i sikkerhetsdialoger, slik at vi kan bidra til å forme rammeverk og løsninger som ivaretar Norske interesser.

## 10 Forslag til prioriterte områder

### 10.1 Utnytte nasjonale fortrinn

Bransjer og områder som fremheves av de nasjonale forskningsmiljøene som spesielt lovende for utviklingen av kvanteteknologifeltet nasjonalt er behandlet i kapittel 2.5.

I arbeidet med underlaget har det utkrystallisert seg to områder hvor Norge kan sette prioritet. Dette er *sensor teknologi og kvanteberegning* (software/algoritmer), som begge kan gi store gevinster innen flere norske næringer. Gjennom tett samarbeid mellom kvantemiljøer og sterke norske næringer, vil et slikt samarbeid skape et naturlige konkurransefortrinn. Strategien bør ikke låse teknologivalg, men angi en tydelig retning som forskningsbasert, måldrevet, med norsk næringsliv sentralt plassert og

som bidra til løsninger på utfordringer og muligheter innenfor nasjonalt prioriterte områder som marin og maritim virksomhet, havrom, energi, helse, klima og miljø. Både EU og NATO har fremhevet kvanteteknologi som et strategisk viktig område for sikkerhet og forsvar, og teknologien må antas å få sterk betydning for disse sektorene også for Norge.

Basert på grunnlaget anbefaler vi at Norge ikke satser på utvikling av kvanteberegningshardware eller kvantekommunikasjon som egne teknologispør. Dette utelukker imidlertid ikke å utvikle norsk leverandørindustri innenfor disse områdene.

Som en fremvoksende teknologi er det avgjørende å vurdere hvordan det eksisterende norske næringslivet kan dra nytte av mulighetene som oppstår. Dette innebærer ikke bare å identifisere områder der teknologien kan skape verdi, men også å se på hvilke sektorer som er spesielt interessante med tanke på nasjonale fortrinn og strategiske prioriteringer. En slik tilnærming bør gjøres fortløpende for å sikre at Norge kan utnytte sine styrker og posisjonere seg konkurransedyktig i et globalt marked. Basert på Norges posisjon innen kvanteteknologi i dag vil vi peke på noen næringslivsområder:

Maritim, arktiske, havrom og romfart er områder der Norge har lange tradisjoner og høy bransje kompetanse. Dette kan omfatte GPS-uavhengig navigasjon for autonome fartøy og AUV-er basert på atomgyroskop og akselerometre, magnetisk navigasjon og gravimetrisk sensorer. Innen kvanteverden omtales dette ofte som en «QS PNT-stack» (Quantum Sensing Positioning, Navigation and Timing stack), som kombinerer flere typer kvantesensorer og metoder for å levere presis posisjonering, navigasjon og tidsreferanse uten GPS-avhengighet. Flerbrukspotensialet åpner for flere anvendelser innenfor sikkerhets- og forsvarsområdene, og kan sette Norge i en posisjon som teknologileverandør mot disse sektorene internasjonalt hvis vi kommer på innsiden av EU- og NATO-nettverk.

En kombinasjon av disse flere kvanteteknologiene gir unike løsninger:

- Atomgyroskop og akselerometre: Gir ekstremt nøyaktig treghetsbasert navigasjon ved å måle rotasjon og akselerasjon basert på kvantemekaniske prinsipper.
- Magnetisk navigasjon: Bruker jordens magnetfelt som referanse for posisjonering, nyttig i GPS-frie miljøer.
- Gravimetrisk PNT: Utnytter variasjoner i gravitasjonsfeltet for å bestemme posisjon.
- Atominterferometri og NV-sensorer(akselerometer/gyroskop): Avanserte kvantesensorer som også kan gi høy presisjon i krevende miljøer som havrom og arktiske områder.

Formålet er å sikre robust navigasjon og timing i situasjoner der GPS er utilgjengelig eller upålitelig, for eksempel under vann, i polare strøk eller i militære operasjoner.

Andre kvanteteknologier som kan være interessante for disse sektoren inkluderer:

- Sikker kommunikasjon mellom undervannsplattformer, autonome fartøy (AUV) og landbaserte systemer gjennom kvantebasert utveksling av krypteringsnøkler under vann.

- Rute- og hastighetsoptimalisering innen maritim sektor (drivstoff, ETA, last, IMO-regler).

Her vil de norske klyngene Ocean Autonomy Cluster<sup>72</sup>, Norwegian Space Cluster<sup>73</sup> Nordsec<sup>74</sup> sammen med Kongsberg Gruppen kunne bidra med å kunne de akselerere piloter for kvantebasert navigasjon, kommunikasjon og optimering i både forsvars- og havromssektoren.

Laboratorieinfrastruktur vil være essensielt for å skape grunnlaget for å utvikle denne type kvantesensorikk. For å kunne utvikle mikro og nanoteknologi industrielt, trenger Norge en sterk kunnskapsbase og laboratorieinfrastruktur. En videreutvikling av NorFab og MiNaLab som nøkkelinfrastruktur for prosessering og karakterisering av materialer vil universitetsmiljøene og SINTEF kunne spille en sentral rolle i utviklingen i dette.

Norsk prosess- og materialteknologi kan bære nytte av kvanteberegninger. Kvantestimuleringer (digitale og analoge) og hybride kvante-klassiske algoritmer er i ferd med å bli praktiske verktøy for å modellere elektroniske strukturer, katalytiske mekanismer og materialers egenskaper. Gjennom Eyde Cluster, Future Materials<sup>75</sup> og de norske selskapene som Hydro/Elkem/Yara/Planck Technologies og flere kan kvantestimuleringer i material/kjemi medføre raskere utviklingssykluser, lavere energibruk, og bedre katalysatorer/materialer, noe som er kritisk for norsk eksportindustri.

For å sikre Norges posisjon i den globale kvanteutviklingen må satsingen være kontinuerlig og nært knyttet til næringslivets behov. Strategien bør bygge på nasjonale fortrinn – særlig innen maritim sektor, energi, materialteknologi og grønn omstilling – og prioritere områder der Norge kan skape størst verdi: sensorteknologi og kvanteberegning. Dette gir mulighet til å utvikle løsninger på samfunnskritiske utfordringer og styrke norsk eksportindustri.

En misjonsdrevet tilnærming, kombinert med sterke forskningsmiljøer og industriell kompetanse, vil gjøre det mulig å utnytte kvanteteknologi til robust navigasjon, optimalisering og avanserte materialberegninger. Samtidig bør strategien være fleksibel, slik at leverandørindustri kan vokse også innen områder som ikke er hovedprioriteten akkurat i dag.

## 10.2 Koblingen kvanteteknologi og halvlederindustrien

Utviklingen av deler av kvanteteknologien er tett knyttet til eksisterende teknologi og infrastruktur i halvlederindustrien. Denne koblingen har vært avgjørende for å realisere kvantedatamaskiner, kvantesensorer og tilhørende komponenter.

Finland har etablert seg som en ledende aktør innen kvantedatamaskiner. Dette skyldes i stor grad landets sterke forsknings- og industrimiljø innen kryogenisk kjøling, med selskaper som Bluefors og

---

<sup>72</sup> [Ocean Autonomy Cluster](#)

<sup>73</sup> [Norwegian Space Cluster](#)

<sup>74</sup> [NORDSEC](#)

<sup>75</sup> [Futurematerials](#)

forskning og innovasjon innen halvlederteknologi. Dette har lagt grunnlaget for design og produksjon av IQM sine kvanteprosessorer.

I Tyskland retter tradisjonelle halvlederbedrifter seg inn mot kvanteteknologi som f.eks. Infineon som er kjent for chipdesign, sensorer og produksjon.

EU kobler halvlederutlysninger med kvanteteknologiutlysninger gjennom Chips Joint Undertaking (Chips JU), som er en sentral del av Chips for Europe-initiativet (i Norge CC-NorChip ). Chips JU har som mål å styrke Europas strategiske autonomi innen elektroniske komponenter og systemer ved å finansiere både tradisjonelle halvlederprosjekter og banebrytende teknologier som kvantechips. Halvlederteknologi og kvanteteknologi inngår i samme flerårige arbeidsprogram, der pilotlinjer for avanserte halvledere og kvantechips utvikles parallelt. Ved å integrere disse satsingene i én felles ramme, sikrer EU synergier mellom klassisk og kvantebasert chip-produksjon, og legger grunnlaget for en europeisk verdikjede som kan møte fremtidige behov innen høytytelsesberegning, kunstig intelligens og sikkerhet.

