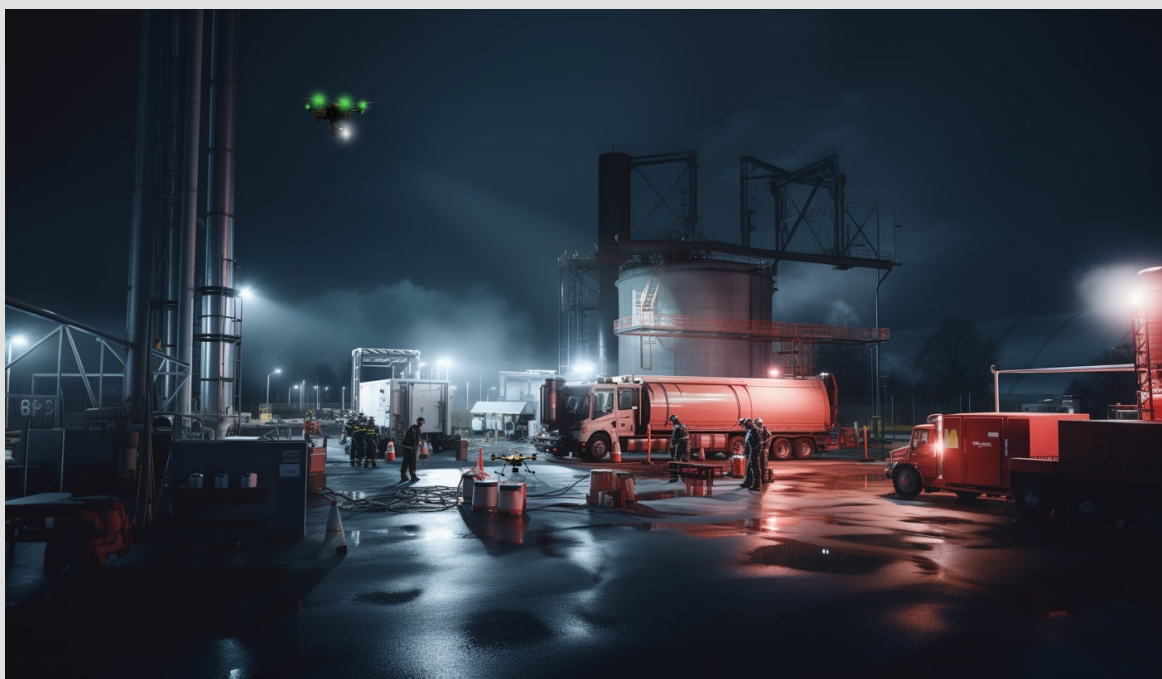


# Bruk av droner ved CBRNE-hendelser

Rapport

Norway Grants programområde 23:  
Katastrofeforebygging og beredskap

Februar 2024



Utgitt av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) 2024

ISBN: 978-82-7768-543-4

Omslagsfoto: Tiepoint/AI-generert

Foto: Foto: Tiepoint

Grafisk produksjon: ETN Grafisk, Skien



---

# BRUK AV DRONER VED CBRNE-HENDELSER



# INNHold

FORORD .....	5
<b>1 SAMMENDRAG .....</b>	<b>7</b>
<b>2 INTRODUKSJON .....</b>	<b>9</b>
2.1 Bakgrunn og kontekst .....	9
2.2 Bilaterale aktiviteter .....	10
2.3 Bruk av forkortelser .....	11
<b>3 MÅLENE FOR WP4 .....</b>	<b>13</b>
3.1 Mål .....	13
3.2 WP4 – hovedoppgaver og leveranser.....	13
<b>4 FUNN I WP4.....</b>	<b>15</b>
4.1 FN klassifisering av farlig gods .....	15
4.2 Kartlegging av droner og sensorer .....	15
4.3 Operativ demonstrasjon under krevende forhold.....	16
4.4 Utvikling av effektive og sikre operative rutiner.....	16
<b>5 FN KLASSIFISERING AV FARLIG GODS .....</b>	<b>19</b>
<b>6 KARTLEGGING AV DRONE- OG SENSORTEKNOLOGI.....</b>	<b>25</b>
6.1 Funn .....	25
<b>7 BESTE PRAKSIS/PROSEDYRER FOR DRONEOPERASJONER I CBRNE.....</b>	<b>29</b>
7.1 Opplæring og forutsetninger.....	29
7.2 Dronekartlegging, visuelle sensorer .....	30
<b>8 FUNN OG KONKLUSJONER I WP4 .....</b>	<b>35</b>
<b>9 FORKORTELSER.....</b>	<b>37</b>





# FORORD

En bilateral prosjektgruppe fra polske og norske myndigheter, legger med dette frem en felles rapport med formål å beskrive utfordringer og muligheter ved bruk av droner ved CBRNE-hendelser.

Med finansiering fra EØS-midlene (Norway Grants) er prosjektet gjennomført med fokus på å styrke CBRNE sikkerhet og sikring – koordinering og standardisering (Strengthening CBRNE-safety and security – Coordination and Standardization).

Det polske Internal Security Agency (ABW) er ansvarlig for prosjektet. Det norske Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) deltar som prosjektpartner. Selskapet Tiepoint AS (tidligere avdeling av Andøya Space) er engasjert som ekspert innen utvikling av droneoperasjoner og skrevet store deler av rapporten.

Prosjektgruppen har på grunnlag av møter, demonstrasjoner og øvelser i Polen og Norge utarbeidet ulike råd og forslag om videre bruk av droner og sensorsystemer for beskyttelse av berørt beredskapspersonell og effektiv oppnåelse av situasjonsforståelse.

Warszawa/Tønsberg 1. februar 2024

Polish Internal Security Agency (ABW)  
Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)  
Tiepoint AS





---

# 1 SAMMENDRAG

Denne rapporten fokuserer på bruken av droner ved CBRNE-hendelser (kjemisk, biologisk, radiologisk, nukleær og eksplosiver). Dette arbeidet inngår som arbeidspakke fire (WP4) i prosjektet *Strengthening CBRNE safety and security – Coordination and Standardization*. Prosjektet er et bilateralt samarbeid mellom Polen og Norge finansiert av Norway Grants.

Hovedmålene for prosjektet har vært å utforske bruken av droner ved ulike CBRNE-scenarier, utveksle kunnskap og erfaring mellom polske og norske myndigheter, forbedre operative prosedyrer, utvikle opplæringsprogram for CBRNE-personell, identifisere droner og sensorsystemer for CBRNE-deteksjon og klassifisering samt å tilrettelegge for samarbeid mellom de to landene. I tillegg dokumentere funn og gi anbefalinger for implementering av droner ved CBRNE-hendelser.

I rapporten understrekes viktigheten av rask informasjonsinnhenting og god situasjonsforståelse ved CBRNE-hendelser. Beredskapspersonell kan utsettes for høy risiko ved eksponering av CBRNE-agens. Dette kan gi begrensninger for personellets innsats på skadestedet. Droner utstyrt med ulike sensorer kan derfor gi en sikrere og mer effektiv måte å oppdage og klassifisere farlige stoffer. Bruk av droner gir også mulighet for mer omfattende og dynamisk situasjonsforståelse ved håndtering av uønskede hendelser.

Arbeidet i WP4 er basert på workshops, demonstrasjoner og møter og har lagt til rette for kunnskapsutveksling og identifisering av egnede dronetyper og sensorsystemer. Det ble erfart at både polske og norske brann og redningspersonell benyttet droner tilgjengelige på det kommersielle markedet (hylleware).

Rapporten inneholder også et avsnitt om bruk av droner for måling, informasjonsinnhenting og dokumentasjon knyttet til de ulike FN-fareklassene. For hver klasse er det gitt en omtale av spesifikke funksjoner og egenskaper til droner.

Samlet sett har aktivitetene i WP4 bidratt til redefinering og etablering av nye operasjonsprosedyrer, treningsprogrammer og sensor integrasjon for effektiv bruk av droner ved CBRNE-hendelser. Funnene og erfaringene fra prosjektet vil kunne bidra til en nyttig anvendelse av droner i den operative håndteringen.



