



FFI Forsvarets
forskningsinstitutt

22/01192

FFI-RAPPORT

Kompetansebehov i Forsvaret knyttet til fremtidige teknologier

– intervjuer med FFIs teknologimiljøer

Maria Fleischer Fauske
Kari Røren Strand

Kompetansebehov i Forsvaret knyttet til fremtidige teknologier – intervjuer med FFIs teknologimiljøer

Maria Fleischer Fauske
Kari Røren Strand

Emneord

Teknologi

Personell

Kompetanse

Kvalitative undersøkelser

FFI-rapport

22/01192

Prosjektnummer

1598

Elektronisk ISBN

978-82-464-3418-6

Engelsk tittel

The impact of future technologies on the demand for skill sets in the Armed Forces

Godkjenner

Sverre Kvalvik, *forskningssjef*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammendrag

I denne rapporten beskriver vi en studie vi har gjennomført i FFI-prosjektet «Personellstudier» i samarbeid med Cyberingeniørskolen. I studien har vi intervjuet en rekke forskere ved FFI som jobber med fremtidige teknologier. Målet har vært å identifisere hva slags fremtidig kompetansebehov innføring av deres teknologier vil medføre i Forsvaret. Vi har intervjuet FFIs miljøer innenfor kunstig intelligens, stordataanalyse, autonomi, sensorer, satellitter og kommunikasjonsinfrastrukturer.

Intervjuobjektene sier at et mål med teknologien deres er at den skal gjøre livet lettere for endebrukeren. For flere av teknologiene er det ikke meningen at endebrukerne skal behøve noen særlig kompetanseheving for å ta den i bruk – tvert imot. Teknologien skal være noe som bare fungerer, uten at endebrukerne trenger å tenke spesielt på hvordan den er bygget opp eller hvordan den virker.

For noen teknologier vil det være behov for en form for operatør i lang tid fremover, og i noen tilfeller vil operatøren være den faktiske endebrukeren. Disse operatørene som skal styre eller drive systemene mens de er i bruk, må ha kompetanse på militære operasjoner og forståelse for operative behov. I noen tilfeller vil slike operatører behøve lengre IKT-utdanning, mens i andre tilfeller vil det være tilstrekkelig med kortvarige kurs.

I alle intervjuene kommer det frem at det i fremtiden vil være enorme mengder data som skal samles inn, håndteres og prosesseres. Innenfor dataforvaltning vil det derfor bli et stort behov for kompetanse fremover. Det vil være behov for analysepersonell som evner å tolke og bruke dataene. Disse bør også ha militær forståelse og kunnskap om operative behov. Intervjuobjektene tror ikke vi kommer til et punkt der datamaskiner kan gjøre all tolkning av data og ta alle beslutninger for mennesker, i hvert fall ikke i vår tid. De som analyserer data vil i stedet kunne gjøre mer avanserte analyser og dra nytte av større mengder informasjon enn i dag.

Innenfor teknologier som i stor grad er programvarebasert, mener intervjuobjektene at det fremover vil være et diffust skille mellom drift og utvikling. Systemene vil oppdateres kontinuerlig. Dette innebærer at utviklerne må ha fersk kompetanse og hyppig oppdatere seg på nye verktøyer og løsninger. Det blir også helt nødvendig med en tett dialog mellom brukere, beslutningstagerer og utviklere, noe som krever teknologisk forståelse hos både brukerne og beslutningstagerne. Teknologisk forståelse er også en forutsetning for å se muligheter og nye bruksområder av teknologier.

På spørsmål om hva man vil oppnå med de nye teknologiene, sier de fleste intervjuobjektene at man kan løse samme oppgave som i dag, bare «bedre og med mer kapasitet». Imidlertid kan nye teknologier også åpne muligheten for at man løser oppgaver på en helt annen måte enn i dag.

For de fremtidige teknologiene vi snakket om i intervjuene, virker det som det gjenstår mange valg hos Forsvaret både når det kommer til teknologiske løsninger og når det kommer til hvilken kompetanse organisasjonen selv skal produsere og besitte.

Summary

In this report, we describe a study we have conducted in collaboration with Cyberingeniørskolen. In this study, we interviewed several scientists at FFI about the technologies they are developing. Our goal was to identify which impact these technologies might have on the future demand for skill sets in the Norwegian Armed Forces.

We found that the aim of future technologies is to make life easier for end-users. Future technologies should simply work seamlessly in the eyes of the end-user, and it should not require more technological skills than they naturally will have acquired growing up.

Our scientists do not, however, believe that technology will be smart enough for a very long time, to operate completely on their own. There will be a need for technical personnel to operate the systems in one way or the other, for many years to come. These personnel should be familiar with military operations in order to make good decisions.

All the scientists we interviewed talked about the immense amounts of data that will have to be collected and processed in the future. The need for people with skills within data processing and data analysis will increase. Our scientists do not believe that computers will make all decisions for humans in our lifetime.

Our scientists also seemed to agree that within information and communication technologies, the difference between development and maintenance will almost completely disappear. Tools and systems will have to be developed and improved continuously. Consequently, there must be close and continuous collaboration between users, developers, and decision makers.

In almost all of the interviews, we talked about how the technologies will let us solve tasks "better" or "with more capacity" than today. However, new technologies might also enable us to solve tasks in a completely different manner than today.

When it comes to the technologies we talked about in the interviews, it seems that there are many choices to be made in the Norwegian Armed Forces, both related to the technologies themselves, and to which skills and knowledge the organization should produce and possess itself in the future.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	9
1.1 Formålet med studien	9
1.2 Hvorfor må vi forsøke å se fremover?	10
1.3 Opplegg og gjennomføring	11
1.4 Rapportens struktur	13
2 Resultater av intervjuene	13
2.1 Forsvarets fremtidige kommunikasjonsinfrastruktur	14
2.2 Satellitter	17
2.3 Kunstig intelligens	23
2.4 Stordataanalyser	26
2.5 Sensorer for spektrumovervåkning	31
2.6 Dronesvermer	33
2.7 Autonome bakkekjøretøy	38
2.8 Sammenstilling av sensordata fra ulike kilder	41
2.9 Autonom minerydding	46
2.10 Fremtidens manøver	50
3 Oppsummering og refleksjoner	51
3.1 Tidsperspektiv for teknologiene	52
3.2 Utvikling fra i dag og fremover	53
3.3 Fremtidig kompetansebehov	54
3.4 Cyberingeniørene	58
4 Avsluttende kommentarer	61
Vedlegg	63
A Intervjuguiden til intervjuene	63
Referanser	66



Forord

Vi ønsker å rette en stor takk til alle forskerne ved FFI som stilte opp med positivitet og engasjement til intervjuene i denne studien. Bidragene deres er uvurderlige innspill til vår forskning. Det er alltid vanskelig å si noe konkret om fremtiden, men med disse intervjuene kommer vi et stykke lenger.

Cyberingeniørskolen hadde opprinnelig idéen om at vi burde intervju forskerne ved FFI, og de hadde svært viktige innspill til hvordan spørsmålene i intervjuene burde formuleres. Vi takker for alle bidragene gjennom hele prosessen.

Kjeller, 11. juni 2022

Maria Fleischer Fauske
Kari Røren Strand



1 Innledning

I denne rapporten beskriver vi en studie vi har gjennomført i FFI-prosjekt 1598 «Personellstudier», innenfor aktiviteten «Automatisering i fremtidens arbeidsliv». Studien har vi gjennomført i samarbeid med Cyberingeniørskolen. I studien intervjuet vi ulike teknologimiljøer ved FFI om teknologiene de utvikler for å forsøke å identifisere hvordan disse teknologiene vil påvirke personell- og kompetansebehovet i Forsvaret i fremtiden. Med «fremtiden» mener vi i denne sammenhengen 15 år fra i dag.

1.1 Formålet med studien

I aktiviteten «Automatisering i fremtidens arbeidsliv» forsøker vi å identifisere hvordan kompetansebehovet i Forsvaret vil endre seg de neste 15 årene som følge av digitalisering og automatisering. Med automatisering mener vi at datamaskiner og maskiner gjennomfører arbeidsoppgaver for oss mennesker. Det aller meste av moderne teknologiutvikling innebærer en form for automatisering.

Trendanalyser fra NATO trekker frem at teknologier som kunstig intelligens (KI), autonome våpensystemer, stordataanalyse, bioteknologi og kvanteteknologi vil ha stor og økende betydning for militære operasjoner fremover (NATO, 2022).¹ På disse teknologiområdene gjøres det stadig fremskritt, men det varierer hvor langt utviklingen har kommet for de ulike områdene. Disse teknologiene og andre *emerging and disruptive technologies* (EDT) representerer både muligheter og trusler for NATO og medlemslandene. På den ene siden vil de bidra til nye, mer effektive og mer robuste måter å drive militære operasjoner på. På den andre siden representerer de nye trusler fra både statlige og ikke-statlige aktører, mot både militære og sivile mål. Teknologi spres raskt, og skillet mellom det som er militær og sivil teknologi viskes ut gjennom en stadig fremvekst av produkter som har både militære og sivile bruksområder.

I aktiviteten «Automatisering i fremtidens arbeidsliv» undersøker vi ikke bare hva som vil være viktig kompetanse i fremtiden som følge av teknologiutviklingen for en organisasjon som Forsvaret, men også hvordan status for slik kompetanse er i Forsvaret i dag, og hvorvidt Forsvaret vil være i stand til å oppdatere kompetansen i organisasjonen i takt med den teknologiske utviklingen.

Cyberingeniørskolen utdanner fremtidens ingeniører innenfor informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT). Disse får i dag en bachelorgrad i telematikk. Det vil si at de har kunnskap om elektromagnetisme og signalbehandling, elektriske komponenter, kretser og systemer. Videre har de kunnskap om programvareutvikling og ikke minst prinsipper for oppbygging av data-

¹ NATO Topic – Emerging and disruptive technologies: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm. NATOs innovasjonsaktiviteter fokuserer på ni nøkkelområder: kunstig intelligens, data og databehandling, autonomi, kvanteteknologier, bioteknologi og menneskelige forsterkninger (*human enhancements*), hypersoniske teknologier, romfart, nye materialer og produksjon og energi og fremdrift (*energy and propulsion*).

systemer og nettverk. De kan med andre ord mye om data- og telekommunikasjon, informasjonssikkerhet og militære operasjoner i cyberdomenet. Cyberingeniørene tjenestegjør i hele Forsvaret etter endt utdanning.

Cyberingeniørskolen ønsker å sikre at utdanningen også er relevant i fremtiden og å forstå mer om hvilken betydning ulike fremtidige teknologier kan ha for Forsvarets fremtidige behov for ingeniørkompetanse. Det er bakgrunnen for at vi har samarbeidet om studien vi beskriver i denne rapporten.

1.2 Hvorfor må vi forsøke å se fremover?

I en større litteraturstudie (Fauske, 2020) vi gjorde for å kartlegge hva forskningen sier om digitalisering og automatisering i fremtidens arbeidsliv, så vi at mange påpeker viktigheten av å se fremover og planlegge hvor man vil. Organisasjoner som setter klare mål og legger en plan for å nå dem, lykkes i større grad med å endre seg og tilpasse seg i takt med teknologiutviklingen. Slike strategier kan ikke kopieres, men må tilpasses hver enkelt organisasjon. Dette gjelder kanskje særlig for Forsvaret, som er en særegen organisasjon med et særegent formål.

Spådommene for fremtidens arbeidsliv og «den fjerde industrielle revolusjon» er at arbeidsoppgaver vil endre seg raskere enn vi er vant til, personer med høy kompetanse vil være etterspurt og de aller fleste mennesker må oppdatere kompetansen sin gjennom karrieren. Trolig vil man se flatere, mer fleksible og dynamiske organisasjoner og nye samarbeidsformer mellom forskjellige aktører. For Forsvaret kan det bli utfordrende å operere i en slik verden. Forsvaret er en hierarkisk organisasjon, i stor grad toppstyrt, tradisjonelt lukket for omverdenen og preget av et omfattende sett med regelverk og prosedyrer. Av sikkerhetsmessige årsaker vil Forsvaret dessuten alltid være i en særstilling.

Militære organisasjoner er i tillegg spesielle fordi de tradisjonelt har hatt materiell med svært lang levetid. De nye kampflyene i Norge skal vare i 40 år. Da man på begynnelsen av 2000-tallet skulle ta beslutninger rundt anskaffelse av kampfly, var ikke iPhone engang oppfunnet.² Innen flyene faller for levetiden, er det rimelig å anta at teknologiutviklingen har nådd svært langt sammenlignet med i dag og at bemannede plattformer brukes i mye mindre grad. Kan man forutse slik utvikling – kanskje mange tiår i forveien? Det er selvsagt svært vanskelig.

Nettopp fordi Forsvaret er en spesiell organisasjon, bør den i større grad enn mange andre virksomheter bevisst endre kurs for å utnytte mulighetene, og kunne forsvare seg mot truslene, som teknologiutviklingen representerer. Forsvaret må prøve å forstå hvordan potensielle motstandere, både statlige og ikke-statlige aktører, nærmer seg ny teknologi for bedre å møte morgendagens utfordringer.

Forsvaret er i tillegg spesiell fordi det ikke bare er en organisasjon, men også en utdanningsinstitusjon. I motsetning til det som er tilfellet i de aller fleste andre virksomheter i Norge, må

² Jon Wicklund i Luftforsvaret reflekterer rundt dette i Forsvarets forum: <https://forsvaretsforum.no/drone-meninger-teknologi/autonome-vapensystemer--bruk-teknologien/198531>.

Forsvaret ikke bare forsøke å forutse hva som blir viktig kompetanse i fremtiden, men også ta stilling til hvilken kompetanse som skal produseres internt i organisasjonen og hvilken som skal hentes inn utenfra.

Det finnes mange planer for fremtiden når det kommer til teknologi og teknologiutvikling, også i Forsvaret, men vi erfarer at disse ofte er teknologifokusert og at konkrete tiltak for personell og kompetanse mangler eller kommer sent. Beslutninger knyttet til anskaffelser og teknologiutvikling tas i håp om at personell- og kompetansesituasjonen ordner seg. Med en stadig større kamp om kompetansen i fremtidens arbeidsliv, mener vi Forsvaret i større grad enn i dag må være tidlig ute med å planlegge for hvordan organisasjonens kompetansebehov skal dekkes, på alle nivåer.

I litteraturstudien (Fauske, 2020) fant vi svært lite annen forskning knyttet til personell- og kompetansekonsekvenser av teknologiske trender. Derfor mener vi at FFI-prosjektet «Personellstudier» bidrar med viktig kunnskap både gjennom intervjuene vi beskriver i denne rapporten, og gjennom de andre studiene vi gjennomfører.

I denne rapporten er det teknologenes perspektiv vi ser på gjennom intervjuene. Deres innsikt i teknologienes tidsperspektiv, virkemåter og bruksområder er uvurderlig informasjon for alle som forsøker å tenke langsiktig rundt personell- og kompetansebehov i Forsvaret.

Intervjuer kan fungere godt til å utforske sammenhenger samt å beskrive menneskers opplevelser og erfaringer, men de egner seg ikke til å konkludere om årsaker, utbredelse og konsekvenser. I seg selv vil derfor ikke denne rapporten gi grunnlag for anbefalinger om tiltak, men den vil være en brikke inn i «Personellstudier» sin forskningsaktivitet knyttet til fremtidens arbeidsliv.³

1.3 Opplegg og gjennomføring

I denne studien intervjuet vi en stor andel av de teknologiske miljøene ved FFI som jobber med fremtidige teknologier. Målet har vært å identifisere hva slags fremtidig kompetansebehov innføring av deres teknologier vil medføre i Forsvaret. Miljøene valgte vi ut basert på følgende kriterier:

- De skulle jobbe med fremtidige teknologier, det vil si teknologier der anvendelsen ligger noe frem i tid eller der det kommer endringer i anvendelsen et stykke frem i tid.
- De skulle kunne snakke åpent om teknologiene i tilstrekkelig grad til at vi ville få utbytte av informasjonen.
- De fleste intervjuene skulle være relevante for cyberingeniørutdanningen.

³ Andre studier vi gjennomfører er en spørreundersøkelse i Forsvaret der vi samler inn data bredt, en studie av offentlige og private virksomheters kompetansereise i forbindelse med innføring av teknologi samt diverse casestudier i Forsvaret av teknologiens betydning for personell og kompetanse. Vi vil til slutt gjøre en større sammenfatting av alle delstudiene.

-
-
- Antall intervjuer måtte ikke overskride det vi hadde mulighet til å håndtere innenfor aktiviteten.

Basert på disse kriteriene snakket vi med FFIs forskningsmiljøer innenfor kunstig intelligens, stordataanalyse, autonomi, sensorer, satellitter og kommunikasjonsinfrastrukturer. Dette er teknologier som vil ha betydning for Forsvaret, både på kort og lengre sikt. Disse fremvoksende teknologiene kommer til å virke sammen, forsterke hverandre og kanskje endre fremtidige operasjoner på grunnleggende vis. I samspillet mellom disse teknologiene er det et betydelig potensial for innovasjon og radikal forandring. Slike fremskritt vil ha stor merverdi for en rekke forsvarsaktiviteter, fra det å optimalisere ytelsen på militært utstyr til det å redusere kostnader og det å forbedre måter å drive militære operasjoner på (FFI, 2019). I denne rapporten ser vi spesielt på hvilke kompetansebehov som kan oppstå i Forsvaret som følge av at disse teknologiene kommer.

Vi gjennomførte intervjuene i januar og februar 2022. Vi valgte å gjøre semistrukturerte intervjuer⁴, og vi fulgte intervjuguiden som ligger i vedlegg A.

Spørsmålene lagde vi basert på kunnskap vi har opparbeidet oss i den nevnte litteraturstudien samt gjennom samtale med aktivitetens referansegruppe⁵. Cyberingeniørskolen formulerte i tillegg egne spørsmål basert på deres målsetting med intervjuene.

Noen av miljøene vi snakket med jobber med konkrete teknologier, andre jobber med større systemer og andre igjen jobber mer med konsepter. Til sammen dekket vi følgende temaer i intervjuene:

- infrastruktur
 - Forsvarets fremtidige kommunikasjonsinfrastruktur
 - satellitter
- programvare / verktøy / rene digitale teknologier
 - Kunstig intelligens
 - Stordataanalyser
- større systemer
 - sensorer for spektrumovervåkning
 - dronesvermer
 - autonome bakkekjøretøy
- konsepter
 - sammenstilling av sensordata fra mange kilder
 - autonom minerydding
 - fremtidens manøver

⁴ I et semistrukturert intervju er spørsmålene forhåndsbestemt, og de blir stilt i samme rekkefølge til alle intervjuobjektene. Den som intervjuer kan imidlertid stille oppfølgingsspørsmål, slik at intervjuet til en viss grad formes av intervjuobjektets svar.

⁵ I aktiviteten «Automatisering i fremtidens arbeidsliv» har vi en referansegruppe med medlemmer fra de fleste delene av forsvarssektoren.

Alle teknologiene vi snakket om i intervjuene vil i realiteten være en del av større systemer og konsepter. Hvilket nivå vi la oss på i de ulike intervjuene, var avhengig av fokuset og arbeidsområdet til intervjuobjektet.

Vi tok opp intervjuene med lydopptaker og transkriberte i etterkant. Slik sikret vi at vi fikk med oss alt som intervjuobjektene sa i samtalen. Intervjuobjektene mottok spørsmålene i intervjuet på forhånd, men vi hadde ikke krav om at de måtte forberede svarene i forkant. De fleste hadde imidlertid forberedt seg i noen grad.

Samtalene foregikk på ugradert nivå. Det kan være at intervjuobjektene av denne grunn måtte utelate noe informasjon, men det var ikke viktig for studien at vi snakket detaljert om de ulike teknologiene, da vårt fokus var personell- og kompetansebehov.

1.4 Rapportens struktur

I kapittel 2 gjør vi rede for det som kom frem under intervjuene. Teksten i det kapittelet er kvalitetssikret av intervjuobjektene. I kapittel 3 oppsummerer vi det vi mener vi kan lære fra intervjuene, og vi reflekterer rundt dette. Det dreier seg da om vår tolkning av intervjuene, slik at det ikke lenger er intervjuobjektene direkte uttalelser eller meninger vi beskriver der.