Norske Lace Lithography er et annet eksempel som opererer i grensesjiktet mellom halvleder- og kvanteteknologi.

Kvantesensorer, på lik linje med kvantedatamaskiner, drar stor nytte av den etablerte infrastrukturen og kompetansen i halvlederindustrien. Produksjon av kvantesensorer krever presisjonsfremstilling av komponenter, avansert materialteknologi og integrasjon med elektroniske systemer – områder der halvlederteknologi allerede har sterke industrielle prosesser og standarder. Denne synergien gjør det mulig å skalere utviklingen av kvantesensorer ved å bruke eksisterende pilotlinjer og produksjonsanlegg for halvledere, samtidig som man tilpasser dem til kvanteteknologiske krav som f.eks. kryogenisk kjøling og nanofabrikking. EU har anerkjent dette gjennom Chips Joint Undertaking, hvor halvleder- og kvanteteknologier inngår i samme strategiske rammeverk.

Norge har allerede relevant infrastruktur gjennom SINTEF MiNaLab og NorFab, som gir et solid grunnlag for å bygge nasjonal kapasitet innen kvanteteknologi. Disse ressursene kan utvides for å støtte industri, akademia og oppstartsbedrifter, og dermed styrke Norges posisjon i globale verdikjeder for både kvanteprosessorer og kvantesensorer.



## 10.3 Potensiale for nye områder og markeder

Fremveksten av nye teknologier har historisk endret samfunn og skapt nye markeder og forretningsmodeller. Man kan derfor anta at det ikke er usannsynlig at nye aktører vil oppstå og områder som i dag ikke finnes vil kunne få stor betydning i en annen fremtidig teknologisk virkelighet. Internasjonalt anerkjente aktører som EU, OECD og USA beskriver at vi nå står overfor en fjerde teknologisk revolusjon, drevet av banebrytende teknologier som har potensial til å forårsake omfattende endringer i samfunn og næringsliv. Kvanteteknologi er en av disse. Landene som lykkes i å utnytte potensialet i kvanteteknologi, vil også ha gode forutsetninger for å lede an i økonomisk vekst, produktivitetutvikling og næringsutvikling. Den ligger en stor utfordring i at slike disruptjoner vil være vanskelig å forutsi, og aktørbildet og utviklingsløpet vil være så usikkert at det vil kreve en høy grad av risikovilje og evne til å navigere i usikre og omskiftelige omgivelser, med både betydelig oppside og nedside.

Industrisektorer med potensiale for utnyttelse av kvanteprogramvare

- Finans og bank
- Farmasi og legemiddelutvikling
- Kjemi og materialvitenskap
- Energi og energiforsyning
- Bilindustri og luftfart
- Logistikk og forsyningskjede
- Helse og genetikk
- Telekommunikasjon
- Produksjon og Industri
- Klima- og miljømodellering

Selv om et slikt teknologiskifte, som utviklingen av kvantefeltet representerer, må modnes over tid kan markedsposisjoner endres raskt, og tidsvinduet for å gripe teknologiske og økonomiske muligheter kan være begrenset. Svaret på denne utfordringen er at det teknologinære næringslivet, virkemiddelapparat, finansielle institusjoner osv. er risikovillige, har evnen til å agere raskt og fremmer en kultur som konverterer endringer og usikkerhet til nye muligheter verdiskaping.

For at norsk industri skal kunne dra nytte av kvanteprogramvare, er det avgjørende at industrien selv identifiserer relevante problemstillinger og tar initiativ. En viktig erfaring fra oppstartselskaper, som det danske firmaet Qpurpose, er at utvikling av slike løsninger er tidkrevende. Qpurpose utviklet en algoritme for Jyske Bank over nærmere tre år for handel med verdipapirer. Løsningen kjører i dag på klassisk maskinvare og gir verdi for Jyske Bank, mens vesentlige fortrinn er ventet når algoritmen kan kjøre på kvantedatamaskiner<sup>76</sup>.

Andre selskaper, som Phasecraft, arbeider med algoritmer for material-simuleringer. Disse algoritmene vil kreve kvantecomputere som det kan ta mange år før blir tilgjengelige. Når kvantecomputerne er klare, vil imidlertid programvaren allerede være utviklet. Dette illustrerer to viktige tidsaspekter: at tidlig utvikling er tidkrevende, og at man kan starte utviklingen før maskinvaren er ferdig – enten ved å bruke HPC-simulatorer eller andre metoder.

Et tredje aspekt er at kvantealgoritmer ikke er en løsning for alle problemer, men gir fordeler kun innen spesifikke områder. For at kvanteberegning skal gi reell merverdi, må problemene være komplekse, ha høy dimensjonalitet og stille strenge krav til presise beregninger i sanntid. Det er derfor

---

<sup>76</sup> Professor Jørgen Ellegaard Andersen, Director of Centre for Quantum Mathematics, SDU, og grunnlegger/CEO i Qpurpose, på EQTC 2025

avgjørende å identifisere algoritmiske utfordringer der kvantedatamaskiner kan gi et klart konkurransefortrinn sammenlignet med klassiske metoder. Slike utfordringer oppstår typisk i områder hvor beregningskostnadene vokser eksponentielt med problemets størrelse.

For Norge sin del må industrien selv identifisere problemområder der kvantealgoritmer ikke bare er en teoretisk mulighet, men en praktisk nødvendighet for å løse utfordringer som ellers ville vært uoverkommelige med klassiske HPC-systemer. Sentrale norske sektorer som kan bli påvirket av kvanteteknologi er omtalt i kapittel 2.5.

# 11 Mulige nye strukturelle grep og tilnærminger

En vellykket nasjonal satsing på kvanteteknologifeltet vil kreve innsats fra aktører innenfor akademien, næringsliv og offentlig forvaltning, og kompetanse som strekker seg fra teknologisk dybdekunnskap via innovasjonskompetanse til samfunns- og markedsforståelse. Det må etableres modeller som fører til at innsatsen koordineres og styres på måter som tjener både næringslivet og samfunnet for øvrig. Samhandlingen kan skje gjennom styrte etableringer av økosystem av aktører basert på hensiktsmessige modeller og med spesifikke målsettinger. I OECDs 2022 gjennomgang *Towards a new stage in Norway's science, technology and innovation system*<sup>77</sup> pekes det eksplisitt på behovet for eksperimentering med økosystemvirkemidler som svar på utfordringen med å øke konkurransekraften og få opp innovasjonskapasiteten. Draghi-rapporten<sup>78</sup> peker også på at Europa må satse hardere på fremvoksende og banebrytendeteknologier som kvante, men at mangelen på velfungerende økosystemer svekker mulighetene for vellykkede industrialiseringer og kommersialiseringer, slik man har sett i USA.

Det eksisterer flere modeller for etablering av økosystemer som varierer i kompleksitet, størrelse og styringsmekanismer. Nedenfor beskrives noen modeller som kan tjene som inspirasjon for hvordan aktiviteter innenfor en nasjonal satsing på kvanteteknologi kan organiseres. Det er viktig at tiltak som vurderes også ses i sammenheng med et nordisk samarbeid. Internasjonalt og nordisk samarbeid er behandlet spesielt i kapittel 9.

## 11.1 Finsk modell for samfunns- og næringslivsutfordringer

Venturi Ecosystem-programmet<sup>79</sup> tilbyr «ledende selskaper», tilskudd på opptil 20 mill. euro under to betingelser. De må definere et «oppdrag» de har til hensikt å ta fatt på, og de må forplikte seg til å øke utgiftene til FoU utover prosjektets omfang. Selskapene står fritt til å definere sine egne oppdrag.

---

<sup>77</sup> Larrue, P. and R. Santos (2022), "Towards a new stage in Norway's science, technology and innovation system: Improving the long-term plan for research and higher education", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 133, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ce07b7c3-en>.

<sup>78</sup> [https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report\\_en](https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en)

<sup>79</sup> <https://www.businessfinland.fi/en/services/Programs-and-ecosystems/Ecosystems/Leading-ecosystems/>

Eksempler på oppdrag inkluderer en 60 % reduksjon i den maritime industriens klimagassutslipp innen 2030 og revolusjonering av landets legemiddelindustri ved å bruke KI for å fremskynde utviklingen av nye terapier. Disse oppdragene er skissert i 4–5-årige veikart som kan inkludere både nasjonale og internasjonale tiltak.

