

**Dansk teknologibidrag til NATO og Europas
sikkerhed:**

Varmesøgende dronesværme over Arktis kan redde liv og styrke håndhævelse af vores suverænitet



**Dronesværme udstyret med
avanceret 3D-
billedproduktion i realtid kan
potentielt bringe usete
dimensioner til
overvågningen af et af
verdens mest barske miljøer.**

Af Jesper Gaarsdal, Alexandra Instituttet

Der er få europæiske NATO-lande med et mere geografisk vidtstrakt ansvarsområde end Danmark. Det danske **Forsvars** vestligste arm er **Arktisk Kommando**, hvis rækkevidde er svimlende stor og kun overgået af omfanget af forskelligartede opgaver, det forventes at løse med begrænsede ressourcer.

Udover det militære forsvar af Grønland og Færøerne sørger **Arktisk Kommando** for blandt andet fiskeriinspektion, miljøovervågning, forureningsbekæmpelse, søopmåling og endelig eftersøgnings- og redningsarbejde. Men når søfolkene fra **Arktisk Kommando** skal lokalisere og hjælpe et nødstedt fartøj på havet ud for Grønland, leder man reelt efter en nål i en høstak på størrelse med det halve Europa – bare uden veje. Og det næste sikre landingssted for overvågningsflyet eller helikopteren er længere væk end en flyvetur fra København til Rom.

Grønland er verdens største ø med et areal, der er cirka fire gange så stort som Frankrigs, og med en kystlinje på mere end 44.000 km svarende til mere end jordklodens samlede omkreds. De 17 største byer er ikke forbundet af veje, men af hav og luft. Hertil står **Forsvarets** eftersøgnings- og redningsoperationer over ekstreme vejrforhold og en infrastruktur bygget til at understøtte bare 56.000 indbyggere.

Til udfordringerne skal man også lægge et begrænset antal inspektionsfartøjer, fly, helikoptere og Slædepatruljen Sirius, der skal dække hele Grønland. Helikopternes rækkevidde er begrænset, og de skal ofte vende om for at tanke længe før et eftersøgningsområde er fuldt afdækket. Det betyder, at store områder i praksis ikke kan eftersøges inden for det tidsvindue, hvor overlevelse er sandsynlig.

Samtidig vokser aktiviteten i de arktiske farvande markant. Siden 2013 er antallet af skibe i arktiske farvande steget med over 37 procent, og den samlede sejlafstand er mere end fordoblet. Den

POLICY-ANBEFALINGER

1. Afsæt dedikerede, forsvarspolitiske midler til skalering af innovations- og forskningsprojekter.
2. Udpegning af dedikerede resourcepersoner hos de operative enheder i Forsvaret og beredskabet med ansvar for, at teknologiske løsninger udvikles med operative behov for øje.
3. Etablering af en civil-militær platform for arktisk teknologiudvikling med fokus på test og demonstration samt inddragelse af industrielle partnere nationalt og internationalt.



maritime trafik vokser med cirka syv procent årligt, og vintersejladser er tredoblet over det seneste årti. Arktis tiltrækker ekspeditions krydstogt, fiskeri og ressourceudvinding i takt med at havisen trækker sig tilbage, og Arktis opvarmes næsten fire gange hurtigere end det globale gennemsnit. Mere trafik i et mere uforudsigeligt klima betyder flere potentielle nødsituationer i et af verdens mest utilgængelige områder.

Droneteknologi med arktisk kapacitet er en eksplicit investeringsprioritet i delaftaler 1 og 2 under forsvarsforliget for 2024-2033. Med Danmarks formandskab for Arktisk Råd frem til maj 2027 er der desuden international bevågenhed omkring, hvordan Danmark løfter det arktiske ansvar – forpligtelser af både national og international karakter.

I pilotprojektet Arctic Search and Rescue (ArcSAR) har **Alexandra Instituttet** i samarbejde med **Syddansk Universitet (SDU)** og med finansiering af **Nationalt Forsvarsteknologisk Center (NFC)** undersøgt, hvordan droner og 3D-rekonstruktion kan styrke SAR-indsatsen. Gennem 32 droneflyvninger ved Nuuk blev der indsamlet 250 GB sensor- og kameradata, som blev behandlet med en pipeline baseret på teknikerne Structure from Motion og 3D Gaussian Splatting.

Structure from Motion (SfM) rekonstruerer 3D-struktur samt kamerabevægelser ud fra 2D-billeder taget fra forskellige vinkler. Ved at finde og matche fællestræk i

billederne kan algoritmen beregne både dybde og form af scenen.

FAKTA

Forsvarsforliget 2024–2033 investerer historisk i arktisk kapacitet. Delaftale 1 (januar 2025) afsatte 14,6 mia. kr. til bl.a. langtrækkende droner og satellit-overvågning, mens Delaftale 2 (oktober 2025) fulgte op med 27,4 mia. kr. til bl.a. yderligere droner, maritime patruljefly og nyt hovedkvarter for Arktisk Kommando.