2 Resultater av intervjuene

I hvert delkapittel i dette kapittelet tar vi for oss ett intervju. Vi innleder med en kort introduksjon til den aktuelle teknologien. Vi holder oss på et detaljnivå som tilsvarer det vi holdt i intervjuet. Inngående beskrivelser av teknologiene er utenfor hensikten med denne rapporten. Imidlertid refererer vi underveis til videre lesning for de som er interessert i det. I tillegg anbefaler vi å se til Andås (2020) og NATO (2020) for flere beskrivelser av fremtidige teknologier.

Videre omtaler vi tidsperspektivet og noen av usikkerhetene rundt utviklingen av teknologien, slik intervjuobjektet tenkte rundt dette. Det varierer mellom de ulike teknologiene hvor modne de er, hvor langt frem i tid anvendelsen av dem ligger og hvor sikkert det er at de faktisk vil tas i bruk.

Til slutt ser vi på mulige endrede kompetansebehov som følger teknologien, og dette oppsummerer vi videre i en tabell. Tabellen er ikke uttømmende, men dekker det vi var innom i samtalen. I tabellene knytter vi endrede kompetansebehov til ulike roller. Rollene kan i mange sammenhenger gli over i hverandre, og samme person kan inneha flere roller. Hensikten med rolleinndelingen er å kunne omtale kompetansebehovene systematisk og med en viss mulighet for sammenligning på tvers av teknologier, systemer og konsepter. Rollene er ikke hentet fra militær

sjargong eller organisasjon. De er basert på vår tolkning av hva slags funksjonalitet som må dekkes av mennesker, knyttet til de ulike teknologiene. I denne sammenhengen er det også et poeng at fremtidige operasjonskonsepter kan medføre nye funksjoner sammenlignet med i dag, slik at vi også av den grunn bør være generiske og ikke knytte rollene tett til dagens militære organisasjon.

Det er mange lignende, fremtidige kompetansebehov for de ulike teknologiene, og det kan ha vært tilfeldig akkurat hvilke intervjuobjekter som nevnte hvilke. Hvis noe er nevnt under én teknologi, men ikke under en annen, kan det altså likevel gjelde for begge. I kapittel 3 forsøker vi å trekke ut informasjonen fra intervjuene til en mer generisk oppsummering, og vi bør derfor klare å fange opp det som gjelder mer generelt.

2.1 Forsvarets fremtidige kommunikasjonsinfrastruktur

I dette intervjuet snakket vi med sjefsforsker Ingar Bentstuen om Forsvarets fremtidige kommunikasjonsinfrastruktur (FKI). Mer informasjon om FFIs arbeid med FKI finnes blant annet i Voldhaug mfl. (2021).

2.1.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

Forsvarets kommunikasjonsinfrastruktur består av mange forskjellige deler, fra en landsdekkende, fiberbasert kommunikasjonsinfrastruktur til radionett ute i taktiske avdelinger.

Selv om Forsvaret eier og drifter sitt eget stasjonære kommunikasjonsnettverk vil dette i hovedsak basere seg på kommersielle løsninger. Når det gjelder mobile nett og understøttelsen av operative avdelinger som flytter på seg, er det per nå uavklart i hvor stor grad Forsvaret i fremtiden vil ha egne løsninger og i hvor stor grad de vil benytte seg av kommersielle løsninger.

Av sikkerhetsmessige årsaker er det ikke sikkert Forsvaret kan bruke sivile løsninger uendret i alle sammenhenger. Samtidig vil det i en totalforsvarssammenheng være gunstig om Forsvaret kan kommunisere med andre nødetater over kommersielle mobilnett. FKI kan derfor i fremtiden bestå av en form for hybrid løsning mellom sivile løsninger og Forsvarets egne systemer (Voldhaug mfl., 2021).

I dette intervjuet fokuserte vi på 5G og hvordan 5G vil medføre endringer i kommunikasjonsinfrastrukturene.⁶ 5G i seg selv vil medføre mye ny teknologi i mobilnett, men relatert til 5G vil det også komme teknologiske endringer i andre nettverk, slik som landsdekkende, stasjonære kommunikasjonsinfrastrukturer. Dette er endringer som 5G er avhengig av for å oppnå sine målsetninger. Når vi heretter omtaler fremtidig 5G, inkluderer vi også teknologiske endringer i andre nett som blir innført samtidig som 5G.

⁶ 5G er ikke en enkeltstående teknologi, men en samling av teknologier. Voldhaug (2021) gir en god introduksjon til 5G og beskriver hvordan det skiller seg fra 4G.

Bentstuen forteller at 5G kort sagt består av komponenter, og innovasjonen ligger i å sette sammen disse komponentene på nye måter. Det er nesten ingen «bokser» igjen i basestasjonen i 5G. Funksjonaliteten ligger i hovedsak i programvare og er dermed flyttet til et datasenter. Kunstig intelligens⁷ vil være svært viktig for å styre kommunikasjonsnettverkene, for eksempel når det gjelder å rute trafikken og å håndtere feil.

Med 5G mener Bentstuen at mindre, dedikerte nettverk vil kunne settes opp mye enklere enn i dag. I prinsippet vil man kunne sette opp slike nettverk på minutter, for eksempel i en nødsituasjon eller i en militær operasjon. Brukerne vil ha informasjonssystemet «i lomma», og man kan koble sammen ulike aktører uten at de må eksponere data for hverandre.

I en militær operasjon vil det å ha et nettverk som tilpasser seg dynamisk etter oppdukkende behov, være en av de store fordelene med 5G. Teknologier som automatisk håndterer feil som oppstår i nettet, og det at man så godt som alltid har dekning, er andre fordeler.

Én ulempe med fremtidens mobile nett er at de trolig blir så komplekse at svært få forstår hvordan de faktisk fungerer. En annen er at virkelig store feil i nettet vil kunne håndteres dårligere av kunstig intelligens enn av mennesker.

2.1.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

5G er på vei i dag og er tatt i bruk til en viss grad, men Bentstuen mener at bruk av 5G som skissert i delkapittelet over ligger noen år frem i tid. Det vil være en gradvis utvikling fra i dag og fremover, med mer og mer automatiserte løsninger og intelligens i nettverkene etter hvert.

Full utnyttelse av 5G er avhengig av kunstig intelligens. Kunstig intelligens i mobilnett er ikke modent ennå. Det nærmer seg i stasjonære nett, men er lenger unna i mobile nett.

Det mangler også mye på standardisering. Standardisering må på plass for at ulike komponenter og systemer fra ulike leverandører skal kunne kobles sammen. Bentstuen sier at det virker å være vilje i bransjen til å standardisere konsepter og grensesnitt, men at det fortsatt vil være risiko for låsing til en bestemt leverandør eller en gruppering av leverandører på grunn av manglende samhandlingsmuligheter.

I tillegg gjenstår det for Forsvaret en del valg knyttet til fremtidig kommunikasjonsinfrastruktur. Prosessen fra man gjenkjenner et behov for teknologi og funksjonalitet, til man tar valget om hva man ønsker, og videre til man faktisk får dette, er lang.

Selv om man er i ferd med å ta i bruk 5G i dag, mener Bentstuen vi vil være på andre siden av 2030-tallet før 5G-teknologi gir all den funksjonaliteten for Forsvaret som man i dag ser for seg at den vil kunne gjøre.

⁷ Vi skriver mer om kunstig intelligens i kapittel 2.3.

Komponentene i 5G vil i stor grad være svarte bokser der det er få personer som faktisk forstår akkurat hva som foregår. Systemene blir komplekse. I hvilken grad Forsvaret går for egne løsninger innenfor mobilnett vil derfor ikke bare handle om valg, men også om hva de faktisk har kompetanse til å ta i bruk. Kanskje blir fremtidens nettverk så komplekse at Norge som nasjon vil mangle kompetanse som kreves for å forstå dem godt.

2.1.3 Endrede kompetansebehov

Alle ansatte i Forsvaret vil bruke kommunikasjonsløsninger i en eller annen form. Som rene brukere vil de ikke trenge noen spesiell kompetanseheving direkte knyttet til FKI.

Kompetansehevingen knyttet til FKI kommer «back-end» som følge av at funksjonalitet flyttes over i programvare og at kunstig intelligens blir helt nødvendig for at 5G skal kunne leveres. Fordi bokser og kabler forsvinner mer og mer, sier Bentstuen at det vil bli mindre behov for kompetanse på det å sette opp nettverk på denne måten. I stedet blir det behov for kompetanse innenfor programmering og kunstig intelligens, og noen bør forstå matematikken og fysikken i nettverkene. Dette vil ha betydning for kompetansesammensetningen i både CYFOR, FMA IKT og sambandsavdelingene i Sjøforsvaret og Luftforsvaret, ved at noe av kompetansen de i dag besitter blir mindre nødvendig.

Det er det som egentlig er den generelle trenden i teknologien her: det er at de som bare skal koble en kabel eller skrive noen mystiske kommandoer på en eller annen boks, det blir borte. Og så trenger du noen færre mennesker som kan mye mer. Som forstår ting. Du trenger folk som forstår ting, istedenfor bare å koble en kabel.

Sjefsforsker Ingar Bentstuen

Dersom Forsvaret skal bruke sivile kommunikasjonsnettverk, enten det er stasjonære eller mobile nett, kan det være behov for tilpasninger. Man bør da sørge for tilstrekkelig tilgang på personell med kompetanse innen nettverksvirtualisering, som også har en tilstrekkelig forståelse av Forsvarets behov og utfordringer. Dette kan skje gjennom utdanning av eget personell eller ved samarbeid med en kommersiell aktør (Voldhaug mfl., 2020). Ifølge Bentstuen er det ikke avklart om det beste er at Forsvaret selv produserer denne type kompetanse eller ikke. Det er heller ikke gitt om personer med utdanning innenfor dette skal være ansatt i Forsvaret eller brukes av Forsvaret gjennom samarbeid med sivile aktører.

Fremover vil forskjellene mellom utvikling og drift trolig viskes ut, sier Bentstuen. I nettverkene vil det være kontinuerlig utvikling og forbedring, med oppdateringer daglig og på minutter. Kvalitetskontroll vil foregå i sanntid. Det er per i dag også svært usikkert hvor mye av denne utviklingen som bør ligge i Forsvaret, og hvor mye som bør ligge i industrien eller hos kommersielle aktører. Uansett bør det være tett samarbeid og kontinuerlig dialog mellom Forsvaret og sivile aktører. Drift og utvikling krever evne til å tilpasse systemene til operative behov – kontinuerlig.

Bestillerkompetanse i Forsvaret er viktig, ifølge Bentstuen. Strategisk ledelse må forstå teknologien – ikke hvordan den fungerer i detalj, men hvilke muligheter den gir. Det er ikke alltid lett å se den operative nytten av IKT, men IKT er helt nødvendig for understøttelsen av operasjoner, og ny teknologi kan sågar endre *hvordan* man utfører operasjoner. Vilje til å tenke nytt i ledelsen er en forutsetning for at teknologi tas i bruk, og da er et visst nivå av teknologisk kompetanse nødvendig.

2.1.4 Oppsummering

Tabell 2.1 (se neste side) viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av fremtidig 5G. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinndelingen (se innledningen til kapittel 2).

2.2 Satellitter

I dette intervjuet snakket vi med forskningsleder Richard Olsen om satellitter. Mer informasjon om FFIs satellittforskning finnes på FFIs nettsider⁸.

2.2.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

Det har skjedd en voldsom utvikling innenfor satellitteknologi de siste tiårene. Olsen forteller at det foregår en omfattende kommersialisering, og i dag er svært mye av teknologien i små satellitter som i en mobiltelefon – den er billig og kapabel. Dermed kan små satellitter brukes til stadig mer avansert kommunikasjon og datainnsamling. Siden kostnadene for å bygge og skyte opp små satellitter er relativt lave, blir stadig flere statlige og private aktører satellitteiere og -operatører.

Romdomenet er også blitt mer betydningsfullt militært i flere land. NATO erklærte romdomenet som et nytt militært operasjonsdomene i 2019. Forsvarssjefen i Norge godkjente samme år et forslag for operasjonalisering av romdomenet i Forsvaret. Forslaget var et resultat av Forsvarssjefens anbefaling i FMR⁹ 2015 om økt bruk av satellitter i nordområdene, og påfølgende etablering av Forsvarsdepartementets program *Space*. Program *Space* pågikk i årene 2017–2019 og utarbeidet en plan for koordinert ledelse av Forsvarets romvirksomhet. FFI har vært, og er, en pådriver for utvikling og bruk av satellitteknologi i Norge. I 2008 kom man for alvor i gang med utvikling av AISSat-1, som ble Norges første maritime overvåkingssatellitt. Den ble skutt opp i 2010. Den nyeste overvåkingssatellitten er NorSat-3, som ble skutt opp i april 2021. Satellitten er et samarbeid mellom FFI, Kystverket og Norsk Romsenter. FFI har utviklet en ny sensor for NorSat-3, NRD¹⁰, for deteksjon og lokalisering av navigasjonsradarer på skip. Kontrollsentret for satellitten befinner seg på FFI.

⁸ Det ligger mye informasjon om satellitter på FFIs nettsider. Noen saker som gir et innblikk i forskningen er: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/-det-var-som-a-skru-pa-lyset/> og <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/her-er-den-nye-norske-romspeideren/>.

⁹ FMR: forsvarssjefens fagmilitære råd.

¹⁰ NRD: navigasjonsradardetektor.

Tabell 2.1 Fremtidig kompetansebehov knyttet til 5G for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Kommuniserer med andre over nettverkene.	Ingen spesiell kompetanseheving nødvendig knyttet spesielt til 5G-nett.	Ja.
«Operatører»	Setter opp nettverk ved behov, for eksempel «5G-bobler» i en operasjon.	Teknologisk forståelse, nettverkskompetanse. Dette gjøres på PC, ikke bokser og kabler.	Ja.
«Analysepersonell»	Ikke dekket i intervjuet.	Ikke dekket i intervjuet.	Ikke dekket i intervjuet.
«Utviklere»	Jobber med å utvikle 5G, programmere funksjonalitet, osv.	Omfattende IKT-kompetanse, nettverkskompetanse.	Uavklart. Hvis Forsvaret skal ha helt egne løsninger: ja. Hvis Forsvaret skal bruke sivile nett: nei. Eventuelt kan det være strategiske partnere.
«Driftere»	Jobber med å drifte og tilpasse 5G-funksjonalitet. Skillet mellom drift og utvikling er diffust.	Omfattende IKT-kompetanse, særlig kompetanse på nettverk og nettverksvirtualisering. Må forstå Forsvarets behov, utfordringer og særegenheter.	Uavklart. Nødvendig med tett dialog og samarbeid med utviklere. Vil være kontinuerlig utvikling. Utvikling og drift går over i hverandre.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, må forstå begrensninger og muligheter for systemene. Må ha militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Forståelse for hvilke teknologiske løsninger som dekker militære og operative behov. Inngående kjennskap til nettverk, 5G-funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv.	Både ja og nei.

Satellittkommunikasjon i nordområdene har vært mangelvare. Det meste av markedet er på lavere breddegrader. Dette er i ferd med å endre seg. Såkalte megakonstellasjoner med satellitter i lav jordbane er i ferd med å bli utplassert, og disse vil kunne gi bedre dekning i nord. I 2023 forventes to nye norske satellitter operert av Space Norway å gi god bredbåndsdekning i nord. Satellittene vil også levere militær satellittkommunikasjonskapasitet til Forsvaret. FFI utvider også satellittanvendelsene til andre områder, deriblant satellittkommunikasjon.

Når rommet blir tatt i bruk på denne måten, er det stadig viktigere med god forståelse for romdomenet som sådan samt hva satellitter er, hvordan de styres og hvordan de kommanderes.

Med satellitter i lav jordbane og ny sensorteknologi får man tilgang til svært store mengder informasjon. Evnen til å utnytte denne informasjonen er tett koblet sammen med utviklingen innenfor kunstig intelligens. Uten maskinbasert prosessering av all informasjonen blir det som å «drikke fra en vannhydrant», sier Olsen.

2.2.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

I 2019 kom det en stortingsmelding som kalles rommeldingen (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019), som overordnet skisserer økte ambisjoner om å bruke romteknologi og romkapasiteter. Stortingsmeldingen er imidlertid ikke veldig detaljert. FFI er involvert i arbeidet med å lage mer konkrete handlingsplaner som er forankret i den overordnede stortingsmeldingen.

Det var ifølge Olsen lenge vanskelig å plassere ansvaret for romkapabiliteter i Forsvaret. Dette har nå kommet mer på plass, uten at vi går i detalj på det her.

Per i dag finnes det ikke en egen utdanning i Forsvaret for romdomenet og bruk av satellitter. Derfor er forståelsen for hva det vil si å bruke og operere satellitter ganske lav på de fleste gradsnivåer. FFI har gjennom en årrekke vært pådriver for å forsøke å få på plass en strategisk ledelse for romvirksomhet i Forsvaret. Det er gjort viktige fremskritt etter at Forsvarssjefen anbefalte økt bruk av satellitter i FMR 2015, og det gjøres nå et arbeid for å etablere en utdanningsvei med en kombinasjon av ulike kurs. Selv i USA, som er desidert lengst fremme på dette området, er det ganske ferskt med en egen våpengren for romdomenet, og det meste av utdanningen innen romteknologi og romoperasjoner skjer i Air Force Academy.

Det mangler fremdeles en del på standardisering i romindustrien. Det å få på plass dette tar typisk lang tid, mener Olsen.

Satellitteknologien er moden og elektronikken blir billigere og billigere, men Olsen sier at en del arbeid gjenstår før Forsvaret vil ha og/eller vil kunne benytte en satellittkapasitet som fullt ut utnytter potensialet i teknologien. Olsen tror at om rundt ti år kan vi ha en god kapasitet på dette – «hvis vi vil». Det handler med andre ord mest om hvilke valg som tas, ikke om at teknologien ikke er moden.

2.2.3 Endrede kompetansebehov

Satellitteknologien er forholdsvis moden i dag, og endringen fremover handler først og fremst om mer omfattende bruk, flere satellitter i lav jordbane og generelt det at man putter nye typer sensorer på satellittene.

I planene som begynner å komme for romdomenet snakkes det ifølge Olsen lite om personell- og kompetansebehov. Satellitter vil være en del av en infrastruktur som mange ansatte i Forsvaret vil benytte i en eller annen form, ofte uten at de forholder seg til selve satellittene. Endringene i kompetansebehov som følge av at satellitter blir tatt mer i bruk, vil først og fremst være knyttet til anskaffelse og systemdrift.

Hvis man snakker om kommunikasjonsbiten så vil det man allerede gjør i dag på sambandssiden – det vil ikke være noen kjempeendringer [i kompetansebehov] der som drives av dette.

Det samme gjelder for eksempel rombasert maritim trafikkovervåking. Det har man delvis allerede fra satellittsiden, men også fra fly, kystvaktfartøy og sensorer langs kysten, enten det er AIS eller radar. Så fra selve brukerståstedet tenker jeg ikke det vil være, i hvert fall ikke i et 10 til 15 års perspektiv, voldsomt store endringer [i kompetansebehov].

Kompetanseutfordringen går mer på det med anskaffelse og drift av satellittsystemer.

Sjefsforsker Richard Olsen

Kompetanse knyttet til anskaffelse handler om å ha stor nok teknologisk forståelse til å se Forsvarets behov, og videre til å se hva slags løsninger som vil dekke behovet. De som er involvert i spesifikasjon og konkret anskaffelse, må dessuten vite hvilke krav som skal settes til satellittleverandøren. Forsvaret må være i stand til å utforme kravspesifikasjon. Dette krever for eksempel kompetanse innenfor elektronikk og signalbehandling. Et nytt aspekt som Olsen i tillegg nevner i denne sammenhengen, er miljøaspektet.