For å få finansieringen må selskapene rettferdiggjøre relevansen av oppdraget sitt for andre selskaper og forskningsorganisasjoner som de forventer å samarbeide med som en del av et økosystem som skal etableres for å nå målet. Når et selskap registrerer seg for ordningen, forplikter det seg til en tilpasset liste over ytelses- og effektmålinger for oppdraget, og samtykker separat i å øke egne investeringer i FoU. Hvis målene som er fastsatt i avtalen ikke oppnås, trekkes den offentlige finansieringen eller kan til og med be selskapet om å betale den tilbake. Business Finland håndterer ordningen, har lyst midler i flere runder, og mener at ordningen fungerer godt, og forventer at den vil vokse.

**Hvordan ledende selskap-modellen egner seg for kvantefeltet:** Denne modellen hviler tungt på at de ledende bedriftene har sterkt eierskap til konseptet og veikartet økosystemet retter seg etter. Den finske modellen tar utgangspunkt i en stor bedrift med eksisterende forretningsgrunnlag. I dag finnes det få norske bedrifter med etablert industriell tyngde på kvanteteknologi, og til tross for at modenhetsnivået varierer over bredden av kvantefeltet er generelt kvanteteknologiene umodne uten nødvendigvis en tydelig vei mot kommersiell bruk. Forskningsrådet og Innovasjon Norge jobber sammen med relevante norske aktører for å vurdere egnetheten for en norsk variant av modellen.

Modellen er avhengig av at en eller flere tunge bedrifter ser utvikling eller bruk av kvanteteknologi som en del av sin fremtidige kjerneaktivitet, og er villige til å satse på en umoden teknologi som vil utvikle seg i et landskap av usikre forretningsmodeller og aktørrelasjoner i endring. Denne tilnærmingen kan være mer egnet i en situasjon der det allerede er utviklet gode brukstilfeller, og der næringslivet er mer modent for å delta i utvikling av kvanteteknologi.

## 11.2 ARPA-modellen for banebrytende og høyrisiko teknologiutvikling.

Draghi-rapporten trekker spesielt fram ARPA (Advanced Research Projects Agency) som en modell EUs eget innovasjonsprogram bør kopiere for å fremme banebrytende teknologiutvikling. ARPA-program har en lang historie i USA og har vært benyttet for å nå samfunnskritiske eller -nyttige mål satt av myndighetene. Målene vil kreve gjennombrudd som ikke kan nås gjennom inkrementell utvikling på et felt. Myndighetene setter det overordnede nasjonale målet, mens en gruppe utvalgte prosjektledere fra industri, akademia eller forvaltning definerer konkrete mål som skal nås gjennom programmet. Gruppen finner forskere og bedrifter som presumptivt kan levere på målet, og programmet finansieres opp raskt og ubyråkratisk. En ARPA er midlertidig, ofte tverrfaglig, har høy risiko og sannsynlighet for å feile og opererer med høy grad av autonomi.

**Hvordan ARPA-modellen egner seg for kvantefeltet:** Formålet med ARPA-modellen er radikal ny teknologiutvikling som møter samfunnsnytte og gjør myndigheten i stand til å bygge strategisk kapasitet basert på resultatene. Sammenlignet med den finske modellen er risikoen høyere, da målet

er definert av myndighetene og målet er mer mot gjennombrudd enn industriell innovasjon. Organisasjonen er relativt liten, og styringen er basert på fleksibilitet og muligheter som oppstår underveis. En ARPA er eksperimentell, relativt kortvarig og ment å skape nye muligheter og markeder.

Modellen vil sannsynligvis være hensiktsmessig for å bringe kvanteteknologifeltet fremover hvis de nasjonale målene er gode og settes på rett nivå. Utfordringen ligger ikke i egnetheten, men i gjennomføringen og styringen av programmet. Selv om ARPA-program har vært kjørt med suksess i USA siden 1950-tallet er det i Norge og Europa liten erfaring med å etablere denne type økosystem, og den nødvendige ekspertisen for å drive og styre denne type ordninger er ikke bredt etablert, men det finnes unntak i Tyskland i form av deres enhet for gjennombruddsinnovasjon, SPRIND<sup>80</sup> og Nederland og Frankrike vurderer å følge etter<sup>81</sup>. Se nærmere beskrivelse av SPRIND under avsnitt 11.4

## 11.3 Modell for offentlig innkjøp

Nok en komplementær modell er eksemplifisert ved Defense Innovation Unit (DIU) som er underlagt det amerikanske forsvarsdepartementet. Denne enheten har som formål og bygge bro mellom teknologiutvikling og løsninger for produksjon og skalering. Også her er det myndighetene som definerer et mål gjennom å definere et konkret behov. For å møte behovet utlyses det utfordringer til markedet som alle deler av næringslivet kan svare på gjennom løsningsforslag, også oppstartsfirmaer. I løpet av kort tid (uker) velges et lite antall leverandører ut som finansieres opptil et år for å utvikle prototyper for proof-of-concept. Hvis piloten blir vellykket, kan myndigheten kjøpe inn produktet og DIU vil hjelpe bedriften med å skalere opp anskaffelsen. I likhet med ARPA-modellen vektlegges hurtighet og lavere krav til byråkrati og dokumentasjon. Det tyske forsvaret har adoptert den amerikanske DIU modellen og opprettet sin egen innovasjonsenhet for militære formål *kalt Bundeswehr Cyber Innovation Hub*<sup>82</sup>. Denne tjener også som modell for innovasjonsenheter for andre departementer og institusjoner i Tyskland.

**Hvordan DIU-modellen egner seg for kvantefeltet:** DIU har allerede benyttet modellen sin for å løse utfordringer som kan nås ved hjelp av kvanteteknologi i et eget porteføljeprogram, og flere bedrifter er i gang med å utvikle løsninger som kan demonstreres i operasjonelle settinger. Her vil en utfordring ligge i å tilpasse ordningen til norske forhold. I USA er konseptet sterkt knyttet mot militære formål, mens det for norske forhold kan være ønskelig å understøtte og utvikle sivile sektorer og samfunnsområder. Igjen er det usikkerhet ved om kompetansen for å gjennomføre slike program er tilstrekkelig til stede, og om det er mulig å foreta offentlige innkjøp etter en slik mal etter dagens regelverk.

**Modeller må virke sammen:** Én modell eller konsept kan ikke alene ta kvanteteknologifeltet nasjonalt fra en umoden teknologi til kommersielle produkter og verdiskaping. Gjennom arbeidet med den kommende strategien må det nedlegges analysearbeid for å klargjøre hvilke type modeller som

---

<sup>80</sup> <https://www.sprind.org/en>

<sup>81</sup> <https://sciencebusiness.net/news/r-d-funding/industry/france-and-netherlands-mull-own-versions-germanys-sprind-innovation-agency>

<sup>82</sup> <https://www.cyberinnovationhub.de/en/about-us/bundeswehrs-change-agent>

skal iverksettes og hvordan de henger sammen og bygger på hverandre. Det er viktig å anerkjenne ulikheter i rammevilkår, næringssammensetning, kultur og historikk som vil kunne påvirke hvor godt en modell kan implementeres i norsk sammenheng. Det sentrale vil være å identifisere hvilke mekanismer som kan utløse ønskede effekter og søke å utvikle disse innen vår nasjonale kontekst. Uansett hvilke modeller som velges må det bygges nasjonal kompetanse og innsikt i hvordan modellene driftes og resultater forvaltes. I modell-eksemplene ovenfor kommer det også frem at rekkefølgen på tiltakene kan være avgjørende. Enkelte modeller er designet for å bringe teknologifronten fremover via gjennombrudd, noen har som formål å drive næringslivet fremover basert på teknologifronten, mens andre igjen er rettet mot kommersialisering og skalering. Riktig bruk og timing av innovasjonsmodeller kan på en styrt måte bidra til at kvanteteknologi går fra lav teknologisk modenhet til løsninger som bidrar til økt konkurransekraft og verdiskaping.