3D Gaussian Splatting (3DGS) er en metode til at lave 3D-modeller på, hvor en scene bygges op af mange, små 'bløde' punkter med farve og størrelse. Når man ser scenen fra en ny vinkel, flyder punkterne pænt sammen, så det ser realistisk ud og kan vises i realtid som en 3D-model fremfor som enkeltstående billeder. Hvor traditionel droneovervågning leverer flade 2D-billeder, som en operatør manuelt skal gennemgå, sigter ArcSAR mod at skabe interaktive 3D-modeller med integrerede termiske data. Et kvalitativt spring i den information, der stilles til rådighed for indsatslederen i form af et sæt avancerede briller og et højteknologisk synsfelt. Billedligt talt bliver høstakken på sin vis usynlig og viser nålens placering for det blotte øje og fra flere forskellige vinkler. Det betyder i sidste ende, at fartøjer potentielt hurtigere



kan lokalisere mennesker og fartøjer over et langt mere vidtstrakt territorium.

Potentialet bliver først for alvor foldet ud, hvis man bruger dronesværme frem for enkelt-droner som sine fremskudte øjne over eftersøgningsområdet.

Dronesværme med multi-agent SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) og distribueret GPU-beregning (via grafikprocessorer integreret i droner) kan i fremtiden muliggøre nær-realtids 3D-kortlægning af store arktiske områder. Det vil styrke Danmarks og **NATOs** handlemuligheder i området. Ikke mindst i takt med, at drone- og batteriteknologien forlænger flyvetiden og forbedrer manøvre-friheden i luften. Mere om det senere i artiklen.

Feltarbejdet

I september 2025 gennemførte et hold fra **SDU** sammenlagt 32 droneflyvninger i og omkring Nuuk med to kameratyper: et standard RGB-kamera og et termisk kamera. Flyvningerne fandt sted både fra land og fra et chartret skib i Nuuks isfjord. Forskerne simulerede SAR-scenarier, hvor personer blev placeret i slugter og forsænkninger i terrænet som imiterede eftersøgningsmål. Dronerne indsamlede i alt 250 GB data i billeder af isbjerge, kystlinjer og det arktiske terræn. Et andet centralt formål var at afklare, hvordan kommercielt tilgængelige droner klarer arktiske forhold: ustabil GPS-signal, batteridrænende kulde, samt is og sne på rotorbladene.

Feltarbejdet afdækkede vigtige operationelle dimensioner, herunder at termiske kameraer fungerer bedst i de tidlige morgen- og aftentimer, hvor omgivelserne er kølige nok til, at menneskelig kropsvarme træder tydeligt frem. Ved direkte sollys kan opvarmede klipper og vandrefleksioner sløre billedet og gøre det vanskeligt at skelne personer fra omgivelserne.

Resultater

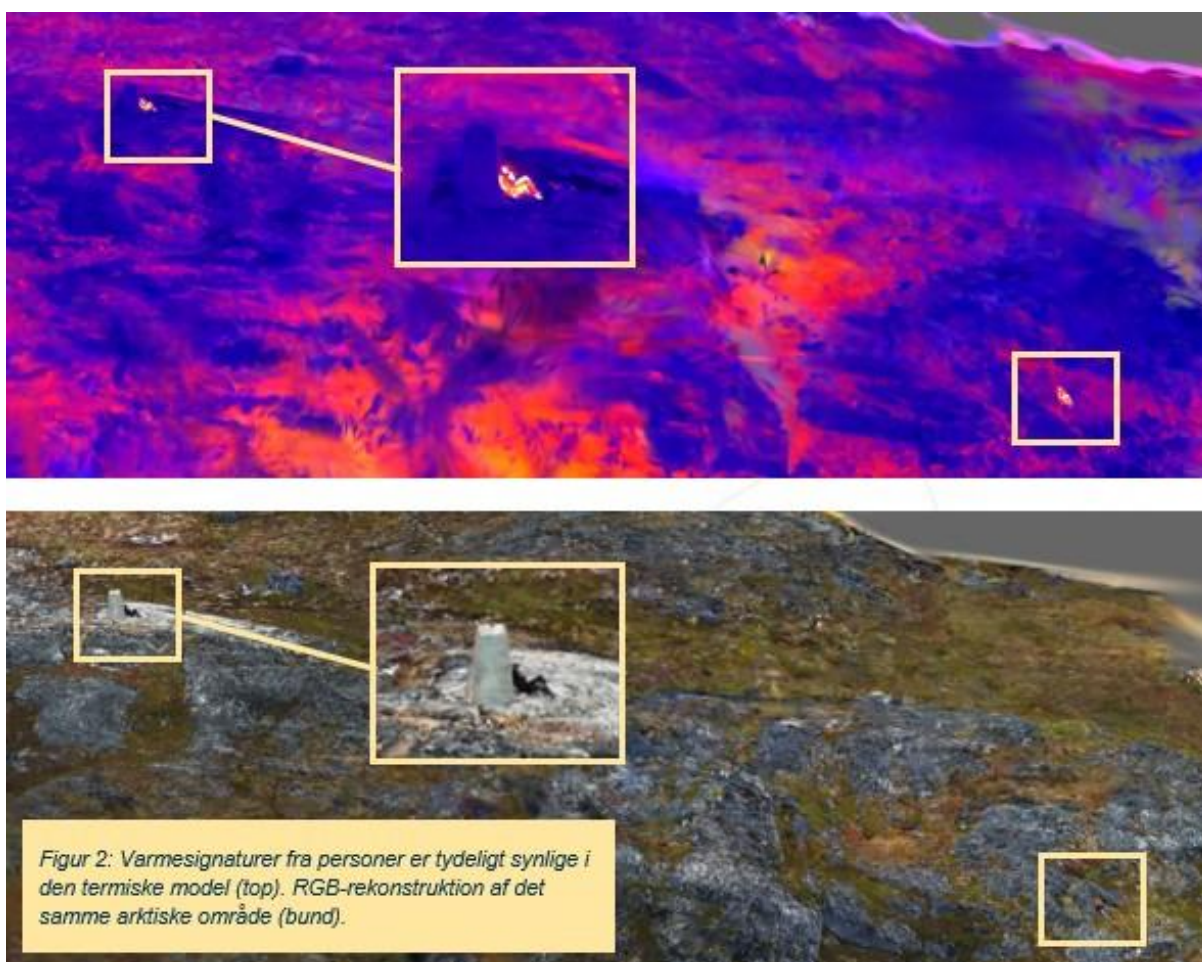
Samarbejdet demonstrerede, at det er muligt at skabe troværdige 3D-rekonstruktioner af arktisk terræn fra både RGB- og termisk video. RGB står for Red, Green og Blue og er den måde, digitale billeder gemmer farver på. Tilsammen danner de farver, vi ser på en skærm. I 3D-teknikker som SfM og 3DGS bruges RGB-værdierne til at give farve og realisme til punkter eller flader i modellen.

En særlig styrke er det termiske overlay – altså et tilføjet lag af varmeinformation over et normalt billede. Ved at kombinere den termiske rekonstruktion med RGB-modellen kan man tydeligt identificere varmesignaturer i det rekonstruerede 3D-miljø. Hvor en person i RGB-billedet kan være svær at skelne fra terrænet, træder vedkommende derimod klart frem i det termiske lag. For en indsatsleder betyder det, at man kan navigere i en interaktiv 3D-model af eftersøgningsområdet og hurtigt identificere, hvor der er potentielle fund i stedet for manuelt at gennemgå hundredvis af 2D-billeder eller lange



videosekvenser. 3DGS-formatet egner sig desuden til rendering i augmented- og virtual reality, hvilket åbner for effektive træningsscenarier og operativt situationsoverblik, hvis man kombinerer

det med en brille eller maske på samme måde som pilotens hjelm i et avanceret kampfly giver piloten et sæt informationer i realtid fra flyets sensorer og kameraer.



Kilde: Alexandra Instituttet



Fremtidsperspektivet: Sværme af droner

Projektet ArcSAR har vist, at enkeltdroner kan levere brugbare 3D-rekonstruktioner af afgrænsede områder. Men i et realistisk SAR-scenarie i Grønland antager udfordringen en ganske anderledes skala.

Vores vision for næste generation er derfor baseret på dronesværme - flåder af autonome, luftbårne droner, der arbejder koordineret om at dække store områder hurtigt og systematisk. Kernen er multi-agent Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), hvor flere droner samtidig kortlægger et område. Hver drone bygger løbende et lokalt kort baseret på egne observationer, mens en central enhed fusionerer subkortene til ét sammenhængende 3D-overblik.

Nyere forskning har demonstreret potentialet i disse systemer, hvor flere agenter uafhængigt udforsker et miljø og opbygger 3DGS-baserede kort, som derefter flettes sammen med global konsistens, så det samlede kort er geometrisk korrekt.

Vi forestiller os en arkitektur, hvor hver drone er udstyret med en kompakt edge-GPU (f.eks. NVIDIA Jetson), der processerer sensordata og genererer lokale subkort. Disse transmitteres til en kraftigere master-GPU i et mobilt kommandocenter, en helikopter, eller på et skib, som udfører den samlede rekonstruktion og fusionering.