---

## 2 INTRODUKSJON

### 2.1 BAKGRUNN OG KONTEKST

CBRNE-materialer er i våre dager gjenstand for innovativ praksis innen medisin, landbruk og industri, og blir derfor brukt og distribuert globalt hver dag. Imidlertid innebærer bruk av materialene et høyt farepotensial. Konsekvenser ved feil bruk kan være tap av liv og/eller skade på helse, miljø, materielle verdier og andre samfunnsinteresser ved naturskapte hendelser, ulykker eller tilsiktede handlinger, herunder terror.

Mangelfull kontroll over CBRNE-materialer kan utgjøre trusler utover nasjonale og regionale grenser.

Internasjonale organisasjoner som EU og FN har over tid initiert og finansiert flere programmer som har tatt sikte på å styrke sikkerhet og trygghet globalt for å forebygge og redusere risikoen for naturlige, tilfeldige og vilde hendelser ved bruk av CBRNE-materialer og agens.

Med finansiering fra EØS-midlene<sup>1</sup> (Norway Grants) er prosjektet gjennomført med fokus på å styrke CBRNE sikkerhet og sikring – koordinering og standardisering (*Strengthening CBRNE-safety and security – Coordination and Standardization*).

Det polske Internal Security Agency (ABW) er ansvarlig for prosjektet. Direktoratet for samfunnssikkerhet (DSB) deltar som prosjektpartner i arbeidspakke 4 (WP4) *Bruk av RPAS ved CBRNE-hendelser*. I prosjektet er Tiepoint AS (tidligere Andøya Space) engasjert som ekspert innen utvikling av droneoperasjoner.

ABW og DSB har involvert ulike instanser, beredskapspersonell og annet personell som håndterer CBRNE hendelser i Polen og Norge.

Arbeidspakke 4 bidrar til å forbedre kapasitet og sikkerhet for beredskapspersonell ved CBRNE-hendelser gjennom å utforske bruk av droneteknologi for deteksjon, overvåking og måling (eng. DSM), informasjonsinnhenting og dokumentasjon av farlige stoffer. Dette muliggjør dynamisk situasjonsforståelse og effektiv respons ved en hendelse. I prosjektet fokuseres det på bruk av droneteknologi i kombinasjon med operativ praksis for offentlige beredskapsaktører. Bruk av anti-droneteknologi er ikke tatt med i rapporten. Dette gjelder også bruk av avansert informasjon fra satellitter i kombinasjon med «på stedet» informasjon fra droner, samt avansert dataimport til elektroniske kart.

Når CBRNE-hendelser inntreffer, er det avgjørende å få rask tilgang til informasjon om hvilke farlige stoffer eller agens som er involvert, og hvordan situasjonen utvikler seg. Bruk av droner utstyrt med ulike sensorer muliggjør en sikker og effektiv måte å detektere og klassifisere farlige materialer og agens ved CBRNE-hendelser. Dette legger til rette for en mer dynamisk situasjonsoversikt og forståelse ved håndteringen. Det vil også bidra til at beredskapspersonell unngår unødig eksponering av farlige stoffer og agens.

Dagens geopolitiske situasjon med en pågående krig i Ukraina og Midtøsten har absolutt økt behovet for mer samarbeid internasjonalt for å håndtere slike risikoer.

---

<sup>1</sup> Programområde 23: Katastroforebygging og beredskap.

## 2.2 BILATERALE AKTIVITETER

I prosjektet er det gjennomført ulike aktiviteter for å dele erfaring og innsikt, samt definere felles mål og bidrag.

I WP4 er det lagt vekt på å dele erfaringer og kunnskap ved å gjennomføre fagmøter, feltøvelser/utstillinger mv. i Polen og Norge. Dette har vært basert på aktiv deltakelse fra ABW og DSB samt bidrag fra andre offentlige etater. I prosessen har Tiepoint AS styrket arbeidet med sin operative kompetanse ved bruk av droner og deteksjonssystemer ved CBRNE-hendelser.

I løpet av perioden har det vært avholdt et betydelig antall møter/workshops; fysiske og nettbaserte, samt tester, opplæring og demonstrasjoner i de to landene. ABW og DSB har tilrettelagt og koordinert møtene. Nedenfor er aktivitetene nevnt med en kort tematisk utdyping.

Møter/ workshops	Dato	Sted/aktivitet
	<b>2021</b>	
#1	25.–26. oktober	PL Warszawa: Oppstartsmøte Presentasjon av forutsetningene til WP4.
	<b>2022</b>	
#2	6.–7. januar	NO Tønsberg: Internt DSB-møte, planlegging WP4 aktiviteter.
#3	7.–9. februar	PL Warszawa: Diskusjoner angående arbeidsplanen for WP4.
#4	25.–27. april	NO Tønsberg: Feltdager, testflyging, bruk av FN-klassifisering for farlig gods.
#5	28.–30. juni	PL Warszawa: Bruk av drone med avansert sensor fra <i>Military University of Technology</i> for å oppdage kjemisk agens ved CBRNE-hendelser.
#6	3.–5. oktober	PL Warszawa: Øvelse B-scenario – CHIMERA-øvelser.
#7	6. desember	Nettbasert: Planer for Workshops og øvelser i 2023.
	<b>2023</b>	
#8	Januar til mars	Nettbaserte møter: Kartlegging av sensorutstyr og 3. parts leverandører i PL og NO.
#9	8.–9. februar	PL Krakow: CBRNE paramedic workshops, <i>Jagiellonian University</i> . Drøfting av mulige oppfølgingsprosjekter.
#10	20.–22. mars	NO Svalbard: Bruk av droner og sensorsystemer BLOS, BRLOS (via SATLINK) under krevende forhold.
#11	12.–13. april	NO Sessvollmoen militærleir (OSL): Nasjonal CBRNE-konferanse og demonstrasjon. Inkl. representanter fra ABW og <i>Military University of Technology</i> .
#12	14. april	NO Oslo: ABW-DSB oppfølgingsmøte etter CBRNE-konferansen.
#13	9.–10. mai	NO Bodø: Følge opp prosjekt 3D-kartlegging. Besøkte EU-øvelsen Arctic REIHN.
#14	13.–15. juni	PL Warszawa: Presentasjon av WP4-leveranser så langt (rapporteringsmøte) for resultater fra samtlige arbeidspakker. Tiepoint presenterte sentrale funn fra WP4 arbeidet. Gjennomføring feltdag polsk materiell.
#15	4.–7. september	PL Lublin mv.: Presentasjon og drøfting av sluttrapport fra DSB og Tiepoint AS.
#16	4.–6. okt	PL Gdansk: <i>International Symposium on Countering CBRNE Threats</i> , inkludert presentasjon av WP4.
#17	24.–26. oktober	NO Andøya: Erfaringskonferanse Tiepoint AS, ABW og Andøya Space.
	<b>2024</b>	
#18	27. februar – 1. mars	PL Wroclaw: <i>III Symposium on Countering CBRNE Threats</i> for alle prosjekt-partnere.
#19	21. mars	PL Warszawa: Avslutningskonferanse for alle prosjektpartnere.

Tabell 1. Aktivitetsoversikt for arbeidsmøter, opplæring og demonstrasjoner i perioden 2021 til 2024.

## 2.3 BRUK AV FORKORTELSER

Innen fagområdene CBRNE, bruk av droner og sensorutstyr med videre benyttes en rekke spesifikke faguttrykk og forkortelser. Flere av dem er brukt i denne rapporten, og er forklart i kapittel 9.



---

## 3 MÅLENE FOR WP4

### 3.1 MÅL

#### Målene i WP4 er å:

- Utforske bruken av droner ved CBRNE-scenarier.
- Utveksle polsk-norske erfaringer vedrørende operative prosedyrer og bruk av droner ved CBRNE-scenarier.
- Videreutvikle operative prosedyrer for bruk av droner ved CBRNE-hendelser.
- Utvikle et treningsprogram for CBRNE-beredskapspersonell, for bruk av droner ved CBRNE-hendelser.
- Identifisere droner og sensorsystemer egnet for CBRNE-deteksjon og klassifisering, som oppfyller TRL-9 (Technology Readiness Level).
- Legge til rette for samarbeid og kunnskapsdeling mellom polsk og norsk beredskapspersonell og andre relevante interessenter.
- Utveksle erfaringer og kunnskap ved bruk av droner til geografisk kartlegging (mapping).
- Dokumentere funn, erfaringer og anbefalinger for bruk av droner ved CBRNE-scenarier.