## 11.4 Modeller for hastighet, forenkling og industrielt samarbeid

Tempo i satsingen på kvanteteknologi er avgjørende for å sikre Norges konkurransekraft og posisjon i et felt som utvikler seg raskt internasjonalt. Vinduet for å ta en ledende rolle er begrenset og uten tilstrekkelig fremdrift risikerer vi å havne bak land som allerede investerer tungt. Mens det globalt har vokst frem et stort antall oppstartsbedrifter innen kvanteteknologi har Norge i liten grad etablert en tilsvarende utvikling. Både etablerte selskaper og gründermiljøer har foreløpig vært tilbakeholdne, noe som gjør at Norge ligger etter i å bygge et økosystem for kommersiell utnyttelse av kvanteteknologi. Strategien må derfor legge til rette for raskere utvikling, implementering og involvering av bedrifter. Her kan Norge dra fordel av andre lands utprøving og erfaring. Kvanteteknologi er en avansert teknologi som det kan være krevende å få tilgang til. Å tenke at man kan 'ta den i bruk når den er klar' kan være risikabelt, fordi geopolitiske forhold og konkurranse om kompetanse kan skape betydelige utfordringer dersom man ikke deltar aktivt i utviklingen.

Det er potensiale for å øke tempoet i norske prosesser og redusere byråkratiske hindre. Et sentralt poeng er å legge til rette for smidige finansieringsmekanismer som kan ta risiko og handle hurtig.

En inspirasjon finner vi i Tysklands SPRIND (Federal Agency for Disruptive Innovation), som er basert på ARPA-modellen som er beskrevet i avsnitt 11.2. SPRIND prioriterer raske tildelinger og lavt byråkrati. I SPRIND sine Challenge-utlysninger er målsetningen å tildele midler til lovende prosjektteam innen to uker etter søknad. Enkle søknadsprosesser og evne til å stoppe prosjekter som ikke leverer er kjennetegn ved ARPA-modellen som SPRIND følger. Effekten er at en mengde radikale idéer fra forskningsmiljøene har kommet frem, og flere prosjekter har utløst videre offentlig og privat finansiering. Erfaringen tyder på at en rask og fleksibel struktur kan akselerere innovasjon samtidig som den tiltrekker seg de beste forslagene. Alternative finansieringsmodeller er nærmere beskrevet i foregående avsnitt.

Regjeringens langtidsplan for forsvarssektoren (Prop. 87 S 2023–2024) poengterer generelt at forbedring og effektivisering er virkemidler for økt gjennomføringsevne. Regjeringen vil styrke samhandlingen mellom sivil og militær sektor og fjerne barrierer som hemmer forskning og innovasjon. FoU-arbeidet i forsvaret har vært preget av uklare prioriteringer, svak strategisk styring og

begrenset samarbeid på tvers av sektorene. Sivile aktører opplever det som krevende å få tilgang til forsvarssektoren, samtidig som virkemidlene i sivil sektor i liten grad utnyttes av forsvarsaktørene. Regjeringen vil derfor forbedre samhandlingen og åpne for bredere deltakelse og innovere sivilt-militært samarbeid.

Langtidsplanen sier at samarbeidet med små og mellomstore bedrifter skal styrkes for bedre å utnytte deres teknologi, kompetanse og innovasjonsevne. FoU-midler til prototyper skal prioriteres etter Forsvarets behov. Bedrifter får støtte til å møte nødvendige sikkerhetskrav, Forsvaret skal legge til rette for økt deltakelse, og regelverket skal praktiseres fleksibelt og vurderes justert ved behov. og for å øke innovasjonsevnen vil regjeringen ta i bruk flere virkemidler og finansieringsordninger, og samle innsatsen i et innovasjonsprogram som skal bidra til at gode ideer kan utvikles, skaleres og tas i bruk.

Det er sannsynlig at vi må tenke nytt rundt samarbeid, styring og forvaltning for å lykkes med kvanteteknologi. Nye konsepter passer ikke nødvendigvis inn i eksisterende strukturer og systemer, og det kan kreve fleksible modeller som legger til rette for tverrsektorielt samarbeid, dynamisk styring og rask beslutningstaking.

Dette innebærer ikke nødvendigvis at finansiering bør flyttes ut av eksisterende strukturer og at nye finansieringsorgan må etableres. Før slike grep vurderes, bør man nøye analysere om optimalisering innenfor dagens rammer kan gi ønsket effekt. Det norske virkemiddelapparatet har betydelige styrker som kombinerer finansiering med kompetanse innen innovasjon, IPR, kapitaltilgang, internasjonalisering og eksport, nettverk og samarbeidsmekanismer. I tillegg har apparatet opparbeidet vesentlig kompetanse, erfaring og systemstøtte for forvaltning av offentlige midler. Å bygge videre på disse fordelene, samtidig som vi utvikler mer smidige prosesser, kan gi en god balanse mellom kontinuitet og fornyelse. Samtidig må vi være åpne for og villige til å etablere nye strukturer dersom det viser seg nødvendig for å oppnå ønsket effekt.

## 11.5 Mobilisering av næringslivet og styrking av kvanteøkosystemet

Innsiktsarbeidet nasjonalt samt dialog med nordiske og internasjonale aktører peker på at Norge fremstår fragmentert på kvantefeltet. Styrking av økosystem står sentralt i samtlige nordiske og Europeiske strategier. For Norge er det naturlig å se til våre nordiske naboer for inspirasjon og lære av konkrete grep for å styrke økosystemet, se bl.a. avsnitt 3.2.

Mobilisering av næringslivet vil være avgjørende. Både etablerte virksomheter og nye aktører må engasjeres. Et slikt løft må foregå over flere dimensjoner og gjerne i ulike faser avhengig av modningsnivå. I Vedlegg: Brukstilfeller (use cases) – fra konsept til nytte, peker vi på viktigheten av å utvikle gode brukstilfeller. Foregående avsnitt adresserer ulike modeller for finansiering og prosjektsamarbeid hvor også næringslivets rolle er en nøkkelfaktor. For at næringslivet skal kunne ta en aktiv del i utviklingen kreves det vesentlig bevisstgjøring og mobilisering. Dette inkluderer tilgang på informasjon og nettverk, kompetanseheving på ledernivå, tilgang til etter- og videreutdanning, tilgang til eksperter, tilgang på samarbeid med academia, risikoavlastning etc., se også kapittel 2.2.

Kapittel 6 adresserer systemiske utfordringer knyttet til økosystemet og flere nasjonale strategier griper inn i disse problemstillingene. Systematisk styring av økosystemet må likevel også være en sentral del av kvantestrategien, hvor rammevilkår, koordinering og samhandling står sentralt.

## 12 Avsluttende betraktninger

Norge har forutsetninger for å ta gode og verdiskapende posisjoner på kvanteteknologifeltet, men at dette vil kreve tydelige valg. Innsatsen i dag er fragmentert, kompetanse- og utdanningskapasiteten begrenset og kommersialiseringen svak sammenlignet med andre nordiske land. En norsk kvantestrategi bør derfor være selektiv, anvendelsesnær og koordinert, med klare prioriteringer basert på nasjonale fortrinn, samfunnsbehov og sikkerhetspolitiske hensyn.

Det er ikke hensiktsmessig å forsøke å dekke hele kvantefeltet, men heller konsentrere ressursene om områder der Norge allerede har styrker og realistiske muligheter for internasjonal posisjonering. Kvantensensorer og kvantemetrologi er gode kandidater. Vi har sterke forskningsmiljøer innen materialer, fotonikk og presisjonsmåling som kan kobles mot anvendelsesområder innenfor maritim sektor, energi, klima, helse og forsvar. Dette vil gi muligheter for tidlige gevinster, industrielle pilotprosjekter og eksportrettede løsninger.

Kompetansemangel fremstår som en betydelig flaskehals for videre utvikling. Den kommende strategien bør inneholde en helhetlig plan for utdanning og kompetansebygging basert på en solid grunnmur av grunnleggende forskning på kvantefeltet. Denne bør omfatte samordnede masterløp innen kvanteteknologi, styrket rekruttering til doktorgrad og postdoktorstillinger, samt målrettede tilbud for livslang læring og etterutdanning. Det er særlig behov for kandidater som kombinerer solid teoretisk forståelse med anvendt kompetanse innen felt som sensorteknologi, algoritmer, programvare og sikker kommunikasjon. Mobilitet mellom akademia, instituttsektor og næringsliv bør fremmes aktivt, og Norge bør arbeide målrettet for å tiltrekke internasjonal toppkompetanse.

Kvantekommunikasjon og post-kvantekryptografi bør behandles som et sikkerhets- og beredskapsspørsmål. Fremtidige kvantedatamaskiner vil utfordre dagens kryptografiske løsninger, og Norge bør derfor utvikle et nasjonalt veikart for overgang til kvanteresistente løsninger frem mot 2030. Dette bør skje i tett samspill med nasjonale sikkerhetsmyndigheter, og europeiske initiativer, og omfatte både kompetansebygging, testinfrastruktur og implementeringskapasitet.