Det er gjerne brukere på arbeidsplan som har lettest for å se mulighetene knyttet til teknologier, noe FFI også har erfart innenfor satellittområdet, og ofte er det vanskelig å kommunisere dette oppover til beslutningstagere. De fleste mennesker har lettest for å se muligheter hvis de får dem demonstrert. Da FFI sendte opp den første norske AISSat-satellitten, var reaksjonen på FOH at den situasjonsforståelsen dette bidro til var som om noen «slo på lyset», forteller Olsen. Holdninger til å prøve ut nye teknologier er viktig for at de faktisk skal tas i bruk, og positive holdninger øker gjerne med økt teknologisk forståelse. Forståelse for satellitteknologi blant beslutningstagere i Forsvaret vil derfor være en viktig kompetanse i seg selv.

Satellitter vil være biter av et større hele – systemer og teknologier av ulike typer som spiller sammen. Et fungerende kommunikasjonssystem består av sensorer, antenner, datastrømmer, kryptering, programvare for prosessering av data, osv. I dette intervjuet var det selve satellittene som var tema, og vi forsøker derfor å omtale kompetansebehov knyttet direkte til dem. Det er imidlertid åpenbart at noe av den viktigste kompetansen vil dreie seg om evnen til å vurdere

hvordan satellittsystemer skal passe inn i en mer generisk sambands- og IKT-struktur samt faktisk å ta i bruk satellitter i en slik struktur.

Når satellitter skal brukes for kontinuerlig dekning i nordområdene, er antall satellitter og deres bevegelse svært viktig. Evne til å planlegge bruk av satellittsystemer blir derfor viktig kompetanse. Dette dreier seg om realfagskompetanse, særlig innenfor fysikk og astronomi. Om Forsvaret må ha denne kompetansen i organisasjonen er uklart, ifølge Olsen.

Det kan potensielt være slik at Forsvaret vil ha satellittsystemer fra flere ulike leverandører. For å unngå at man må sitte med flere ulike skjermer, må systemene kobles sammen på programvarenivå. Dette er krevende, og inngående IKT-kompetanse er nødvendig.

Etter at satellittene er skutt opp må de driftes og vedlikeholdes. For eksempel må noen passe på at de får nok batteriladning gjennom solpanelene. De må også kommanderes (styres). Jo flere satellitter som tas i bruk, jo flere personer med denne typen kompetanse er det behov for. Det er ikke avklart om Forsvaret skal bygge opp en organisasjon for å håndtere dette selv, eller om det bør settes ut til andre aktører.

Når systemet er på plass og i bruk, må selve satellitressursene fordeles, det vil si at kanaler må tilordnes for bruk i forskjellige deler av Forsvaret. Trolig bør dette foregå ved at brukerne melder inn behov til en koordinerende enhet, sier Olsen. Her må det være personer med forståelse for satellittsystemene og evne til å operere dem.

I dag er FFI og industrien i front når det kommer til satellittutvikling. Uten satellittkompetanse i Forsvaret er det ifølge Olsen vanskelig å se at bruken av satellitter vil ha en fremtid for organisasjonen. Det er imidlertid ikke helt klart hvilken rolle henholdsvis Forsvaret, FFI og industrien vil ha, hverken når det gjelder selve teknologiutviklingen eller når det gjelder ansvaret for kontrollsentrene lik det som nå befinner seg på FFI.

Ulempen med å la utenforstående aktører sitte på kontrollsenteret, er at de da vil få innsikt både i prioriteringer og i operasjoner og hvordan de foregår. Det vil i så fall være svært mye som må tenkes igjennom knyttet til operasjons- og informasjonssikkerhet. Det er upløyd mark i dag. Jo mer militært relevant det blir, jo mer må man tenke på hvem man kjøper fra, hvem man deler informasjon med og hvem gjør man seg avhengig av.

2.2.4 Oppsummering

Tabell 2.2 viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av fremtidig satellitteknologi. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinndelingen (se innledningen til kapittel 2).

Tabell 2.2 Fremtidig kompetansebehov knyttet til satellitter for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Kommuniserer med andre over satellitter, forholder seg til sensorinformasjon fra satellitter.	Grunnleggende teknologisk forståelse, må forstå utstyret de bruker.	Ja.
«Operatører»	Tilordner SatCom-kanaler til ulike deler av Forsvaret.	Grunnleggende teknologisk forståelse, må kunne bruke programvare for tilordning av kanaler.	Ja.
«Analysepersonell»	Ikke dekket i intervjuet.	Ikke dekket i intervjuet.	Ikke dekket i intervjuet.
«Utviklere»	Jobber med å utvikle satellittsystemer.	Omfattende kompetanse innenfor realfag og satellitteknologi, evne til å planlegge bruk av satellitter.	Uavklart.
«Driftere»	Jobber med å drive satellittsystemer og videreutvikle funksjonalitet på programvarenivå. Passer på batterier og kommanderer satellittene. Skillet mellom drift og utvikling er diffust.	Omfattende IKT-kompetanse og forståelse for satellitteknologi, evne til å koble sammen systemer på programvarenivå.	Uavklart.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene. Positiv holdning til å prøve ut nye teknologier.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til satellitteknologi, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer, osv. Må forstå hvordan satellitter passer inn i en sambands- og IKT-struktur. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.3 Kunstig intelligens

I dette intervjuet snakket vi med forskningsleder Ingebjørg Kåsen om kunstig intelligens. Mer informasjon om FFIs forskning innenfor dette området finnes på FFIs nettside.¹¹

2.3.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

Kunstig intelligens¹² har hatt en rivende utvikling de siste årene. For ti år siden var mange av dagens anvendelser helt urealistiske. I dag ser man for seg mange fremtidige anvendelser, og det er til dels også allerede tatt i bruk på en del områder.

I hovedsak brukes kunstig intelligens til automatisert tolkning av data. Det kan være ulike typer data, for eksempel bilder, lyd, tekst, signaler, osv. I dag handler det mye om å filtrere informasjon. Dette kan endre seg i fremtiden, der man kan bli i stand til å gjøre mer kompleks analyse, som å predikere utvikling eller se sammenhenger.

Ifølge Kåsen er noen av de aktuelle anvendelsesområdene av kunstig intelligens for Forsvaret:

- overvåkning og situasjonsforståelse
- logistikkoptimering
- prediksjon av vedlikehold av materiell
- autonomi – autonome farkoster eller andre typer roboter
- optimering av personellutnyttelse
- påvirkningsoperasjoner
- oppdagelse av cyberangrep

Kunstig intelligens vil ifølge Kåsen i første omgang føre til at rutinepregede oppgaver blir borte. I tillegg vil det muliggjøre prosessering av svært store mengder data sammenlignet med hva man har fått til hittil. Dette innebærer selvsagt at tilgang til data blir helt essensielt.

Kåsen tror kunstig intelligens også kan føre til at man på noen områder vil jobbe på helt nye måter – at man tar i bruk nye konsepter. Autonome farkoster er et eksempel på noe som kan gjøre at man løser oppgaver på andre måter enn før. Innenfor etterretning kan det også bli mulig å jobbe annerledes, ved at man kan sammenstille og tolke informasjon samlet på et mye tidligere tidspunkt enn i dag.

¹¹ FFI har mange forskjellige prosjekter hvor kunstig intelligens er involvert. Noe av dette finnes det informasjon om på FFIs nettside: <https://www.ffi.no/forskning/tema/kunstig-intelligens/>.

¹² Andås (2020) beskriver kunstig intelligens slik: «Artificial Intelligence (AI) refers to the ability of machines to match human problem solving, or at least mimic cognitive functions associated with the human mind, in terms of learning, reasoning, planning and acting in a complex cyber-physical environment, thus allowing autonomous robot or vehicle control, automated information fusion and anomaly detection and intelligent tutoring.»

2.3.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

Kåsen forteller at utviklingen innenfor kunstig intelligens i Forsvaret hittil i hovedsak har vært FFI-initiert, men i tett samarbeid med Forsvaret. Det har vært en suksessfaktor i dette samarbeidet at begge parter har vært positive til teknologien, at personer i Forsvaret som kjenner behovene og personer på FFI som kjenner de teknologiske mulighetene, har samarbeidet tett. Kunstig intelligens er en type teknologi der det er lett å se at den er nyttig, fordi man raskt kan se resultatene med egne øyne.

Siden utviklingen innenfor kunstig intelligens går så fort, er det svært vanskelig å se langt frem og forsøke å spå hvordan fremtiden vil bli. Mye er teknisk mulig i dag, men Kåsen tror likevel det vil ta tid før det er implementert ut i anvendelser i Forsvaret – sikkert fem til ti år. Det er flere årsaker til dette, men noe handler om kompetanse, ikke bare hos de som skal anvende teknologien, men også hos de som skal beslutte, godkjenne, anskaffe og drifte. Imidlertid vil den største hindringen trolig handle om innsamling, forvaltning og deling av data.

Trolig vil kunstig intelligens utvikle seg gradvis fra i dag og fremover, og bre seg mer og mer utover. Ser vi mer enn ti år frem, er det sannsynlig at det vil være «overalt» – at det rett og slett vil være grunnprinsippet for veldig mange datasystemer og -programmer, tror Kåsen.

2.3.3 Endrede kompetansebehov

Brukere av systemer som bygger på kunstig intelligens, for eksempel beslutningstagere, trenger ikke inngående IKT-kunnskap. Imidlertid bør de ifølge Kåsen ha en grunnleggende teknologisk forståelse og innsikt i hvordan kunstig intelligens fungerer. Det handler om å forstå muligheter og begrensninger ved systemet, på hvilke måter det er annerledes enn et manuelt system, hvilke feil det typisk kan gjøre, osv. Denne kompetansen finnes i liten grad i Forsvaret i dag, så det bør trolig tas noen grep, for eksempel ved at det kommer inn i grunnleggende utdanninger.

Både hos de som skal anvende, men også hos de som skal beslutte, drifte, godkjenne, anskaffe. Hele veien der er du nødt til å forstå hva [kunstig intelligens] er og ikke minst hva det ikke er, og hva det krever, og hva som må på plass for at det skal kunne utnyttes godt. Hvis det ikke er på plass, er det en stor hindring for å utnytte det godt.

– Da må kunstig intelligens inn i kanskje alle utdanninger i Forsvaret på sett og vis, da?

Ja, jeg vil synes at det kunne vært hensiktsmessig. Det er egentlig to ting. Det ene er helt grunnleggende IKT. Det andre er mer forståelse og innsikt av hva det egentlig er og hva som er begrensninger, og på hvilke måter det er annerledes enn et manuelt system for eksempel.

Forskningsleder Ingebjørg Kåsen

Kåsen mener bestillerkompetanse blir viktig. Beslutningstagere innenfor dette må ha forståelse for teknologien eller jobbe tett med noen som har det, og de som skal være involvert i anskaffelse må ha nok kunnskap til å kunne vurdere KI-teknologien i systemene. I dag er det først og fremst FFI som følger med på teknologiutviklingen. Det er ikke klart om Forsvaret vil få egen kompetanse på dette eller om FFI vil fortsette å ha denne rollen langt inn i fremtiden.

Med kunstig intelligens vil datasystemene gi et bedre beslutningsgrunnlag, for eksempel ved at de er basert på større mengder data. Beslutningsgrunnlag kan også utarbeides fortere enn i dag. Tilgang på data vil være helt essensielt, og det innebærer at også avanserte dataforvaltningssystemer må på plass. Her har vi i Norge en fordel, mener Kåsen, siden vi er langt fremme på digitalisering. Kompetanse på dataforvaltning vil med andre ord bli viktig, og det er kanskje der behovet for antall folk vil bli størst. Det vil bli nødvendig med egne datasentre for å håndtere de store datamengdene totalt i Forsvaret.

Systemene vil kunne ta over noen av oppgavene som en analytiker gjør i dag. I stedet for at vedkommende skal lete gjennom dataene på jakt etter noe helt spesielt, tar datamaskinene over dette. Analytikeren flyttes litt høyere opp i «næringskjeden», tror Kåsen. Vedkommende kan da bruke mer av tiden sin på å tenke på hva informasjonen betyr og hva som bør skje i neste omgang. Det kan dermed bli endringer i beslutningskjeden sammenlignet med i dag – altså at analytikere og beslutningstagere vekselvirker på en annen måte – men dette er uklart foreløpig.

Muligens kan systemene i fremtiden også gjøre mer avanserte tolkninger, men det vil trolig mest være for å sikre eller utfordre konklusjonene til menneskene. Kåsen tror ikke maskinene vil erstatte menneskene helt i denne sammenhengen. Det vil dessuten kreve en del av mennesker å vekselvirke med disse systemene. Man må forstå at slike systemer gjør andre feil enn det vi mennesker gjør.

Utviklere innenfor kunstig intelligens trenger inngående IKT-kompetanse, herunder programmeringskompetanse. Det er et spørsmål hvorvidt tilgangen til personer med høy IKT-kompetanse vil bli stor nok fremover. Kåsen påpeker at vi i Norge har små lønnsforskjeller slik at Forsvaret relativt sett er mer konkurransedyktige på lønn her enn i andre land. I tillegg sier Kåsen at erfaringer ved FFI er at vi klarer å rekruttere godt på utviklersiden, trolig blant annet på grunn av muligheten for spennende arbeidsoppgaver.

Utviklere må uansett om de sitter i industrien, hos andre sivile aktører, hos FFI eller i Forsvaret, være tett knyttet til den militære kompetansen, slik at de har forståelse for de operative behovene. Det vil dessuten være betydelige krav til drift og vedlikehold av systemer. Det vil ikke være slik at man får et ferdig system som bare settes i drift og så er det statisk etter det. Det må videreutvikles, tilpasses og oppdateres kontinuerlig, ofte i vekselvirkning med brukerne. Skillet mellom utvikling og drift viskes ut.

Samvirke med andre nasjoner, for eksempel gjennom allianser, vil kreve mye og være en omfattende oppgave. Her handler det både om å dele data og å sørge for at systemer klarer å snakke sammen. Dette vil kreve mange typer IKT-kompetanse, ikke bare på dataforvaltning og programmering, men også på informasjonssikkerhet o.l.

Kåsen mener det er lite trolig at kunstig intelligens vil effektivisere på den måten at personellbehovet totalt sett går ned. Det vil i stedet handle om å utnytte data og informasjon bedre og mer, og man kan løse oppgaver på en bedre og raskere måte. Et annet aspekt er at man i noen sammenhenger vil slippe å eksponere personell for farlige situasjoner fordi man kan bruke autonome farkoster.

2.3.4 Oppsummering

Tabell 2.3 viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av kunstig intelligens. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinndelingen (se innledningen til kapittel 2).

2.4 Stordataanalyser

I dette intervjuet snakket vi med forskningsleder Trude Bloebaum om stordataanalyser. Mer informasjon om FFIs forskning innenfor dette området finnes i Hansen mfl. (2021).

2.4.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

Stordataløsninger brukes til å prosessere omfattende data. Det kan enten være store mengder data (*volume*), data som kommer med stor hastighet (*velocity*) og/eller data med stor variasjon (*variety*). Dette omtales gjerne som de tre v-er. Har man minst én av v-ene i så stor grad at det ikke kan prosesseres på én enkelt datamaskin, kaller man det ofte et stordataproblem. Dette må prosesseres distribuert (på flere maskiner). Akkurat som med kunstig intelligens, dreier stordataanalyser seg om automatisk informasjonsanalyse. I stordataanalyser har man hittil lagt mer vekt på forklarbarhet enn man har i kunstig intelligens. Det vil si det at brukerne av informasjonen skal forstå hvor informasjonen kommer fra og det at informasjonen kan etterprøves. Man skal vite hvorfor man fikk det resultatet man fikk.

I Forsvaret vil både kunstig intelligens og stordataanalyser være relevante i sammenhenger hvor man skal håndtere store mengder informasjon (de tre v-ene). Stordataanalyser vil ifølge Bloebaum være mest relevant i situasjoner hvor det er viktig å vite nøyaktig hvor informasjonen kommer fra og hvorfor datamaskinen kommer frem til de anbefalingene den kommer frem til. I taktiske situasjoner er håndtering av sensordata et eksempel hvor stordataanalyser kan anvendes. Der vil det typisk handle om data som kommer i stor hastighet, og det er et poeng å trekke ut informasjon fort nok. Det vil også være relevant å bruke stordataanalyser mer «back-end», for eksempel på en kommandoplass eller på et kontor et sted, for å analysere dataene mer inngående og over lengre tid.

En av de store verdiene ved kunstig intelligens og stordataanalyser er at en kan få bedre svar ved å sammenstille informasjon fra flere kilder. Stordataanalyser krever omfattende prosessering og dataforvaltning. Man trenger kraftige maskinressurser, og mange beregninger kan bare gjøres på steder hvor man har tilstrekkelig beregningskraft, for eksempel i et datasenter, sier Bloebaum.

Tabell 2.3 Fremtidig kompetansebehov knyttet til kunstig intelligens for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Anvender ferdig programvare basert på kunstig intelligens eller får innspill fra personer som bruker slike, og skal handle ut fra dette.	Grunnleggende teknologisk forståelse, innsikt i systemets styrker og svakheter.	Ja.
«Operatører»	Setter opp systemer når de skal brukes, sørger for feilhåndtering. Kan trolig variere om dette er nødvendig i det hele tatt, om det kan gjøres back-end eller må gjøres ute i felt.	IKT-kompetanse, kunnskap om det spesifikke systemet/programmet.	Ja.
«Analysepersonell»	Bruker kunstig intelligens dynamisk til å løse både kjente og oppdøkkende problemer. De har kanskje verktøykasse av programvare som de skal ta i bruk og tilpasse til situasjonen.	Grunnleggende programmering, analysekompetanse, militær og operativ kompetanse.	Ja.
«Utviklere»	Lager nye systemer og programmer.	Omfattende IKT-kompetanse, programmering, dataforvaltning.	Trolig ikke.
«Drifere»	Setter opp systemer, får systemer til å snakke sammen, tilpasser systemer. Diffust skille mellom drift og utvikling.	Omfattende IKT-kompetanse, forståelse for operative behov.	Kanskje.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Personell med mer inngående kjennskap til kunstig intelligens, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.4.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

Per i dag er ikke stordataanalyser i utstrakt bruk i Forsvaret, men utviklingen er i full gang. Det bør ikke ta mange år før datamaskinene klarer å foreslå beslutninger for enkle problemstillinger. For mer komplekse problemstillinger vil det gå mer tid. Bloebaum tror ikke vi vil komme til et punkt der datamaskinene tar store beslutninger for oss, hun tror de kun vil kunne foreslå beslutninger som vi mennesker tar stilling til.

Bloebaum tror at om vi ser et stykke frem, omtrent 15 år fra nå, vil stordataanalyser være i utstrakt bruk for å utarbeide beslutningsgrunnlag, det vil si samle inn informasjon, prosessere den informasjonen og tilpasse hvordan informasjonen vises for en bruker. Teknologisk vil det være mulig, så da handler det om hva man ønsker å ta i bruk. Det kan også være juridiske og kulturelle faktorer som forsinker eller begrenser utviklingen.

Hvis teknologien skal tas i bruk, krever det at beslutningstagere har tillit til den. Dette krever igjen en forståelse for teknologien og hvordan den fungerer. Trolig blir teknologien moden før organisasjonen blir moden, sier Bloebaum.

2.4.3 Endrede kompetansebehov

En endebruker som benytter verktøy som baserer seg på stordataanalyser, må ikke nødvendigvis forstå teknologien som ligger i bunnen, men de bør ha innsikt i styrkene og svakhetene i systemet og hva dette har å si for informasjonen man ender opp med. Grunnleggende teknologisk forståelse vil nok være nyttig, men kanskje ikke mer enn det dagens generasjoner automatisk lærer seg når de vokser opp. Kanskje vil det for noen anvendelser være nødvendig med kurs for å forstå et spesifikt verktøy, for eksempel som en del av utdannelsen. Systemene som disse endebrukerne benytter, vil ikke være teknologi som skal utvikles der og da. Det er snakk om ferdig programvare som gjør analyser for deg, på kjente problemstillinger.

Personer i en analyserolle vil trolig i større grad enn den vanlige endebruker ha behov for en verktøykasse av analyseprogramvare, og de bør ha nok IKT-kompetanse til å gjøre tilpasninger og endringer i takt med behovene sine. Dette bør trolig være Forsvarets egne folk, da det vil kreve stor forståelse for operative behov og også håndtering av gradert informasjon. Et eksempel på en slik analyseoppgave kan være innenfor logistikk, der analytikerens skal hjelpe til med planleggingen av forsyninger.

Det er med andre ord et skille mellom situasjoner der du som endebruker bare skal bruke eksisterende programvare som noen har laget ferdig til deg, og det er kjent hvilket problem du skal bruke programvaren på, og situasjoner der du som analytiker må løse ukjente problemer og selv gjøre en vurdering av hvilken programvare eller hvilken analysemetode som er best.

Det vil alltid være helt nye problemer som skal løses, systemer som skal forbedres o.l., slik at det må være en kontinuerlig utvikling av programmer og verktøyer. Dette skjer ikke ute hos endebrukeren og ofte heller ikke hos analytikerens, men lenger «bak». Dette vil kreve utviklerkompetanse, det vil si omfattende IKT-kompetanse som programmering og forståelse for

konseptet stordataanalyser. Det er ikke sikkert Forsvaret skal ha denne kompetansen selv, siden Forsvaret ikke er de beste på å utdanne profesjonelle utviklere, men det vil kreve forståelse for militære og operative behov enten ved at utviklerne selv har dette eller at de samarbeider tett med militært personell.

Bloebaum mener det er svært lenge til IKT-systemer er hundre prosent *plug-and-play*, om noen gang. Det vil derfor være behov for operatører som er med ut i felt, som passer på at alle systemer og dingser klarer å snakke sammen, som håndterer feil når de oppstår osv. Dette er ikke spesifikt knyttet til stordataanalyser, men til IKT-systemer generelt. På lengre sikt vil man helt sikkert sentralisere støtte og driftstjenester mer enn i dag, slik at det gjøres fra andre steder enn ute i felt, men Bloebaum tror ikke det vil gjøres hundre prosent på den måten i overskuelig fremtid.

Tillit er nok en stor utfordring, altså tillit til informasjonen. Fordi for at en militær beslutningstager skal være villig til å gjøre noe basert på informasjon, så må du jo ha tillit til at den informasjonen er riktig og pålitelig. Så det ser jeg at kan være en utfordring, men det tror jeg det er mulig å komme seg forbi så lenge man har beslutningstagere som skjønner hva teknologien er. De trenger ikke nødvendigvis å skjønne nøyaktig hvilken algoritme som er brukt og hvordan den fungerer, men de må skjønne hva det er som ligger i bunnen godt nok til at de vet at okei, jeg kan stole på denne informasjonen eller denne informasjonen kan jeg ikke stole på, denne må jeg verifisere selv – det er et forslag. Man må lære seg å bruke informasjonen på en fornuftig måte, selv om man ikke nødvendigvis trenger å forstå teknologien.

Forskningsleder Trude Bloebaum

Målsettingen med teknologier som stordataanalyser er at man skal få mer ut av det personellet man har. Mennesker kan bli avlastet og frigjort til å gjøre andre oppgaver, eller de kan prosessere langt mer informasjon enn de klarer i dag. Dette handler om hvordan man velger å ta ut gevinsten.

For å håndtere alle dataene i fremtiden, trengs det omfattende dataforvaltning. Det å drifte et datasenter og det å håndtere de kompliserte teknologistackene, er det veldig usikkert om Forsvaret kan klare bedre enn sivile aktører. Imidlertid kan det komme graderingsproblematikk inn i bildet her. Alt dette er problematikk som gjelder IKT-tjenester generelt, ikke bare stordataløsninger.

2.4.4 Oppsummering

Tabell 2.4 viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av stordataanalyser. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinndelingen (se innledningen til kapittel 2).

Tabell 2.4 Fremtidig kompetansebehov knyttet til stordataanalyser for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Anvender ferdig programvare basert på stordataanalyser eller får innspill fra personer som bruker slike, og skal handle ut fra dette.	Grunnleggende teknologisk forståelse, innsikt i systemets styrker og svakheter.	Ja.
«Operatører»	Setter opp systemer når de skal brukes, sørger for feilhåndtering. Kan trolig variere om dette er nødvendig i det hele tatt, om det kan gjøres back-end eller må gjøres ute i felt.	IKT-kompetanse, kunnskap om det spesifikke systemet/programmet.	Ja.
«Analysepersonell»	Bruker stordataanalyser dynamisk til å løse både kjente og oppdøkkende problemer. De har kanskje verktøykasse av programvare som de skal ta i bruk og tilpasse til situasjonen.	Grunnleggende programmering, analysekompetanse, militær og operativ kompetanse.	Ja.
«Utviklere»	Lager nye systemer og programmer.	Omfattende IKT-kompetanse, programmering, dataforvaltning.	Trolig ikke.
«Driftere»	Setter opp systemer, får systemer til å snakke sammen, tilpasser systemer. Diffust skille mellom drift og utvikling.	Omfattende IKT-kompetanse, forståelse for operative behov.	Kanskje.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til stordata, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.5 Sensorer for spektrumovervåkning

I dette intervjuet snakket vi med seniorforsker Eivind Bergh Nilssen og forskningsleder Berit Jahnsen om sensorer for spektrumovervåkning, nærmere bestemt passive RF¹³-sensorer.

2.5.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

Passive RF-sensorer har vært brukt militært til overvåkning lenge, spesielt på større plattformer. Sensorene ligger og lytter etter radar- eller radiosignaler. Målet er å få mest mulig informasjon om hva som er rundt deg, og hvor det befinner seg. Systemene er ofte programmerbare, slik at man legger inn informasjon om forskjellige typer radarer. Disse kan da gjenkjennes.

Den viktigste endringen fremover innenfor dette feltet dreier seg om miniatyrisering, sier Nilssen og Jahnsen. Det vil si at komponentene blir så små og billige at de kan brukes mye mer og mange flere steder. For eksempel kan de settes på små UAV¹⁴-er og satellitter. Systemene kan også være håndholdte, slik at de kan kjøres ut og settes på stativ et sted. På denne måten mener Nilssen og Jahnsen at passive RF-sensorer kan, og bør, brukes i stor grad av Forsvaret i fremtiden.

Forsvarets EK-senter (FEKS) har i dag den kompetansen som trengs for å programmere, vedlikeholde og drifte sensorene, men de er underbemannet, erfarer Nilssen og Jahnsen.

Nilssen og Jahnsen opplever at avdelingene i Forsvaret er for lite bevisste på at teknologien finnes og at den er så nær og tilgjengelig. Behovene og kravene må komme fra brukerne før det kan bli anskaffelser ut av det, men kravene kommer ikke før bevisstgjøring.

I dag må man sende ut jagerfly for å få ID på et fly man ikke kjenner. Dette er et eksempel på noe som sensorene kan ta over. Det er også en av de konkrete anskaffelsene som kommer i nær fremtid, nærmere bestemt i 2027.

Teknologien er der og er moden, men det mangler en industripartner som tilbyr ferdige systemer på nødvendig format. Det vil imidlertid være nødvendig med kontinuerlig utvikling og mulighet for å oppdatere systemene, kanskje on-the-fly i en operasjon. For eksempel bør man koble Forsvaret og forskningsmiljøer med leverandører slik at de har en tett dialog.

2.5.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

Omfattende bruk av sensorer av denne typen gir en oversikt som Forsvaret ikke har i dag. Det bør være standard om ti år, mener Nilssen og Jahnsen. Vi blir mer og mer avhengige av det elektromagnetiske spekteret. Flere og flere bruker det. Da blir man mer og mer sårbar hvis man ikke har oversikt over hva som skjer. For eksempel hvis noen jammer ett sted i spekteret, så må du vite

¹³ RF: radiofrekvens.

¹⁴ UAV: unmanned aerial vehicle.

hvor du kan flytte deg i spekteret og jobbe videre. Om ti år kan du kanskje ikke operere i det hele tatt hvis du ikke har oversikt i det elektromagnetiske spekteret.

Nilsen og Jahnsen mener det er for lite EK¹⁵-kompetanse i Forsvaret i dag, slik at det blir nedprioritert. Det settes ikke av penger til det. Samtidig ser FFI at behovet, det kommer.

2.5.3 Endrede kompetansebehov

For endebrukeren vil det ofte ikke være nødvendig med spesiell sensorkompetanse. Endebrukeren vil forholde seg til et system som slås på, og så vises informasjonen på en skjerm. I dag er det en gradskive som peker på forskjellige objekter som er rundt deg. Ved hjelp av et bibliotek som andre har laget, kan brukeren få vite hva slags objekter det er snakk om.

I dag har man spesialtrente programmerere fra FEKS som programmerer de ulike sensorene og tilpasser dem til området de skal jobbe i. Dette krever kunnskap om hvordan sensorene fungerer, men også om radarteologi, signalbehandling, elektronikk, IT, osv. Det er imidlertid generelt for lite av denne kompetansen i Forsvaret i dag, sier Jahnsen og Nilssen, og det vil kreves mer av den fremover med mer bruk av sensorer.

[...] mye må automatiseres, men du må ha flere som evner å programmere disse systemene. Da må de kunne radarteologi, forstå hvordan radarer virker og også kommunikasjon, med bølgeformer og signalbehandling. Og det er ting som.. det er for lite av det [i Forsvaret] i dag.

Forskningsleder Berit Jahnsen

For å kunne programmere sensorene best mulig, er det også viktig med inngående kjennskap til den spesifikke anvendelsen de skal brukes i, mener Nilssen og Jahnsen. Det er for eksempel stor forskjell på problemstillinger og bruk i Sjøforsvaret og i Hæren. Det er godt mulig at det i fremtiden vil bli mer automatisert hvordan sensorene skal virke «der ute». Det kan imidlertid også hende at med mer omfattende bruk av sensorer, må programmeringskompetansen ut i avdelingene i større grad enn i dag, slik at de er nærmere brukerne. Ikke nødvendigvis fysisk, men at de har bedre kjennskap til brukernes spesifikke behov og at de kan programmere sensorene jevnlig ut fra hvordan situasjonen eller operasjonen endrer seg. Akkurat hvordan dette vil eller bør organiseres, er uklart for Nilssen og Jahnsen.

Fremover vil man trolig måtte tenke nytt om infrastruktur og sammenstilling av data. I dag gjøres gjerne «alt» på for eksempel båten hvor man har ESM¹⁶-sensorer. Med mange flere sensorer, større og mindre systemer som jobber sammen, mange flere datakilder og øyne som ser, må informasjonen som kommer fra sensorene prosesseres, lagres, sammenstilles og analyseres. Det må også kvalitetssikres slik at man gjør nødvendige endringer underveis. Trolig er det en fordel om dette gjøres lenger «bak» et sted, men det kan også være at det blir behov for noe analysekapasitet ute i felt. Per i dag er denne samkjøringen vanskelig bare med to skip, ifølge Nilssen og

¹⁵ EK: elektronisk krigføring.

¹⁶ ESM: Electromagnetic Support Measures.

Jahnsen. Det er rett og slett vanskelig å få dataene til å gå fra én plattform til en annen. Kommunikasjon og datautveksling blir med andre ord helt essensielt, og det er områder hvor man vil se store endringer sammenlignet med i dag.

Bestillerkompetanse vil være viktig. Beslutningstagerne har ofte mye usikkerhet og innvendinger fordi de ikke forstår systemene og derfor ikke har tillit til dem. Operatørene har lettere for å se behov. FFI ser også at de yngre tar ting raskere og har mer tiltro til systemene.

2.5.4 Oppsummering

Tabell 2.5 (se neste side) viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av omfattende bruk av passive RF-sensorer. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolle-inndelingen (se innledningen til kapittel 2).

2.6 Dronesvermer

I dette intervjuet snakket vi med seniorforsker Aleksander Simonsen om dronesvermer. Mer informasjon om FFIs forskning innenfor dette området finnes i Nummedal (2021).¹⁷

2.6.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

En av de sentrale applikasjonene for dronesvermer er informasjonsinnhenting fra lufta. Mange droner i lufta gjør samme jobb som én UAV gjør i dag, men i mye større skala.

I dag fjernstyres UAV-er, og det er gjerne flere personer per UAV, i hvert fall på de store. I Norge brukes Puma-dronen, og der er det ofte én person som styrer dronen, mens en annen person ser på sensordataene som kommer inn. For både enkeltdroner og dronesvermer vil man fremover trolig se en gradvis overgang fra fjernstyring til mer autonomi, mener Simonsen. Etter hvert som man tar i bruk systemene begynner man å bygge tillit til dem, legger til flere støttefunksjoner og lignende, og med økende erfaring og funksjonalitet vil man kunne bevege seg mer over i autonomi, tenker Simonsen. Selv om autonomi etter hvert vil bli mulig og vil fungere godt, vil det trolig være behov for fjernstyring i noen typer situasjoner. Det er svært lenge til disse systemene *alltid* vet best. I tillegg vil det, med dagens regelverk, alltid være nødvendig å kunne hoppe inn manuelt og overstyre slike systemer.

FFI utvikler i dag et dronesvermsystem som kalles Valkyrie. Dette utvikler FFI fra bunnen, fordi ferdigkjøpte systemer ikke kan modifiseres nok. Også hvis Forsvaret skal basere seg på industrien ved kjøp av droner, vil det ifølge Simonsen være viktig at det er en viss mulighet til å endre i programvaren til dronen.

¹⁷ FFI er i ferd med å skrive en rapport om svermteknologi, men den er ikke utgitt ennå.

Tabell 2.5 Fremtidig kompetansebehov knyttet til passive RF-sensorer for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Mottar bearbeidet sensorinformasjon fra sensorene eller beslutningsgrunnlag fra analysepersonell og skal handle ut fra dette.	Grunnleggende teknologisk forståelse, innsikt i systemets styrker og svakheter.	Ja.
«Operatører»	Betjener sensorene.	Grunnleggende forståelse for systemene og hvordan de settes opp, kanskje noe evne til å gjøre tilpasninger i systemene på programvarenivå. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Analysepersonell»	Bruker helt eller delvis prosessert sensorinformasjon fra mange systemer og gjør vurderinger ut fra dette som spilles inn til beslutningstagere.	IKT-kompetanse, forståelse for sensorsystemene, militær og operativ forståelse.	Ja.
«Utviklere»	Lager sensorer og eventuell tilhørende programvare.	Omfattende kompetanse innenfor IKT, elektronikk, radar, signalbehandling.	Trolig ikke.
«Driftere»	Programmerer sensorene. Setter opp systemer, får systemer til å snakke sammen, tilpasser systemer, er av og til med ut i felt for å sette opp og håndtere feil. Det meste av oppdateringer og endringer gjøres i programvare. Diffust skille mellom operatører og driftere.	Kompetanse innenfor IKT, elektronikk, radar, signalbehandling.	Trolig.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forståelse for begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til RF-sensortechnologi, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.6.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

Teknologien knyttet til dronesvermer nærmer seg moden, men det vil trolig ta lang tid å industrialisere det, å utvikle operasjonskonsepter rundt det og å innpasse det i dagens struktur, mener Simonsen. En optimistisk antagelse er at det er i bruk om ti år, men dette er svært usikkert. I tillegg til de nevnte begrensende/forsinkende faktorene, er også regelverk en utfordring, siden dronene skal operere i et luftrom hvor også andre flyvende farkoster befinner seg. Samtidig kan også utviklingen gå raskere, dersom ytre krefter gjør at det oppstår behov for det. Simonsen mener det er rimelig å anta at dronesvermer er i bruk innen 15 år og at de da kan operere med en viss grad av autonomi.

2.6.3 Endrede kompetansebehov

Da vi snakket med Simonsen om dronesvermer, ble vi enige om å se langt frem – til de autonome dronesvermene. Imidlertid vil det trolig alltid være aktuelt med en form for manuell styring av dronesvermer i noen situasjoner, så vi inkluderer kompetansebehov knyttet til fjernstyrte dronesvermer i dette kapittelet.

De som opererer enkeltdroner i Forsvaret i dag, har tatt dronekurs. Der lærer de både om regelverket og den tekniske operasjonen av systemet. Målet med dronesvermene er at de skal være like enkle å operere som et enkeltdronesystem. Det vil si at operatørene vil trenge kurs, men ikke dyp teknisk utdanning. De bør også kunne enkle reparasjoner og vedlikehold.

I dag må teknisk personell / utviklere være med ut i felt når dronesvermer skal brukes. Dette vil de trolig måtte fortsette med i en overgangsfase, men det er ikke tanken at de skal behøve det etter hvert. Det betyr at operatørene som er ute må ha en viss forståelse for systemene slik at de kan håndtere feil og uforutsette hendelser. Hvis for eksempel signalet mellom dronene og bakken jammes slik at dronen plutselig ikke svarer, må det håndteres der og da. Hvis det viser seg å være noen svakheter i algoritmene i en viss situasjon, er det en fordel å forstå hva som skjer. Det kan både være problemer med maskinlæringen, og det kan være problemer med sensoren. Dette er noe operatørene kan håndtere på dagens systemer, men det kan kreve mer kompetanse fra operatørene å håndtere tilsvarende for et svermsystem, mener Simonsen.

Utviklerne som programmerer algoritmene bør ha inngående kjennskap til Forsvarets behov, mener Simonsen. Enten må Forsvaret ha tett og kontinuerlig dialog med leverandøren, eller så må systemene være modifiserbare slik at Forsvaret selv kan ha utviklerkompetanse, eller knytte til seg utviklerkompetanse, som kan endre programvaren til dronene kontinuerlig. Det å påvirke hvordan et autonomt dronesystem skal oppføre seg eller virke i forskjellige oppdrag, krever dyp teknologisk forståelse og dyp forståelse for Forsvarets behov.

Grunnen til at vi sier at systemet vårt er på et prototypstadium i dag, er at fordi i dag er det sånn at vi som utviklere må være med ut på alle testene. Av og til starter ikke kameraet og så må vi inn og programmere noe i driveren for å få det til å funke osv. En forutsetning for et operativt svermsystem er at en ikke vil ha de problemene der. Men det kan hende Forsvaret må ha folk som kan systemet veldig godt, på et mye dypere nivå. Nettopp fordi at et autonomt system har mange flere muligheter. Det kan programmeres på nye måter for å løse andre oppdrag. Kanskje nye måter å bruke det på som man ikke hadde tenkt på da man lagde det. At det blir nesten som at man skriver sine egne algoritmer for systemet.

Seniorforsker Aleksander Simonsen

Det vil være behov for mer avansert vedlikehold enn de enkle reparasjonene man kan gjøre ute i felt. Dette gjelder både på selve dronene og i programvaren. Kontinuerlig utvikling og forbedring av algoritmene, samt oppdaterte maskinlæringsystemer som gjør at systemet blir flinkere til å gjenkjenne objekter og situasjoner, vil være viktig.

Det å få dronesystemet til å kommunisere og snakke med andre systemer blir helt nødvendig. Noen skal motta og bruke informasjonen fra dronene. Det å legge til rette for dette vil kreve IKT-kompetanse. Informasjonssikkerhet vil også være viktig her. Simonsen mener at dette bør kunne gjøres back-end, slik at det er mest mulig plug-and-play når man kommer ut i felt, men noen tilpasninger der ute kan bli nødvendig.

Ser man svært langt frem, vil det kanskje bli full autonomi knyttet til dronesvermer. Det vil si at de som er ute bare trykker et sted i kartet hvor de ønsker overvåkning og så fikser dronene hele jobben selv, uten at noen trenger å kaste dem opp eller styre dem. Men dette er trolig svært lenge til, og Simonsen er usikker på når vi eventuelt kommer dit.

2.6.4 Oppsummering

Tabell 2.6 viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av dronesvermer. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinnstillingen (se innledningen til kapittel 2).

Tabell 2.6 Fremtidig kompetansebehov knyttet til dronesvermer for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Mottar bearbeidet sensorinformasjon fra sensorene eller beslutningsgrunnlag fra analysepersonell og skal handle ut fra dette.	Grunnleggende teknologisk forståelse, innsikt i systemets styrker og svakheter.	Ja.
«Operatører»	Styrer dronesvermen, setter opp systemet og kommunikasjonen mellom det og andre systemer. Håndterer enkelt vedlikehold ute i felt.	Kompetanse på både regelverk og det tekniske. Noe IKT-kompetanse knyttet til dronesvermens programvare og kommunikasjonen med andre systemer.	Ja.
«Analysepersonell»	Bruker helt eller delvis prosessert informasjon fra dronesvermen og eventuelt andre systemer og gjør vurderinger ut fra dette som spilles inn til beslutningstagere.	IKT-kompetanse, forståelse for systemene, militær og operativ forståelse.	Ja.
«Utviklere»	Lager programvaren til dronene. Setter eventuelt sammen modulene og får dem til å virke sammen.	Omfattende kompetanse innenfor IKT og dronesystemer.	Kommer an på hvor «ferdig» systemet kommer fra leverandør. Hvis det kommer modulært, kan disse være i Forsvaret eller annen tilknyttet aktør.
«Driftere»	Henger tett sammen med utvikling. Kan nesten ikke se at det kan skilles.		
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til dronesystemer, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.7 Autonome bakkekjøretøy

I dette intervjuet snakket vi med forskningsleder Kim Mathiassen og sjefsforsker Lars Erik Olsen om autonome bakkekjøretøy. Mer informasjon om FFIs forskning innenfor dette området finnes i (Bruvoll mfl., 2019; Mathiassen mfl., 2021; Mathiassen mfl., 2022).

2.7.1 Om teknologien og dens militære anvendelse

Selv om FFI er i ferd med å utvikle autonome, ubemannede bakkekjøretøy, er det slik at ubemannede kjøretøy i en lang periode fremover vil være fjernstyrte. Kanskje blir de autonome etter hvert, men graden av autonomi man kan oppnå er usikker, og man vil trolig se ulike grader avhengig av anvendelse.

Ett område hvor kjøretøyet vil kunne operere autonomt, er på ruteplanlegging. Det vil si at det selv finner ut hvordan det skal komme seg fra A til B. I tillegg kan det finnes helt andre valg kjøretøyet tar selv, for eksempel knyttet til det å benytte våpen. Dette er to helt forskjellige aspekter ved autonomi, og de har ulike muligheter og begrensninger.

Noen aktuelle anvendelsesområder for ubemannede bakkekjøretøy, enten de er fjernstyrt eller opererer autonomt, er ifølge Mathiassen og Olsen:

- *Wing man*. Det vil si at en bemannet plattform har med seg ett eller flere ubemannede kjøretøyer. De ubemannede kjøretøyene kan ha våpensystemer på seg, og de kan rykke frem og engasjere fienden når personellet på den bemannede plattformen ønsker det.
- Logistikk. Ubemannede kjøretøyer kan brukes til å frakte ting, både på veier og ved såkalt *last mile supply* ut til tropper i felt.
- Samband. Ubemannede kjøretøyer kan kjøre og sette ut utstyr til samband.
- Sanitet. Ubemannede kjøretøyer kan brukes som ambulanser eller frakte utstyr.

Ubemannede kjøretøyer kan brukes til det som mennesker ikke ønsker å gjøre, kort sagt det som er «dull, dirty or dangerous», sier Olsen. De kan også brukes til å øke kapasiteten.

Amerikanerne er langt fremme på autonomi, og de har blant annet et ambisiøst program for en «robotic combat vehicle» som skal fungere som wing man. De er nå kommet til fasen med prototyper og uttesting.

2.7.2 Tidsperspektiv og usikkerheter

I Forsvaret har utviklingen innenfor autonomi vært FFI-initiert. Responsen i Forsvaret har vært noe treg, men det er i ferd med å endre seg. Man ser også i markedet rundt at autonomi kommer, noe som bidrar til å endre holdningene. FFI har også sett at eksperimentering og demoer bidrar til å spre kunnskap, og dette bidrar gjerne til mer positive holdninger.

FFIs hovedoppgave er å utvikle teknologi innenfor dette området. Mathiassen og Olsen synes det er noe uklart hvor mye Forsvaret har begynt å tenke på operasjonskonsepter samt personell- og kompetansebehov. Autonome kjøretøy kan i større eller mindre grad endre hvordan man løser oppgaver. Selv i USA, hvor de er kommet langt innenfor autonomi, er det lite snakk om personell og kompetanse innenfor dette. Trolig må løypa gås opp i takt med at teknologien kommer, og man ser mulighetene den gir.

På mange måter er teknologien moden i dag. Dersom man for eksempel kan programmere kjøretøyet i forkant, kan det fint operere alene. Full autonomi er mye lenger unna. Ser vi 15 år frem, tror ikke Mathiassen og Olsen at vi er kommet dit. Det vil også være en lang vei å gå når det kommer til det juridiske og det etiske.

Fienden kommer til å ha ubemannede kjøretøyer, først fjernstyrte og så trolig autonome. Dette er derfor noe vi må forholde oss til.

2.7.3 Endrede kompetansebehov

Det vil være en gradvis utvikling for de ubemannede kjøretøyene der full autonomi ligger veldig langt frem. Vi vil i dette delkapittelet likevel se for oss at man er kommet til et punkt hvor kjøretøyene kan ha noe eller full grad av autonomi.

Målet med teknologien er ifølge Mathiassen og Olsen at det ikke skal endre noe særlig på soldatenes oppgaver, og at det for eksempel skal oppleves likt å styre et våpen på kjøretøyet de sitter i og et våpen på et kjøretøy de ikke sitter i.

I dag er teknologien for fjernstyrte, ubemannede kjøretøyer moden, og det er et en-til-en-forhold mellom operatør og kjøretøy. I fremtiden vil én operatør kunne styre flere kjøretøyer, for eksempel ved å flytte rundt på enhetene i et kart, og så beveger de seg dit de skal. Tanken er at for disse brukerne skal teknologien være så brukervennlig at hvem som helst kan bruke den. En viss kunnskap om hvordan systemet virker, dets styrker og svakheter vil likevel være en fordel, mener Mathiassen og Olsen. Enkel feilsøking og vedlikehold vil også være nødvendig ute i felt. Større feil vil kunne forekomme, men disse kan være såpass komplekse at det trolig ikke er hensiktsmessig at operatørene i felt skal være i stand til å håndtere dem. Det er bedre om det finnes ressurser i bakkant som eventuelt kan rykke ut hvis det er behov for det og mulighet til det.

Det vil være en vei å gå for å utvikle konsepter og å se på hva autonome kjøretøy passer til og ikke passer til. Dette er noe Forsvaret selv må gjøre, og det vil innebære behov for kompetanse om systemene.

Mathiassen og Olsen mener det også blir viktig med bestillerkompetanse, det vil si at noen i Forsvaret må ha nok innsikt til å ha en god dialog med leverandører og utviklere. Det er uavklart hvor mye Forsvaret skal overlate til industrien og andre sivile aktører, og hvor mye de skal gjøre selv, når det kommer til utvikling og vedlikehold av disse systemene. Hvilke modeller Forsvaret velger her, vil være førende for kompetansebehovet i organisasjonen.

Det vil være behov for et større vedlikeholdssystem enn de enkle reparasjonene som gjøres i felt. Her kommer både det mekaniske på kjøretøyene inn, og det som går mer på programvare.

Og så tror jeg at feilene blir såpass komplekse at det er kanskje ikke noe mål at alle skal ha den utdannelsen at de skal mekke på den doningen for å få den til å funke i felt. Det kan hende du skal ha en eller annen feltoperatør i avdelingen, som er en spesiell stilling som kan rykke ut ved behov og fikse ting i felt, som er en slags andrelinje på..

Dette er litt likt sånn som det allerede er i Forsvaret. Det er sånn nå og, bare at doningen er ikke autonom. Men hvis stormpanservogna slutter å virke, så er det ikke sånn at en annen person logger seg på og får den til å virke. Noen må dit ut for å fikse den. Og de har nok hatt et kurs på akkurat det. Og hvis ikke de får det til, må man tilbake igjen, og der er det en annen kar med enda mer kurs. Og hvis ikke han får det til, så er det en tredje kar, og han har en hel utdanning på det.

Det er sånn det fungerer. Men det er kanskje en annen kompetanse som trengs på det tredjelinje-verkstedet. Det er ikke bare dieselmotorer du skal kunne, du skal kunne sensorteknologier og dataprotokoller og nettverkstopologier og alt som er.

Sjefsforsker Lars Erik Olsen

Kompetanse på kommunikasjon og det å få systemene til å snakke sammen vil også være svært viktig, siden kjøretøyene vil være deler av et større system. Det blir med andre ord behov for kompetanse både på sensorer, nettverk og kommunikasjon, det vil si kompetanse knyttet til alle bitene som spiller sammen.

På programvarebiten vil utvikling og drift gå hånd i hånd, tror Mathiassen og Olsen. Det blir nødvendig med inngående IKT-kompetanse, det vil si kompetanse på programmering, nettverk, kunstig intelligens, kontroll- og beslutningssystemer, o.l. Det er trolig ikke hensiktsmessig at Forsvaret bygger opp store miljøer på dette når det finnes så mye av denne type kompetanse sivilt. Mathiassen og Olsen tror det er hensiktsmessig om Forsvaret outsourcer den kontinuerlige utviklingen av programvaren, men at det ikke kan være snakk om hvilke som helst aktører. Forsvaret må likevel ha kompetanse på et nivå som gjør at de kan ha god dialog med disse aktørene. Militær forståelse og Forsvarets behov er viktige i utviklingen.

Mathiassen og Olsen påpeker også at det er en vei å gå knyttet til sikkerhetsbestemmelser og det juridiske rundt bruk av autonome systemer.

Når det gjelder det juridiske, snakket vi om man-in-the-loop og man-on-the-loop. Engasjering. Hva tillates der. Det er ett aspekt, og så er det også det samme som med selvkjørende biler: hvem har ansvaret for dem hvis de gjør noe galt? Det er massevis av sikkerhetsbestemmelser i Forsvaret. Hvordan skal man ta inn UGV-er på en sikker måte? Passe på at ingen blir skadd? Vi har også jobbet en del med det her når vi eksperimenterer, at det skal være sikkert for oss. Men det er vi som programmerer systemet og har en viss oversikt over hva det kan finne på å gjøre, og kan tilpasse oss det. Mens når du har soldater, som leker seg med systemet, så kan de finne på mye rart. Det juridiske rundt ansvar og sikkerhetsbestemmelser tror jeg også blir en lang vei å gå.

Forskningsleder Kim Mathiassen

2.7.4 Oppsummering

Tabell 2.7 (se neste side) viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av autonome bakkekjøretøy. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinnordningen (se innledningen til kapittel 2).

2.8 Sammenstilling av sensordata fra ulike kilder

I dette intervjuet snakket vi med sjefsforsker Trym Haavardsholm om sammenstilling av sensordata fra ulike kilder. Mer informasjon om FFIs forskning innenfor dette området finnes i Bruvoll mfl. (2019).

2.8.1 Om konseptet og dets militære anvendelse

Det vi snakket med Haavardsholm om, er mer et konsept enn en spesifikk teknologi. Miljøet til Haavardsholm forsker på hvordan man kan sette sammen sensorinformasjon fra mange kilder i fremtiden, og hva dette vil bety både teknologisk og konseptuelt. Det er altså en måte å bruke sensorteknologi på som trolig vil komme, når mange systemer i fremtiden skal operere sammen og bidra til situasjonsforståelse på flere nivåer.

Sensorer vil både være en hjelp til plattformer som skal fungere autonomt og til mennesker som skal ta avgjørelser. Ved å sammenstille informasjon fra mange kilder, og ikke minst presentere det på en god måte, vil operatører og kommandosentraler få svært mye bedre oversikt enn de har i dag. Dette vil både bidra til taktisk situasjonsforståelse (nær sensorene) og strategisk situasjonsforståelse (lenger unna sensorene).

Når det gjelder taktisk situasjonsforståelse, er man opptatt av det som skjer nært i tid og rom. Hva er situasjonen her og nå (lokalt)? Når det gjelder strategisk situasjonsforståelse, vil man gjerne ta imot data fra mange flere kilder og være opptatt av den globale situasjonen og de globale trendene på litt lengre sikt enn «her og nå».

Tabell 2.7 Fremtidig kompetansebehov knyttet til autonome bakkekjøretøy for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Opererer sammen med kjøretøyene i en eller annen form uten å styre dem direkte, eventuelt enkel styring.	Grunnleggende IKT-kompetanse kan være nødvendig, men ikke utover det «alle» vil ha.	Ja.
«Operatører»	Styrer kjøretøyene i større eller mindre grad avhengig av graden av autonomi, setter opp systemet og kommunikasjonen mellom det og andre systemer. Håndterer enkelt vedlikehold ute i felt.	IKT-kompetanse knyttet til kjøretøyenes programvare, forståelse for systemene, evne til å koble sammen systemer.	Ja.
«Analysepersonell»	Bruker helt eller delvis prosessert informasjon fra kjøretøyene og eventuelt andre systemer og gjør vurderinger ut fra dette som spilles inn til beslutningstagere.	IKT-kompetanse, forståelse for systemene, militær og operativ forståelse.	Ja.
«Utviklere»	Lager programvaren til kjøretøyene. Eventuelt sørger for samspill med andre moduler/systemer.	Omfattende kompetanse innenfor IKT, samhandling mellom systemer, nettverk.	Trolig ikke.
«Driftere»	Henger tett sammen med utvikling. I tillegg kommer mekanisk vedlikehold.		Både ja og nei.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til autonomi, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

Haavardsholm ser for seg at systemene må være enkle for brukerne. Rådata prosesseres sensor-nært og fremstilles for bruker i et forståelig grensesnitt. Grensesnittet må være intuitivt, omtrent som et dataspill, der operatørene kan styre plattformer og sensorer på en enkel måte. Data kan også sendes videre til analyser og statistikk back-end.

Det er en tanke at systemene skal lære av hverandre. Det vil si at det finnes en infrastruktur og kommunikasjon som gjør at hvis det er en maskinlæringsmodul nær en sensor et sted som lærer noe, for eksempel knyttet til en ny signatur på et objekt eller en situasjon, så kan det den lærer sendes ut til andre moduler og systemer slik at de også lærer det samme.

Haavardsholm mener det er viktig å ha kontroll på utviklerbiten. Det vil ikke fungere om Forsvaret mottar svarte bokser fra industrien der de hverken forstår hva som skjer eller har mulighet til å modifisere. Enten må Forsvaret være i tett dialog med utviklerne, eller så må Forsvaret kunne kjøpe fullt ut modifiserbare sensorer og stå for utvikling av programvare selv. Det er viktig med god kontroll på sensorene.

2.8.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

Sammenstilling av sensordata slik det er skissert over, er foreløpig en visjon og et stykke frem i tid. Haavardsholm mener det bør komme i hele Forsvaret på sikt, som en metode for å oppnå taktisk og strategisk situasjonsforståelse.

Taktisk situasjonsforståelse ligger trolig nærmere i tid, siden det er mindre komplisert å få til. Ved strategisk situasjonsforståelse, særlig hvis man skal tenke i et allianseperspektiv, er det en lang vei å gå når det kommer til samhandling, standardisering og lignende. Det å ha en organisasjon på plass som tar imot dataene og bruker dem på en fornuftig måte, vil være en viktig bit.

Det å få opp industrien og andre aktører på disse teknologiene, å få infrastruktur og kompetanse på plass i Forsvaret, samt å gjennomføre eventuelle prosesser knyttet til standardisering og samhandling, innebærer ifølge Haavardsholm at det trolig vil gå minst 15 år før man oppnår konseptet slik det fullt ut er tenkt å se ut. Det å ha kompetanse i Forsvaret til faktisk å gå denne veien vil være viktig for at man skal komme i mål.

Det vil imidlertid være en gradvis prosess fremover. Sensorteknologi er relativt moden, og god prosessering av sensordata i seg selv er ikke langt unna. Strategisk situasjonsforståelse er lenger unna. Det samme er et lærende, samhandlende system basert på kunstig intelligens som nærmest utvikler seg i takt med organisasjonen.

2.8.3 Endrede kompetansebehov

Endebbrukere i denne sammenhengen er beslutningstagere og andre som trenger situasjonsforståelse. Det er ikke meningen at de skal behøve noen spesiell teknologisk utdannelse for å ha nytte av sensordata på denne måten. De bør kunne se på skjermen og forstå hva som skjer der, samt kjenne til muligheter og begrensninger i systemene.

Selv om mye skal skje autonomt, må det trolig være operatører som kjenner systemene og vet hvordan de skal utnytte dem. De bør vite hva slags sensorer som bør plasseres hvor, for eksempel. Haavardsholm tror også det er lurt med en viss forståelse for hvordan maskinlæring foregår, og noe evne til enkel feilhåndtering og kalibreringsprosesser.

Det å få kalibrert opp sensorer og passe på at de funker sånn som de skal... Ting kan jo gjøres automatisk, men det er sannsynligvis noen som må drifte og passe på at de henger sammen fortsatt etter å ha vært i bruk, og da kommer jeg inn på det å skru og dra dem gjennom kalibreringsprosesser og måle ytelse. Og det er kanskje mer sånn teknisk verksted-mat, heller enn noe som er en del av avdelingen som er ute og bruker dem.

Sjefsforsker Trym Haavardsholm

Kompetanse på samband og det å få systemer til å snakke sammen blir helt nødvendig. Dataflyten er nødt til å fungere. Det krever nettverkskompetanse og kunnskap om standarder. Om dette er noe som utvikles i bakkant eller om det alltid må være med slik kompetanse ut i felt, er Haavardsholm usikker på.

Analysekapasitet vil være nødvendig i noen situasjoner, men kanskje ikke i alle. En del av analysene vil maskinene ta over. Det vil sikkert foregå analyse back-end, men skal ting skje fort, vil det være nødvendig med analytikere ute i felt, tror Haavardsholm.

Det kan være behov for noe drift og vedlikehold ute i felt, men mer omfattende mekanisk vedlikehold vil trolig skje på verksteder, og omfattende vedlikehold av programvare vil skje på kontorer i bakkant.

Haavardsholm mener utviklingen av systemene må skje i tett dialog mellom personer med militær kompetanse og teknologene som gjør selve utviklingen. Utviklerne vil trenge inngående IKT-kompetanse, inkludert kompetanse på kunstig intelligens og dataforvaltning. Det er viktig at oppdateringer skjer kontinuerlig og så fort som mulig. Om Forsvaret selv skal ha utviklerkompetanse er ifølge Haavardsholm usikkert.

En spesiell utfordring for Forsvaret vil være gradering. Dataene vil ofte være graderte. Da er det et spørsmål hvor nært innpå man kan slippe leverandører og sivile aktører.

2.8.4 Oppsummering

Tabell 2.8 viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av sammenstilling av sensordata for taktisk situasjonsforståelse. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinndelingen (se innledningen til kapittel 2).

Tabell 2.8 Fremtidig kompetansebehov knyttet til sammenstilling av sensordata for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Bruker sensorinformasjon til å få situasjonsforståelse, enten taktisk eller strategisk. Mottar innspill fra analysepersonell.	Grunnleggende IKT-kompetanse, men ikke utover det «alle» vil ha.	Ja.
«Operatører»	Setter opp systemet i felt samt håndterer kommunikasjonen mellom systemene. Håndterer enkelt vedlikehold ute i felt. Sørger for at eventuell kommunikasjon bakover fungerer.	IKT-kompetanse, forståelse for systemene, evne til å koble sammen systemer.	Ja.
«Analysepersonell»	Bruker helt eller delvis prosessert informasjon fra sensorene og eventuelt andre systemer og gjør vurderinger ut fra dette som spilles inn til beslutningstagere.	IKT-kompetanse, forståelse for systemene, militær og operativ forståelse.	Ja.
«Utviklere»	Utvikler sensorer og/eller lager programvare til sensorer. Setter opp kommunikasjonsløsninger i sensoren.	Omfattende kompetanse innenfor IKT, samhandling mellom systemer, nettverk og lignende.	Trolig ikke.
«Driftere»	Henger tett sammen med utvikling. I tillegg kommer eventuelt vedlikehold av sensorene.		Både ja og nei.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til sensorer, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.9 Autonom minerydding

I dette intervjuet snakket vi med forskningsleder Morten Nakjem om autonom minerydding. Mer informasjon om FFIs forskning innenfor dette området finnes på FFIs nettside¹⁸.

2.9.1 Om konseptet og dets militære anvendelse

Autonom minerydding er et nytt konsept, og det omfatter mer enn én spesifikk teknologi. I dag har Forsvaret dedikerte mineryddere (båter) som kjører inn i det minefarlige området. I det nye konseptet vil man ha et bemannet moderfartøy som styrer operasjonen, mens det er autonome, modulære fartøyer som beveger seg inn i det farlige området for å finne og uskadeliggjøre miner. Det vil være snakk om både autonome båter som går på overflaten og autonome undervannsbåter, slik som Hugin¹⁹.

Med det nye systemet vil man få større kapasitet og økt kapabilitet sammenlignet med hvordan det er med dagens fire mineryddere. Det vil innebære en effektivisering av minerydding. Økt kapasitet er ifølge Nakjem den store fordel, i tillegg til det at man får mest mulig av personellet vekk fra det minefarlige området. En annen fordel er at man ved å satse på autonomi istedenfor fjernstyring, frigjør seg fra noe av avhengigheten til kommunikasjonssystemer.

Noe av teknologien brukes allerede i dag, som for eksempel Hugin, men i det nye konseptet går man mer «all in». Autonomirammeverket, altså programvaren, er det samme som FFI bruker til flere autonome systemer. Det brukes både på de ubemannede bakkekjøretøyene og på dronene.

FFI er tungt inne i teknologiutviklingen knyttet til konseptet. I tillegg til programvarebiten knyttet til autonomien, gjelder det sensorer og utnyttelse av sensordata. Veldig mye av dette vil imidlertid bli overført til industrileverandøren, sier Nakjem.

I tillegg er FFI involvert i programvareutvikling knyttet til planlegging og evaluering av selve operasjonen. Dette er høygradert, så FFI leverer det direkte til Forsvaret fordi en ikke ønsker å dele det med industrien. Nakjem ser for seg at FFI vil være involvert i dette svært lenge, kanskje «alltid».

Nakjem mener konseptet med et bemannet moderfartøy og autonome modulære systemer som opererer fremskutt i farlige områder, kan sees på som et generisk konsept som kan brukes i flere av Sjøforsvarets krigføringsområder og på land også.

2.9.2 Tidsperspektiv og usikkerheter

Arbeidet med autonom minerydding har pågått i mange år og er kommet langt. Arbeidet med konseptuell løsning startet i 2015, men dette gikk etter hvert over i en konseptutvalgsutredning der man rykket litt tilbake til start. Konseptutvalgsutredningen var ferdig i 2020. Arbeidet er nå

¹⁸ <https://www.ffi.no/forskning/prosjekter/autonom-minerydding/>, <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/forsvaret-tester-nytt-norsk-minesveip/>.

¹⁹ Historien om Hugin: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/historien-om-hugin--en-autonom-undervannsfarkost/>.

inne i definisjonsfasen, og det vil bli inngått avtaler med industrien. Kongsberg Gruppen er valgt som hovedleverandør. Planen er å ta i bruk et fungerende system i 2026, og systemet skal ha full operativ kapabilitet innen utgangen av 2028. Nakjem tror at det kan gå mot 2030 før mine-ryddingskapabiliteten er ferdig operativt evaluert og fullt ut kampklar på alle nivåer.

I arbeidet har de også sett på personell- og kompetansebehov for det nye systemet. Fire mine-ryddere med omtrent 40 personer om bord på hver vil erstattes med det nye systemet som vil gi en kapasitetsøkning på omtrent 50 prosent.

Autonom minerydding er blant det som har kommet lengst av de teknologiene og konseptene vi har snakket om i intervjuene. Det baserer seg på teknologi som er tilgjengelig i dag eller i nær fremtid, og i samtalen med Nakjem var det lettere å være konkret enn i flere av de andre samtalen vi gjennomførte. Samtidig er det et poeng for oss i vår studie å se langt frem, så de andre samtalen er ikke mindre relevante for det. Det var imidlertid lærerikt å se hvor langt man kan – og ikke kan – komme med teknologi som ligger nært frem i tid og også hvordan ansvaret vil bli fordelt mellom de ulike aktørene (FFI, industrien og Forsvaret).

Nakjem mener at de største endringene som kommer hvis man ser enda lenger frem – 15 til 20 år fra nå – er at systemene blir mer robuste og gjør mindre feil. I tillegg kan det komme nye moduler, siden systemet baserer seg på et legoklossprinsipp der man skal kunne legge til og ta vekk moduler ved behov.

2.9.3 Endrede kompetansebehov

Endebbrukere i dette konseptet er personer med minekrigfaglig bakgrunn som planlegger operasjonen og har overordnet ansvar for å løse oppdraget de har fått. Nakjem mener at disse ikke trenger inngående teknisk kompetanse, men de bør ha en grunnleggende teknologisk forståelse og kjenne til hvordan systemene fungerer og hva de kan brukes til og ikke.

Til å operere de autonome farkostene sier Nakjem at det blir det behov for personer med teknisk kompetanse. Dette er fagspesialister, kanskje med ingeniørbakgrunn. De implementerer planen og følger med på de autonome farkostene via kommunikasjonslinker når det er mulig, følger med på dataene som kommer inn osv. Hvis noe uventet inntreffer, må farkostenes innebygde autonomi håndtere dette selv, men operatørene må også ha mulighet til å gå inn og fjerne styre farkostene ved behov.

I tillegg til at farkostene automatisk prosesserer og bearbeider sensordata i løpet av operasjonen, vil operatørene sitte og følge med på skjermer og prosessere og tolke dataene som kommer inn. Minerydding i norske farvann er svært krevende på grunn av bunnforhold og topografi, slik at det for eksempel er vanskelig for minejaktssensoren å skille mellom stein og faktiske miner. Systemet

stillende for alle områder, tror Nakjem. I starten vil derfor det meste også gjennomgås manuelt. En del av det personellet da skal vurdere, er når de må gå inn med manuell innsats. Dette krever inngående kjennskap til teknologien, hva den er god for og hva den ikke kan gjøre. Etter hvert vil kunstig intelligens kunne bidra til at systemet blir mer robust også ved vanskelige bunnforhold.

For å unngå unødvendig personell på moderfartøyet, bør disse operatørene også være de som tar imot farkostene når de kommer tilbake, håndterer dem og gjennomfører vedlikehold.

Jeg tror at det må være mye av den samme kompetansen som sitter og planlegger bruken av det og overvåker. De operatørene er de samme personene som da tar de [autonome farkostene] imot når de kommer inn og også tar ansvar for vedlikeholdet som må gjøres i løpet av operasjonen. Jeg mistenker at slike løsninger presser seg fram, for en vil søke etter å ha en kosteffektiv bemanning.

Sjefsforsker Morten Nakjem

Nakjem mener det vil bli behov for mange flere fagspesialister og ingeniører enn det er i dag, siden de vil få en stor rolle i systemer som dette.

Det vil være behov for vedlikehold som krever inngående kompetanse på de autonome farkostene og på moderfartøyet. Nakjem mener det ikke er gitt at Forsvaret skal gjøre alt dette selv. Kanskje vil det ligge hos leverandøren. Det er uavklart per i dag.

Det må være tett dialog mellom leverandører, utviklere og Forsvaret. Utvikling av programvare for selve farkostene vil ligge hos leverandør, tror Nakjem. I tillegg vil det være nødvendig med kommunikasjonssystemer og tilstrekkelig informasjonssikkerhet. Sikkerhetsmessig blir det annerledes enn det har vært før, ved at du sender ut en ubemannet farkost som vil samle inn potensielt gradert informasjon et stykke unna menneskene. Her vil det være et spørsmål i hvor stor grad leverandøren kan være involvert.

Det har ikke vært en del av arbeidet som FFI er involvert i å vurdere om Forsvaret får utdannet nok folk med rett kompetanse til å drive dette systemet.

2.9.4 Oppsummering

Tabell 2.9 viser en oppsummering av hvordan vi oppfatter at kompetansebehov vil endres som følge av autonom minerydding. Vi har knyttet kompetansebehovene til ulike generiske roller. Vi minner om forutsetningene vi har lagt til grunn for denne rolleinndelingen (se innledningen til kapittel 2).

Tabell 2.9 Fremtidig kompetansebehov knyttet til autonom minerydding for ulike roller.

Rolle	Gjør hva	Kompetansebehov	Ansatt i Forsvaret?
«Endebrukere»	Har minekrigfaglig ekspertise og planlegger og evaluerer operasjoner.	Grunnleggende IKT-kompetanse kan være nødvendig, men ikke utover det «alle» vil ha.	Ja.
«Operatører»	Har ansvar for de autonome farkostene når planen utføres, styrer dem, følger med på kommunikasjonen med dem og dataene som kommer inn. Enkelt vedlikehold.	IKT-kompetanse, forståelse for systemene.	Ja.
«Analysepersonell»	Tolker dataene som kommer inn, følger med på skjermene. Er nok de samme personene som operatørene.		Ja.
«Utviklere»	Utvikler ubemannede farkoster, programvare til disse. Sørger for kommunikasjonssystemer og informasjonssikkerhet.	Omfattende kompetanse innenfor IKT, samhandling mellom systemer, nettverk og lignende.	Trolig ikke.
«Driftere»	Henger tett sammen med utvikling. I tillegg kommer mekanisk vedlikehold.		Både ja og nei.
«Sjefer»	Avgjør hva slags militære, operative og andre typer behov som skal dekkes av teknologiske løsninger.	Grunnleggende teknologisk forståelse, forstå begrensninger og muligheter for systemene. Militær og operativ forståelse for å kjenne behovene.	Ja.
«Tekniske rådgivere»	Vurderer hvilke teknologiske løsninger og funksjonaliteter som trengs.	Inngående kjennskap til sensorer, funksjonalitet, muligheter og begrensninger, samspill med andre systemer osv. Må kunne sette krav til leverandører.	Både ja og nei.

2.10 Fremtidens manøver

I dette intervjuet snakket vi med forskningsleder Lorns Harald Bakstad om fremtidens manøver. Her gikk vi noe bort fra våre oppsatte spørsmål og snakket mer fritt sammen. Det var delvis fordi fremtidens manøver er et konsept hvor FFI ser svært langt frem, og delvis fordi Bakstad er involvert i mange ulike forskningsområder ved FFI slik at vi ønsket en mer overordnet samtale som var innom flere temaer. Vi gjengir det Bakstad snakket om i delkapitlene under, men vi har ikke en oppsummerende rolletabell for dette temaet, da vi ikke snakket konkret nok om kompetansebehov i ulike roller i intervjuet.

2.10.1 Om konseptet og dets militære anvendelse

I prosjektet «Fremtidens manøversystem» ser de et stykke inn i fremtiden. De antar at det på et slikt fremtidig tidspunkt har foregått en del teknologiutvikling, blant annet innenfor robotikk, kunstig intelligens, sensorer, kommunikasjon og lignende, slik at det er i bruk og fungerer. I denne fremtiden ser de på en liten stridsgruppe som kan gjennomføre oppgaver på linje med det et kompani kan klare i dag.

Målet er å si noe om hvordan stridsgruppa skal operere og fungere, hvordan de skal jobbe sammen og hva de kan få til. Dette vil være en heterogen gruppe – det vil si en samling av personer med ulik kompetanse som til sammen kan utføre en rekke funksjoner. Gruppa vil ha med seg ubemannede kjøretøyer, droner, osv. Siden det er mennesker i gruppa, er det en del støttefunksjoner som må være til stede, som for eksempel sanitet. Gruppa skal ikke være avhengig av kontinuerlig samband bakover, men ha mulighet til å operere helt selvstendig. Oppgaven til gruppa vil være som det ofte er i dag – holde lende og sinke motstander.

2.10.2 Tidsperspektiv og usikkerhet

Vi snakket lite med Bakstad om tidsperspektivet for «Fremtidens manøver». Basert på de andre intervjuene, kan vi si at 15 år trolig er et for kort tidsperspektiv i denne sammenhengen. Om 15 år vil Forsvaret dessuten fremdeles sitte med en del arv av systemer. Store systemer som anskaffes i dag, vil være der om 15 år, og dette vil fremdeles prege operasjonskonsepter, mener Bakstad. Men at man på den tida er nærmere å tenke på stridsgrupper slik Bakstad beskriver og at man til en viss grad eksperimenterer og prøver ut deler av konseptet i deler av Forsvaret, kan man se for seg.

2.10.3 Endrede kompetansebehov

I dette konseptet har man kommet så langt at det vil være lite behov for folk som mekker og skrur, i hvert fall ute i felt. Teknologien vil fungere og være brukervennlig, slik at «hvem som helst» kan bruke den. Det stiller svært høye krav til de som skal lage systemene. Brukerne trenger grunnleggende teknisk forståelse, noe de trolig uansett får gjennom oppveksten, mener Bakstad.

Tanken er at samspillet mellom systemer vil fungere sømløst. Eksempelvis må en mobilt nettverksboble som stridsgruppa skal bruke, kunne settes opp ved at man kun trykker på på-knappen.

Oppstår feil, må det kunne løses enkelt ved at man restarter systemet, ikke at man må gjøre avansert feilsøking.

Stridsgruppa vil være heterogen, det vil si at personer med ulike egenskaper og ulik kompetanse er med, og disse må evne å operere selvstendig siden det ikke er så mange av dem som har samme kompetanse og oppgaver.

På 80-tallet kunne du selge en tv eller videospiller som krevde at du leste instruksjonsboka for å få den i gang, men det får du ikke solgt nå. Min teori er [...] at dette også kommer til å skje inn mot militærindustrien. Da trenger vi kanskje færre teknikere, men vi trenger noen som har allmenn kunnskap til å fikse ting.

Og så er det ingen grunn til å tro at selve de militære operasjonene – operasjonskunsten eller taktikken og TTP-ene – blir noe enklere. Det blir vanskeligere. Så vi må ha flere folk som skjønner «spillet». Men man trenger kanskje ikke være så flink til å være operatør og trykke på de samme knappene samtidig og i rett rekkefølge.

Forskningsleder Lorns Harald Bakstad

3 Oppsummering og refleksjoner

I dette kapittelet oppsummerer vi vår tolkning av fremtidig kompetansebehov knyttet til teknologiene vi snakket om i intervjuene, og vi reflekterer rundt betydningen av dette for Forsvaret.

Vi minner om at disse ti intervjuene representerer en smal del av teknologiutviklingen. Teknologiene ligger nær hverandre på den måten at mange av dem spiller sammen og er avhengige av hverandre. Det kan derfor være svært mange aspekter knyttet til personell- og kompetansekonsekvenser av fremtidig teknologi som ikke dekkes i disse intervjuene. Intervjuer vil dessuten alltid være enkeltpersoners meninger og erfaringer. De egner seg godt som eksempler, men kan ikke tolkes som objektive sannheter.

Et annet aspekt som er viktig å ha i bakhodet i denne oppsummeringen, er at vi tross alt «bare» ser 15 år frem i tid. Om 15 år vil Forsvaret for eksempel fremdeles ha svært mye av dagens materiell – en arv som setter sitt preg både på kompetansebehovet i seg selv og indirekte gjennom mulige operasjonskonsepter. Mange prosesser tar lang tid, og det er mye usikkerhet knyttet til hvor fort innføringen av nye teknologier, plattformer og operasjonskonsepter vil gå. Disse usikkerhetene omtaler vi nærmere i kapittel 3.1 og 3.2.

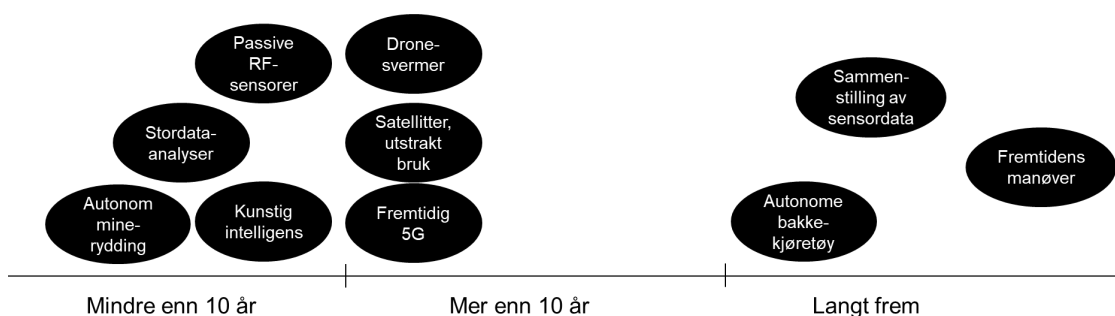
På den andre siden vil teknologiene vi beskriver i denne rapporten trolig sette sitt preg på Forsvaret og resten av samfunnet mye lenger enn 15 år fra nå, så det er ikke tvil om at trendene vi finner i denne rapporten er viktige i et svært langt tidsperspektiv.

3.1 Tidsperspektiv for teknologiene

I intervjuene snakket vi om en rekke ulike teknologier, systemer og konsepter. Teknologisk modenhetsgrad varierte mye mellom disse.

I intervjuene var det et poeng for oss å se langt frem, og vi ba intervjuobjektene om å tenke på den fremtidige anvendelsen av det de jobber med. For de fleste teknologiene vil det være en gradvis utvikling fra i dag til en fremtid med mer autonomi og automatiserte løsninger. For eksempel er 5G i bruk i dag, men i denne rapporten ser vi på en fremtidig bruk av 5G som er mer kompleks og automatisert enn i dag. Tilsvarende er det i mange sammenhenger i dag slik at man sammenstiller sensordata, men i denne rapporten ser vi på den spesielle idéen om bruk av sammenstilt sensordata som kom frem i intervjuet (kapittel 2.8).

I figur 3.1 har vi laget en tidslinje som viser omtrent når intervjuobjektene mener deres teknologi/system/konsept vil være i utstrakt bruk i Forsvaret og fungere slik man ser for seg at det vil gjøre i fremtiden og som vi snakket om i intervjuet. Intervjuobjektene uttalte seg om tidsperspektivet med stor usikkerhet, og vi skal være forsikte med å sammenligne de ulike plasseringene i figuren, da intervjuobjektene kan ha lagt ulike antagelser til grunn for sine uttalelser.²⁰



Figur 3.1 Omtrentlig angivelse av når de ulike teknologiene/systemene/konseptene vil være i utstrakt bruk i Forsvaret med den funksjonaliteten intervjuobjektene omtalte i intervjuene.

²⁰ Andås (2020) ser nærmere på tidsperspektivet for mange flere teknologier enn vi har gjort i denne rapporten.

3.2 Utvikling fra i dag og fremover

Man snakker om at teknologiutviklingen i dag går veldig fort og at dette vil fortsette fremover. Men selv om den går fort, går den tross alt gradvis. Dessuten er det ikke bare teknologisk modenhet som avgjør når teknologiene vil bli tatt i bruk eller hvor fort de vil bli funksjonelle og anvendbare. Ingen av intervjuobjektene våre trodde at teknologisk modenhet vil være den begrensende faktoren for at Forsvaret skal ta i bruk deres teknologi. Mye handler om bevisste valg som tas eller ikke tas i organisasjonen, noe handler om påvirkning fra omverdenen og noe handler om andre prosesser som bare må gå sin gang.

I litteraturstudien fant vi ut at organisasjoner som tør å eksperimentere med ny teknologi og ta den i bruk før den fungerer perfekt, i større grad lykkes med å være i forkant og tilpasse seg den teknologiske utviklingen (Fauske, 2020). Dette nevnte også flere av våre intervjuobjekter. Gjennom eksperimentering har de erfart at det bygges forståelse for systemene, det er lettere å identifisere gode bruksområder og tenke nytt om operasjonskonsepter. Eksperimentering synliggjør også behov knyttet til personell og kompetanse.

Når teknologien faktisk tas i bruk, starter prosessen med å bygge en bredere tillit til, og forståelse for, teknologien i organisasjonen, og man vil gradvis utvide funksjonaliteter og støttefunksjoner og opparbeide innsikt om hvilke behov teknologien kan og bør dekke. Gjennom denne prosessen vil det bli tydeligere hvordan det er hensiktsmessig å anvende teknologien. Det å tørre å ta i bruk teknologi før teknologien og organisasjonen er helt «klar» for det, kan derfor være en riktig risiko å ta hvis man ønsker å være fremoverlent og tilpasse seg.

I intervjuene med forskerne snakket de aller fleste om at teknologien vil medføre at man «får gjort mer, med bedre kvalitet», ikke om at teknologien potensielt kan endre på *hvordan* man gjør ting. Men utnyttelse av teknologi vil kunne tillate nye taktikker og/eller andre operasjonskonsepter enn i dag (Bentstuen, 2022). Dette er det svært utfordrende å ta innover seg konsekvensene av, og vi tror det er en vanlig tankefelle kun å tenke «mer, med bedre kvalitet». Bentstuen (2022) påpeker i tillegg at ny teknologi vil kunne endre hva slags situasjoner og trusler Forsvaret vil stå overfor – det vil si hvilke oppgaver Forsvaret faktisk skal løse. Alle disse tre nivåene av teknologiutviklingens konsekvenser vil påvirke personell- og kompetansebehovet.

I intervjuene spurte vi om hvilke faktorer som kan virke forsinkende for anvendelse av ny teknologi i Forsvaret, utover selve den teknologiske modenheten. Mye av det som kom frem synliggjør hva som vil være viktig kompetanse i organisasjonen knyttet til det å drive innføringen av ny teknologi videre. Det som kom frem om faktorer som kan påvirke innføring av teknologi, var:

- Kompetanse og kunnskap hos beslutningstagerne. Mange hadde opplevd at prosessene går fortere når ledelsen er positiv og at holdning er tett knyttet til kunnskap. Dette er i tråd med annen forskning og ble også påpekt av Svendsen-utvalget (Svendsen-utvalget, 2020). Verdien av positiv påvirkning fra ledelsen kom spesielt fram i intervjuet om autonom minerydding. Det har vært en tydelig suksessfaktor at ledelsen i minevåpenet har vært meget positive til det nye konseptet.

-
-
- Kultur, tradisjoner og organisasjon. Flere av intervjuobjektene hadde erfart at kultur, holdninger og ønsket om å gjøre ting slik «man pleier» virker forsinkende for implementering av ny teknologi.
 - Juridiske, etiske og sikkerhetsmessige aspekter. Dette er utfordrende når det kommer til autonomi, databehandling og datautveksling, for å nevne noe. Intervjuobjektene mente Forsvaret har en lang vei å gå for å få på plass gode systemer og retningslinjer som ivaretar juridiske, etiske og sikkerhetsmessige aspekter. Dette er ekstra utfordrende fordi svært mye er uavklart knyttet til balansen mellom menneske og maskin og hvor langt man kan gå i retning av å la maskiner ta beslutninger for oss mennesker. Noen av intervjuobjektene våre understrekte at det av politiske og juridiske årsaker er svært lite sannsynlig at maskiner vil ta beslutninger om våpenbruk helt uten menneskelig inngripen.
 - Hendelser og utvikling i omgivelsene. Dette er noe som både kan forsinke og fremskynde utvikling. En krig kan for eksempel både medføre at ressurser blir flyttet vekk fra utvikling og implementering av teknologi slik at det går saktere, og at det blir mer presserende at teknologiutviklingen skal gå fortere.
 - Standardisering og andre utfordringer knyttet til samhandling. Intervjuobjektene mente det er en svært lang vei å gå knyttet til både datautveksling og det å få systemer til å snakke sammen, særlig på tvers av aktører og land. Selv om teknologiene er modne i seg selv, tar det lang tid før man får utnyttet det fulle potensialet på grunn av samhandlingsutfordringer.

Det er ikke et mål for denne rapporten å gå langt inn i teknologiutvikling i seg selv eller prosesser rundt innføringen av teknologi, men disse nevnte aspektene påvirker personell- og kompetansebehovet i organisasjonen. Mye av utviklingen innenfor punktene i lista over handler om valg fra Forsvarets side, og valgene vil være styrende for personell- og kompetansebehovet Forsvaret får fremover.

3.3 Fremtidig kompetansebehov

De neste delkapitlene er i liten grad basert på tanker om helt nye operasjonskonsepter. De er basert på tanken om at man gjør det samme som i dag, bare «mer og bedre» med ny teknologi. Kanskje er det riktig å se slik på det, når vi tross alt «bare» ser 15 år frem i tid. For eksempel vil mye av dagens materiell fremdeles være i bruk på det tidspunktet. Vi mener imidlertid det ville være interessant i større grad å utforske helt nye idéer, slik som fremtidens manøversystem (kapittel 2.10), og kompetansebehovene knyttet til dem. Dette vil være målet i senere studier i aktiviteten vår.

Et annet moment som er viktig å huske på, er at vi intervjuet personer som i mange av tilfellene holder på med tilgrensende teknologier og teknologier der IKT er en svært viktig bit, fordi FFI har mye aktivitet innenfor denne type teknologier. Selvsagt vil IKT være viktig innenfor det aller meste av moderne teknologi, men vi må likevel huske at vi snakket med et snevert utvalg av forskere. Det kan komme endrede kompetansebehov i Forsvaret innenfor en lang rekke områder som ikke var tema i intervjuene våre.

3.3.1 Å være brukere av teknologi 15 år fra nå

Endebbrukere av teknologier er alle som forholder seg til, eller benytter seg av, teknologier i større eller mindre grad, uten at de nødvendigvis må forholde seg til hvordan teknologien virker.

Målet med teknologi er at det skal gjøre livet lettere for endebbrukerne, og de skal ikke måtte tenke spesielt på hvordan teknologien fungerer eller foreta seg noe for at den skal virke. Intervjuobjektene våre poengterer dette, og de aller fleste av dem sier at endebbrukere ikke vil trenge noen spesiell kompetanseheving knyttet til selve teknologiene.

Imidlertid vil endebbrukere om 15 år leve i en verden hvor de helt generelt trenger en viss grunnleggende teknologisk kompetanse i jobben sin, men det vil trolig «alle» ha på det tidspunktet uansett, nettopp fordi de lever i en slik verden. Akkurat som i dag, må de forstå bruksområder, muligheter og begrensninger for ulike teknologier og systemer som finnes rundt dem. Systemer basert på kunstig intelligens vil for eksempel gjøre helt andre typer feil enn mer tradisjonelle systemer, og dette er det viktig å ha en viss forståelse for også som endebbruker. Teknologitvviklingen på disse områdene drives i stor grad i det sivile, og de fleste mennesker i Norge vil om 15 år være vant til både dingser, funksjonaliteter og virkemåter gjennom sitt sivile liv.

Noen av intervjuobjektene mener imidlertid at det bør komme grunnleggende IKT inn i utdanningene i Forsvaret, slik at man sikrer et visst nivå av forståelse hos alle for de systemene som er mest relevante for Forsvaret.

3.3.2 Vil teknologiene kunne operere helt uten mennesker?

Siden vi intervjuet forskere som jobber med teknologier som fører til automatisering i større eller mindre grad, var det interessant hvor langt de tror automatiseringen innenfor deres teknologi vil komme. Blir teknologien så smart at endebbrukerne kan være «alene» der ute med dingser og autonome farkoster uten operatører med teknisk kompetanse til stede?

Nei, de fleste snakker om at det vil være en form for operatør der ute i veldig lang tid fremover, i hvert fall i 15 år fra nå. Imidlertid er målet i mange tilfeller at i hvert fall utviklerne – som i en utviklings- og eksperimenteringsfase må være med ut i felt – ikke trenger å være der ute lenger når teknologien er moden.

Operatørene som skal styre eller drive systemene mens de er i bruk, må ha kompetanse på militære operasjoner og forståelse for operative behov. For noen av teknologiene trenger ikke operatørene lang teknologisk utdanning, men vil trolig klare seg med kurs og opplæring i teknologien. Det gjelder for eksempel for dronesvermer. For andre teknologier sier intervjuobjektene at ingeniørutdanning eller IKT-utdanning vil være nødvendig for de som skal operere systemet, eller i hvert fall vil det være en stor fordel. Det gjelder for eksempel for autonom minerydding.

3.3.3 Enorme mengder data må håndteres

Som følge av omfattende kommunikasjonsinfrastrukturer og utstrakt bruk av sensorer, oppfatter vi at det er enorme mengder data som skal håndteres, prosesseres og forvaltes fremover. Uten at disse dataene håndteres på en ordentlig måte, vil det være som å «drikke fra en vannhydrant», sa et av våre intervjuobjekter.

Noe data vil prosesseres automatisk i datasystemer og gis ut til operatører eller endebbrukere i et intuitivt grensesnitt som gjør at de kan ta beslutninger der og da basert på denne informasjonen. Det kan for eksempel være informasjon fra en dronesverm om hva som befinner seg i et område, som operatøren bruker til å avgjøre hvor den skal styre svermen videre.

I andre tilfeller kan det være snakk om data hvor man trenger analysepersonell som behandler eller tolker dataene, for eksempel fordi det er mer komplekse beslutninger som skal tas eller fordi data skal analyseres over tid. Kanskje har analysepersonellet en verktøykasse av programvare der de må forstå hva slags verktøyer som passer når. I mange tilfeller må de trolig tilpasse systemene eller sammenstille og formidle data. De bør i så fall ha god IKT-kompetanse, gjerne noe programmering og kunnskap om databehandling. Det bør trolig i de aller fleste tilfeller være Forsvarets egne folk som behandler data på denne måten, fordi de trenger militær forståelse og kunnskap om eventuelle operative behov. Det kan også i de fleste tilfeller være snakk om behandling av graderte data.

Vi spurte intervjuobjektene om vi kommer til et punkt der datamaskiner kan gjøre all tolkning av data selv og ta beslutninger for oss mennesker, men det var det ingen som trodde ville skje, i hvert fall ikke i «vår tid». De som analyserer data vil kunne gjøre mer avanserte analyser og utarbeide bedre beslutningsgrunnlag fordi de kan dra nytte av mye større mengder informasjon enn i dag, samt at de slipper å bruke tid på en del analysearbeid som i dag må gjøres manuelt. Men beslutninger må tas av mennesker i svært lang tid fremover.

Mye data vil også anvendes av datamaskiner uten at mennesker er særlig involvert, som i kommunikasjonsnett til ruting og feilhåndtering og i autonome systemer til for eksempel veivalg. I slike sammenhenger vil man være helt avhengig av utvikling innenfor kunstig intelligens.

Intervjuobjektene våre sier at Forsvaret vil trenge store datasentre og distribuert prosessering av data, og totalt sett oppfatter vi at det må bli et enormt behov for dette fremover. Intervjuobjektene tviler på at det er hensiktsmessig at Forsvaret selv drifter slike datasentre, og mange av dem tror sivile ressurser vil være det beste i denne sammenhengen. Det finnes store fagmiljøer og kompetanse på dette der ute, som Forsvaret bør benytte seg av. Imidlertid påpeker flere risikoen både knyttet til det å gjøre seg avhengig av sivile aktører i krise og krig, og knyttet til gradering og sikkerhet.

Når det gjelder dataforvaltning, vil det trolig komme et større behov for juridisk kompetanse på flere nivåer i Forsvaret, både når det gjelder personvern og når det gjelder gradering og sikkerhet.

3.3.4 Drift og utvikling hånd i hånd

Nesten alle intervjuobjektene snakket om at drift og utvikling vil være tett knyttet sammen og i noen tilfeller gå helt i ett. Dette er først og fremst som følge av at funksjonalitet flyttes over i programvare, og programvare vil oppdateres hele tiden. Det blir i mindre og mindre grad slik at man bestiller en løsning som er statisk de neste X antall årene.

På grunn av dette, må de som driver med drift og utvikling ha fersk og oppdatert kompetanse. I praksis må de bruke den spesifikke IKT-kompetansen «til daglig» og hyppig oppdatere seg på nye verktøyer og løsninger. Noen av intervjuobjektene mener dette er argumenter for at Forsvaret må benytte seg av sivil kompetanse når det kommer til IKT og utvikling av programvare. Vi kan ikke ha «parallellverdener med kompetanse», sa et av intervjuobjektene. Det betyr at Forsvaret ikke kan eller bør produsere og besitte store mengder IKT-kompetanse når den finnes der ute i det sivile, blant folk som jobber med utvikling til daglig.

Programmering, samhandling mellom systemer og dataforvaltning synes å være svært viktige områder for IKT-kompetanse som er relevant for Forsvaret fremover. Forsvaret må kanskje se etter nye samarbeidsformer og måter å utveksle IKT-kompetanse med resten av samfunnet på.²¹

Når funksjonalitet ligger i programvare kan det bli problematisk at det bare finnes få personer som forstår teknologiene og hvordan de egentlig fungerer. For eksempel kan utstyr som droner komme fra leverandøren som «svarte bokser» der man faktisk ikke har tilgang til (all) programvaren. Eller det kan være som i 5G, at teknologien vil bestå av så mange komponenter og være så kompleks, at nesten ingen har oversikt over helheten.

En konsekvens av alt det ovennevnte er at Forsvaret fremover kan bli svært avhengig av sivil kompetanse og sivile leverandører innenfor en rekke områder. Forsvaret må avgjøre hvilken kompetanse de skal besitte selv når det kommer til drift og utvikling, og det vil sikkert variere fra teknologi til teknologi og mellom ulike deler av Forsvaret, hvilke modeller de vil, bør eller må velge.

Noe som må avklares fremover, er hvor drift- og utviklerpersonell skal befinne seg i fremtiden, for eksempel under en operasjon. Ett spørsmål er om de vil være sivile eller militære. Et annet om de skal sitte ute i avdelinger eller back-end, om de skal sitte distribuert eller samlet, og om de skal sitte i Forsvarets lokaler eller i sivile lokaler. Fra det vi kunne oppfatte i intervjuene er det mange valg Forsvaret må ta fremover, og hvilke modeller de velger, vil være styrende for kompetansebehovet i organisasjonen.

I litteraturstudien vår så vi at man i fremtidens arbeidsliv trolig blir helt nødt til å finne nye samarbeidsformer, og at utveksling av kompetanse mellom aktører trolig blir annerledes enn i dag (Fauske, 2020). Dette fordi høy kompetanse vil være svært etterspurt, og fordi det er en begrenset ressurs, vil det være mangelvare. Av det vi har snakket om i intervjuene, ser det ut til at det er

²¹ FFI har tidligere gjort en studie av ulike typer kompetanse som bør ligge hos forskjellige aktører når Forsvaret inngår strategiske samarbeid innenfor IKT (Birkemo mfl., 2021). Rapporten er unntatt offentlighet.

innenfor utvikling og drift at det er mest relevant for Forsvaret å utnytte sivil kompetanse og å inngå nye typer samarbeider. Det finnes også allerede en rekke initiativer for dette i Forsvaret, og omfanget vil trolig øke. FFI er involvert i mange slike initiativer, for eksempel gjennom ICE worx²² (Bjørk, 2022), MAST²³ og Mime²⁴.

3.3.5 Forsvaret må forstå egne behov og ha tillit til teknologiske løsninger

Så godt som alle intervjuobjektene nevnte viktigheten av «bestillerkompetanse» – det at Forsvaret forstår hva slags behov de har for teknologi og evner å se hva slags teknologiske løsninger som kan dekke behovene, og også at de evner å kommunisere med leverandører og utviklere. Litteraturstudien vår viste også at teknologisk kompetanse er en viktig suksessfaktor for virksomheter når det kommer til å ta i bruk nye teknologier. I tillegg til at kunnskap gjør at man ser behov og løsninger på behovene, fører kunnskap ofte til en positiv holdning og vilje til å prøve ut nye teknologier. Kunnskap og forståelse skaper også tillit til teknologiene og til data som teknologiene genererer. Ingen ønsker å ta i bruk teknologi hvis de ikke har tillit til den.²⁵

Slik innsikt krever at det finnes personer med teknologiutdannelse både på høyere nivå og nedover i organisasjonen, som har grundig forståelse for systemer og løsninger. Noen av intervjuobjektene mente i tillegg at grunnleggende IKT bør inn i utdanningene i Forsvaret, slik at man sikrer et visst nivå av IKT-kompetanse hos fremtidens ledere.

Intervjuobjektene våre påpekte hvor viktig samspillet mellom brukere og utviklere er for at man skal se nye og gode bruksområder av teknologiene. Dette støttes også av forskningen vi fant i litteraturstudien vår (Fauske, 2020). Skal man se utover det at teknologi lar oss løse oppgaver «bedre og mer», tror vi samspill og eksperimentering mellom brukere og utviklere vil være svært viktig.

3.4 Cyberingeniørene

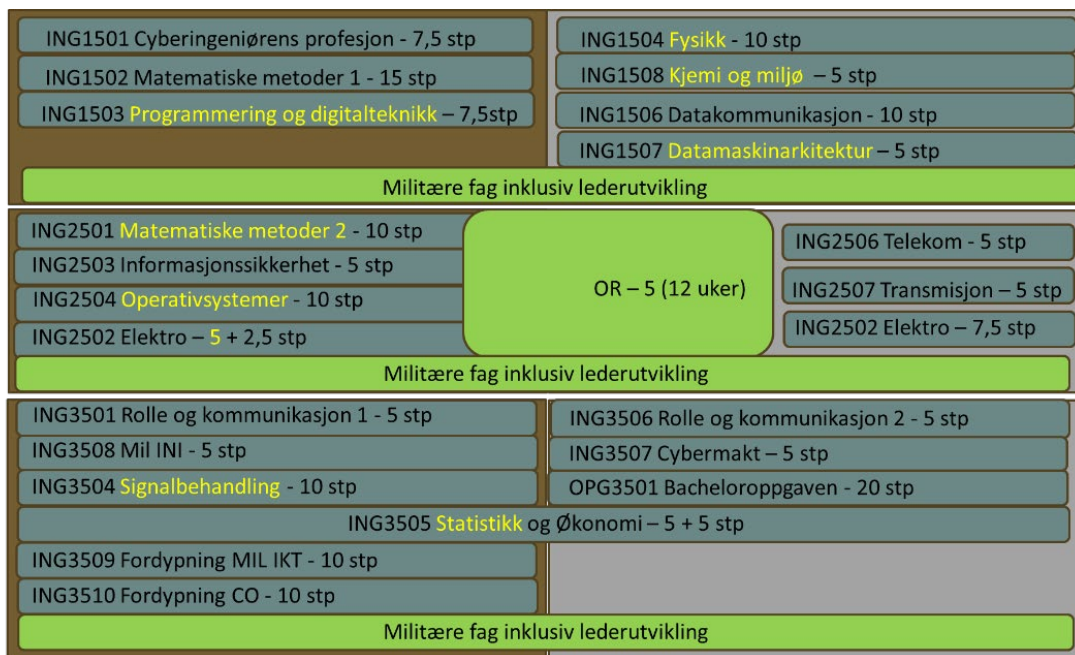
I denne studien samarbeidet vi med Cyberingeniørskolen om utvalg av intervjuobjekter og formulering av spørsmål. For Cyberingeniørskolen er studien viktig fordi de ønsker å sikre at utdanningen deres også er relevant i fremtiden. Cyberingeniørene får i dag en bred IKT-utdanning med både realfag, ingeniørfag og militære fag. Figur 3.2 viser en oversikt over studiet. De går ut av skolen med en bachelorgrad og kan jobbe i store deler av Forsvaret etter endt utdanning. De starter gjerne i stillinger i spennet mellom teknikere og ingeniører, men går ofte over i staber etter hvert. Cyberingeniørene er i dag også attraktive på det sivile arbeidsmarkedet.

²² ICE worx er FFIs senter for innovasjon. Her skal forskere og ingeniører samarbeide med norske teknologibedrifter og militære avdelinger i Forsvaret om å teste og utvikle ny teknologi som kan styrke forsvarsevne, sikkerhet og beredskap.

²³ MAST står for «Militær anvendelse av skytjenester». Omfanget av MAST inkluderer IKT-plattformer for alle relevante formål i Forsvaret, inkludert kommando og kontroll, forvaltning, logistikk, kontorstøtte, samhandling og digitalisering. – <https://www.fma.no/anskaffelser/virksomhetsprogrammet-mast/>.

²⁴ Mime skal modernisere informasjons- og kommunikasjonssystemene for taktisk ledelse i Forsvaret – <https://www.fma.no/anskaffelser/virksomhetsprogrammet-mime/>.

²⁵ Mayer (2021) omtaler også viktigheten av tillit i menneske-maskin-samarbeid.



Figur 3.2 Oversikt over utdanningsløpet til cyberingeniørene. Kilde: FHS CISK²⁶

Gjennom intervjuene opplevde vi at teknologene på FFI hadde lite kunnskap om hvem ingeniørene er i Forsvaret. Det kan nok være fordi de sjelden tenker på hvordan militært personell har fått sin kompetanse når de er ute i felt og eksperimenterer. Fordi de ikke kjenner ingeniørrollen så godt i Forsvaret, ble det vanskelig for de fleste intervjuobjektene å svare konkret på hva som vil treffe denne personellgruppen spesifikt når det kommer til fremtidig kompetansebehov.

Hvis cyberingeniørskolen skal tilpasse utdanningen til å passe bedre til fremtidens kompetansebehov, er det flere av trendene vi snakket om i intervjuene som *kan* være relevante. Hvorvidt disse bør tas hensyn til i cyberingeniørutdanningen, tar ikke vi stilling til, men vi skisserer noen av de trendene vi mener det kan være verdt å se nærmere på:

- Det blir økt behov for programmerings- og systemutviklingskunnskap samt kompetanse på samhandling mellom systemer og dataforvaltning. Kompetanse på informasjonssikkerhet og det å lage sikre systemer vil også være svært viktig.
- Flere og flere systemer vil bygge på eller være avhengig av kunstig intelligens.
- Realfagskompetanse fortsetter å være viktig.
- Funksjonalitet flyttes i større og større grad over i programvare. Programvare vil oppdateres og forbedres kontinuerlig. Drift og utvikling vil gå hånd i hånd.
- Personer på mange nivåer i Forsvaret kommer til å måtte «snakke med» utviklere og leverandører som lager teknisk avanserte systemer – det vil si at de må kunne formidle

²⁶ FHS CISK: Forsvarets høyskole Cyberingeniørskolen.

militære og operative behov samt forstå hva de teknologiske løsningene kan og ikke kan gjøre.

- Grunnleggende evne til å lære seg nye ting – å oppdatere kompetansen gjennom karrieren – blir viktig.

I intervjuene snakket vi lite om cyberoperasjoner. Vi antar at det vil kunne komme nye kompetansebehov i fremtiden innenfor dette området som er relevante for cyberingeniørene.

I litteraturstudien fra 2020 (Fauske, 2020) omtalte vi ulike kvantitative studier forskere har gjort for å forsøke å si noe om hvordan fremtidens automatisering av arbeidsoppgaver vil påvirke ulike jobber. Vi omtalte en rekke studier, men fant ingen som rettet seg spesifikt mot militære organisasjoner. I etterkant har vi fått innsikt i at vår søsterorganisasjon i Sverige (FOI²⁷) har forsøkt å gjøre en slik studie av cybersikkerhetsområdet i Sverige (Sommestad, 2019). De finner at det som i størst grad avgjør om arbeidsoppgaver innenfor cybersikkerhet vil være automatiserbare, er hvorvidt

- de krever kreativitet
- de krever sosiale evner²⁸
- det finnes godt nok statistisk datagrunnlag til å kunne beskrive og definere hvordan arbeidsoppgaven bør løses

Mer spesifikt finner de:

- Rent tekniske oppgaver, som for eksempel databaseadministrasjon, nettverksadministrasjon og programmering, er relativt enkelt å automatisere. Samtidig vil det være behov for mye mer av dette, slik at antall mennesker som må drive med det ikke nødvendigvis går ned.
- Oppgaver som både krever teknisk og analytisk kunnskap, som for eksempel systemutvikling eller koordinering av flere funksjoner, er middels vanskelig å automatisere.
- Analyseoppgaver innenfor etterretning er vanskelig å automatisere.
- Oppgaver som krever mye ansvar og/eller der det hyppig skal tas komplekse beslutninger er aller vanskeligst å automatisere.

Dette er kun én studie, og forfatterne vektlegger en rekke svakheter ved den. Likevel er funnene deres i tråd med annen forskning, og studien er interessant å nevne siden den ser spesifikt på cybersikkerhetsområdet. Dermed kan den være ett innspill til hva slags kompetanse som vil være viktig for mennesker innenfor dette området fremover.

Et siste poeng som er verdt å tenke på for Cyberingeniørskolen, er samsvaret mellom utdanningen og jobbene som venter i organisasjonen når det kommer til motivasjon hos den enkelte. Fra studier

²⁷ FOI: Totalförsvarets forskningsinstitut.

²⁸ I denne sammenhengen handler det om evne til kommunikasjon med andre mennesker, forhandling, overtaling, o.l.

av sluttårsaker ser vi at den aller vanligste sluttårsaken i Forsvaret er at folk ikke føler de får brukt kompetansen sin og/eller at de ikke får utviklet seg faglig (Fauske og Strand, 2021; Fauske og Strand, 2019). Det bør være samsvar mellom innhold i utdanningen, lengde på utdanningen og hvilke jobber man kan tilby etter endt utdanning.

De må rekruttere folk med et godt hode. Det som er helt sikkert, er at det er usikkert. Jeg er ganske sikker på at man må litt bort fra vedlikehold av gamle radiolinjer [...]. Men at vi må begynne å lage cyberkrigere, der det ikke er fysisk ødeleggelse som er målet, det må vi. Så vi trenger nok en bataljon inni et fjell. Men da er spørsmålet, er det en mob-avdeling eller er det en stående avdeling? Der må vi ta totalforsvarstanken. For det er nok noen som til daglig vil være sivile, som jobber med det. For dette sverdet må holdes ved like. Et halvt år uten, da tror jeg faktisk du er ute.

Det er det ene. Og så har vi EK-biten. EK er også et sånt felt vi har tillatt at noen små miljøer har holdt på med. Men jeg tror nok det kommer til å bli behov for flere. Så det kan hende man trenger en EK-kriger som er med i stridsvogna.

[...] så er det sånn at hvis den tiden vi har foran oss er veldig usikker, da er det gode basisferdigheter som er viktigst. Da er vi tilbake til kunnskap og holdninger og ferdig-heter. Så noen som har god basiskunnskap om ganske mye naturvitenskap og er litt nysgjerrig, da kommer man ganske langt. Disse må tenke litt mer som man har gjort på en ingeniørhøyskole. Man må lage noe som skal fungere. Da må man kunne litt av alt. De skal ikke være verdensmestere i kompleks matematikk eller hva det skal være.

Forskningsleder Lorns Harald Bakstad

4 Avsluttende kommentarer

I denne rapporten har vi beskrevet ti intervjuer med FFIs teknologimiljøer, der målet var å identifisere hvordan teknologiene/systemene/konseptene de jobber med vil påvirke Forsvarets fremtidige personell- og kompetansebehov. Intervjuer som metode egner seg godt som eksempler på menneskers opplevelser og erfaringer, men er ikke like godt egnet til å konkludere om årsaker, utbredelse og konsekvenser.

Likevel ser vi at intervjuene bekrefter annen forskning om fremtidig kompetansebehov: idet teknologiers funksjonalitet flyttes over i programvare, øker behovet for mennesker med IKT-kompetanse og det blir mindre behov for personer som kan koble sammen «bokser og kabler».

Gjennom intervjuene fikk vi inntrykk av at den IKT-kompetansen som blir aller viktigst fremover er programmering, det å få systemer til å snakke sammen og det å håndtere, forvalte og analysere

data. Vi vet fra annen forskning at det vil bli kamp om denne kompetansen fremover, og Forsvaret er helt nødt til å tenke nytt om hvordan de skal sikre seg nødvendig kompetanse, for eksempel gjennom strategiske partnere. Også nye typer samarbeidsformer bør utforskes. Dette er forskningen på fremtidens arbeidsliv helt tydelig på.

Imidlertid var det også tydelig i intervjuene hvor viktig den militære kompetansen er, og vil være. I løpet av de 15 årene som er vårt tidsperspektiv i denne studien, kan vi ikke se at det blir drastiske endringer i behovet for militært personell. I de aller fleste rollene vi definerte i kapittel 2, så vi at dette trolig vil være Forsvarets egne folk med større eller mindre grad av militær forståelse og kompetanse.

Et viktig poeng her er at mange i organisasjonen med militær kompetanse også må evne å snakke med teknologer, utviklere, leverandører, osv. Dette vil kreve en viss teknologisk kompetanse i tillegg til den militære utdannelsen. Alle intervjuobjektene våre påpekte viktigheten av dette, særlig når det kommer til det at beslutningstagere og ledere må forstå teknologi både for å gjenkjenne hvilke problemer teknologi kan løse og for å kunne bestille riktige teknologiske løsninger på problemene.

Det å utnytte teknologienes potensial fremover vil trolig ikke bare innebære at oppgaver løses «bedre og med mer kapasitet», men også at man må tenke nytt om selve operasjonskonseptene – hvordan oppgavene løses. Det å tenke nytt på den måten vil også kreve at militær og teknologisk kompetanse kommer sammen, og driver utviklingen sammen. Intervjuobjektene våre var tydelige på at det er gjennom eksperimentering og det å se teknologiene i bruk, at tankene om nye måter å operere på kommer frem. Også annen forskning viser at det er de organisasjonene som tør å prøve ut ny teknologi selv om den ikke fungerer perfekt, som i størst grad lykkes i å omstille seg og å være langt fremme teknologisk.

Denne rapporten er ett bidrag i «Personellstudier» sin forskningsaktivitet knyttet til fremtidens arbeidsliv. En studie med ti intervjuer vil ikke i seg selv være grunnlag for anbefalinger og tiltak, men den er en viktig brikke i forskningen.

Vedlegg

A Intervjuguiden til intervjuene

Takk og velkommen.

Takk for at du stiller opp til intervju. Dette intervjuet vil gi viktige innspill til prosjektet Personellstudier ved FFI og til Cyberingeniørskolen.

Om Personellstudier sin studie.

I Personellstudier forsøker vi å si noe om hvordan kompetansebehovet i Forsvaret vil endre seg de neste 10 til 20 årene som følge av automatisering, herunder digitalisering, autonomi osv. Vi forsøker altså å se et stykke frem, og ikke bare på nærmeste fremtid.

Om Cyberingeniørskolen og bakgrunnen for at de ønsker disse intervjuene.

Cyberingeniørskolen ønsker å sikre at utdanningen deres også er relevant i fremtiden og forstå mer om hvilken betydning det teknologiske området du jobber med kan ha for Forsvarets fremtidige behov for ingeniørkompetanse. Det finnes også flere ulike ingeniørutdanninger i Forsvaret i dag, og et relevant spørsmål er om Forsvaret fremover bør endre på studietilbudene for ingeniører generelt.

Spørsmål:

1. Vi har blitt enige om at vi i dette intervjuet skal snakke om xxxx. I intervjuet vil jeg omtale dette som «teknologien». Kan du fortelle kort om teknologien og hva som er den militære anvendelsen av den?
2. Brukes teknologien i Forsvaret i dag?
 - a. Hvis ja: Da ønsker jeg at du i dette intervjuet tenker på en fremtidig anvendelse av teknologien. Det vil si en anvendelse som man ikke gjør i dag eller en videreutvikling av teknologien, som dere ser for dere at vil komme.
3. Hvilke avdelinger i Forsvaret tenker du teknologien vil bli brukt i?
4. Kjører dere eksperimentering med teknologien i samarbeid med Forsvaret?
5. Når tror du teknologien er moden for bruk i Forsvaret på en slik måte at den er implementert og gir effekt for Forsvarets operative evne?
6. Hvordan tror du teknologien brukes i Forsvaret om 15 år? Hvilke endringer ligger i dette, sammenlignet med hvordan samme oppgaver løses i dag?

-
-
7. Hvilke utfordringer ser du for at Forsvaret skal klare å ta i bruk teknologien innenfor det tidsperspektivet du siktet til (i spm 2)? Dette kan være teknologiske, økonomiske, juridiske, organisatoriske eller kulturelle utfordringer med mer.
 8. Hvilken kompetanse vil det kreves av Forsvarets ansatte å bruke denne teknologien?
 9. Opplever du at denne kompetansen finnes i Forsvaret i dag?
 10. Vil innføring av denne teknologien gjøre at det blir mindre behov for kompetanse som er nødvendig i Forsvaret i dag?
 11. Tenk på en konkret, typisk oppgave som løses ved hjelp av teknologien. Vil innføring av denne teknologien gjøre at det blir behov for flere eller færre mennesker til å løse oppgaven.
 12. Gjennom eventuelle eksperimenter med teknologien og samarbeid med Forsvaret, hvordan har dere opplevd forståelsen for teknologien når det kommer til
 - a. dens formål,
 - b. dens virkemåte og
 - c. bruken av den?

Ingeniørspørsmål

Til slutt skal vi snakke litt mer om ingeniørene og ingeniørkompetanse.

Cyberingeniørskolen utdanner størsteparten av Forsvarets militært ansatte ingeniører. Disse får i dag en bachelorgrad i telematikk. Det vil si at de har kunnskap om elektromagnetisme og signalbehandling, og de har bred kunnskap om elektriske komponenter, kretser og systemer. Videre har de kunnskap om programvareutvikling og ikke minst prinsipper for oppbygging av datasystemer og nettverk. De kan med andre ord mye om data- og telekommunikasjon, informasjonssikkerhet og militære operasjoner i cyberdomenet. Cyberingeniørene tjenestegjør i hele Forsvaret etter endt utdanning.

Men vi begrenser oss ikke til cyberingeniørene i dette intervjuet, men snakker generelt om ingeniører. Generelt kan man si om ingeniører at de utvikler nye teknologiske løsninger. Ingeniører er involvert i utviklingen av mange av tingene vi omgir oss med, for eksempel bygninger, fly, datamaskiner og avansert utstyr.

I Forsvaret har ingeniørene teknisk og operativ ingeniørkompetanse innenfor operasjon, ledelse, drift og vedlikehold av ulike systemer som brukes i Forsvaret. I tillegg til Cyberingeniører som har kompetanse innenfor IKT og kommunikasjonsinfrastruktur, utdanner Forsvaret ingeniører innenfor maskin og elektro. Disse jobber i stor grad på Sjøforsvarets fartøyer med maskin, våpen og sensorsystemer. Forsvaret utdanner også de mer klassiske byggingeniørene.

13. Hvilken rolle vil ingeniøren ha når denne teknologien brukes i Forsvaret i fremtiden, det vil si når teknologien er implementert og gir effekt for operativ evne?
14. Er det spesifikk ingeniørkompetanse som vil kreves når teknologien skal *brukes*?

-
-
15. Kreves det en spesiell kompetanse for å *drifte/vedlikeholde* teknologien? (I motsetning til å bruke den.)
 16. Forsvaret har de siste årene i stor grad fokusert på bestillerkompetanse mer enn utviklerkompetanse. Forsvaret skal ha kompetanse til å bestille teknologi som industrien skal utvikle. Innenfor IKT ser man tendenser nå til at utviklingsmiljøene kobles tettere til Forsvarets organisasjon da det kreves mer kontinuerlig oppdatering og utvikling. Er dette en tendens du tror er eller blir gjeldende også innenfor ditt teknologiske område?

Til slutt avklaringer rundt publisering:

17. Er det fremdeles greit for deg at vi omtaler svarene dine i åpne FFI-rapporter i studien?

Ønsker du å være anonym?

Referanser

Andås, H. (2020) *Emerging technology trends for defence and security*, FFI-rapport 20/01050.

Bentstuen, O. M. (2022) *Trender innen IKT – relatert til militærmakt*. FFI-rapport 22/00544.

Birkemo, G.A., Kristiansen, P. og Farsund, B. H. (2021) *Risiko ved strategisk samarbeid IKT – rammverk og vurdering*, FFI-rapport 21/00527.

Bjork, H. (2022), *Nord-Norge kan bli internasjonal arena for teknologiutvikling tilpasset arktiske forhold*, <https://www.ffi.no/aktuelt/kronikker/nord-norge-kan-bli-internasjonalt-arena-for-teknologiutvikling-tilpasset-arktiske-forhold/>, sett 22. april 2022.

Bruvoll S., Geilhufe, M., Haavardsholm, T., Moen, J., Pettersen, A., Seehuss, R. A., Aarønæs, L. og Hofoss, E. (2019) *Den autonome framtid*, FFI Viten 1.2019.

Fauske, M. (2020) *Automatisering i fremtidens arbeidsliv – hva sier forskningen?*, FFI-rapport 20/03037.

Fauske, M. og Strand, K.R. (2021) *Sluttårsaker i Forsvaret i 2019 og 2020*, FFI-rapport 21/00746.

Fauske, M. og Strand, K.R. (2019) *Hvorfor slutter spesialistene i Forsvaret?*, FFI-rapport 19/01099.

FFI (2019) *Forsvarsteknologiske trender – en overordnet analyse av teknologiens betydning for et effektivt og relevant forsvar*, FFI-rapport 19/02072.

Hansen, B. J, Halvorsen, J. og Opland, E. A. O. (2021) *Stordata og avansert analyse – sluttrapport for FFI-prosjekt «Informasjonsintegrasjon for et moderne forsvar»*, FFI-rapport 21/02647.

Mathiassen, K. mfl. (2021) *Demonstrating Interoperability Between Unmanned Ground Systems and Command and Control Systems*, *Int. J. Intelligent Defence Support Systems*, Vol. 6, No. 2, 2021.

Mayer, M. (2021) *Machine Intelligence and Trust: the Implications of AI for Joint Operations* i The 15th NATO Operations Research & Analysis (OR&A) Conference Proceedings: Emerging and Disruptive Technology.

NATO Science & Technology Organization (2020) *Science & Technology Trends 2020–2040*, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1131124.pdf>

NATO (2022) *Emerging and disruptive technologies*,
https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm

Nummedal, O. R. (2021) *Flamingo – a UAV for autonomy research*, FFI-rapport 21/00318.

Nærings- og fiskeridepartementet (2019) *Høytflyvende satellitter – jordnære formål: En strategi for norsk romvirksomhet*, Meld. St. 10 (2019–2020).

Sommestad, T., Brynielsson, J. og Varga, S. (2019) *Möjligheter för automation av roller inom cybersäkerhetsområdet*, FOI Memo 6737.

Svendsen-utvalget (2020) *Økt evne til å kombinere menneske og teknologi*.

Voldhaug, J. E., Hansen, B. J., Lund, K., Mykkeltveit, A., Rytir, M. og Bentstuen, O. I. (2021) *Hvordan kan ny IKT gjøre Forsvaret bedre?*, FFI-rapport 21/01819.

Wicklund, J. (2021) *Autonome våpensystemer: – Bruk teknologien*, Forsvarets forum, 16. mai 2021, <https://forsvaretsforum.no/drone-meninger-teknologi/autonome-vapensystemer--bruk-teknologien/198531>.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan, med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs formål

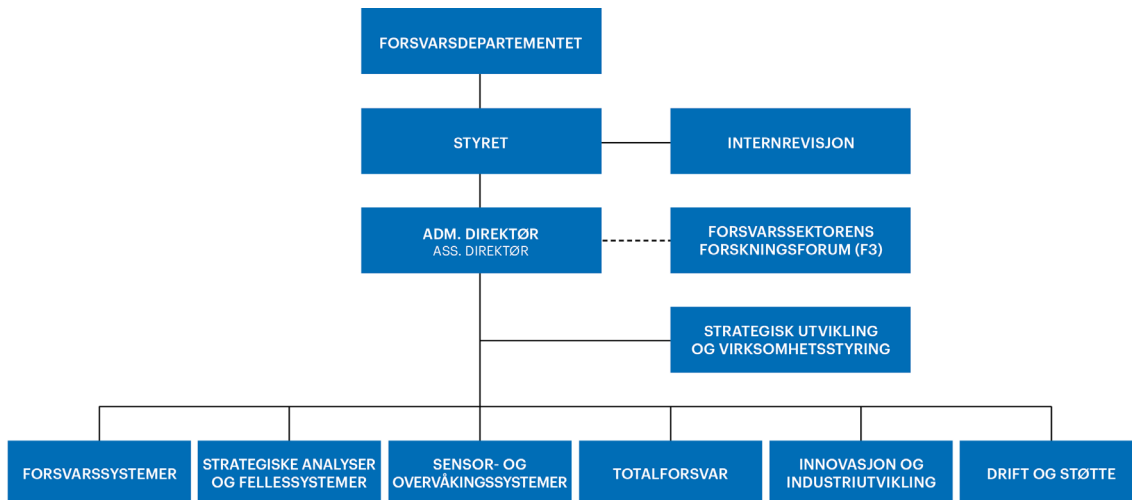
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: post@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: post@ffi.no