WP4 tar sikte på å forsterke kapabiliteten til CBRNE-beredskapspersonell ved utnyttning av droneteknologi for overvåking, informasjon og dokumentasjon av farlige agens. Gjennom workshops, demonstrasjoner og samarbeid søker prosjektet å etablere beste praksis, etablere og redefinere operative prosedyrer, og fremme effektiv bruk av droner ved CBRNE-hendelser.

### 3.2 WP4 – HOVEDOPPGAVER OG LEVERANSER

Ved signeringstidspunktet for partnerskapsavtalen i 2021, hadde prosjektpartnerne begrenset informasjon om faktisk status for offentlige etaters bruk av droner.

Både i Polen og Norge er brann og redningsetatene ansvarlig for CBRNE beredskap. Politiet har et særlig ansvar for håndteringen ved hendelser der eksplosiver er involvert.

Hovedoppgavene for WP 4 i 2021 var følgende:

	Oppgave		
Arbeidspakke		Startdato for oppgaven	Sluttdato for oppgaven
WP4	1. Erfaringsutveksling av operative prosedyrer for bruk av droner innenfor beredskapssektoren.	4.1.2021	31.03.2024
	2. Operasjoner i Norge skal gjennomføres under Andøya Space Center, (nå Tiepoint AS) sine operative godkjenninger.	4.1.2021	31.03.2024
	3. Gjennomgang av prosedyrer knyttet til bruk av droner i Polen ved CBRNE-hendelse.	4.1.2021	31.03.2024
	4. *) Opplæring av polske myndigheter knyttet til bruk av droner ved CBRNE-hendelser. Utdyping av foreslåtte prosedyrendringer for myndighetene involvert i håndtering av CBRNE-hendelse.	4.1.2021	31.03.2024
	5. Praktiske tester på funksjonalitet og ytelse av RPAS utstyrt med CBRNE-detektorer.	4.1.2021	31.03.2024
	6. Rapport som beskriver muligheten for implementering av droner i CBRNE-hendelse i Polen basert på gjennomgang og opplæring.	15.05.2023	01.02.2024

Tabell 2. Oversikt oppgaver WP4.

I periodene med restriksjoner på grunn av Covid-19 ble prosjektarbeidet satt på vent, og startet igjen sent i 2021. På grunn løpende utvikling av teknologi, operative ferdigheter og regelverk i perioden, ble prosjektpartnerne enige om å justere noen av prosjektleveransene. Dette omfatter følgende:

- WP4-leveransene 1 og 3 ble endret fra å trene Polish State Fire Service ved droneoperasjoner, til å fokusere på erfaringsutveksling om operative prosedyrer, bruk av multirotdroner og små elektriske fixed wing droner.

\*) I tillegg ble oppgaven i leveranse 4 tolket til å være:

- Håndtering av CBRNE-hendelser ved trening med bruk av droner med sensor kapasitet. Utarbeide operative prosedyrer basert på erfaring fra gjennomført opplæring.



## 4 FUNN I WP4

### 4.1 FN KLASSIFISERING AV FARLIG GODS

I april 2022 ble det gjennomført en workshop i Tønsberg, hvor representanter fra droneoperatører fra norske og polske brann- og redningsetater deltok, samt prosjektgruppen til ABW, DSB og Tiepoint. Workshopen fokuserte på FNs inndeling i klasser for farlig gods, og hvordan droner kan brukes i ulike scenarier innenfor hver av disse klassene. FNs klassifiseringssystem for farlige materialer brukes globalt. Derfor er det hensiktsmessig å basere operative dronerutiner på dette.

I tillegg ble det utført en kartleggingsdemonstrasjon ved bruk av en elektrisk fixed wing drone med sensorer for å vurdere virkningen av forurensning fra et nedlagt industriområde ved bruk av RGB (rød, grønn, blå) kamera og multispektrale sensorer.

I juni 2022 ble det holdt en workshop i Warszawa, hvor polske brannvesen viste frem noen av sine CBRNE-sensorer på droner. Ulike CBRNE-trusler og hvordan droner utstyrt med forskjellige sensorer kunne anvendes som sikre og effektive verktøy, ble testet og demonstrert.

I tillegg ble bruk av en kommersielt tilgjengelig drone med en avansert sensor fra Military University of Technology testet for å oppdage et kjemisk middel i tilfelle en CBRNE-hendelse. Systemet ChemDet basert på elektrokjemiske sensorer ble bygget i prosjektet "Confirmation, Identification, and Early Warning of IEDs (CONFIDENT)" utført innenfor rammen av European Defense Agency IED Detection Program. ChemDet kan detektere opptil seks forskjellige gasser samtidig. Testingen ble utført med bruk av UGV-er og UAV-er.

### 4.2 KARTLEGGING AV DRONER OG SENSORER

Etter demonstrasjonene og workshopene ble det gjennomført en kartlegging av kommersielt tilgjengelige droner og sensorer. Hovedformålet med kartleggingen var å etablere et grunnlag for teknologiske og operative minimumskriterier. Dette arbeidet ble utført kontinuerlig i det meste av prosjektperioden fra Q4 2022 til Q3 2023. På grunn av svært rask teknologiutvikling av både droner og sensorer, bør slike minimumskrav oppdateres jevnlig.

På bakgrunn av erfaringene fra kartleggingen, fremlegger prosjektgruppen følgende vurderinger og anbefalinger:

- Prosjektgruppen erfarte tidlig i arbeidet at polsk og norsk beredskapspersonell benytter samme type utstyr; droner tilgjengelig på det kommersielle markedet, gjerne en multirotor med vekt 6–8 kg og praktisk flytid som varierer fra 25–45 minutter.
- Det finnes også mer avanserte droner, sensorer og tilhørende programvare på markedet som kan oppdage og klassifisere ulike typer farlige stoffer. Deteksjon og klassifisering av biologisk agens er mest utfordrende. Her pågår imidlertid kontinuerlig utvikling av nye og bedre sensorer. Eksempelvis kunngjorde Teledyne FLIR Defense februar 2023 at firmaet hadde blitt tildelt en kontrakt på 13,3 millioner dollar av US DoD (Forsvarsdepartementet) for å utvide mulighetene for R80D SkyRaider UAS til autonomt å utføre CBRN rekognoseringsoppdrag.
- De fleste av ovennevnte droner og sensorer tilbys som pakkeløsning, noe som betyr at sensorene ofte er laget spesielt for én dronemodell. Normalt er disse løsningene svært kostbare. Noen av dem krever også dyktige piloter og sensoroperatører. Per i dag bruker beredskapspersonell generelt håndholdte sensorer og er kjent med denne teknologien. Det er en teknologi de er vant med og kan håndtere profesjonelt ved hendelser.

Basert på disse funnene konkluderte prosjektgruppen med at investeringskostnader, kombinert med krav til mer profesjonelle piloter og sensoroperatører, kan skape en høy terskel for beredskapsaktører til å anskaffe og bruke slikt avansert droneutstyr regelmessig. Det er absolutt behov for slike kapasiteter, spesielt ved større og/eller mer krevende hendelser. Prosjektgruppen foreslår derfor at et begrenset antall innsatsteam utstyres og trenes med denne typen utstyr, for innsats som profesjonelle nasjonale kapasiteter.

For å møte behovet for dronebaserte kapasiteter som kan benyttes på mer lokalt nivå må løsningen være både kostnadseffektiv og enkel å implementere. Prosjektgruppen ble gjort kjent med at et amerikansk brannvesen bruker håndholdte sensorer, godt kjent av brannpersonell, og som monteres på dronene. Basert på de amerikanske erfaringene utviklet Tiepoint en 3D-printet sensorholder som kan monteres direkte på droner. Dette er en rimelig løsning som er enkel å implementere, og muliggjør bruk av håndholdte sensorer som beredskapspersonell er vant med å bruke. Prosjektgruppen anbefaler dette som en løsning som kan brukes av lokale innsatsenheter. Se mer detaljert beskrivelse av løsningen i kapittel 6.

### 4.3 OPERATIV DEMONSTRASJON UNDER KREVENDE FORHOLD

I mars 2023 ble det holdt en workshop på Svalbard med fokus på operative rutiner og bruk av droner og sensorer under krevende forhold. Ulike multirotor-droner, inkludert en drone med elektrisk kabel til bakken (tethered drone), ble operert i forskjellige scenarier. Temperaturen var rundt minus 23 grader Celsius, tilsvarende en effektiv temperatur på ca minus 35 grader Celsius på grunn av vindforhold. På Svalbard er det i tillegg utfordringer med manglende satellittdekning og sporadiske GPS-forstyrrelser.

Under denne workshopen møtte prosjektgruppen også en representant fra Sysselmesteren på Svalbard, som informerte generelt om de mange spesielle forholdene på Svalbard, og med Telenor, som har erfaring med mobil- og satellittkommunikasjon i arktiske områder.

### 4.4 UTVIKLING AV EFFEKTIVE OG SIKRE OPERATIVE RUTINER

Prosjektgruppen deltok også som observatører i noen øvelser. Kartlegging i forbindelse med øvelsene bidro til en mer helhetlig forståelse av ulike faser og prosesser forbundet med CBRNE scenarier og hvordan droner og sensorer kan utnyttes effektivt.

I oktober 2022 organiserte ABW CHIMERA-øvelsen, sammen med polske partnere fra politi, forsvar, brannvesen og medisinsk tjeneste – inkludert *Jagiellonian University*. I tillegg deltok internasjonale observatører fra Spania og USA. Formålet med øvelsen var å teste CBRNE-hendelsesscenarioet og responsen fra polske tjenester. Under øvelsen ble droner brukt til å forberede og koordinere relevant respons fra de polske nødetatene.

I februar 2023 ble det organisert en CBRNE paramedic øvelse ved *Jagiellonian University* i Krakow, med fokus på arbeid og metoder ved CBRNE-hendelser.

I april 2023 deltok prosjektet på den årlige norske CBRNE-konferansen på Sessvollmoen. På dag to ble forskjellig utstyr vist fram. Tiepoint demonstrerte bruk av en drone utstyrt med den spesielt utviklede 3D-printede multisensorholderen (se kap. 6 i rapporten) påmontert håndholdt standardsensor, og viste med dette frem et viktig resultat fra prosjektet.

I mai 2023 var prosjektgruppen gjester ved EU-øvelsen «Arctic REIHN» i Bodø. Dette var en stor EU-finansiert øvelse som involverte beredskapspersonell fra flere land. Årets scenario var en hendelse med flere omkomne forårsaket av brann ombord på et atomdrevet fartøy utenfor Bodø. Denne øvelsen ble gjennomført uten bruk av droner. Prosjektgruppens representanter observerte flere områder og situasjoner der bruk av droner ville være svært fordelaktig.

De to øvelsene i februar og mai 2023 viste at det var behov for informasjon om forurensingen på skadestedet så tidlig som mulig i hendelsesfasen, gjerne før eksponerte personer kommer til rensesstasjon og/eller sykehus. Bruk av droner på skadested vil kunne bidra med relevante måledata til aksjonsledelsen så tidlig som mulig.

Samlet sett har arbeidet i WP4 vært dedikert til å utforske bruk av droner i CBRNE-beredskapsmiljøer. Prosjektgruppen har på dette grunnlag tilegnet seg kunnskap om tilgjengelig utstyr i markedet og utstyr som allerede er i bruk av beredskapspersonell.

Kartlegging av utstyrsmarkedet har gjort det enklere å identifisere egnede dronetyper og sensorsystemer for CBRNE-deteksjon. Samarbeidet mellom polsk og norsk beredskapspersonellet har synliggjort at det er droner lett tilgjengelig i markedet som brukes daglig. På grunn av dagens geopolitiske situasjon har arbeidsgruppen i WP4 begrenset kartleggingen av alternative droner fra europeiske og USA-baserte produsenter.

Gruppen har gjort betydelige fremskritt gjennom ulike workshops, tester og opplæring, demonstrasjoner og møter, gjeldende blant annet forbedring av operasjonsprosedyrer, opplæringsprogrammer og sensorintegrasjon. Funnene og erfaringene som er gjort i løpet av prosjektet vil kunne bidra til en mer effektiv implementering av droner ved CBRNE-scenarier.



# 5 FN KLASSIFISERING AV FARLIG GODS

I dette kapittel gis en tabellarisk oversikt over de ulike FN-klassene og hvordan droner kan brukes i ulike scenarier for overvåking, informasjonsinnhenting og dokumentasjon. I tillegg vises generiske og spesifikke eksempler på hvordan droner kan benyttes i beredskap (forhindre og forberede), håndtering og normalisering ved hver klasse.

UN HAZARD CLASSES AND WARNING DIAMONDS						
<b>CLASS 1</b>    Explosive substances and articles			<b>CLASS 2 – GASES</b>    Flammable gas      Non-flammable gas      Toxic gas			
<b>CLASS 3</b>  Flammable liquid	<b>CLASS 4.1</b>  Flammable solid	<b>CLASS 4.2</b>  Liable to spontaneous combustion	<b>CLASS 4.3</b>  Flammable on contact with water	<b>CLASS 5.1</b>  Oxidising agent	<b>CLASS 5.2</b>  Organic peroxide	
<b>CLASS 6.1</b>  Toxic	<b>CLASS 6.2</b>  Infectious substance	<b>CLASS 7</b>    Radioactive material			<b>CLASS 8</b>  Corrosive	<b>CLASS 9</b>  Miscellaneous

Figur 1. FNs fareklasser og faresedler. Kilde: <https://unece.org/transport/dangerous-goods/ghs-pictograms>

## 5.1 EKSEMPLER PÅ BRUK AV DRONER I ULIKE FN-FAREKLASSER

I tabellen nedenfor er det for hver FN-klasse vist generiske og spesifikke tiltak.

Når det gjelder den spesifikke tilnærmingen er det valgt å se på fasene *Beredskap (forhindre og forberede)*, *håndtering og normalisering*.

FN-klasse	Bruksområder	Generisk	Spesifikk
1 <b>Eksploderer</b>	<p>Overvåkning</p> <p>Informasjon</p> <p>Dokumentasjon</p>	<p>EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.</p> <p>Video som informasjon under hendelsen.</p> <p>RGB-kamera – 2D- og 3D-kartlegging av området. Stillbilder som dokumentasjon.</p> <p>Termisk kamera – Temperaturavlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.</p> <p>Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.</p>	<p><i>1. Beredskap</i> Droner kan gjøre en kolorimetrisk test av mistenkte stoffer. Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av containere/holder, uten å utsette personell for risiko.</p> <p><i>2. Håndtering</i> Droner kan være «øyet på himmelen» for roboter benyttet av politi og politiets bombegrupper.</p> <p><i>3. Normalisering</i> Ved å kartlegge eksplosjonsområdet sub cm 3D kan det ryddes uten å utsette personell for risiko.</p> <p>Droner kan være det offensive verktøyet i håndterings- og normaliseringsfasen.</p>
2 <b>Gasser</b>	<p>Overvåkning</p> <p>Informasjon</p> <p>Dokumentasjon</p>	<p>EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.</p> <p>Video som informasjon under hendelsen.</p> <p>RGB-kamera – 2D- og 3D-kartlegging av området. Stillbilder som dokumentasjon.</p> <p>Termisk kamera – Temperaturavlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.</p> <p>Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.</p>	<p><i>1. Beredskap</i> Droner kan benyttes til dokumentasjon av antall containere / beholdere som befinner seg i et område, og hvordan de er merket.</p> <p><i>2. Håndtering</i> Droner med elektrokjemiske sniffersensorer kan gi indikasjon på substans og konsentrasjon. Sniffersensor må være innrettet slik at den ikke blir forstyrret av luft fra propeller ved bruk av multirotor drone, eller dronen kan lande på bakken med propellene i ro mens måling foretas.</p> <p>IR-sensor kan gi indikasjon på substans, væsknivå vs gass i lukket beholder.</p> <p>Sensorer kan slippes av drone, og plasseres på foretrukne målepunkter.</p> <p><i>3. Normalisering</i> ---</p>

FN-klasse	Bruksområder	Generisk	Spesifikk
3 <b>Brannfarlig væske</b>	<p>Overvåkning</p> <p>Informasjon</p> <p>Dokumentasjon</p>	<p>EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.</p> <p>Video som informasjon under hendelsen.</p> <p>RGB-kamera – 2D- og 3D-kart-legging av området. Stillbilder som dokumentasjon</p> <p>Termisk kamera – Temperaturavlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.</p> <p>Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.</p>	<p><i>1. Beredskap</i> Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av container/ beholder, uten å utsette personell for risiko.</p> <p><i>2. Håndtering</i> Droner med elektrokjemisk sniffersensor kan gi indikasjon på substans og konsentrasjon.</p> <p>IR-sensor kan gi indikasjon på substans, væsketilstand vs gass i lukkede beholdere.</p> <p>Prøver kan hentes med drone.</p> <p>Kontroll av hvor stoffet beveger seg og hvor oppsamlingsutstyr bør plasseres.</p> <p><i>3. Normalisering</i> Dokumentasjon av tilbakeføring til normal tilstand, eksempel multispektral kartlegging av vegetasjon.</p>
4 <b>Brannfarlige faste stoffer</b>	<p>Overvåkning</p> <p>Informasjon</p> <p>Dokumentasjon</p>	<p>EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.</p> <p>Video som informasjon under hendelsen.</p> <p>RGB-kamera – 2D- og 3D-kart-legging av området. Stillbilder som dokumentasjon.</p> <p>Termisk kamera – Temperaturavlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.</p> <p>Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.</p>	<p><i>1. Beredskap</i> Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av container/ beholder, uten å utsette personell for risiko.</p> <p><i>2. Håndtering</i> IR-kameraavlesning av branntemperatur kan gi indikasjon på substans.</p> <p><i>3. Normalisering</i> Droner kan kartlegge området etter at en brann er avsluttet for å vurdere skadeomfang.</p>

FN-klasse	Bruksområder	Generisk	Spesifikk
5 <b>Oksiderende stoffer</b>	Overvåkning  Informasjon  Dokumentasjon	EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.  Video som informasjon under hendelsen.  RGB-kamera – 2D- og 3D-kart-legging av området. Stillbilder som dokumentasjon.  Termisk kamera – Temperatur-avlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.  Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.	1. <i>Beredskap</i> Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av container/ beholder, uten å utsette personell for risiko.  2. <i>Håndtering</i> Kolorimetrisk test – Klorid  3. <i>Normalisering</i> ---
6 <b>Giftige stoffer</b>	Overvåkning  Informasjon  Dokumentasjon	EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.  Video som informasjon under hendelsen.  RGB-kamera – 2D- og 3D-kart-legging av området. Stillbilder som dokumentasjon.  Termisk kamera – Temperatur-avlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.  Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.	1. <i>Beredskap</i> Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av container/ beholder, uten å utsette personell for risiko.  2. <i>Håndtering</i> Prøvetaking gjennom påmontert arm på dronen og/eller vakuumsystemet.  3. <i>Normalisering</i> Merk: dekontaminering av drone – legg i rød sone/hot zone til man vet hvilket stoff det er.
7 <b>Radioaktivt materiale</b>	Overvåkning  Informasjon  Dokumentasjon	EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.  Video som informasjon under hendelsen.  RGB-kamera – 2D- og 3D-kart-legging av området. Stillbilder som dokumentasjon.  Termisk kamera – Temperatur-avlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.  Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.	1. <i>Beredskap</i> Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av container/ beholder, uten å utsette personell for risiko.  2. <i>Håndtering</i> Personlig dosimeter.  Gi muligheten for Ja eller Nei for utslag.  Strålingssensorer i bruk, festet til drone med kamera som streamer tellingen per sekund.  3. <i>Normalisering</i> Bruk av drone for å kartlegge stråling.



FN-klasse	Bruksområder	Generisk	Spesifikk
8 <b>Etsende stoffer</b>	Overvåkning  Informasjon  Dokumentasjon	EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.  Video som informasjon under hendelsen.  RGB-kamera – 2D- og 3D-kart- legging av området. Stillbilder som dokumentasjon.  Termisk kamera – Temperatur- avlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.  Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.	<i>1. Beredskap</i> Droner kan gi raskt dokumentasjon av informasjon om merking av container/ beholder, uten å utsette personell for risiko.  <i>2. Håndtering</i> Droner kan brukes til å slippe PH-papir, deretter ved å bruke kamera for å observere hvilken PH som avleses. Dette er et godt tiltak ved hendelser i store områder.  <i>3. Normalisering</i> Dokumentasjon av tilbakeføring til normal tilstand, for eksempel multi-spektral kartlegging av vegetasjon.
9 <b>Diverse farlig gods</b>	Overvåkning  Informasjon  Dokumentasjon	EO/RGB – Zoomkamera. Visuell streaming av områder av interesse.  Video som informasjon under hendelsen.  RGB-kamera – 2D- og 3D-kart- legging av området. Stillbilder som dokumentasjon.  Termisk kamera – Temperatur- avlesning av lukket beholder. Overvåking av område, ikke personell i fare-/restriksjonssone.  Droner med høyttaler: evakuering, melding til personell.	<i>1. Beredskap</i> RGB-kamera for å prøve å visuelt fastslå hva produktet/stoffet er. Vakuumprøvemåling for å prøve å få tatt tester.  <i>2. Håndtering</i> ---  <i>3. Normalisering</i> ---



# 6 KARTLEGGING AV DRONE- OG SENSORTEKNOLOGI

## 6.1 FUNN

For å finne best mulig teknologi som kan brukes innenfor CBRNE-feltet, har prosjektgruppen gjort en systematisk kartlegging av ulike teknologier som er tilgjengelig. Vi la inn funn i en database, der vi kunne klassifisere teknologien, for eksempel fordelt på opprinnelsesland, type teknologi og beredskapsnivå.

### Fordeler med kartlegging av drone- og sensorteknologi

Kartlegging av drone- og sensorteknologi gir mulighet for å identifisere tilgjengelig teknologi for bruk i CBRNE-beredskap. Det gir også forståelse for muligheter og begrensninger til hver løsning når de sammenlignes med hverandre. I tillegg bidrar det til bedre beslutningsgrunnlag om hvilken teknologisk løsning som bør brukes.

Som et resultat av prosjektet ble det også utviklet en funksjonell sensorholder, som er omtalt nedenfor.

### Metodikk

Vi benyttet flere metoder for å kartlegge drone- og sensorteknologi. Vi gjennomgikk litteratur, bransjerapporter og gjennomførte møter med noen produsenter av droner og sensorer.

### Etablering av nettportal

Data ble samlet inn via en egenutviklet nettportal. Nye data ble sendt inn via skjema og automatisk overført til i et delt regneark. Regnearket ble organisert og presentert online, og brukere kunne sortere dataene etter flere kriterier: maskinvare/programvare, droneproduksjon, dronetype, sensormuligheter, etc.

The screenshot shows the ABW Portal interface. On the left, there is a maturity model with 9 levels, ranging from 'BASIC PRINCIPLES OBSERVED' (level 1) to 'ACTUAL SYSTEM PROVEN IN OPERATIONAL ENVIRONMENT' (level 9). Below this is a table for the UN number scheme.

UN number scheme		
UN CLASS	Cases	Generic
1	Surveillance Intelligence Documentation	EO/ RGB + Zoom kamera, areas of interest. Video as RGB camera - 2D & 3D m photos as documentation Thermal camera - Temper container. Surveillance of hazard/ restricted zone.

On the right, there is a data entry form with three sections:

- Manufacturer**: What is the name of the company that produces this technology?  
Your answer: \_\_\_\_\_
- Model**: What is the model name of this technology?  
Your answer: \_\_\_\_\_
- Type**: How would you describe the type of technology this is?  
Your answer: \_\_\_\_\_

Bildet viser eksempel på databasebruk i prosjektet.



Det er også lagt til et beredskapsnivå (TRL) til dataene som en måte å måle teknisk modenhet for produktene.

Eventuell regelmessig oppdatering og aktiv bruk av systemet/databasen vil kunne bidra til å gi relevant beslutningsgrunnlag om innkjøp og bruk av utstyr.

3D-trykt sensorholder for montering på droner, muliggjør plass til flere sensorer. Etter dialog med flere beredskapsetater, fant Tiepoint at Southern Manatee Fire & Rescue CBRNE Unit (US) kan vise til gode resultater med å integrere håndholdte CBRNE-enheter på eksisterende droner.

Et av hovedproblemene med spesialisert utstyr for nødetatene er at det kan være tidkrevende og komplisert å holde seg oppdatert på og ha sikre driftsrutiner.

I prosjektet utviklet Tiepoint en sensorholder som enkelt kan monteres på en drone. Prototypen ble modifisert for å passe typiske droner tilgjengelig på markedet, som var i bruk av både polsk og norsk beredskapspersonell. Sensorholderen festes enkelt til dronen, og den håndholdte sensoren festes enkelt til sensorholderen. Det primære kameraet eller et sekundært kamera (hvis tilgjengelig) kan brukes til å livestream informasjonen tilbake til piloten, CBRNE-enheten, 112- og 110-sentralene og andre som vil ha behov for kritisk informasjon.

Sensorholderen kan enkelt monteres med strips, borrelås eller gummibånd på dronen. Ingen kabler eller installasjon av den håndholdte CBRNE-sensoren er nødvendig. Separat oppsett, kunnskap eller konfigurasjon i programvare/ fastvare er ikke nødvendig for å bruke holderen.

Holderen kan romme en eller flere håndholdte CBRNE-sensorer med en vekt på opptil 2,7 kg, avhengig av kamera-/nyttelast konfigurasjonen. CBRNE-sensorholderen kan ha forskjellige konfigurasjoner.

Holderen er 3D-printet og kan leveres fra Tiepoint AS. En CAD-fil kan også oversendes.



Bildene viser håndholdt sensor montert på sensorholderen.

#### **Testing av kjemiske og biologiske luftbårne stoffer**

Ved testing med bruk av håndholdte sensorer for kjemiske og biologiske luftbårne stoffer er det dokumentert at turbulensen fra propellene sjeldent hindrer deteksjon av luftbårne partikler. Det kan imidlertid påvirke måleresultatet.

For å få en mer nøyaktig målelesning kan droneoperatøren:

- Fly dronen raskt fremover for å redusere turbulens.
- Redusere dronens høyde raskt.
- Lande dronen og la luften legge seg før du tester igjen, både mens dronen står på bakken og på nytt i luften.

I prosjektet ble det gjennomført et begrenset antall tester. Det anbefales å utføre mer testing for å opparbeide erfaring med måling av forskjellige stoffer.

#### **Testing av radioaktivt materiale – Gammastråling**

Håndholdte sensorer for gammastråling ble testet. Det ble slått fast at ikke-dødelige mengder stråling lett kan oppdages i en avstand på 3–5 meter. Jo høyere strålingsnivået er, jo lenger unna kan dronen være.

For å få en mer nøyaktig lesning kan droneoperatøren lande dronen nær kilden og med sensoren pekende mot kilden. Hvis måleresultatene viser nivåer som tilsier at dronen blir kontaminert, må dette tas hensyn til i form av avgjørelse om mulig rensing av dronen eller at man lar dronen bli igjen på området hvor målingen finner sted.



### Montering av sensorholderen

Sensorholderen har ved utprøving vist seg å være en allsidig og brukervennlig enhet for å montere en ulike sensorer på. Holderen kan monteres på dronens ben ved hjelp av strips eller spesialtilpassede O-ringer. Den håndholdte sensoren kan også monteres på holderen ved hjelp av strips eller O-ringer. For mer permanente samarbeid mellom CBRNE-enheten og droneteamet er det også lagt borrelås på holderen.

Sensorholderen er laget av slitesterke materialer og designet for å tåle påkjenningene ved utendørs bruk. Holderen er også lett og kompakt, noe som gjør den enkel å transportere og utplassere.

---

# 7 BESTE PRAKSIS/PROSEDYRER FOR DRONEOPERASJONER I CBRNE

## 7.1 OPPLÆRING OG FORUTSETNINGER

For å kunne operere som dronepilot innen CBRNE, forutsetter i denne rapport at dronepiloten er godt kjent med og trent innen både droneoperasjoner for gjeldende regelverk (statlige/nasjonale flytillatelser og/eller EASA-flytillatelser) og håndtering av CBRNE-hendelser. På denne måten vil dronepiloten i samarbeid med skadestedsledelsen kunne gjøre kvalifiserte vurderinger av hvilke droneoperasjoner som kan gi de beste resultatene ved en CBRNE-hendelse.

Se også kapittel 5.1 FN-klassifisering for detaljert informasjon om valg av sensor og hvordan man bruker den aktuelle sensoren med hensyn til aktuell CBRNE-hendelse.

I prosjektet er det utviklet følgende opplæringsplan for beste praksis for droneoperasjoner ved CBRNE-hendelser:

- Droneoperasjoner under statlige flyoperative droneregler.
  - Opplæring etter gjeldende regelverk
  - Omfattende flytrening i befolket område
  - Manuell flyging i ATTI-modus/ GPS-forbudte områder
  - Droneflyging med/uten flyassistansesensorer (visuelle unngåelsessensorer)
  - Automatiserte/ forhåndsplanlagte flyoperasjoner
  - VLOS og BVLOS operasjoner
  - Beredskap og nødprosedyrer
  - Operasjoner i krevende vær og miljø (varmt/kaldt, vind, dårlig sikt, nedbør, etc.)
- Grunnleggende forståelse av CBRNE.
  - Være kjent med de forskjellige typene CBRNE-stoffer/agens
  - Kunne bruke personlig verneutstyr (PPE)
  - Kunnskap om hvordan ulike typer CBRNE-midler forurenser eller sprer seg
  - Grunnleggende kunnskap om hvilke tegn og symptomer på eksponering
  - Grunnleggende kunnskap om hvordan man måler ulike CBRNE-stoffer/agens
- Installasjon av nyttelast.
  - Masse- og balanseeffekt på den aktuelle dronetypen, Multirotor eller Fixed Wing
  - Strømforbruk fra nyttelast (hvis aktuelt)
  - Indirekte effekter fra sensorer (indusert magnetisme osv.)
  - Hvor vidt nyttelast påvirker styringssystemer og sensorer
- Normal nyttelastbruk i CBRNE (se kap. 5.1).
  - Begrensninger og muligheter for RGB-kamera
  - Begrensninger og muligheter for termisk kamera (IR)

Andre hyllevare (off-the shelf) sensorer som gjelder for dronen som er i bruk:

- Grunnleggende forståelse innen fotografering.
  - ISO
  - Lukkerhastighet
  - Blenderåpning
  - Sensor
  - Kameralinser
- Grunnleggende forståelse innen ortofotografi og 3D-kartlegging.
  - Overlapp
  - Høyde
  - Flyhastighet
  - GIS
  - Programvare for kartleggingsbehandling
  - Deling av kart og dataflyt
- 2D/3D kartlegging – Planlegging og drift.
  - Valg av utstyr
  - Sette opp flygeplan
  - Energihensyn og flygjennomføring
  - Kameravinkel
  - Dataledelse


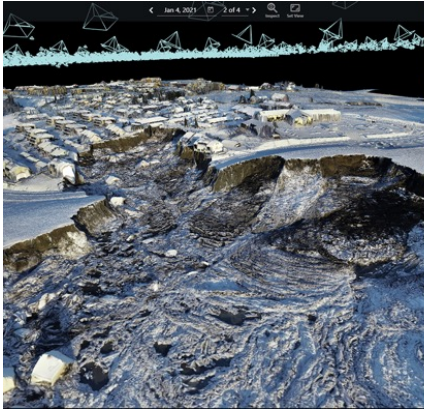
*I tillegg til punktene ovenfor kreves grunnleggende kunnskap om dronesystemet.*

## 7.2 DRONEKARTLEGGING, VISUELLE SENSORER

Dette punktet inneholder detaljert informasjon om One-Shot Mapping, Quick 2D Mapping og 2D/3D/Ortophoto.

	Tidkrevende	Nøyaktighet	Trenger ekstra programvare	FN-klasser gjelder	
<b>One-Shot kartlegging</b>	Umiddelbar	Medium høy	Nei	Alle	



	Tidkrevende	Nøyaktighet	Trenger ekstra programvare	FN-klasser gjelder	
Rask 2D-kartlegging	Fort	Lav	Ja	Alle	
2D/3D/Ortofoto	Langsom	Høy	Ja	Alle	

### 7.2.1 ONE-SHOT-KARTLEGGING

One-Shot Mapping er en rask og effektiv måte å få en første situasjonsforståelse over innsatsområdet. Kartleggingen kan brukes til å planlegge utplassering av utrykningspersonell og få oversikt over det berørte området.

#### i. For å oppnå one-shot mapping

- Fly rett opp og vipp kameraet rett ned (Nadir). Tiltaket bør være noe av det første om gjøres ved en hendelse og deles med operasjonssentralen.
- Ethvert one-shot kan bidra til å gi økt situasjonsbevissthet.

#### ii. Tips

- Hold alltid dronen mot nord slik at det er lettere å sammenligne bildet med kartet.
- Ikke fly for nært mot det berørte området før du tar bilde med liten skråstilling på gimbalen. Det vil spare tid og batterilevetid.
- Vis bildet av området på smartboard og merk ut interessepunkter.

#### iii. Eksempler på bruksområder

- Planlegging for plassering av utrykningspersonell i innsatsområdet.
- Få oversikt og forståelse av det berørte av hendelsesområdet.

#### iv. Fordeler:

- Rask og effektiv.
- Gir en første situasjonsforståelse av hendelsesområdet.
- Kan brukes som grunnlag til planlegging og beslutningstaking.
- Kan enkelt deles med enhver på grunn av at formatet er lite og at det ikke kreves spesiell programvare.



#### v. Begrensninger:

- Gir kun en 2D-oversikt over hendelsesområdet.
- Kan ikke dekke større områder i detalj.

#### vi. Oppsummert:

- One-shot kartlegging er et verdifullt verktøy for nødetatene og koordinering for skadestedsledelsen. Den kan brukes til å få en rask og effektiv første situasjonsforståelse og brukes til planlegging og beslutningstaking.

### 7.2.2 RASK 2D-KARTLEGGING MED SAMMENSTILLING (ORTOFOTO)

2D-kartlegging med sammenstilling er en rask og effektiv måte å dekke store områder på. Den kan behandles i sanntid på en kontrollør, på en bærbar datamaskin i felten, eller på skybasert programvare eller på en arbeidsstasjon.

#### i. For å oppnå rask 2D-kartlegging med sammenstilling

- Sikre 65 % x 65 % overlapping mellom bildene.
- Planlegg og fly et rutemønster over området.
- Bruk et sammenstillingsprogram for å lage et ortofoto.

#### ii. Tips

- Bruk automatisert rutenettflyging.
- Fly så høyt som mulig for å få god situasjonsoversikt. Høyoppløselig bilde er ikke nødvendig for å utføre en rask 2D-kartlegging.

#### iii. Eksempler på bruksområder

- Skogbranner.
- Industriområder for å planlegge utplassering av utrykningspersonell.
- CBRNE-hendelser.



#### iv. Fordeler:

- Raskere enn en detaljert 3D-kartmodell.
- Dekker store områder på kort tid.
- Kan gi informasjon om avstand og aktuelt område.
- Mange programvarer gir mulighet for å se et spesifikt interessepunkt fra flere «fugleperspektiv».
- Kan kjøres lokalt og i skyen.

#### v. Begrensninger:

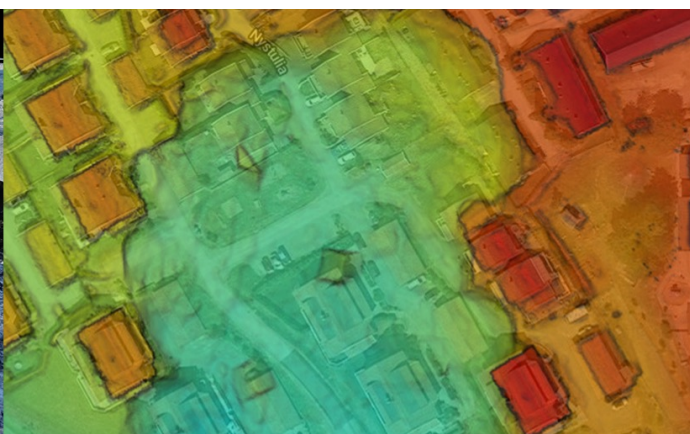
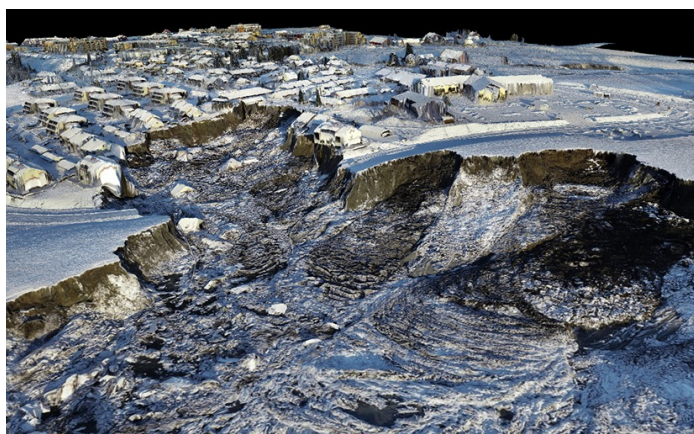
- Ikke så presis som en kvalitets 3D-modell eller et detaljert 2D-ortofoto.
- Rask behandling gir lavere presisjon.
- Trenger spesialisert programvare for bruk, deling og eksport.

#### vi. Oppsummert:

- 2D-kartlegging med sammenstilling er et verdifullt verktøy for å få god situasjonsforståelse av et større hendelsesområde. Evnen til å beregne innsatsområdet raskt kan være en kritisk faktor under et oppdrag.

### 7.2.3 2D/3D PRECIS KARTLEGGING

2D/3D presis kartlegging kan brukes til å lage høykvalitets 3D-modeller, ortofoto og for å trekke ut nøyaktige mål som avstand, volum, høyde og areal.



#### i. For å oppnå 2D/3D presis kartlegging

- Bruk en automatisert flyrute for å sikre konsekvent dekning og nøyaktighet.
- Sikre 75 % x 75 % overlapping mellom bildene.
- Fly i lavere høyde for å få flere detaljer.
- Fly både Nadir (sensor peker rett ned) og skrå (sensor i en liten vinkel).

#### ii. Tips

- Bruk bakkekontrollpunkter (GCP) og/eller RTK (Real Time Kinematic). Dette er en målemetode som kan oppnå posisjoneringsnøyaktighet på centimeter i sanntid i felt.
- Kalibrer og følg beste praksis for droneoppsett.

#### iii. Eksempler på bruk:

- Finn et inngangspunkt til et hus i ruiner.
- Se skader på strukturer i 3D-visning.
- Lag detaljerte kart for bygge- eller industriområder eller for naturkatastrofeområder.

#### iv. Fordeler:

- Høy presisjon når du trekker ut data som avstand, volum, høyde og areal.
- Kan kjøres lokalt og i skyen.

#### v. Begrensninger:

- Tar lengre tid enn de andre kartleggingsmetodene ved opptakt.
- Tar lengre tid å behandle enn ved de andre kartleggingsmetodene.
- Mer utfordrende for innsamling av data.
- Trenger mer prosessorkraft for å behandle og se.
- Trenger spesialisert programvare for deling og eksport.

#### vi. Oppsummert:

- 2D/3D presis kartlegging er et verdifullt verktøy for applikasjoner som krever høy nøyaktighet og detaljer. Det er imidlertid tregere og mer utfordrende å bruke enn rask 2D-kartlegging med overlappende bilder.

---

## 8 FUNN OG KONKLUSJONER I WP4

Prosjektgruppen vektlegger følgende funn og konklusjoner fra arbeidet:

- 1) WP4 «Bruk av droner ved CBRNE-hendelser» har med suksess utforsket bruk av droner i CBRNE-scenarier og tilrettelagt for god kunnskapsutveksling mellom polske og norske myndigheter.
- 2) Droner utstyrt med ulike sensorer muliggjør en sikrere og mer effektiv måte å oppdage og klassifisere farlige materialer ved CBRNE-hendelser, øker kapasiteten til innsatspersonellet og bidrar til dynamisk situasjonsforståelse.
- 3) Arbeidet har gjort betydelige fremskritt med å etablere og redefinere operative prosedyrer, utvikle et opplæringsprogram for CBRNE-personell, samt identifisere egnede dronetypen og sensorsystemer for CBRNE-deteksjon og klassifisering.
- 4) Arbeidsgruppen har erfart at både polske og norske brann- og redningsetater primært bruker droner som er tilgjengelige på det kommersielle markedet. Dette indikerer preferanse for vanlig utstyr ved blant annet CBRNE-hendelser.
- 5) Workshops, demonstrasjoner og møter har vært avgjørende for utveksling av erfaringer, demonstrere droneoperasjoner og videreutvikle operative prosedyrer. Aktivitetene har bidratt til god implementering av droner i CBRNE-scenarier.
- 6) Prosjektet har særskilt vist ulike bruksområdene for droner ved FNs ulike fareklasser, som overvåking, informasjonsinnhenting og dokumentasjon. For eksempel kan droner utstyrt med kameraer og sensorer gi visuell sanntids streaming, kartlegging, temperaturavlesninger og kolorimetriske tester for farlige stoffer.
- 7) Samarbeidet mellom polsk og norsk beredskapspersonell har muliggjort deling av kunnskap, erfaring og beste praksis, og fremmet en større innsikt i og forståelse av droneteknologiens potensial ved CBRNE-hendelser.
- 8) Funnene og erfaringene fra prosjektet vil være verdifullt for fremtidig implementering av droner ved håndtering av CBRNE-hendelser, og bidra til økt sikkerhet og effektivitet i håndteringen.

Samlet sett har prosjektet demonstrert fordeler og potensial til droneteknologi ved håndtering av CBRNE-hendelser.

Ved å utnytte dronenes kapasitet, kan nødetatene forbedre situasjonsbevissthet, redusere risiko og forbedre evnen til å oppdage, klassifisere og håndtere farlige materialer/agens.



## 9 FORKORTELSER

Forkortelse	Forklaring
ABW	The Internal Security Agency, Poland, ( <b>Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego</b> ).
ATTI-modus	I ATTI-modus holder dronene høyden gjennom barometertrykk. Posisjonen vil ikke bli stabilisert med GPS.
CBRNE	Fellesbetegnelse som omfatter kjemiske stoffer (C), biologiske agens (B), radioaktive stoffer (R), nukleært materiale (N) og eksplosiver (E) med høyt farepotensiale, som kan forårsake tap av liv og/eller skade på helse, miljø, materielle verdier og andre samfunnsinteresser ved naturskapte hendelser, ulykker eller tilsiktede handlinger, herunder terror.
Dosimeter	Måleinstrument som måler eksponering for ioniserende stråling i løpet av en tidsperiode. Dosimeter brukes for å finne ut om en har vært utsatt for helseskadelige stråledoser, eller om anbefalte maksimumsdoser er overskredet.
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
DSM	Detection, Surveillance and Monitoring.
EO	Electro-Optical eller synlig lys, her relatert til foto/video.
Fixed Wing	Luftfartøy (drone) som flyr ved hjelp av faste vinger som genererer aerodynamisk løft forårsaket av fartøyets flyhastighet. Droner med faste vinger er forskjellig fra droner med roterende vinger (se Rotor Wing).
Gammastråling	Elektromagnetisk stråling som oppstår ved endringer i strukturen til atomkjernene eller ved henfall (desintegrasjon) eller tilintetgjørelse (annihilasjon) av elementærpartikler. Sammen med alfa- og betastråling er gammastråling en av de vanligste formene for nukleær stråling.
GPS	Global Positioning System er et satellittnavigasjonssystem som gir brukere på land, sjø, i luften og i rommet nøyaktig tredimensjonal posisjon samt svært nøyaktig tidsreferanse.
Kolorimetrisk test	Metode innen kjemisk analyse for å bestemme konsentrasjon av fargede løsninger. For mindre nøyaktige målinger kan man sammenligne med en trykt fargeskala for å finne omtrentlig konsentrasjon.
PPE	Personal protective equipment. Personlig Verneutstyr tilpasset risikoutsatt aktivitet.
RGB	Rødt, grønt og blått, (Red, Green and Blue) – er en fargemodell som brukes ved additiv fargeblanding, dvs. farger som oppstår som resultat av utsendt lys med ulike bølglengder, her relatert til foto/video.
Rotor Wing	Luftfartøy (drone) som flyr ved hjelp av flere propeller (oftest 4–6) montert på armer for å gi aerodynamisk løft. Droner med propeller er forskjellig fra droner med faste vinger (se Fixed Wing).
RPAS	Begrepene «drone», «RPAS» (Remotely Piloted Aircraft Systems) og «ubemannet luftfartøy» (UAV) brukes gjerne om hverandre.
RTK	Real-time kinematic positioning (sanntids kinematisk måling), er en satellittbasert metode for posisjonsbestemmelse, se GPS. Metoden gir posisjon i sanntid, det vil si i det øyeblikk man måler. Med dagens systemer og måleutstyr oppnås en nøyaktighet på inntil 1 cm i grunnriss og 2 cm i høyde, selv med kort måletid.
Tethered drone	Ubemannet luftfartøy (se UAV) bundet til bakken (tethered) med en strømkabel for å kunne utføre langvarige operasjoner. Den består av en basestasjon på bakken og dronen, som er koblet til stasjonen gjennom kabel. Dronen kan fjernstyres for å utføre spesifikke oppgaver.
TRL	Technology Readiness Level (teknologimodenhet); hvor langt man er kommet i utviklingsprosessen (skala fra TRL-1 til TRL-9).

Forkortelse	Forklaring
<b>UAS</b>	Unmanned Aerial System (dronesystem, dvs. inklusiv kontrollstasjon, sensorer etc.)
<b>UAV</b>	Unmanned Aerial Vehicle (drone).
<b>UGV</b>	Unmanned Ground Vehicle (ubemannet bakkekjøretøy).
<b>Uønsket hendelse</b>	Hendelser som avviker fra det normale, og som har medført eller kan medføre tap av liv eller skade på helse, miljø, materielle verdier og kritisk infrastruktur.
<b>VLOS/BVLOS</b>	Visual Line of Sight betyr at piloten alltid må ha øyekontakt med dronen. Beyond Visual Line of Sight betyr at dronen flys utenfor synsrekkevidde.

**Referanser:**

- The Alliance for System Safety of UAS Through Research Excellence.
- FN-klasser Farlige materialer.
- Beredskapsnivå (Basert på Innovolo Groups «Beredskapsnivå»).









---

**Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap**

Postboks 2014

3101 Tønsberg

Telefon: 33 41 25 00

[www.dsb.no](http://www.dsb.no)

ISBN 978-82-7768-543-4

HR 2468

---