Vi anbefaler en tydelig nasjonal samordning av kvantesatsingen for at universiteter, instituttsektor, næringsliv og offentlige aktører kan samhandle optimalt. Eksisterende sterke miljøer, laboratorier og infrastrukturer bør koordineres, fremfor at det bygges parallelle strukturer.

Overgangen fra forskningsresultater til kommersialisering må styrkes. Strategien bør derfor peke ut veier mot anvendelse og kommersialisering gjennom målrettede virkemidler, tidligfasefinansiering og offentlig etterspørsel. Næringslivet bør involveres tidlig gjennom pilotprosjekter og konkrete brukstilfeller, særlig innen sektorer der Norge har styrker og fortrinn. Vi anbefaler også å vurdere mer fleksible og raske virkemidler inspirert av ARPA- og SPRIND-modeller, for å øke tempo, sikre næringsrelevans og møte samfunnsmessige behov.

Internasjonalt samarbeid er en forutsetning for å lykkes. Norge bør posisjonere seg som en spesialisert og pålitelig partner i nordisk, europeisk og NATO-relatert kvantesamarbeid. Tett nordisk samarbeid gir kritisk masse og komplementaritet, mens EU- og NATO-initiativer er viktig for finansiering, kompetanseutvikling og håndtering av sikkerhetsmessige implikasjoner. Samtidig bør Norge delta aktivt i internasjonalt standardiseringsarbeid for å sikre innflytelse over fremtidige rammeverk.

Strategien bør være kort og tydelig og utformes slik at oppfølgingen av den dynamisk kan tilpasse seg et landskap i endring, samtidig som den må være langsiktig og forpliktende. Den bør være konkret på prioriteringer, med tydelige ambisjoner. Videre bør strategien klare å favne, og forklare at det ikke er motsetninger mellom perspektivet på anvendelser på kortere sikt og langsiktig utvikling basert på grunnleggende forskning.

Innholdsmessig må strategien lykkes med å forklare veien mot å bygge forskningskapasitet og kompetanse fra tidlig fase samtidig som bedrifter involveres, engasjeres og ansvarliggjøres. Målet må være at norsk næringsliv blir en aktiv og drivende del av utviklingen, også som forskningspartner. Engasjementet må bidra til å utløse privat kapital fra bedriftene selv samtidig som det sikres risikokapital fra investormiljøer.

Det vil bli viktig å innrette strategien slik at innsatsen kan baseres på et kunnskapsgrunnlag som oppdateres og justeres gjennom fortløpende læring etter hvert at ny informasjon kommer til. For eksempel bør strategien følge opp hvordan andre land har lykkes i å balansere investeringer, regulering og kommersialiseringsstrategier, og hente hjem beste praksis for virkemiddelbruk og offentlig-privat samarbeid når disse erfaringene og innsiktene kommer.

Innsikt fra helsesektoren er noe mangelfullt belyst i arbeidet med rapporten. Vi anbefaler å styrke kunnskapsgrunnlaget på dette området i det videre strategiarbeidet. Vi har identifisert flere relevante brukstilfeller rettet mot livsvitenskap, og helse er fremhevet som et sentralt område for applikasjoner av både sensorteknologi og kvanteberegninger.

Norge kan lykkes innenfor kvanteteknologi gjennom klare prioriteringer og bygging av en solid grunnmur basert på forskning og utdanning i tett samspill med næringsliv og samfunnsbehov. Helhetlig koordinering vil legge grunnlaget for et velfungerende økosystem som driver for forskning, innovasjon og samfunnsutvikling. En anvendelsesnær og sikkerhetsbevisst kvantestrategi vil gjøre det mulig å omsette forskningsmessige styrker til konkret samfunnsnytte, økt verdiskaping og styrket nasjonal beredskap i et teknologisk landskap preget av endringer og usikkerhet.

## 13 Vedlegg: Brukstilfeller (use cases) – fra konsept til nytte

I kvantefeltet snakkes det ofte om brukstilfeller. Enkelt sagt er et brukstilfelle et konkret eksempel på et problem kvanteteknologi kan løse eller vesentlig forbedre, i en reell situasjon. Slike brukstilfeller kan være alt fra kvantekryptering for sikrere kommunikasjon, til kvantesimulering av nye materialer for



industrien. Poenget er at de knytter teknologien til en praktisk nytte. Dette skiller seg fra ren forskning eller teoretiske muligheter – et brukstilfelle demonstrerer kvanteteknologiens verdi på et område som betyr noe for samfunnet eller næringslivet.

Brukstilfeller er viktig fordi de gjør kvanteteknologiens potensial konkret og verdiskapende. Når vi utvikler gode brukstilfeller, kan vi dokumentere nytteverdi gjennom målbare resultater, gi beslutningstakere et tydelig grunnlag for prioritering og investering, og mobilisere næringslivet ved å vise reelle forbedringsmuligheter. Samtidig styrker arbeidet kompetansen både hos forskningsmiljøer og domeneeksperter, ved å koble teknologiske muligheter til faktiske behov.

Samtidig er det viktig å nyansere ambisjonene. Et godt brukstilfelle for kvanteteknologi forutsetter at teknologien har nådd minst et mellomnivå på Technology Readiness Level (TRL). Det vil si at den er demonstrert i en relevant og anvendbar kontekst. For kvanteberegninger innebærer dette at protokoller og algoritmer er testet på konkrete problemstillinger, og at det foreligger resultater fra prototyper – eksempelvis gjennom simuleringer eller eksperimenter på mindre kvantesystemer – som indikerer praktisk nytteverdi. Før dette modenhetsnivået er oppnådd, vil det være begrenset grunnlag for å vurdere teknologiens faktiske anvendelsespotensial. Før dette vil et påstått brukstilfelle ha begrenset verdi, hvor ventede gevinster forblir teoretiske eller langt unna. Det er per nå ikke satt krav (for eksempel til TRL nivå) for hva som vil kvalifisere som et brukstilfelle, men en standardisering også av slike begreper vil være nyttig spesielt for den offentlige debatten, næringsliv og investorer.

Utvikling av kvantebaserte (gode) brukstilfeller er krevende, nettopp fordi teknologien fortsatt befinner seg på et tidlig stadium innenfor flere områder og det er begrenset kobling mellom næringsliv og forskning på området. Å løfte ideer fra konseptstadiet til et proof-of-concept krever tverrfaglig samarbeid mellom kvanteforskere, ingeniører og domeneeksperter. Selv prosjekter som ikke når full realisering kan gi verdifull innsikt, ved å avdekke hvilke tilnærminger som er hensiktsmessige og hvilke som bør revurderes.

Danmark har etablert en målrettet tilnærming til utvikling av brukstilfeller for kvanteteknologi, med tydelig prioritering i nasjonale strategiske dokumenter. I den danske kvantestrategiens andre del (2023) er det avsatt 18 millioner DKK over fire år til demonstrasjonsprosjekter, med formål å legge til rette for kommersialisering gjennom konkrete anvendelser av kvanteteknologi i ulike sektorer. Det danske økosystemet viser allerede resultater av denne satsingen. Aktører som Danske Bank og Energinet har inngått partnerskap med kvantestartups og forskningsmiljøer for å utforske teknologiske muligheter. Dette illustrerer hvordan etablerte sluttbrukere kan bidra med problemstillinger og domeneinnsikt, mens kvantemiljøene tilfører teknologisk kompetanse og utviklingskapasitet. I et nordisk samarbeid støttet av Nordic Innovation og ledet av Danish Quantum Community vurderes kvanteteknologiens anvendelse innen samfunnskritisk infrastruktur, herunder vannforsyning, energinett, telekommunikasjon og navigasjon. Målet er å demonstrere tidlig bruk av kvanteteknologi som kan styrke robusthet og sikkerhet, eksempelvis gjennom kvantekryptering og avanserte sensorteknologier.

Et konkret eksempel er samarbeidet mellom oppstartsselskapet Kvantify og teleselskapet TDC NET, der kvantealgoritmer benyttes for å optimalisere drift av telekommunikasjonsinfrastruktur. Prosjektet adresserer en reell operativ utfordring og representerer et forbilledlig brukstilfelle med potensial for

konkurransefortrinn i telekomsektoren. Et annet brukstilfelle er samarbeidet mellom oppstartsselskapet Qpurpose og Jyske Bank, der kvantealgoritmer benyttes for å forbedre risikomodellering og porteføljeoptimalisering. Løsningen er basert på kvanteinspirerte algoritmer som kjøres på klassiske høytytelsesmaskiner (HPC), og er allerede i operativ bruk hos banken. Algoritmene er utviklet med tanke på fremtidig migrering til kvantedatamaskiner, noe som vil gi ytterligere ytelsesforbedringer og åpne for behandling av langt mer komplekse datasett.