En væsentlig udfordring i Arktis er stabile forbindelser. Traditionelle mobilnetværk dækker kun sporadisk i Grønland, men nye lavbane-satellitkonstellationer (LEO) åbner muligheder for stabil data-kommunikation i fjerntliggende områder. Dette vil være en forudsætning for at transmittere delkort i nær-realtid. Parallelt hermed findes koncepter for droner, der kan lettes og indsamles direkte fra SAR-helikoptere, inspireret af teknologier kendt fra forsvarssammenhænge, hvilket vil kunne udvide den effektive søgeradius potentielt med 20 procent eller mere.

Eksisterende multi-agent SLAM-løsninger opererer endnu ikke i fuld realtid for store udendørsscenarier. Men med den hastige udvikling inden for både hardware og software er det realistisk at forvente væsentlige fremskridt inden for de nærmeste år. Det umiddelbare mål ville være et system, hvor indsatslederen inden for meget få minutter har adgang til et opdateret 3D-overblik med termiske lag, der markerer potentielle fund.

Dual-use og bredere anvendelse

Teknologien har en dual-use-karakter, der gør den særlig interessant i en forsvars-politisk kontekst. De samme droner og algoritmer, der finder en savnet person, kan også anvendes til suverænitets-håndhævelse langs Grønlands kystlinje, hurtig opbygning af situationsbilleder for **NATO**-operationer som den nyligt lancerede Arctic Sentry-mission samt til kontinuerlig overvågning i områder, hvor



bemandede platforme ikke kan opretholde tilstedeværelse. Dronesværme kan operere som skiftehold og levere vedvarende dækning. Det er et kritisk behov i lyset af den aktuelle geopolitiske situation omkring Grønland, herunder den dansk-ledede 'Operation Arctic Endurance' i **NATO**-regi og de samlede arktiske investeringer på over 42 milliarder kroner i forsvarsforliget.

Uden for Arktis har teknologien potentiale for blandt andet rednings- og søgearbejdet i byer efter jordskælv og bygnings-kollapser, ved politioperationer hvor droner kan levere taktiske 3D-overblik, inspektion af kritisk infrastruktur som miner og tunneler, og systematisk miljøovervågning af klimaforandringerne effekter på gletsjere og kystlinjer.

EU-Kommissionen estimerer, at dronesektoren i 2030 kan udgøre op til ti procent af EU's luftfartsmarked og skabe over 145.000 arbejdspladser. Et markedspotentiale, der understreger teknologiens bredere samfundsrelevans.

Strategiske anbefalinger

Det danske forsvarsteknologiske økosystem med universiteterne, GTS-institutterne og en voksende dronebranche har kompetencerne til at gå forrest ikke bare i udviklingen af dronebaseret SAR-teknologi, men også i arbejdet for at gøre Danmark til en leverandør af arktisk forsvarsteknologi til

gavn for Europa, **NATO** og Rigsfællesskabet.

Med ArcSAR-projektet er en del af det teknologiske fundament lagt. Teknologien virker – også under arktiske forhold. Nu handler det om at skalere fra pilotprojekt til operationel kapacitet, der matcher Grønlands udfordringer og Danmarks ambitioner i Arktis. Men det kommer man ikke sovende til. Det kræver, at arktisk teknologiudvikling gøres til en forsvarspolitisk prioritet på linje med anskaffelse af nyt materiel. En sådan prioritering bør have tre dimensioner:

1. Dedikerede midler til skalering af pilotprojekter – i dette tilfælde for eksempel finansiering af et dybere arbejde med multi-drone-kortlægning, en distribueret pipeline med edge-GPU'er og Master GPU'er samt videreudvikling af droner, der kan operere fra SAR-helikoptere.
2. Udnævnelse af dedikerede ressourcepersoner hos de operative enheder i Forsvaret og beredskabet med ansvar for udvikling og innovation, der sikrer, at teknologiske løsninger udvikles med operative behov for øje.
3. Etablering af en civil-militær platform for arktisk teknologiudvikling med fokus på test og demonstration samt inddragelse af industrielle partnere nationalt og internationalt. ■





**Nationalt
Forsvarsteknologisk Center**

Kroghsstræde 1, 9220
Aalborg Ø.

Frederikskaj 10B, 2450
København SV.

Rue De Luxembourg 3, 1000
Bruxelles, Belgien.

DEFTECH DEBRIEF er udgivet af Nationalt Forsvarsteknologisk Center (NFC).

NFC er finansieret gennem Folketingets 'Aftaler om Forskning og Innovation 2026-2029' og samler alle danske universiteter og GTS'er i innovationsarbejdet om et teknologisk løft af Forsvaret og den danske forsvarsindustri gennem partnerskaber på tværs af sektorer.

NFC-redaktion: Pola Rojan Bagger og Jeppe Teglskov Jacobsen.

Kontakt redaktionen: pola@nfc.dk.

Design og layout udført i samarbejde med AAU Kommunikation.



**National Defence
Technology Centre**