

SATELLITTKOMMUNIKASJON OG BÆREKRAFT I VERDENSROMMET

INNSPILL TIL FORSVARSKOMMISJONEN 2022

INNLEDNING

Verdensrommet er definert som eget operasjonsdomene i NATO, «Space Domain».

Kommunikasjonsdelen av rombaserte kapasiteter, herunder behov for og anvendelse av satellittkommunikasjon (SATCOM), faller inn under «Cyber domenet».

Det forutsettes derfor at kommisjonen vil adressere disse operasjonsdomenene i sin vurdering og anbefaling.

Rommet, og tilgangen til rombaserte kapasiteter er i enorm utvikling, og på mange områder er denne utviklingen eksponentiell. Forsvaret bruker rom-baserte kapasiteter til kommunikasjon, til overvåkning av luft, land og sjøområder, og til navigasjon på daglig basis. Satellitter og satellittkommunikasjon er allerede en avgjørende og fullt integrert del av nær sagt alle systemer i et moderne teknologisk samfunn – Når vi ser på fotball VM på TV, snakker i mobiltelefon, surfer på internett, tar ut penger i minibanken, for å ivareta sikkerhet på sjøen og i luften, i «Internet of Things» nettverk som overvåker og optimaliserer forsyningskjeder og landbruk, i styring og overvåkning av kraftforsyning, og ikke minst som forutsetning for og en avgjørende komponent i et moderne nettverksbasert Forsvar.

Satellittkommunikasjon må derfor ses på som kritisk infrastruktur i flere sammenhenger i samfunnet generelt, og som en kritisk kapasitet for Forsvaret spesielt.

Norge har ambisjoner med, og i verdensrommet. Dette er blant annet uttrykt i Rom-strategien fra Desember 2019, «*Høytflyvende satellitter – jordnære formål*».

Denne tverr-sektorielle strategi omhandler i hovedsak utvikling av en nasjonal kapasitet og verdikjede innenfor romrelatert virksomhet, i et begrenset omfang. Med begrenset omfang menes at ambisjonene ligger innenfor visse typer små-satellitter, og ellers norsk næringslivs muligheter og evne til å kunne levere komponenter og tjenester til internasjonal rom-virksomhet. Den omhandler ikke Forsvarets behov spesielt.

Norge har lange tradisjoner, mye erfaring og relevant kompetanse innenfor satellitter og romvirksomhet. Norge var en av grunnleggerne av FNs International Maritime Satellite Organisation i 1979, senere Inmarsat. Telenor har vært operatør av egne kommunikasjons-satellitter for TV og dataoverføring i mange år. Kongsberg Satellite Services, KSAT opererer et globalt nettverk av bakkestasjoner, og selger sine tjenester internasjonalt. I tillegg finnes det flere selskaper som leverer komponenter og tjenester internasjonalt.

Dette innspillet vil fokusere på satellittkommunikasjon som en underkomponent av rom-baserte kapasiteter. Herunder også belyse



momenter Forsvaret bør vurdere i sin tilnærming til dette fremover, og hvilken risiko disse valgene kan medføre i det lengre perspektivet. Jeg vil ikke berøre truslene fra Anti-satellite weapons (ASAT).

ARCTIC SATELLITE BROADBAND MISSION

En viktig milepæl for Forsvaret blir oppskytingen av satellittene i Arctic Satellite Broadband Mission, ASBM programmet, i løpet av 4. kvartal 2023. Programmet ledes av Space Norway, og omfatter et tett samarbeid med det Amerikanske Forsvaret og Inmarsat. Programmet omfatter 2



satellitter som skal gå i det som kalles høyeliptisk bane (HEO – Highly Elliptical Orbit) over Arktis som vil gi kontinuerlig dekning over hele Arktis. Dette blir den første og eneste kapasiteten med bredbånd satellitt dekning i

Arktis. De to satellittene er like, og har tre nyttelaster hver seg. En norsk, på X-båndet, for Forsvaret. En Amerikansk EHF, Extreme High Frequency nyttelast som skal brukes av det Amerikanske Forsvaret. Og en Ka-bånd nyttelast som kontrolleres av Inmarsat, en internasjonal privat kommersiell aktør. Denne Ka-bånd kapasiteten vil gi muligheter både i det sivile og

militære spekteret av Ka-båndet, og kan derfor levere kommunikasjonstjenester til blant annet sivil skipsfart, nasjonale myndigheter og NATOs militære styrker.

Dette er et godt eksempel på hvordan Forsvaret kan sikre seg kontroll over en kritisk kapasitet og samtidig tilgang til andre relevante kapasiteter og tjenester gjennom samarbeid med andre stater og kommersielle aktører.

Det er mindre sannsynlig at Forsvaret og Norge som nasjon vil kunne ha samme tilnærming til alle behov for SATCOM på grunn av kompetanse, organisatorisk kapasitet og økonomiske rammer. Der det finnes relevante kapasiteter og et «marked» med kommersielle eller andre statlige aktører og leverandører bør man kunne basere seg på disse. Det oppfattes forøvrig at det er slik det gjøres i dag.

SATELLITTER OG BANER

Når en satellitt når nøyaktig 42 164 kilometer fra jordens senter (omtrent 36 000 kilometer fra jordens overflate), går den inn i en slags "sweet spot" der dens bane matcher jordens rotasjon. Fordi satellitten går i bane med samme hastighet som jorden roterer, ser det ut til at satellitten

holder seg på plass over en enkelt lengdegrad, selv om den kan drive nord til sør. Denne jordbanen kalles geosynkron. En satellitt i en sirkulær geosynkron bane rett over ekvator vil ha en geostasjonær bane (GEO – Geostationary Orbit) som ikke beveger seg i det hele tatt i forhold til bakken. Den er alltid rett over samme sted på jordens overflate. Satellitter i denne jordbanen kalles GEO satellitter.

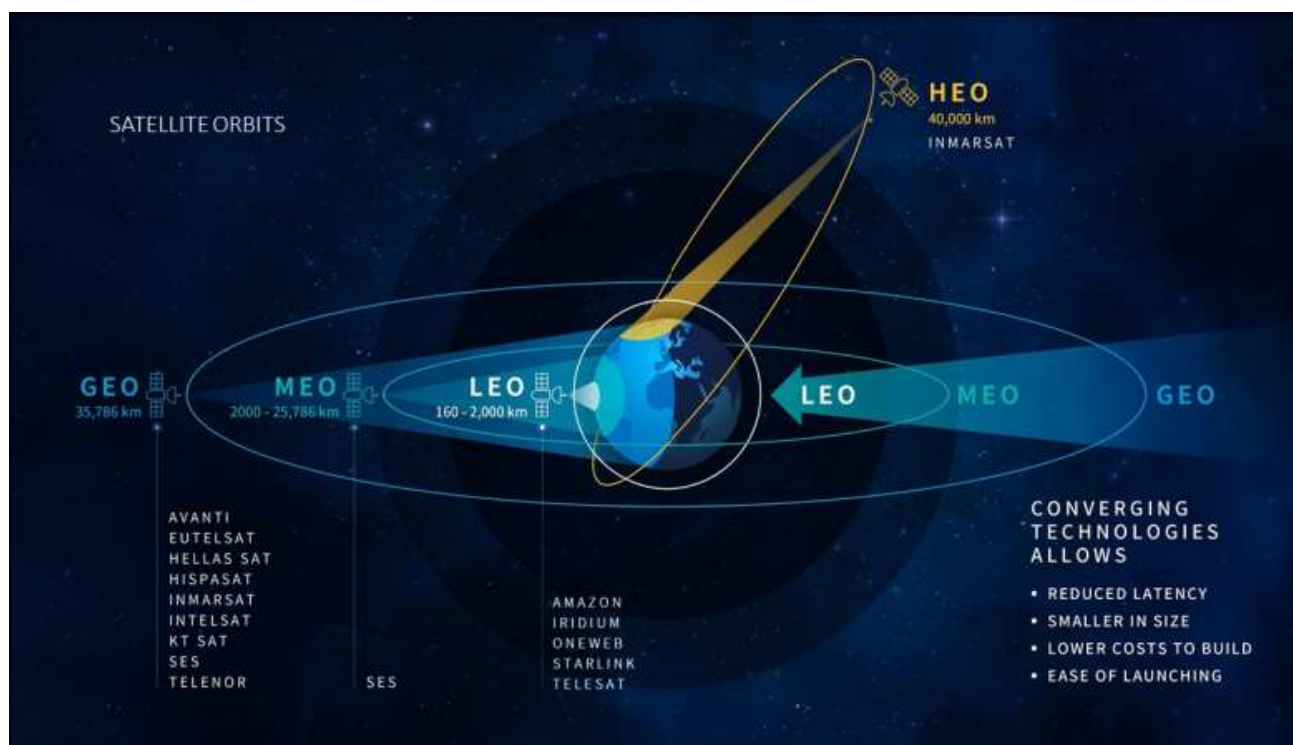
Nærmere jorden beveger satellitter i en middels jordbane (MEO – Medium Earth Orbit) seg raskere. Den semisynkrone banen er en nesten sirkulær bane (lav eksentrisitet) 26 560 kilometer fra jordens sentrum (omtrent 20 200 kilometer over overflaten). En satellitt i denne høyden bruker 12 timer på å fullføre en bane. Når satellitten beveger seg, roterer jorden under den. I løpet av 24 timer krysser satellitten de samme to stedene på ekvator hver dag. Denne banen er konsistent og svært forutsigbar. Det er banen som brukes av Global Positioning System (GPS) satellitter. MEO defineres gjerne som området mellom 2 000 km fra jorden, og ut til GEO.

De fleste vitenskapelige satellitter og mange værsatellitter er i en nesten sirkulær, lav jordbane (LEO – Low Earth Orbit). Satellittens helling avhenger av hva satellitten ble skutt opp for å overvåke. LEO defineres gjerne som området fra jordens ytre atmosfære, ca 200 kilometer til 2 000 kilometer fra jordens overflate.

Gravitasjonskreftene fra jordens atmosfære er sterkest des nærmere atmosfæren satellitten går i bane. Satellitter i LEO har betydelig høyere hastighet enn en satellitt i GEO.¹

En stor kommunikasjonssatellitt som går i GEO er designet for å ha en levetid på 20+ år. En betydelig mindre satellitt som går i LEO vil i gjennomsnitt ha en levetid på ca 5 år.

En GEO satellitt kan dekke 1/3 av jorden, mens man trenger flere hundre LEO satellitter for å dekke samme geografiske område på jordens overflate. Samtidig trenger ikke satellittene i LEO å være like store siden de skal dekke et mindre område hver seg, og kan levere en tilsvarende kapasitet ved bruk av mindre sendestyrke. Videre



¹ <https://earthobservatory.nasa.gov/features/OrbitsCatalog>

tilbyr en lavere bane tilsvarende lavere forsinkelse i signalene, såkalt «latency».

Når man snakker om «multi-orbit» kapasitet er det snakk om å utnytte komplementære kapasiteter i flere baner for å skalpe redundans og tilpasse tjenestene til applikasjonene man bruker.

SATCOM BRANSJEN

SATCOM bransjen er fragmentert, og vil sannsynligvis stå overfor en konsolidering i tiden fremover. Samtidig er det stadig nye aktører som melder seg på i markedet. Det å utvikle, bygge, skyte opp og operere konstellasjoner med kommunikasjonssatellitter er kapitalkrevende. Kostnadene er på vei ned i noen deler av verdikjeden. Den teknologiske utviklingen er eksponentiell ift kapasitet og nettverksteknologi. Det siste krever igjen kompetanse, erfaring og investeringsvilje hos en aktør som ønsker å være relevant. Ikke minst i det lange løpet.

Det er mange sivile kommersielle aktører i det globale markedet i dag. Alle «nye» aktører i SATCOM-markedet planlegger å operere i LEO. De «etablerte» aktørene opererer i GEO, og ser alle på muligheter for egne komplementære kapasiteter i LEO eller MEO. Spesielt blant de nye aktørene ser vi enorme konstellasjoner med tusenvis av satellitter ofte kalt «mega-konstellasjoner», som er planlagt. Disse mega-konstellasjonene må byttes ut ca. hvert 5. år for å kunne kontinuerlig levere en konsistent tjeneste. Så langt har dette vært drevet først og fremst av det sivile/private forbrukermarkedet, og ikke vært spesielt designet for sikkerhet og garantert oppetid og dekning. Både de etablerte aktørene og de nye aktører i markedet vil som nevnt ha et stort behov for finansiering i overskuelig fremtid for å kunne opprettholde en sikker, troverdig og konsistent tjeneste over tid. Tilgang til langsiktig kapital og en stabil eierstruktur blir avgjørende for

enhver SATCOM aktør. For Norge og Forsvaret burde det derfor være interessant å ettergå hvor denne kapitalen kommer fra, hvordan eierskapet er fordelt og strukturert, og hvorvidt dette er noe man kan akseptere som kunde og stole på i det lengre løp. Dette bør vurderes både med tanke på ren oppetid og tilgjengelighet på tjenesten, og de mer sikkerhetsmessige aspektene knyttet til cybersikkerhet, nettverksredundans og bakkeinfrastruktur. Relevante spørsmål kan være hvordan trafikken rutes i nettverket, hvor trafikken lander (bakkestasjoner), hvordan sikres inter-satellite links, og hvem som kan plukke opp trafikken, etc?

Forsvaret er og blir en betydelig bruker og premissleverandør i forhold til nettverkssikkerhet, behov for frekvenser og båndbredde og tilgjengelighet i alle scenarier. Samtidig er det vanskelig å se at Forsvaret vil kunne etablere og drifte hele denne infrastrukturen alene. Når man velger en leverandør, investerer i terminaler og nettverkssikkerhet, vil man på flere områder binde seg i flere år. Da bør man samarbeide med en leverandør, eller partner, som har et langsiktig perspektiv og som kan tilby sikkerhet i nettverket, nødvendig båndbredde og ikke minst garantier for tilgjengelighet i alle scenarier som alle tilfredsstiller Forsvarets behov.

RISIKO OG BÆREKRAFT

Samtidig som det finnes fantastiske muligheter i rommet og med satellitt teknologi, finnes det også noen ikke ubetydelige utfordringer fremover.

Rommet er på en måte den siste «fortier». Ingen stat, selskap eller organisasjon har råderett i verdensrommet. Det finnes ingen lover som



regulerer verdensrommet slik vi kjenner det fra luftfart og på havene. Alt er «Internasjonalt farvann». FNs COPUOS jobber med traktater som regulerer verdensrommet, men utviklingen går sakte. Et annet FN organ, ITU – International Telecommunication Union – regulerer bruk av frekvensspektrum og også tildeling av «slots» i GEO bane. Dette er den eneste «banen» som er «tilnærmet» eller delvis regulert. I tillegg finnes det en form for struktur i det som kalles NSO – Navigation Satellite Orbit. Det er her alle navigasjonssatellittene, USAs GPS, ESAs Galileo, russiske GLONASS og kinesiske BeiDou går, i MEO. MEO brukes i mindre grad av kommunikasjonssatellitter fordi den blir en mellomting mellom GEO og LEO uten at den kan gi fordelene til noen av de. Det pågår noen initiativer og prosjekter for MEO basert SATCOM.

Der det finnes minst regulering, og samtidig der det er enklest og billigst å etablere kapasiteter er i LEO. De internasjonale traktatene pålegger «oppskytende nasjon» visse forpliktelser i godkjenning av tillatelser for oppskyting. Dette gjelder om denne nasjonen er tilsluttet traktaten, og velger å etterleve den.

For bare 8 år siden var det omtrent 1 400 operative satellitter i LEO. I begynnelsen av 2022 hadde det økt til over 4 000, og det øker raskt fremover. Trenden er eksponentiell. Ved slutten av dette ti-året vil vi sannsynligvis se 10 000-vis av satellitter i LEO. I tillegg kommer andre menneskelagde objekter, som brukte rakettmotorer, andre deler fra bæreraketter og satellitter som ikke er i operativ stand, eller aldri ble operative etter at de ble sendt opp. Mer enn 25 000 gjenstander større enn 10 cm er kjent for å eksistere. Det estimerte antallet av partikler mellom 1 og 10 cm i diameter er omtrent 500 000. Antall partikler større enn 1 mm overstiger 100 millioner. I januar 2022 oversteget mengden materiale som gikk i bane rundt jorden 9 000 tonn.²

En betydelig overvekt av disse satellittene og gjenstandene går i bane noen 100 km over jorden, i hastigheter på rundt 28 000 km/t i en kompleks koreografi av baneplan og kryssende baner. I dag har vi begrenset kunnskap og forståelse av hva som faktisk skjer i dette området til enhver tid, og relativt få teleskoper og radarer som overvåker hvem som gjør hva.

² <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/faq/>

Det finnes utallige initiativer til nye, små, billige satellitter og konstellasjoner i LEO. Alt fra «Student satellitter» som skal ta Selfie bilder, til mega-konstellasjoner med 10 000-vis av planlagte satellitter. Hvis vi legger sammen alle prosjekter med godkjente og planlagte annonserte LEO satellitter ender vi på rundt 100 000 stykker.

Det synes, dessverre, som at disse mega-konstellasjonene blir utviklet, designet, sendt opp og operert med liten tanke for andre legitime behov og aktører, og også egne brukere av satellitt tjenester. Det utøves dessverre ikke nok press, internt og eksternt, mot disse selskapene for å implementere systemer og prosesser for å avhende eller fjerne satellitter som ikke fungerer som de skal, eller etter endt levetid på en forsvarlig måte.

Det viktigste på kort sikt er den totale mangelen på formelle internasjonale mekanismer og systemer for utveksling av informasjon og kommunikasjon mellom operatører og aktører om det skulle oppstå kriser, og mindre hvordan man skal løse den krisen. Slike kriser vil være situasjoner hvor det er nødvendig å gjennomføre sikre og tidsriktige handlinger for å dekonflikte objekter i samme bane, og i verste fall unngå kollisjoner.

Den eksponentielle økningen i antallet satellitter og romsøppel øker også risikoen for «Kessler syndromet». Dette er en teori om hvordan en kollisjon kan medføre en kjedereaksjon av kollisjoner som til slutt gjør området ubrukelig. 11. februar 2009 kolliderte en kommunikasjonssatellitt eid av Iridium, et amerikansk selskap, med en ikke-fungerende russisk satellitt. Begge satellittene ble knust i sammenstøtet og skapte et felt med romsøppel som inneholdt minst 2 500 gjenstander.³

Jo høyere banen er, jo lenger vil romsøppel typisk forbli i bane. Romsøppel og gjenstander som er igjen i baner under 600 km blir normalt trukket mot jordens atmosfære i løpet av noen år. I høyder på 800 km blir tiden for romsøppel og gjenstander ofte målt i århundrer. Over 1 000 km vil romsøppel og gjenstander normalt fortsette å sirkle rundt jorden i årtusen. Gjenstander som går i LEO bane vil etter hvert som antallet og tettheten øker ligge som et minefelt for nye satellitter i samme område og for all trafikk som skal gjennom, herunder satellitter i andre baner lengre ut og ikke minst bemannede missions til månen eller Mars.

Denne utviklingen vil true Forsvarets tilgang til kapasiteter i rommet over tid.

Selv om man klarer å unngå Kessler syndromet (og for å klare det) må man ha mekanismer og systemer for å ta satellitter kontrollert ut av bane. For satellitter i GEO innebærer det at de kjøres ut i det som kalles «the graveyard orbit». Her vil jordens gravitasjon ha liten påvirkning, og det er kalkulert at de vil holde seg der ute i millioner av år. Satellitter som går i LEO vil bli kontrollert kjørt mot jorden og brenner opp i det de entrer atmosfæren i en enorm hastighet. Det aller meste i alle fall. En betydelig mengde romsøppel overlever ikke varmen som oppstår under «reentry». Komponenter som overlever vil mest sannsynlig falle i havet eller i tynt befolkede regioner som den kanadiske tundraen, den australske «outback» eller i Sibir. I løpet av de siste 50 årene falt gjennomsnittlig en katalogisert gjenstand ned på jorden daglig. Ingen alvorlige skader på mennesker eller eiendoms er bekreftet.⁴ Verden vet fortsatt lite om hvilken påvirkning fremtidig storstilt «reentry» generelt vil ha på atmosfæren og jorda.

³ <https://earthobservatory.nasa.gov/features/OrbitsCatalog>

⁴ <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/faq/>

For Forsvaret blir det derfor viktig å ha robuste systemer for Space Situational Awareness. Både for å bidra inn i det internasjonale samarbeidet for overvåkning av romsøppel, og for å kunne følge og predikere egne og leide kapasiteter i rommet.

Forsvarets, og samfunnet forøvrig sitt behov for kritiske ressurser knyttet til kapasiteter i rommet bør brukes for å presse norske og internasjonale myndigheter til å vedta regulering av tilgang til og operasjoner i verdensrommet så fort som over hodet mulig.

10 000-vis av satellitter i LEO bane som må skiftes ut hvert 5. år i gjennomsnitt vil etterlate seg mer aluminium i jordens ytre atmosfære enn alle meteoritter som noensinne har entret atmosfæren. Dette vet verdens forskere foreløpig lite om konsekvensene av.

Forsvaret og Norge har mulighet til å bruke sin markedsrett til å stille krav til leverandører også i dette markedet. Herunder krav om sikker avhending av gamle satellitter, krav til systemer for utveksling av informasjon om hendelser og aksjoner og andre krav for å minimere romsøppel. Og ikke minst om man ønsker å bidra til etableringen av mega-konstellasjoner som truer bærekraften i verdensrommet.

SAMMENDRAG OG ANBEFALINGER

Verdensrommet og rombaserte kapasiteter representerer utallige muligheter for Forsvaret og Norge i tiden fremover.

Satellittkommunikasjon er og blir en kritisk komponent i alle deler av det moderne samfunnet, også for et nettverksbasert Forsvar.

Satellittkommunikasjons bransjen og markedet er i endring. Både i form av en forventet konsolidering og tilvekst av nye aktører.

Dette vil gi et bredere spekter i tilbud, samtidig som langsiktigheten er sårbar i en kapitalkrevende bransje.

Tilgang til kapital, og selskapsstrukturer og eierskap er relevant å følge med på for en statlig aktør som vil kreve langsiktighet, sikkerhet og tilgjengelighet.

Risikoen for «Kessler syndromet» er i ferd med å gå fra teoretisk til sannsynlig. Økningen i antall gjenstander og romsøppel vil øke behovet for Space Situational Awareness.

Forsvaret, og Norge har et kollektivt ansvar for hvilken retning utviklingen går, gjennom aktiv deltagelse i internasjonal regulering og bruk av markedsrett i anskaffelser.

Forsvaret må ta hensyn til bærekraft i rommet, ikke bare ut i fra et samfunnsmessig perspektiv, men i forhold til å kunne opprettholde og sikre nødvendig tilgang til kapasiteter i verdensrommet.

Oslo 16. Desember 2022

Knut Erik Resell
Inmarsat

.....

Kilder:

Melding til Stortinget 10 (2019-2020) (Meld. St. 10 (2019-2020), 13. Desember 2019), *Høytflyvende satellitter – jordnære formål. En strategi for norsk romvirksomhet*

SPACE SUSTAINABILITY REPORT (2022, Inmarsat) - An Inmarsat report supported by AstroAnalytica,
<https://www.inmarsat.com/en/insights/corporate/2022/space-sustainability.html>
<https://earthobservatory.nasa.gov/>

Vedlegg:

SPACE SUSTAINABILITY REPORT (2022, Inmarsat)