Flere europeiske land følger lignende strategier. Nederland har etablert industrilaboratorier gjennom Quantum Delta NL for utvikling av kvantesensorer og kvantenettverk, mens Finland har integrert pilotprosjekter i sitt nasjonale veikart for kvanteteknologi. Internasjonale industriselskaper har også igangsatt piloter, blant annet innen ruteoptimalisering og flåtestyring i transportsektoren. Tyske bedrifter har etablert organisasjonen QUTAC (Quantum Technology & Application Consortium) <sup>83</sup> som organiserer arbeidsgrupper for utvikling av spesifikke industrirelevante brukstilfeller, og fungerer som en bro mellom akademia, oppstartsbedrifter og industri. Gjennom dette samarbeidet kartlegges områder hvor kvanteteknologi kan gi konkrete fordeler, som optimalisering av logistikk, materialforskning, finansielle beregninger og energistyring. Målet er å identifisere og akselerere overgangen fra forskning til kommersielle løsninger, slik at industrien kan ta i bruk kvanteteknologi på en måte som gir målbar verdi.

Disse initiativene viser to ting. For det første at næringsliv involveres på et tidligere stadium enn tradisjonelt og at det er nødvendig med en aktiv deltakelse fra næringsliv også i pre-kommersiell fase. For det andre indikerer dette at de første kommersielle anvendelsene av kvanteteknologi sannsynligvis vil oppstå som skreddersydde nisjeløsninger, der teknologien gir målbare forbedringer sammenlignet med eksisterende metoder, utviklet i nært samarbeid mellom forskning og sluttkunde.

Kvanteteknologi er et bredt begrep som omfatter utnyttelse av kvanteeffekter som superposisjon, kvantekohrens, sammenfiltrering og kvantetunneling. Utfordringen er at mange løsninger kun benytter enkelte kvanteprinsipper – eller beslektede prinsipper – for eksempel materialer med kvanteegenskaper, uten å være «fullskala» kvanteteknologi. I tillegg markedsføres produkter ofte som kvanteteknologi for å fremstå innovative, selv om de i realiteten kun opererer på nanoskala eller bygger på avansert klassisk teknologi. Derfor vil en klar definisjon av hva kvanteteknologi omfatter og kan brukes til, variere avhengig av hvilke kriterier som legges til grunn. Vi har valgt og vise noen utvalgte eksempler på bruksområder og applikasjoner som i hovedsak også viser kommersielle muligheter.

## 13.1 Kvantesensorer

### Kvanteklokker

Kvanteklokker kan benyttes for ekstremt nøyaktig synkronisering, tidtaking, viktig for blant annet telekomnett, satellitt navigasjon, energinett og finanshandel.

---

<sup>83</sup> Hentet fra [qutac.de](https://www.qutac.de/): [About QUTAC - QUTAC](https://www.qutac.de/)

- Toptica Photonics har lansert Topticklock<sup>84</sup>, den første kommersielt tilgjengelige optiske kvanteklokken basert på et enkelt laseravkjølt, fanget ytterbium-ion (Yb<sup>+</sup>). Klokken ble presentert på LASER World of Photonics 2025 i München og levert til sin første kunde i Østerrike i september 2025. Systemet tilbyr ekstrem presisjon med relativ stabilitet og nøyaktighet på størrelsesorden 10<sup>-17</sup>, og er allerede i bruk ved det tyske metrologi-instituttet PTB.
- Gjennom forskningsprosjektet finansiert av EU Quantum Flagship, utvikler AQuRA<sup>85</sup> Europas første transportable optiske atomklokke med ekstrem presisjon for telekom, GPS-uavhengig navigasjon, geodesi og romfart. Prosjektet tar teknologien fra laboratoriet til feltbruk med robuste, kompakte løsninger og sikter mot TRL 7 innen 2026. Deltagere: Menlo Systems, Toptica Photonics, NKT Photonics, PTB, INRIM, Universitetet i Innsbruck, Universitetet i Torino m.fl.

Forbedring av MR-bilder kan medføre økt diagnostisk nøyaktighet, bedre visualisering av små strukturer, redusert behov for inngripende prosedyrer, og mer presis planlegging av behandling

- Københavns Universitet har utviklet en ny sensor<sup>86</sup> som oppdager feil i MR-skanninger. Sensoren bruker laser og en gassfylt glassbeholder i stedet for elektriske sensorer, som ofte forstyrrer magnetfeltene i MR-maskiner. Dette gir mer presise målinger og kan gjøre skanninger raskere, billigere og mer nøyaktige.
- Det tyske firmaet NVision<sup>87</sup> bruker hyperpolarisasjon til å forsterke MR signaler. Dette gjør det mulig å se metabolske prosesser i sanntid, slik at leger kan vurdere om kreft- eller hjertesykdomsbehandling virker allerede etter få dager. Løsningen gir rask doseproduksjon, enkel arbeidsflyt og kan innpasses i eksisterende MR-infrastruktur.

Gyroskoper basert på kvanteprensipp gir presis navigasjon uten satellitt navigasjon, nyttig for ubåter, gruver, romfart, autonome farkoster, forsvar og fly.

- QYRO<sup>88</sup> er et kvantegyroskopprosjekt med mål om å utvikle presis satellittnavigasjon og utvikles av det tyske firmaet Q.ANT sammen med Bosch, TRUMPF og DLR. Teknologien gir ekstremt nøyaktig rotasjonsmåling for GPS-uavhengig navigasjon og ytelsen skal testes og sammenlignes med dagens ledende fiberoptiske gyroskoper. Prosjektet støttes av BMBF med ca. 28 millioner euro, og første demonstrasjon i satellittbane er planlagt i 2027.
- Boeing<sup>89</sup> testet i 2024 AOSense sin kvante-IMU med i verdens første flyvning med kvantesensorer som gir presis navigasjon uten GPS ved hjelp av atom interferometri.

---

<sup>84</sup> [TOPTICLOCK - Toptica Photonics SE](#)

<sup>85</sup> [AQuRA - Home](#)

<sup>86</sup> [Sensor that detects errors in MRI scans – University of Copenhagen](#)

<sup>87</sup> [Metabolic MRI | NVision Imaging Technologies GmbH](#)

<sup>88</sup> [Gyroscope-QYRO-project](#)

<sup>89</sup> [Boeing beyond GPS](#)

Sensoren måler akselerasjon og rotasjon med ekstrem nøyaktighet. Dette sammen med andre posisjons teknologier gir økt sikkerhet i GPS-frie eller forstyrrede miljøer, noe som er kritisk for både militær og kommersiell luftfart.

- Ironstone Opal<sup>90</sup> fra Q-CTRL er et kvantenavigasjonssystem som gir GPS-lignende presisjon uten satellitter. Produktet bruker ultrasensitive kvantesensorer kombinert med AI-drevet programvare som blant annet benytter gravimetrisk og magnetiske "landemerker" fra jordens struktur, og matcher dem mot geofysiske kart for nøyaktig posisjonering. Ulikt GPS som kan jammes eller spoofes vil dette systemet kunne være operativt under alle forhold. I feltforsøk har Ironstone Opal kunne demonstrere posisjonsfeil ned til 4 meter over flyvninger på 700 km. Systemet kåret til en av TIME Magazine's beste oppfinnelser i 2025.
- Havstrømmer skaper små magnetiske signaler når de beveger seg gjennom Jordens magnetfelt. Disse signalene brukes til å overvåke havets varmeinnhold og klimaendringer, og bedre sensorer og satellitter kan gjøre målingene mer presise. Det kanadiske selskapet SBQuantum<sup>91</sup> har utviklet diamantbasert kvantesensor og med en ESA-kontrakt er målet å oppnå en følsomhet under 100 pikotesla – rundt en million ganger svakere enn Jordens magnetfelt. Den nye prototypen skal også registrere magnetiske forstyrrelser fra havstrømmer, noe som gir innsikt i hvordan for eksempel Golfstrømmen endres av global oppvarming og påvirker klima og værmønstre globalt.

Høynøyaktig gravitasjonsfelt deteksjon ved hjelp av kvantegravimetre kartlegger gravitasjonsfelt for å forbedre GPS-nøyaktighet i geovitenskap og infrastruktur.

- LANDTEM<sup>92</sup> er en australsk teknologi utviklet av CSIRO som bruker kvantesensorer til å måle magnetfelt som er 100 milliondeler av jordens magnetfelt. Dette gjør metoden ideell for å finne dype forekomster av ledende malmer som nikkelsulfid, kobber og sølv, og skille dem fra annet materiale – selv når de ligger dypt under bakken. Teknologien har bidratt til å redusere leteteknoder med opptil 30%.
- Atomionics<sup>93</sup> er et Singapore-basert selskap som benytter kald atom-interferometri for gravitasjonsdeteksjon. Ved å bruke bevegelige plattformer som SUV-er og droner, utstyrt med deres portable sensor, omdannes rådata til 3D-modeller av undergrunnen. Dette gir mulighet for presise prediksjoner av mineralforekomster før boring. Atomionics har nylig hentet inn 12,7 millioner USD i pre-serie A-finansiering.

## Spektroskopiteknikker på kvantenivå

---

<sup>90</sup> [TIME Names Q-CTRL's Ironstone Opal One of the Best Inventions of 2025](#)

<sup>91</sup> [Quantum Sensors in Space - IEEE Spectrum](#)

<sup>92</sup> [Australia's National Quantum Strategy | Department of Industry Science and Resources](#)

<sup>93</sup> [Home | Atomionics](#)

- Jovian Tech <sup>94</sup>(Australia) utvikler sensorer og instrumenter og kvantebaserte sensorer som måler spin-isomerforholdet i hydrogenmolekyler. Denne kvanteegenskapen påvirker hydrogens termofysiske egenskaper, og sanntidsdata fra instrumentene hjelper kjemiingeniører med å optimalisere produksjonsprosesser og redusere kostnader i hydrogenøkonomien.

Kvanteteknologi åpner for utviklingen av en rekke nye og forbedrede sensorer. Fotoniske resonatorer kan brukes til mekanisk og kraftbasert måling. NV-sentre i diamant muliggjør deteksjon av svært svake magnetfelt. Andre teknologier som SQUID-enheter, kvanteprikker og ionefeller kan benyttes til presisjonsmåling og avansert avbildning. Alle disse og flere andre teknologier legger grunnlaget for neste generasjons sensorer med høy presisjon for måling av vibrasjoner, mekaniske krefter, fotoner samt elektriske og magnetiske felt. Sensorutviklingen står dermed foran en ny æra med banebrytende løsninger.

## 13.2 Kvantekommunikasjon

### Tilfeldig tallgeneratorer (QRNG) og kvantenøkkeldistribusjon (QKD)

Generering av tilfeldige tall, uten forutsigbarhet eller mønster ved hjelp av kvanteeffekter for sikker kryptering samt beskytter kritisk infrastrukturkommunikasjon mot cyberangrep med kvantesikre nøkler.

QRNG brukes der ekte tilfeldighet et avgjørende verktøy for overgangen til post-kvantekryptografi (PQC). Det sikrer rettferdighet i lotterier og spill, og gir sterk beskyttelse i kryptografi, IT-sikkerhet og kvantekryptografi ved å skape sikre nøkler, passord og PIN-koder. QRNG er også viktig for random seed-generering, mobile forhåndsbetaling, samt presise numeriske simuleringer og statistisk forskning. Det finnes i dag NIST godkjente produkter som sertifiserer produktet til å levere ekte, uforutsigbare tilfeldige tall.

QKD (Quantum Key Distribution) er en teknologi som bruker kvantemekanikk til å utveksle krypteringsnøkler på en måte som gjør avlytting umulig å skjule. Dette gir fremtidssikker kryptering mot kvantedatamaskiner. Kvantenøkkeldistribusjon (QKD) er på vei fra forskning til praktisk bruk, men dagens løsninger er fortsatt kostbare, innehar lav bitrate, begrenset rekkevidde og komplekse.

SINTEF prosjektet QSENS er et forskningsprosjekt som utvikler SNSPD-detektorer (NbN/NbTiN) med høyere driftstemperatur for å redusere behovet for ekstrem kryokjøling. Dette gir lavere kostnader, enklere systemdesign og gjør enkeltfoton-deteksjon mer skalerbar. Målet er å muliggjøre bredere anvendelse av kvanteteknologi i praktiske løsninger som kvantekommunikasjon med sikker overføring av data via kvantenøkler (QKD) i telekomnettverk og robust kryptering for kritisk infrastruktur og forsvarssektoren.

---

<sup>94</sup> [Jovian Tech - Instrumentation for Hydrogen Energy](#)

Europeiske forskningsprosjekter sammen med det danske prosjektet AccessQKD<sup>95</sup> adresserer QKD ved å utvikle et skalerbart og kostnadseffektivt CV-QKD-system som kan integreres i eksisterende fiberinfrastruktur. EuroQCI<sup>96</sup>, som er et EU-initiativ, planlegger en kontinentdekkende kvantesikker kommunikasjonsinfrastruktur for myndigheter, forsvar og industri, basert på fiber- og satellittbasert QKD, og legger grunnlaget for interoperable og fremtidssikre nettverk.

- Av mer kommersielle løsninger demonstrerte Toshiba og KDDI Research i mars 2025 verdens første QKD-løsning<sup>97</sup> med multiplexing, som gjør det mulig å sende både kvantenøkler og vanlige datasignaler over samme fiber. Ved å bruke C-båndet til hemmelige nøkler og O-båndet til høyhastighetsdata, oppnådde de 33,4 Tbps over 80 km.
- Også LuxQuantas<sup>98</sup> NOVA LQ QKD-systemer designet for å gi kvantesikker kommunikasjon over eksisterende fiberinfrastruktur uten behov for dedikerte linjer. Systemet rekkevidde på opptil 100 km, og kompatibel med ledende Key Management Systems og ETSI-standarder. Løsningen er utviklet for telekom, datasentre og offentlige nettverk som krever sikkerhet mot fremtidige kvantetrusler

## 13.3 Kvanteprogramvare

Prosessoptimalisering kan gi en kvantefordel ved å kombinere kvantealgoritmer og kunstig intelligens for å løse komplekse logistikk- og transportproblemer.

- Ruter AS har de siste årene test kvanteberegninger for å håndtere komplekse utfordringer knyttet til ruteplanlegging, trafikkstyring og ressursoptimalisering. På samme måte har Q-CTRL, et australsk selskap som utvikler programvare, samarbeidet med Transport for New South Wales for å bruke kvantealgoritmer til transportoptimalisering.. Både Ruter og Q-CTRL ser kvanteberegninger som en nøkkel til fremtidens mobilitet, der optimalisering av transportnettverk skjer raskere og mer presist enn dagens metoder tillater.
- SINTEF undersøker hvordan nærtidens kvantedatamaskiner kan løse komplekse optimaliseringsproblemer i industrien gjennom NeQst-prosjektet . Et sentralt eksempel er planlegging av vannkraftproduksjon, der kvantealgoritmer kan bidra til mer presise og effektive beslutninger enn dagens klassiske metoder. med mål om å optimalisere produksjon og ressursbruk i et komplekst system av vannmagasiner og kraftverk.

Kvantedatamaskiner har potensial til å transformere life-science ved å løse komplekse beregningsproblemer innen legemiddelutvikling til kliniske studier og biomarkøranalyse.

Novo Nordisk Foundation gjør store kvanteinvesteringer som gjør infrastruktur til kvanteprogramvare tilgjengelig. Kvantedatamaskiner kan simulere biologiske systemer og molekyler med en presisjon

---

<sup>95</sup> [AccessQKD | Innovationsfonden](#)

<sup>96</sup> [EU countries plan ultra-secure communication network](#)

<sup>97</sup> [Quantum Key Distribution Technology for Multiplexing - Toshiba Quantum Technology](#)

<sup>98</sup> [LuxQuanta NOVA LQ®](#)

som klassiske superdatamaskiner ikke kan oppnå. Novo Nordisk peker på en rekke komplekse dataproblemer som kvanteteknologi kan bidra til å løse:

- Optimalisering av kliniske studier – Mer effektiv organisering av kliniske studier ved å inkludere flere variabler i beslutningsprosesser som gir billigere og mer innsiktsfulle kliniske studier.
- PK/PD-modellering – Raskere og mer presis beregning av legemiddeldosering og konsentrasjon.
- Kvantitative systemfarmakologi-modeller – Bygge realistiske modeller basert på biologiske og kliniske data, med sannsynlighetsbasert generering av modellparametere som øker effektiviteten.
- Integrrert omikk – Kvanteteknologi kan gi bedre identifikasjon av biomarkører, mer presis behandlingsrespons og dypere forståelse av kroniske sykdommer.
- Molekylær dynamikk – Mer nøyaktige simuleringer av molekylinteraksjoner for langtidsprognoser.
- Kliniske prøvesimulatorer – Forbedrede simuleringer og mer presise langtidsprognoser for behandlingseffekter og studieresultater.
- Legemiddelutvikling basert på små molekyler – Økt hastighet og presisjon i evaluering av legemiddelkandidater.

Kvantedatamaskiner kan bli et nøkkelverktøy for å utvikle nye materialer og kjemikalier og derfor avgjørende for fremtidens teknologi.

- Phasecraft<sup>99</sup>, et britisk selskap, leder an i denne utviklingen ved å utvikle algoritmer som gjør det mulig å simulere avanserte materialer på dagens kvantedatamaskiner, før vi har fullskala, feiltolerante systemer. Dette åpner for praktiske simuleringer av material egenskaper. De har også lansert en åpen database, som gir innsikt i hvor komplekse ulike materialer er å simulere, hvilke som er mest egnet for kvantesimulering, og hvor store ressursbesparelser som kan oppnås. Databasen inkluderer eksempler på materialer for batterier, solceller og katalysatorer, samt detaljer om qubit-behov og kretsdybde. Phasecraft har nylig hentet inn 34 millioner USD i Serie B-finansiering for å styrke sin posisjon som ledende aktør i å omgjøre teoretiske kvantesimuleringer til praktiske applikasjoner der kvantedatamaskiner gir en reell fordel.
- Det norske oppstarts firmaet Planck Technologies<sup>100</sup> er et selskap som utvikler avanserte materialer for energieffektiv lagring og gass-separasjon. De jobber i hovedsak med design og simulering av materialer, utvikling av energilagringssystemer og gasshåndtering, samt kundetilpasset forskning og pilottesting. Firmaet arbeider ikke med kvanteberegninger i dag, men vurderer teknologien til å bli et avgjørende verktøy for fremtidig innovasjon og konkurransekraft innen materialdesign og avansert simuleringer.

---

<sup>99</sup> [Phasecraft | The Quantum Algorithms Company](#)

<sup>100</sup> [Planck Technologies](#)





# 14 Vedlegg: Ordliste for kvanteteknologi

Begrep	Forklaring
Dekohorens	Tap av kvantekoherens, som får kvantesystemet til å miste sin kvantetilstand og oppføre seg klassisk.
Distribuert kvantesensing	Sammenkobling av flere kvantesensorer for å øke presisjon utover klassiske grenser.
Enkeltfoton-detektor	Teknologi for deteksjon av enkeltfotoner brukt i kvantekommunikasjon og optiske systemer.
Feilkorrigering (Quantum Error Correction, QEC)	Metoder for å kompensere for feil i kvanteberegninger forårsaket av støy og dekohorens.
Field-programmable gate array (FPGA)	Halvlederkomponent i klassiske datamaskiner
Foton	Fundamentale lys-partikler som har kvantegenskaper, basiskomponent i flere kvantedatamaskiner
HPC (High Performance Computing)	Høyttelsesdatabehandling. Kan kombineres med kvanteakseleratorer for hybride beregninger.
Kryogenisk	Har å gjøre med ekstremt lave temperaturer. Brukt i kvanteteknologi for å redusere støy og muliggjøre stabile kvantetilstander.
Kvantealgoritme	Algoritme som utnytter kvantemekaniske effekter for å løse problemer mer effektivt enn klassiske algoritmer, f.eks. Shors algoritme og Grovers algoritme.
Kvantearkitektur	Fysisk og logisk utforming av en kvantedatamaskin, inkludert qubitttyper, kretsdesign og kontrollsystemer.
Kvanteberegning (Quantum computing, QC)	Utføring av beregninger ved hjelp av kvantedatamaskiner. Brukes bl.a. til simulering, optimalisering og faktorisering.
Kvantedatamaskin	Datamaskin som utnytter kvantefenomener. Ulike datamaskiner er egnet til ulike typer problemstillinger.
Kvantefordel	Situasjon der kvanteteknologi gir bedre ytelse eller presisjon enn klassiske løsninger.
Kvanteinspirert teknologi	Teknologi som ikke direkte bruker kvanteeffekter, men som er inspirert av kvanteprinsipper i beregninger eller algoritmer.

Kvanteinternett	Fremtidig nettverk som kobler sammen kvantesystemer for sikker kommunikasjon og distribuerte kvanteberegninger.
Kvantekjemi	Fagfelt som bruker kvantemekanikk til å forstå og beregne kjemiske prosesser, reaksjoner og molekylstrukturer på atomnivå.
Kvantekoherens	Evnen til at et kvantesystem bevarer sin kvantetilstand uten å påvirkes av omgivelsene.
Kvantekommunikasjon	Overføring av informasjon ved hjelp av kvantetilstander. Gir mulighet for ekstremt sikker kommunikasjon.
Kvantekryptering	Bruk av kvantemekaniske prinsipper for å sikre kommunikasjon, som i QKD-systemer.
Kvantemetrologi	Studiet av å gjøre høyoppløselige og svært sensitive målinger av fysiske parametere ved å bruke kvanteteori for å beskrive de fysiske systemene, grunnlag bak kvantesensorikk
Kvantemigrasjon	Prosessen med å gå over fra klassisk til kvantesikker kryptografi for å beskytte data mot fremtidige kvantedatamaskiner.
Kvantenøkkeldistribusjon (Quantum key distribution, QKD)	Metode for å etablere kryptografiske nøkler sikkert basert på kvantemekaniske lover, slik at avlytting kan oppdages.
Kvanteovertak	Punktet der kvantedatamaskiner kan utføre en beregning raskere eller mer effektivt enn klassiske maskiner.
Kvanteprogramvare	Programvare utviklet for kvantedatamaskiner, inkludert kompilatorer, biblioteker og programmeringsspråk.
Kvanteradar	Radar som bruker sammenfiltrede fotoner for å øke presisjon og redusere sårbarhet mot jamming og støy.
Kvantesensing / Kvantesensor	Sensor som utnytter kvantetilstander til å gjøre ekstremt presise målinger, f.eks. i navigasjon, tidtaking og diagnostikk.
Kvantesikker kryptografi (Post-Quantum Cryptography, PQC)	Kryptografiske metoder som er sikre mot angrep fra kvantedatamaskiner.
Kvantesimulering	Bruk av kvantedatamaskiner til å simulere kvantefysiske systemer som materialer, molekyler og kjemiske prosesser.
Kvanteteknologi	Teknologi som utnytter kvantefysiske prinsipper for å manipulere, kontrollere og måle kvantetilstander – brukes i datamaskiner, sensorer og kommunikasjonssystemer.

Level 2	Utviklingsnivå der kvanteteknologi er demonstrert i laboratorie- eller testmiljø, men ennå ikke moden for full operativ bruk.
PNT (Positioning, Navigation and Timing)	Samlebetegnelse for tjenester som bruker kvantesensorer til presis posisjonering, navigasjon og tidtaking uten satellitt.
Q-day	Hypotetisk tidspunkt når en kvantedatamaskin kan bryte dagens kryptografi.
Qiskit	Åpen kildekode, høyytelses programvarestabel for kvantedatabehandling
Qubit	En kvantebit som kan være både 0 og 1 samtidig, noe som gir kvantedatamaskiner ekstra regnekraft.
Sammenfiltring (Entanglement)	En kvantebit som kan befinne seg i en kombinasjon av tilstandene 0 og 1 (kalt superposisjon), og sammenfiltret med andre kvantebits, noe som gir kvantedatamaskiner ekstra regnekraft på visse oppgaver
Superposisjon	Kvantefenomen der en partikkel kan eksistere i flere tilstander samtidig.
Supraleder/superleder	Tilstand uten elektrisk motstand og frastøting av magnetiske felt, basiskomponent i flere kvantedatamaskiner

Norges forskningsråd

Besøksadresse: Drammensveien 288

Postboks 564

1327 Lysaker

Telefon: 22 03 70 00

Telefaks: 22 03 70 01

[post@forskningsradet.no](mailto:post@forskningsradet.no)

ISBN nr.: 978-82-12-04231-5 (PDF). Veien mot en norsk kvantestrategi. Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger