

## **En oversikt over kjemiske og radiologiske sensorer på markedet**

John Aasulf Tørnes og Elin Enger

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

29. april 2011

FFI-rapport 2011/00637

1116

P: ISBN 978-82-464-1911-4

E: ISBN 978-82-464-1912-1

## **Emneord**

Kjemiske sensorer

Radiologiske sensorer

Forskning og utvikling

## **Godkjent av**

Hans Christian Gran

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

## Sammendrag

Notatet gir en oversikt over hvilke sensorer for kjemiske og radiologiske trusselstoffer som finnes på markedet i dag. Arbeidet er en del av Forsvarets forskningsinstitutt sitt bidrag i arbeidsgruppen nedsatt for å utarbeide en fremskaffelsesløsning for Forsvarets anskaffelsesprosjekt 9511 "CBRN deteksjon, varsling og rapportering". Informasjonen i notatet kommer fra utstyrsleverandører og fra åpen litteratur. Når Forsvaret anskaffer sensorer, anbefales det at de koples sammen i et nettverk for å gjøre sensorinformasjonen tilgjengelig for flere brukere og for å redusere falsk alarm raten fra de sammenkoblede sensorene.

## English summary

This report gives an overview of sensors for chemical and radiological threat agents available on the market today. This work is a part of the Norwegian Defence Research Establishment contribution to the Norwegian Defence procurement program P9511 “CBRN Detection, Warning and Reporting”. The information in this report is coming from equipment vendors and from open literature. When the Norwegian Defence procures sensors, it is recommended that they are connected in a network in order to make the information available to more users and also to be able to lower the false alarm rate from the interconnected sensors.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Sensortyper</b>	<b>8</b>
2.1	Radiologiske sensorer	8
2.1.1	Håndholdte punktsensorer	8
2.1.2	Teknologi for deteksjon av gammastråling	10
2.1.3	Personlig dosimeter til overvåkning av stråledose	10
2.1.4	Alfa- og betadeteksjon	11
2.1.5	Nøytronsensorer	11
2.2	Kjemiske sensorer	12
2.2.1	Kjemiske punktsensorer	12
2.2.2	Kjemiske væskesensorer	15
2.3	Avstandsensorer	19
<b>3</b>	<b>Sensornettverk</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>23</b>
	<b>Appendix A Oversikt over aktive dosimetre</b>	<b>24</b>
	<b>Appendix B Oversikt over detektorer for TIC og kjemiske stridsmidler</b>	<b>28</b>
	<b>Appendix C Oversikt over avstandsdetektorer</b>	<b>33</b>
	<b>Referanser</b>	<b>36</b>



## 1 Innledning

En arbeidsgruppe innen Forsvaret under ledelse av KL Stig Grønvold, KNM T/SSS, har fått i oppdrag å utarbeide en fremskaffelsesløsning (FL) for prosjekt 9511 "CBRN deteksjon, varslings og rapportering". I arbeidsgruppen sitter representanter for forsvarsgrenene, Forsvarets ABC-skole (FABCS), Forsvarets ammunisjon- og EOD skole (FAES) og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Det var i løpet av dette arbeidet ønskelig å fremskaffe en oversikt over hvilke typer sensorer for deteksjon av kjemiske og radiologiske trusselstoffer som finnes på markedet i dag, og hvilke utviklingstrekk man kan se for seg i nær fremtid (5 år). Informasjonen i dette notatet er basert på litteraturundersøkelser og søk i ulike skriftlige kilder. Informasjonen er ikke verifisert eller godkjent av de ulike utstyrsprodusentene.

Sensorer for deteksjon av kjemiske, biologiske, radiologiske og nukleære (CBRN) trusselstoffer i luft er på ulike trinn i utviklingsprosessen. Mens radiologiske og nukleære sensorer (heretter omtalt som radiologiske) er små og enkle, og trenger liten grad av vedlikehold, er biologiske sensorer på den annen side enda tidlig i utviklingen. Sensorer for kjemiske trusselstoffer og giftige industrikjemikalier (TIC) er i en mellomstilling, der det finnes mange ulike sensorer tilgjengelig på markedet.

De fleste sensorene er såkalte punkt-sensorer, det vil si at de detekterer CBRN-trusselstoffer som transporteres til sensoren med luften som passerer forbi sensoren. Det finnes også sensorer som kan "se" en sky av CBRN-trusselstoffer i lufta på avstand (såkalte avstandsensorer eller "stand-off" sensorer). Både punkt-sensorer og avstandsensorer kan plasseres i en avstand fra et styrkeelement som skal beskyttes. Dersom en alarm oppstår, vil den bli sendt tilbake til styrkeelementet via kabel eller trådløst nett. Dette kalles fjernsensorer (remote detectors).

Sensorer kan benyttes både til deteksjon, dvs. oppdage om kjemiske, biologiske eller radioaktive trusselstoffer av potensiell militær betydning er tilstede (AAP-21) (1), monitorering eller overvåking. Monitorering er definert som en kontinuerlig eller periodisk prosess for å bestemme om et trusselstoff er tilstede (AAP-21) (1), mens overvåking er definert som en systematisk observasjon av luftrom, overflater eller steder og personer for å avgjøre om CBRN-farer er tilstede eller fraværende (AAP-21) (1).

Det er i dette notatet brukt begrepet "sensor" istedenfor "detektor" fordi en detektor kan bestå av en eller flere sensorer med ulik virkemekanisme. Man kan, for eksempel, ha sensorer for både kjemiske stridsmidler, industrikjemikalier og radiologiske trusselstoffer i en og samme detektor. I en undersøkelse gjennomført av FFI i 2005, for å vurdere utstyr for bruk til å detektere masseødeleggelsesvåpen om bord på skip, er det angitt noen ulike tilgjengelige teknologier og deres modenhet på det tidspunktet (2).

Evalueringskriterier for kjemiske og biologiske detektorer er gitt i NATO CBWA Early Warning and Detection Triptych (3).

For å utnytte sensorene best mulig er det viktig at de (i alle fall de fleste) koples sammen i et felles nettverk. På den måten kan både personer i nærområdet og andre som har behov for det, få alarm nær samtidig som trusselstoffet blir oppdaget av sensoren. Det må imidlertid lages algoritmer som monitorerer flere sensorer samtidig og analyserer resultatene slik at ikke unødvendige falske alarmer sendes ut. CBRN-deteksjon i et nettverksbasert forsvar er nærmere beskrevet tidligere (4).

Biologiske sensorer er ikke diskutert i dette notatet. Det vises til notat fra Janet M Blatny som beskriver biologisk punktdeteksjon – status og FFIs rolle (5).

## 2 Sensortyper

### 2.1 Radiologiske sensorer

#### 2.1.1 Håndholdte punktsensorer

Det brukes ulike typer detektorteknologi for å måle ulike typer stråling. Imidlertid finnes det mange instrumenter som kan brukes til å detektere flere typer stråling ved å koble til forskjellige prober. Et eksempel er Automess-sensoren som brukes i Forsvaret i dag (Figur 2.1).

Automess-instrumentet inneholder et lite Geiger-Müller rør (GM-rør). GM - røret består av en metallkapsel fylt med en gass som kan ioniseres. Ioniserende stråler (gamma- eller nøytronstråling) som kommer inn i røret lager et strømstøt i gassen som elektronikken registrerer som en impuls. Instrumentet teller opp antall slike impulser pr. sekund, og kan oppgi både doserate per sekund og samlet dose over en tidsperiode. Skjermingseffekten av materialet i selve instrumentet er imidlertid så stor at GM-røret i hovedinstrumentet registrerer ikke alfa- og betastråling (6).

Automess kan også utstyres med ulike prober for måling av alfa-, beta- eller gammastråling i andre deler av energispekteret enn hovedinstrumentet kan måle. Proben som brukes for å registrere alfa- og betastråling fungerer på samme måte som hovedinstrumentet, men har et følsomt gittervindu som gjør at også denne strålingen blir registrert. Alfastråling har veldig kort rekkevidde, stoppes av huden og er kun en fare dersom partikler som inneholder alfa-emittere blir pustet inn og kommer inn i kroppen. Beta-stråling kan gi hudskader og kan også trenge dypere ned i vevet. Gammastråling er gjennomtrengende og kan gi skader i indre organer.

Radiologiske sensorer på markedet er små og relativt vedlikeholdsfrie. De kan detektere gammastråling i luft, og kan detektere stråling fra kontaminering av alfa- eller betaemittere på overflater.





Figur 2.1 Automess modell 6150 AD radiologisk sensor. (Foto: Automess).

Gammaspektrometre kan registrere gammastråling med ulik energi. Dette gir et karakteristisk spekter som kan brukes til å identifisere hvilken nuklide strålingen kommer fra. De mest følsomme gammaspektrometrene er laget av materialer som krever konstant nedkjøling til en svært lav temperatur for å fungere, og er derfor å regne som laboratorieinstrumenter.

Det finnes også mindre og hendigere instrumenter (gammaspektrometre) som også kan identifisere hvilke nuklider som man står overfor. Et eksempel på dette er Inspector 1000 fra Canberra (Figur 2.2). Det finnes også en probe til Inspector 1000 som kan brukes til å detektere nøytronstråling ( $^3\text{He}$ , se avsnitt 2.1.5).



Figur 2.2 Inspector 1000 gammaspektrometer (NaI) fra Canberra. (Foto: Canberra).

### 2.1.2 Teknologi for deteksjon av gammastråling

En oversikt over teknologier for deteksjon av gammastråling er gitt i Tabell 2.1.

Teknologi	Beskrivelse	Modenhhet
Plast-scintillator (PVT)	Effektiv ved lave frekvenser. Kan ikke identifisere nuklider. Har ofte høy følsomhet.	Brukt i mange år
Uorganisk scintillatorer:		
NaI	Kan identifisere nuklider. Lav oppløsning.	Brukt i mange år
CsI	Kan identifisere nuklider. Lav oppløsning.	Brukt i mange år
LaBr <sub>3</sub>	Kan identifisere nuklider. Bedre oppløsning. Kostbar.	Ny teknologi
LaCl <sub>3</sub>	Kan identifisere nuklider. Bedre oppløsning. Kostbar.	Ny teknologi
HPGe	Kostbar, krever kjøling. Kan identifisere nuklider. Meget god oppløsning.	Brukt i mange år
Ionekammer (gass): Geiger-Müller (GM) rør	Kan ikke identifisere nuklider	Brukt i mange år
Romtemperatur halvledere (CdTe, CDZnTe)	Noen typer kan identifisere nuklider. Små detektorer. Kostbare.	Ny teknologi.

Tabell 2.1 Oversikt over ulike detektortyper for gammastråling (7, 8).

Det forventes ikke noen utvikling av gammadetektorer basert på nye måleprinsipper i et 5-10 års perspektiv, men enkelte nye materialer kan bli vanligere i bruk ettersom produksjonskostnadene synker (som LaBr<sub>3</sub> og LaCl<sub>3</sub>). Dette betyr at man for eksempel kan få instrumenter til feltbruk som gir en sikrere identifikasjon av ulike nuklider.

### 2.1.3 Personlig dosimeter til overvåking av stråledose

Dosimetre brukes til å overvåke hvor stor stråledose en person har mottatt slik at helserisikoen en person blir utsatt for kan kontrolleres. Dersom et dosimeter viser at en person som arbeider med radioaktivitet over en tidsperiode har mottatt en dose opp mot det høyeste tillatte nivå etter strålevernforskriften, må personen settes til andre arbeidsoppgaver en tid. For at et system for persondosimetri skal fungere, må dosimetrene avleses jevnlig slik at hver enkelts samlede dose blir registrert over tid.

Personlige dosemålere er små og derfor lette å ta med seg. De er også mer diskrete, slik at de vekker mindre oppsikt enn f.eks Automess.

Det kan i praksis skilles mellom to typer dosimetre, elektroniske og ikke-elektroniske. Ikke-elektroniske dosimetre består av en liten boks som inneholder en liten filmbit eller lignende. Filmbiten må tas ut av boksen og dosen leses av i ettertid, og den kan dermed ikke brukes til å overvåke endringer i bakgrunnsnivået kontinuerlig. Denne typen dosimetre er mest hensiktsmessig i bruk for personer som arbeider jevnlig med relativt små stråledoser. Elektroniske dosimetre derimot vil vise mottatt dose hele tiden og kan også utstyres med en alarm som går dersom doseraten overstiger et visst (helseskadelig) nivå.

Det har vært utfordringer med tanke på overføring av data fra elektroniske dosimetre. Dosemålerne som brukes i Forsvaret i dag har ingen kabelkontakt, men er en hermetisk lukket boks som kan fjernavleses på noen få meters avstand. For å få et fungerende system som gir oversikt over dosen hver enkelt har mottatt, må det derfor lages et system som kan lese av data fra dosemålerne og registrere dette for hver enkelt person. Dosimetrene har heller ikke hatt lagringskapasitet til å lagre målt strålingsintensitet for mer enn en kort tid (noen få dager). Deretter overskrives gamle data. Det er kun totaldose som lagres over lang tid.

En oversikt over dosimetre som finnes på markedet utført av CBRNe World © er gjengitt Appendix A. Oversikten er ikke fullstendig.

#### 2.1.4 Alfa- og betadeteksjon

Alfa- og betastråling har kort rekkevidde og radioaktive stoffer som avgir disse typene stråling er derfor vanskeligere å detektere på avstand.

For å detektere kontaminering av alfa- eller beta-emitterende partikler på overflater, tas det gjerne svaberprøver som deretter kan analyseres i en væskescintillator. Det finnes også luftprøvetakere som sender luft gjennom et filter som deretter kan analyseres på samme måte. Noen av de nyere versjonene av disse detektorene kan være kompakte nok til å brukes i felt. I felt er den vanligste måten å detektere slik stråling i dag å bruke en probe som holdes svært nær kilden.

Det foregår en del forsknings- og utviklingsarbeid for å finne nye metoder for å detektere alfa- og betastråling, for eksempel ved å se på sekundæreffekter som oppstår når alfa- eller betastråling treffer luft eller andre materialer. Eksempler på dette er oppvarming eller ionisering av luft som kan registreres av infrarøde kameraer.

#### 2.1.5 Nøytronsensorer

På samme måte som for gammastrålingssensorer, finnes det mange ulike typer nøytronsensorer. Det kan også være vanskelig å skille nøytroner fra gammastråling, ettersom de ikke har noen elektrisk ladning. Nøytronsensorer har tradisjonelt vært store og nokså uhåndterlige, og i tillegg svært kostbare. En vanlig type nøytronsensor er en *proporsjonalteller*. Disse sensorene inneholder en gass som fanger nøytroner og sender ut ladde partikler som deretter kan registreres. Det har vært vanlig å bruke  $^3\text{He}$ -gass, men dette produseres det ikke lenger så mye av. Ulike plastmaterialer kan også brukes.

På grunn av problemene med tradisjonelle nøytronsensorer, gjøres det i dag mye utviklingsarbeid for å finne fram til nye materialer som kan brukes. Noen av de mest lovende er  ${}^6\text{LiI}$  og  ${}^6\text{Li}$ -glass. Foreløpig er disse materialene kostbare og lages kun i små volumer, men de er tatt i bruk i persondosimetri.

## 2.2 Kjemiske sensorer

### 2.2.1 Kjemiske punktsensorer

En oversikt over teknologier brukt i kjemiske punktsensorer er gitt i Tabell 2.2. Informasjonen i dette kapittelet er hentet fra (2), (9) og (10). En oversikt over punktsensorer for kjemiske stridsmidler som finnes på markedet i dag utført av CBRNe World © (gjengitt i Appendix B).

Teknologi	Beskrivelse	Modenhet	Detektor/ monitor	Prøve- tilstand
Akustiske overflatebølger (SAW)	En sensor for hver kjemisk forbindelse	Ny, fremdeles ustabil teknikk	Begge	Gass
Kolorimetrisk sensorer	Våtkjemisk teknikk, bl a deteksjonspapir	Brukt i mange år	Detektor	Gass, væske
Elektrokjemiske sensorer	En sensor for hver kjemisk forbindelse	Brukt i mange år	Begge	Gass
Flammespektrometri	Kan detektere trusselstoffer som inneholder fosfor, svovel, arsen eller nitrogen	Brukt i mange år	Begge	Gass
Fotoionisasjonssensorer	Detekterer stoffer med ionisasjonspotensial over en bestemt verdi	Brukt i flere år	Begge	Gass
Halvlederteknologi	Benytter en array av halvleder sensorer	Forholdsvis ny teknikk	Begge	Gass
Infrarød spektrometri (IR)	For forholdsvis rene forbindelser	Brukt i mange år	Detektor	Gass/ væske/ faste
Ionemobilitetspektrometri (IMS)	Kan skille mellom noen trusselstoffer	Brukt i mange år	Begge	Gass
Massespektrometri (MS)	Kan identifisere trusselstoffer	Brukt i mange år	Begge	Gass/ væske/ faste
Pulset elementanalyse vha nøytroner (PELAN)	Kan klassifisere innholdet i lukkede containere	Ny teknikk	Detektor	Væske/ faste
Raman spektrometri	Kan se gjennom glass og klar plast	Brukt i mange år	Detektor	Væske/ faste
Ultralyd (PASS)	Kan klassifisere innholdet i lukkede containere	Ny teknikk	Detektor	Væske/ faste

Tabell 2.2 En oversikt over deteksjonsprinsipper for kjemiske sensorer.

Flere kjemiske sensorer vil i tillegg til kjemiske stridsmidler også kunne detektere en del TIC. Det er en trend innfor militære kjemiske sensorer i dag at de også skal kunne detektere noen av de industrikjemikaliene som anses som størst trussel for soldatene. Dette er viktig når soldatene opererer i et industrialisert samfunn der bruk av TIC eller utilsiktede utslipp av TIC kan utgjøre en stor trussel (11). Det finnes også en lang rekke dedikerte TIC sensorer, som for eksempel X-am 7000 (tidligere Multiwarn II) fra Dräger (9). Dette er oftest sivile modeller ment for industriell bruk.

De fleste sensorer for kjemiske stridsmidler i dag benytter ionemobilitetspektrometri (IMS) som deteksjonsprinsipp. Dette er et forenklet massespektrometer som gjør det mulig å skille mellom de enkelte forbindelsene som finnes i lufta. Eksempler på slike sensorer som finnes i Forsvaret i dag er Chemical Agent Monitor (CAM) og Lightweight Chemical Detector (LCD), begge fra Smiths Detection (Figur 2.3), samt M90 fra Environics. En ulempe med IMS-sensorer er at oppløsningen til spektrometeret er relativt dårlig slik at man er utsatt for mange falske alarmer.



Figur 2.3 CAM (venstre), LCD 3.2E (i midten) og LCD 3.3 (høyre), alle fra Smiths Detection, UK. (Foto: Smiths Detection).

Andre prinsipper som benyttes til deteksjon av kjemiske trusselstoffer i tillegg til IMS er akustiske overflatebølger (Surface Acoustic Wave, SAW), kolorimetri, elektrokjemi, flammefotometri, fotoionisasjon, halvledersensorer, massespektrometri, pulset elementanalyse ved hjelp av nøytroner (PELAN), ultralyd eller IR/Raman-spektrometri.

- SAW er en relativt ny teknikk som foreløpig har mange problemer knyttet til seg.
- Kolorimetri er våtkjemiske teknikker som brukes blant annet i deteksjonspapir eller Agentase påvisnings-spray (ICX Technologies).
- Elektrokjemiske sensorer baserer seg på måling av motstand i en film som endrer egenskaper ved opptak av trusselstoffet. Mange elektrokjemiske sensorer har problemer med skiftende og ekstreme temperaturer.
- Flammefotometriske sensorer har rask respons, men detekterer alle gasser som inneholder spesielle grunnstoffer (f eks svovel og fosfor i AP2C eller svovel, fosfor, nitrogen og arsen i AP4C fra Proengin).
- Fotoionisasjon gir respons for alle forbindelser som har et ionisasjonspotensial over en gitt verdi og er derfor ikke særlig selektiv.

- Detektorer med halvledersensorer benytter oftest en array av ulike slike sensorer som kan være spesifikke for en hver sin type trusselstoff. Denne teknikken benyttes bl a av Environics Oy i ChemPro100i for deteksjon av sennepsgass og noen industrikjemikalier.
- Massespektrometri (MS) kan positivt og sikkert identifisere trusselstoffer i meget små konsentrasjoner. Ulempen er at instrumentene er relativt tunge (fra 16 kg og oppover) og krever mye kompetanse hos brukeren for å kunne tolke resultatene som blir produsert.
- Pulset elementanalyse ved hjelp av nøytroner (PELAN) emitterer korte pulser av nøytroner som virker på kjernene i de kjemiske elementene i prøven som blir analysert. Elementene emitterer deretter karakteristisk gammastråling som kan brukes til å identifisere dem.
- Ultralyd - (Product Acoustic Signature System, PASS fra Spearhead Innovations) kan benyttes til å finne ut om containere har skjulte rom og klassifisere innholdet i dem.
- IR- og Raman-spektrometri kan benyttes til analyse av ukjente forbindelser som er forholdsvis konsentrerte. IR-spektrometri kan detektere forbindelser i en blanding ned til ca 10 %, mens Raman-spektrometri kan detektere forbindelser i en blanding ned til ca 1 %. For begge instrumenttyper, bør det ikke være for mange ulike komponenter i blandingen for å unngå problemer med feilaktige resultater (12). Raman spektrometri har den fordel at man kan "se" gjennom glass og klar plast slik at prøver kan analyseres uten å åpne prøvebeholderen.

Det har vist seg å være en fordel å bruke sensorer med flere ulike teknologier sammen. På den måten kan man eliminere en del av de falske alarmene som oppstår med kun en sensortype.

NATO har gitt evalueringskriterier for varslings- og deteksjonsutstyr for kjemiske og biologiske stridsmidler (inkludert industrikjemikalier) (3). Det er blant annet, satt som krav at utstyret skal varsle og/eller detektere minst 7 ulike kjemiske stridsmidler og 34 TIC angitt i USACHPPM Technical Report No. 64-FF-07Z2-07 (13). Disse er gjengitt i Tabell 2.3 og Tabell 2.4 nedenfor.

Agent GA	Tabun, nerve agent
Agent GB	Sarin, nerve agent
Agent GD	Soman, nerve agent
Agent GF	Cyclosarin, nerve agent
Agent VX	Nerve agent
Agent HD	Sulfur mustard (distilled) blister agent
Agent L	Lewisite, blister agent

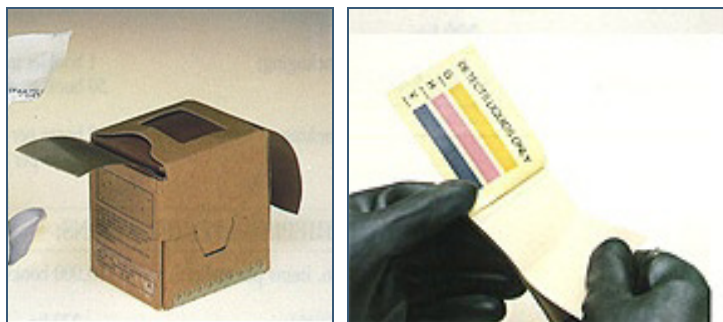
Tabell 2.3 Kjemiske stridsmidler som varslings- og deteksjonsutstyr skal reagere på (13).

Acrolein	Ethylene Oxide	Nitric Acid
Acrylonitrile	Fluorine (soluble fluoride)	Nitrogen Dioxide
Allyl Alcohol	Formaldehyde	Parathion
Ammonia	Hydrazine	Phosgene
Arsine	Hydrogen Chloride	Phosphorous Oxychloride [Phosphoryl trichloride]
Boron Trifluoride	Hydrogen Cyanide	Phosphorous Trichloride
Bromomethane [methyl bromide]	Hydrogen Fluoride	Propylene Oxide
Carbon Monoxide	Hydrogen Selenide	Sulfur Dioxide
Chlorine	Hydrogen Sulfide	Sulfur Trioxide
Cyanogen Chloride	Methylamine (mono)	Sulfuric Acid
Diborane	Methyl Hydrazine	
Dimethylamine	Methyl Isocyanate	

Tabell 2.4 Giftige industrikjemikalier som varslings- og deteksjonsutstyr skal reagere på (13).

### 2.2.2 Kjemiske væskesensorer

Det er i dag få elektroniske sensorer på markedet for deteksjon av kjemiske stridsmidler i væskeform. Det som tradisjonelt har vært brukt er deteksjonspapir (en farge, M9 eller tre farger, M8) (Figur 2.4). Disse kan trykkes mot mistenkte væskedråper eller klebes på en overflate (uniform eller lignende) for å få en indikasjon dersom man blir forurenset.



Figur 2.4 En-veis deteksjonspapir M9 (venstre) og tre-veis papir M8 (høyre) (Foto: Airmonitorstore).

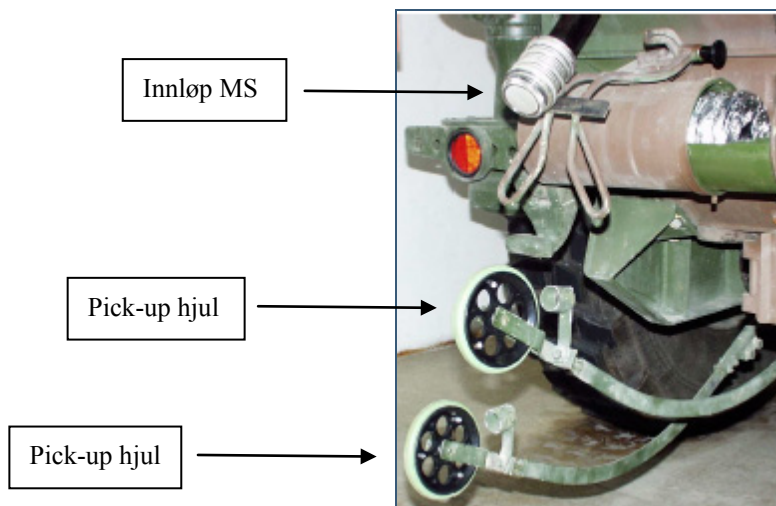
Det finnes spesielt tilleggsutstyr til noen kjemiske gass-sensorer som gjør at brukeren kan varme opp overflaten og overføre væskeformige trusselstoffer til gassform som deretter detekteres. En variant av dette er tilleggsutstyr til AP2C og AP4C fra Proengin vist i Figur 2.5.



Figur 2.5 Tilleggsutstyr til AP2C og AP4C for deteksjon av væskeformige trusselstoffer. (Foto: Proengin).

Det som finnes av elektroniske væskesensorer er oppsamlingshjulet ("pick-up" hjulet) på søke- og påvisnings-panservognen (FUCHS) og et svensk system beregnet på å detektere kjemiske stridsmidler i støv eller sølevann som spruter opp fra hjulene eller beltene på et kjøretøy (kalt Guards).

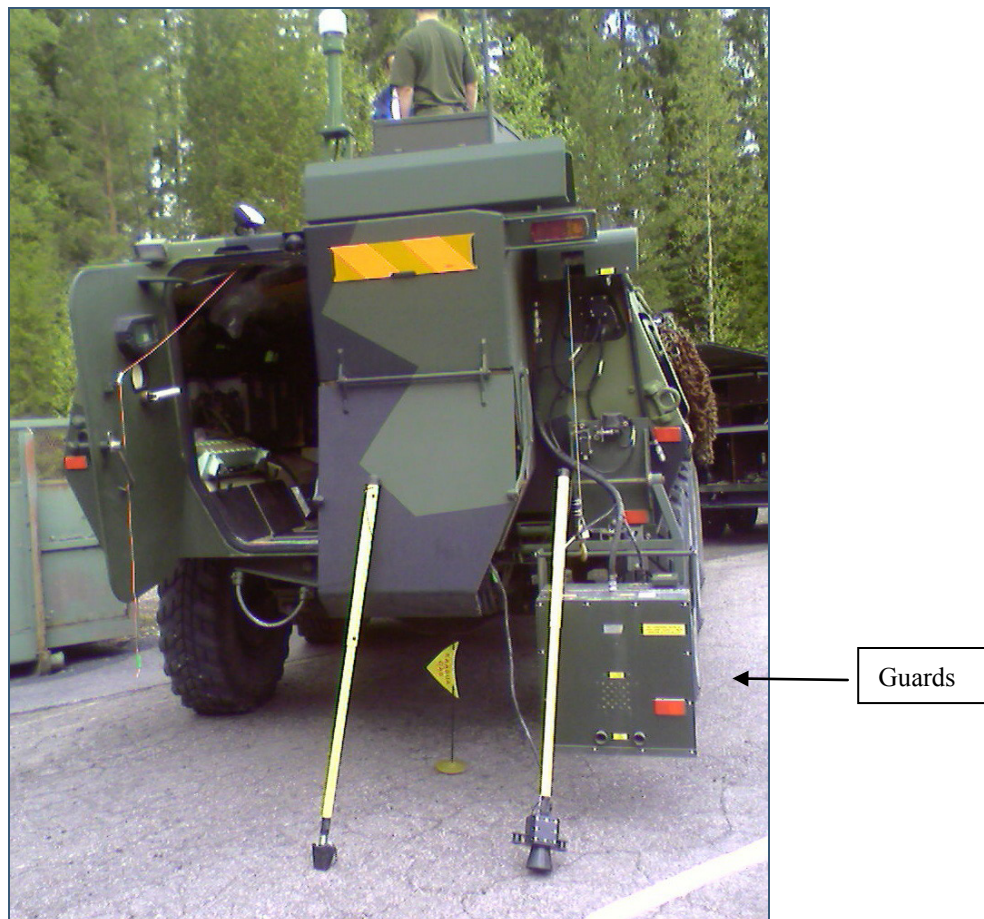
Oppsamlingshjulet i FUCHS absorberer trusselstoffer mens hjulet ruller på bakken (Figur 2.6). Hjulet blir deretter løftet opp til innløpet av massespektrometeret som er montert i vogna for analyse.



Figur 2.6 Oppsamlingshjulene på Forsvarets søke- og påvisningspanservogn, FUCHS. (Foto: Bruker Detection).



Ved bruk av "Guards", vil søle eller støvpartikler som spruter opp fra hjulene eller beltene ved kjøring suges inn i et detektorhus og kjemiske stridsmidler som befinner seg i dette materialet vil bli detektert ved hjelp av en kjemisk gassdetektor (Figur 2.7). Man kan ved bruk av "Guards" velge å benytte gassdetektorer fra ulike leverandører.



Figur 2.7 Guards montert bak høyre bakhjul på en finsk SISU søke- og påvisningspanservogn. (Foto: FFI).

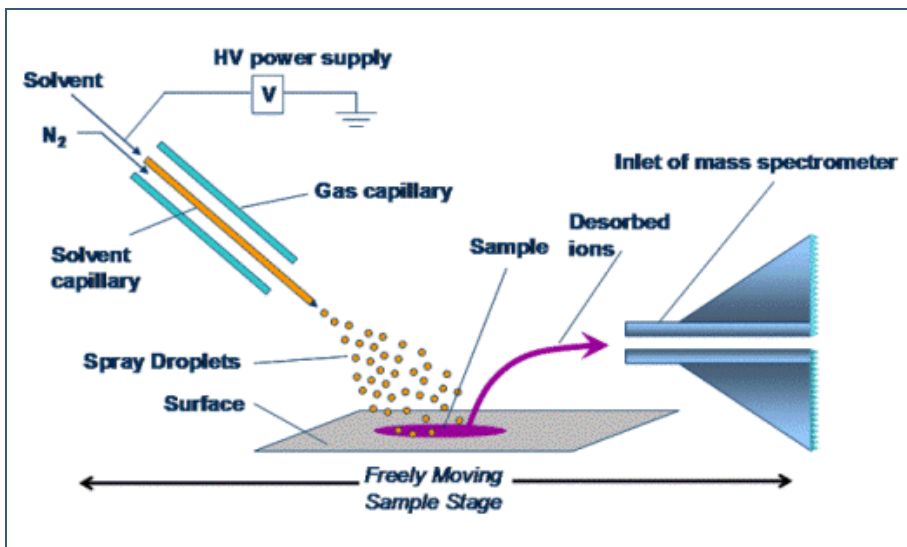
I tillegg, finnes ulike elektroniske instrumenttyper som er mer beregnet for feltlaboratorier. Disse benytter IR-, Raman- masse-, eller UV/synlig-spektrometri. (Se Tabell 2.2). Det foregår også forskning på teknikker basert på pulset elementanalyse ved hjelp av nøytroner (PELAN, Figur 2.8), ultralyd (PASS, Figur 2.9) og desorpsjon elektrospay ionisasasjon (DESI) massespektrometri (Figur 2.10). Den siste er en relativt ny teknikk som fremdeles trenger en del utvikling før den er klar for feltbruk.



Figur 2.8 PELAN benyttet til undersøkelse av innholdet i en varebil. (Foto: SAIC).



Figur 2.9 PASS brukt til inspeksjon av en tønne. (Foto: Spearhead Innovations).



Figur 2.10 Prinsipp for Desorption ElectroSpray Ionisation (DESI). (Kilde: Prosofia Inc).

Det er absolutt et behov for (videre-) utvikling av elektroniske feltinstrumenter for bestemmelse av kjemiske stridsmidler og industrikjemikalier i væskeform. Man har her kommet langt kortere enn for deteksjon av trusselstoffer i gassform.

### **2.3 Avstandssensorer**

En avstandssensor kan detektere CBRN-farer fra avstand og derved minimere risiko for egen eksponering og forurensning. Avstandssensorer kan også benyttes til kontinuerlig eller periodisk overvåking av et område. Dette er et ungt fagområde som fremdeles er under stor utvikling. Avstandssensorer for kjemiske trusselstoffer er på markedet, men er relativt kostbare og har mindre følsomhet enn punktsensorer. Eksempler er RAPID fra Bruker Daltonics, Joint Service Lightweight Standoff Chemical Agent Detector (JSLSCAD) fra General Dynamics, Second Sight fra Bertin, Hyper-Cam fra Telops og CATSI fra ABB (Figur 2.11).

Disse systemene benytter passiv infrarød deteksjon i 7-14  $\mu\text{m}$  området og har en rekkevidde på opp til 5 km. De er i noen utstrekning i operasjonell bruk i andre lands CBRN-forsvar. Nye systemer med raskere avbildning og/eller bedre følsomhet er under utvikling (14). En oversikt over avstandssensorer på markedet i dag laget av CBRNe World© er gitt i Appendix C.

Avstandssensorer for biologiske trusselstoffer er ikke kommersielt tilgjengelig enda. En prototyp sensor er under testing i USA (Joint Biological Standoff Detection system - JBSDS Block 1), men det er ikke ventet at denne vil oppfylle alle operative krav. Flere sensorer er under utvikling, men det er ikke ventet at aktuelle sensorer vil være kommersielt tilgjengelig før om tidligst 5 år.



Figur 2.11 Avstandssensorer fra Bruker Daltonics ([www.bdal.com](http://www.bdal.com)) (øverst til venstre) og General Dynamics Armaments and Technical Products ([www.gdatp.com](http://www.gdatp.com)) (øverst til høyre), Bertin ([www.secondsight-gasdetection.com](http://www.secondsight-gasdetection.com), foto: FFI) (nederst til venstre) og Telops ([www.telops.com](http://www.telops.com)) (nederst i midten) og ABB ([www.abb.com/analytical](http://www.abb.com/analytical)) (nederst til høyre).

Innenfor det radiologiske området finnes det ikke noen entydig definisjon av avstandsdeteksjon. Alle typer radiologiske sensorer detekterer stråling som sendes ut i fra det radioaktive stoffet, og kunne således kalles "avstands-". For alfastråling er rekkevidden noen få cm og for betastråling opptil 50 m. For gammastråling er det i prinsippet ingen begrensning på rekkevidden, men intensiteten minker med kvadratet av avstand fra kilden. Skjermningseffekten av ulike materialer er også avhengig av hvor energirik strålingen er.

Innenfor NATO er det vanlig å bruke "avstands-" om alle typer detektorer som detekterer radioaktive kilder på lengre avstand enn tradisjonelle sensorer. Også innenfor dette området er det forskning på gang for å kunne detektere slike trusselstoffer på større avstander. En slik type sensorer vil imidlertid neppe være kommersielt tilgjengelig i et 10-års perspektiv.



Ny teknologi for avstandsdeteksjon av radioaktive stoffer kan dermed både omfatte nye og mer følsomme sensorer basert på kjente deteksjonsprinsipper, og sensorer som baserer seg på andre strålingseffekter. Det siste er særlig viktig for detektering av alfa- og betastråling som har svært kort rekkevidde i luft. Sensorer som kan oppdage effekter som oppstår når strålingen treffer luft vil dermed være svært nyttige. Såkalte *aktive* deteksjonsteknikker innebærer bestråling med f.eks gammastråling og kan brukes på containere som man mistenker inneholder fissile materialer som uran og plutonium. Disse materialene har en sterk strålingsskjermingseffekt som man kan oppdage på denne måten. Disse teknikkene vil også kunne finne bly og andre tilsvarende materialer som er brukt som strålingsskjerming.

En nærmere beskrivelse av mulige teknikker som har vært vurdert i NATO Industrial Advisory Group (NIAG) finnes i (15).

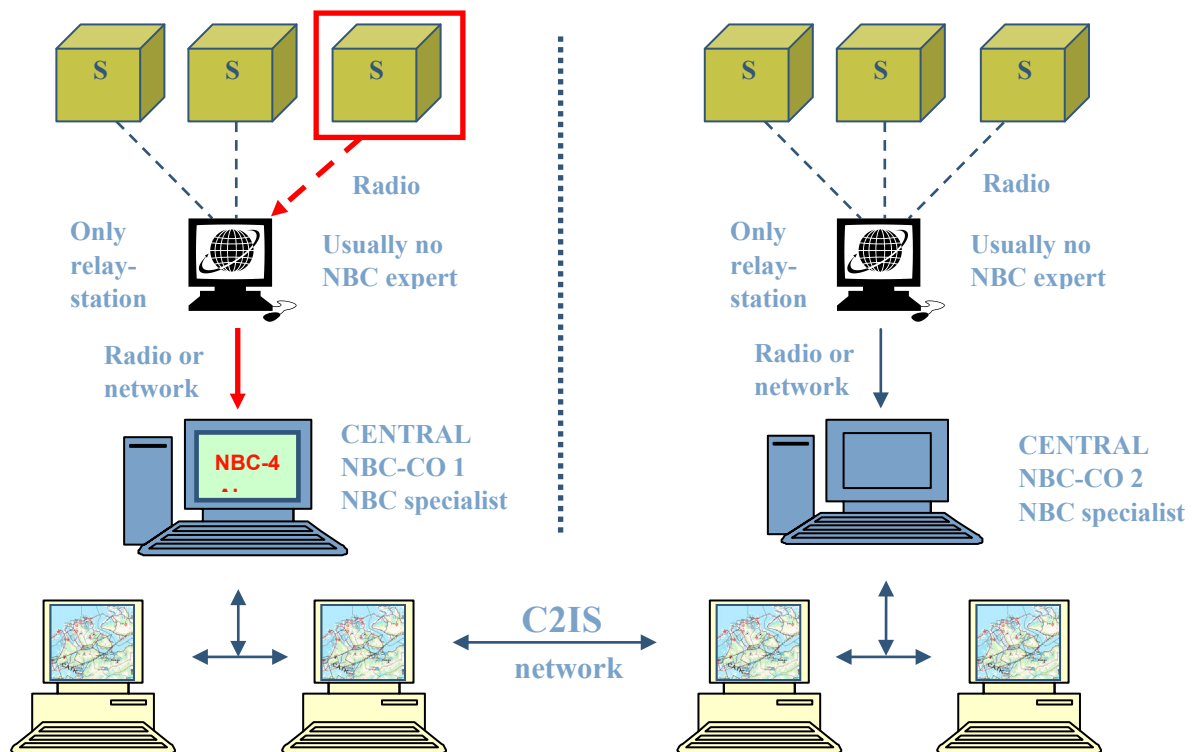
### 3 Sensornettverk

Ved å kople flere sensorer (av samme type eller av ulike typer) sammen i et nettverk, kan falsk alarmraten reduseres betraktelig. Det er spesielt innenfor dette området ("sensor- fusion") det forventes en stor utvikling de nærmeste årene (5-10 års perspektiv). Man vil innenfor relativt kort tid kunne ha integrerte systemer tilgjengelig som samler inn og analyserer informasjon fra flere ulike sensorer for deretter å presentere trusselsituasjonen for brukeren på en mest mulig oversiktlig måte (4). På dedikerte plattformer er enkle nettverk tilgjengelige allerede i dag. Sjøforsvaret har for eksempel integrert CRN-sensorer i noen av sine fartøy (fregatter og kystkorvetter), luftforsvaret har integrerte CRN-sensorer i noen av sine overvåkningsfly (P3-Orion), mens hæren har integrert CRN-sensorer i søke- og påvisningspanservogn (FUCHS).

En interessant mulighet for fremtiden er å plassere CBRN-sensorer om bord på ubemannede plattformer i luften (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) eller på land (Unmanned Ground Vehicle, UGV). Man kan da få forhåndsinformasjon om mulige trusselstoffer i et område uten å utsette personell for fare.

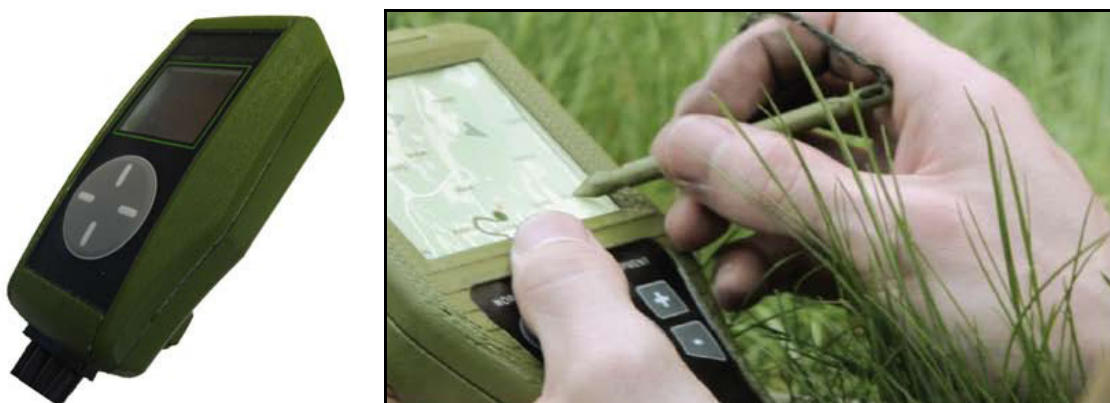
Et angrep eller en hendelse der CBRN-stridsmidler eller industrikjemikalier slippes ut, vil gi alarm på ulike CBRN-sensorer som er utplassert eller som bæres av personell. Disse alarmene vil kun være tilgjengelig i nærområdet. Det er imidlertid ønskelig at en alarm, etter en intern verifisering, sendes ut til et større geografisk område for raskt å varsle om en forestående fare og som grunnlag for operative vurderinger og beslutninger. Det er mulig å gjøre informasjon fra en del sensorer tilgjengelig direkte i et rapporteringsverktøy, som for eksempel NBC-analysis. Dette kan for eksempel gjøres ved hjelp av programmet Sensor Connectivity Information Management (SCIM<sup>®</sup>) fra Bruhn Newtech (tilleggsprogram til NBC Analysis). En nettverking av sensorer og automatisk sending av sensorinformasjon til høyere enheter vil være ønskelig fordi man da slipper å taste inn informasjonen selv, noe som er både tidkrevende og utsatt for feil (Figur 3.1). Sammenkopling av sensorer med rapporteringsverktøy vil kunne gi store besparelser i tid brukt til manuelt å taste inn informasjon i systemet. Dette vil også kunne redusere antallet falske alarmer dersom man forutsetter at minst to sensorer i et område (f.eks området til et infanterilag) må gi

alarm innen en bestemt tidsperiode (f eks 60 sek) for at alarmen skal klassifiseres som reell. Hvis ikke klassifiseres alarmen som falsk og varsel blir ikke sendt videre ut av laget (4).



Figur 3.1 Skjematisk fremstilling av informasjonsflyt ved en sensoralarm.

Et eksempel på hvordan en sammenkopling av sensorer på lokalt nivå kan gjennomføres i Hæren, er kommando-, kontroll- og informasjons- (KKI) enhetene, kalt NORMANS Lett og NORMANS Ledelse, utviklet ved FFI (Figur 3.2).



Figur 3.2 Normans Lett (venstre) og Normans Ledelse (høyre).

Normans Lett har blant annet innebygd kompass og GPS slik at den kan fungere som et navigasjonshjelpemiddel for soldaten (16) (Figur 3.2). I tillegg er den tilkopledd soldatens radio slik at den kan distribuere sin egen posisjon internt i soldatlaget. NORMANS Lett kan sende og motta meldinger, alarmer og sensordata til andre enheter i nærheten. Dette kan for eksempel være alarmer fra en personlig kjemisk sensor (Lightweight Chemical Detector, LCD, Figur 2.3) eller en radiologisk sensor (Automess, Figur 2.1). Dette gjør at andre soldater i nærheten raskt kan motta alarm når noe har skjedd.

NORMANS Ledelse (Figur 3.2) er et kommando- og kontroll- system tiltenkt lagfører, nestlagfører og troppssjef. Brukeren får et til enhver tid oppdatert stridsbilde. Dette gir økt situasjonsforståelse, kontroll og evne til å lede. Brukeren av NORMANS Ledelse kan også tilkobles aktive sensorer. Man kan videre nyttegjøre seg passive sensorer som er koblet til lett-enheter i nettverket. Meldingsfunksjonaliteten i NORMANS Ledelse muliggjør sending og mottak av kartoverlegg, fritekst, ordre, alarmer og posisjoner.

## 4 Konklusjon

Det er i dette notatet gitt en oversikt over hvilke sensorer for kjemiske og radiologiske trusselstoffer som finnes på markedet i dag. Det skjer i Norge ingen forskning og utvikling på slike sensorer. Ved FFI brukes tilgjengelige sensorer i CBRN-vernforkning. Videre bistår FFI Forsvaret i utdanning i bruk av sensorer og vi holder et øye med utviklingen for å finne ut om det er noe nytt som dukker opp. Der FFI kan bidra i utviklingen, er i sammenkopling av sensorer og oppbygging av sensornettverk. Det anbefales at CRN-sensorer koples sammen i nettverk for å gjøre sensorinformasjonen tilgjengelig for flere brukere og for å redusere falsk alarm raten fra de sammenkoblede sensorene.

CATSS ble laget for å demonstrere hvordan man kan kople sammen flere ulike sensorer i et detektorsystem og samle informasjon fra sensorene i et system med et felles brukergrensesnitt. Denne informasjonen ble så presentert for brukeren på en strømlinjeformet måte (17). Det er videre i NORMANS prosjektet laget en KKI-enhet som kan samle inn og presentere informasjon fra ulike sensorer (18). Også CBRN-sensorer vil enkelt kunne tilkoples NORMAS KKI-systemet. Det må i så fall lages en algoritme som angir når en alarm kan anses som ekte, og hvordan den deretter skal sendes ut til de aktuelle mottakerne.

Det kan videre være aktuelt å montere kjemiske eller radiologiske sensorer på ubemannede kjøretøy, enten til lands (UGV) eller i lufta (UAV). De samme utfordringene med hensyn på hvilken informasjon som skal sendes tilbake og hvordan falske alarmer kan filtreres ut, vil være til stede her.

## **Appendix A      Oversikt over aktive dosimetre**

Informasjonen er hentet fra CBRNE Technical Guide 2010 (CBRNe World ©)



# Active Dosimeters

	Direct-Reading (1)	DMC2000S (2)	DMC2000X (3)	DMC2000XB (4)	DMC2000GN (5)	SOR/T (6)	SOR/R (7)	SOR/RF (8)	RAD 60 (9)	DOSE-GARD (10)
Size of product (Height, Width, Depth in cm)	12.4 x 1.5	8.4 x 4.8 x 1.75	8.4 x 4.8 x 1.75	8.4 x 4.8 x 1.75	8.7 x 4.8 x 2.1	8 x 4.8 x 0.9	8 x 4.8 x 0.9	8 x 4.8 x 0.9	7.8 x 6.7 x 2.2	3.81 x 1.91
Weight (grammes)	25g	56g	58g	58g	80g	55g	55g	55g	80g	46g
Op temperature range	-20c to 50c	-10c to 50c	-10c to 50c	-10c to 50c	-10c to 50c	-40c to 50c	-20c to 50c	-20c to 50c	-20c to 50c	-30c to 71c
Technology utilised	Ion Chamber	Silicon detector	Silicon detector	Silicon detector	Silicon detector	Silicon detector	Silicon detector	Silicon detector	Silicon detector	Ion Chamber
Types of radiation measured	Gamma, X-Ray	Gamma, X-Ray	Gamma, low X-Ray	Gamma, low X-Ray, beta	Gamma, Neutron	Residual / tactical Gamma, Neutron	Residual Gamma	Residual Gamma	Gamma, X-Ray	Gamma, X-Ray
Energy range	16 KeV to 6 MeV	50 KeV to 6 MeV	20 KeV to 6 MeV	y,x: 20 KeV to 6 MeV β: 60KeV to 3.5 MeV	y: 50 KeV to 6 MeV n: 0.025 eV to 15 MeV	50 KeV to 6 MeV	50 KeV to 6 MeV	50 KeV to 6 MeV	50 KeV to 6 MeV	50 KeV to 6 MeV
Accumulated dose measured	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Shift dose measured	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dose rate alarm(s)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dose alarm(s)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Audible or visual alarm	No	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both
Reach-back	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Battery type / Battery life	N/A	LiMn O <sub>2</sub> 6 months continuous	LiMn O <sub>2</sub> 4.5 months continuous	LiMn O <sub>2</sub> 4.5 months continuous	LiMn O <sub>2</sub> 4.5 months continuous	LiMn O <sub>2</sub> 6 months continuous	LiMn O <sub>2</sub> 6 months continuous	LiMn O <sub>2</sub> 6 months continuous	AAA 2000 hours	Lithium disk 3 years
Countries sold	Civil defence, Homeland security, Industry	Civil defence, Industry Worldwide	Civil defence, Medical Worldwide	Medical & Industry Worldwide	Industry & Defence Worldwide	NATO countries	NATO countries	Not supplied	Civil Defence & Industry	NY OEM, Penns Power, PA Dept. Env. & others





Sponsored by



**MIRION**  
TECHNOLOGIES

Health Physics  
Division

Ultra-Radiac (11)	AN/UDR-13 (12)	Sentry (13)	Sentry USB (14)	micro-Raider (15)	1405 (16)	1610 (17)	1703MO-1A/B (18)	1604 A/B (19)	1621 (20)	1208M (21)	1203M (22)	1603A (23)	1208 (24)
10 x 6.6 x 3.1	10 x 6.6 x 2.8	9.7 x 7 x 2.5	10.5 x 6.7 x 2.7	12.2 x 6.8 x 3	14.8 x 8.5 x 4	5.8 x 5.8 x 1.8	7.5 x 3.5 x 9.8	5 x 9 x 1.9	8.7 x 7.2 x 3.5	5.2 x 4.8 x 1.8	12.5 x 4.2 x 2.4	5 x 5.6 x 1.9	5 x 4.5 x 2
269g	270g	136g	227g	390g	290g	70g	250g	85g	150g	100g	90g	85g	95g
-30c to 61c	-51c to 50c	-20c to 50c	-20c to 50c	-20c to 50c	-10c to 50c	-20c to 50c	-30c to 50c	-20c to 70c	-40c to 60c	0c to 45c	-15c to 60c	-20c to 70c	0c to 45c
Energy compensated GM tube	Pin Diode PMOS, GM tube	Geiger Muller tube	Energy compensated GM tube	Solid state CdZnTe	Geiger Muller tube	Geiger Muller tube	Csl, Geiger Muller tube	Geiger Muller tube	Geiger Muller tube	Geiger Muller tube	Geiger Muller tube	Geiger Muller tube	Geiger Muller tube
Gamma	Gamma, Neutron	Gamma, X-Ray	Gamma, X-Ray	Gamma, Neutron	Gamma, Beta	Gamma, X-Ray	Gamma	Gamma	Gamma, X-Ray	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
60 KeV to 1.5 MeV	80 KeV to 3 MeV	40 KeV to 6 MeV	30 KeV to 10 MeV	50 KeV to 3 MeV	50 KeV to 3 MeV A: 50 KeV to 3 MeV B: 100KeV to 3.5 MeV	20 KeV to 10 MeV	33 KeV to 3 MeV	48 KeV to 6 MeV	10 KeV to 2 MeV	60 KeV to 1.5 MeV	60 KeV to 1.5 MeV	48 KeV to 3 MeV	60 KeV to 1.5 MeV
Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
No	No	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Audible	Both	Both	Both	Audible	Both
No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
AAA 150 hours	AAA 150 hours	9V 1500 hours	9V 1500 hours	L-ion 20 hours	AA 6 months	Rechargeable battery 1 month	AA 1000 hours	Lithium CR2032 9 months	AA 12 months	Lithium CR2032 18 months	v357 12 months	Lithium CR2032 9 months	Lithium CR2032 12 months
First responders	NL Navy, US Civil Defence, Army: US, IT, CAN, ESP, IRL, DAN, Taiwan	Not supplied	Not supplied	RCMP, NYPD, State of Illinois	First responders, Industry	Industry & Medical	Border police and customs, First responders	Industry & Medical	First responders	Industry	Border police and customs, First responders	Border police and customs, First responders	Industry





# Active Dosimeters

Sponsored by



**MIRION** Health Physics  
TECHNOLOGIES Division

	K8 (25)	Model 25 (26)	MiniTrace Gamma (27)	Gamma i (28)	EPD N (29)	EPD Mk 2 (30)	EPD Mk 2+ (31)	EPD G (32)	GammaRAE II R (33)	NeutronRAE II (34)
Size of product (Height, Width, Depth in cm)	3.9 x 2.5 x 1.2	7.6 x 5.4 x 1.7	1.3 x 8.2 x 2.4	9.8 x 6.9 x 2.5	8.6 x 6.3 x 1.85	8.5 x 6.3 x 1.9	8.5 x 6.3 x 1.9	8.5 x 6.3 x 1.9	12.5 x 6.8 x 3.5	12.5 x 6.8 x 3.5
Weight (grammes)	13g	145g	175g	145g	108g	95g	95g	95g	270g	283g
Op temperature range	-10c to 45c	-40c to 65c	-10c to 50c	-25c to 50c	-10c to 40c	-10c to 40c	-10c to 50c	-10c to 50c	-20c to 50c	-20c to 50c
Technology utilised	Solid state	Energy compensated GM tube	Geiger Muller tube	Si Diode, Energy comp, isotropic	Multi detector	Multi detector	Multi detector	Multi detector	Pin Diode Csl (TI)	3cc Csl (TI) photodiode, 1cc LiI (EU)
Types of radiation measured	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma, X-Ray, Beta	Gamma, Neutron X-Ray	Gamma, Beta X-Ray	Gamma, Beta X-Ray	Gamma, X-Ray	Gamma	Gamma, Neutron
Energy range	20 KeV to 10 MeV	16 KeV to 2 MeV	48 KeV to 3 MeV	y: 50 KeV to 6 MeV B: >2 MeV	n: 0.025 eV to 15 MeV photons: 20 KeV to 10 MeV	15 KeV to 10 MeV	15 KeV to 10 MeV	15 KeV to 10 MeV	6 KeV to 3 MeV	y: 6 KeV to 3 MeV n: 14 MeV
Accumulated dose measured	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Shift dose measured	No	No	Not Supplied	Not Supplied	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dose rate alarm(s)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dose alarm(s)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Audible or visual alarm	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both
Reach-back	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Battery type / Battery life	Lithium CR2032 1500 hours	Lithium 6000 hours	AA 2000 hours	AA 4000 hours	AA 42 days	AA 30 weeks	AA 45 days	AA 45 days	AA 900 hours	AA 900 hours
Countries sold	First responders	First responders	Homeland Security, Emergency ministries, Industry in DEU, FRA, RUS, UKR, PRC, IND	Not supplied	Not supplied	USN, Army: DEN, AUT, UK.  First responders: UK	Not supplied	Not supplied	First responders	Military & First responders



## **Appendix B      Oversikt over detektorer for TIC og kjemiske stridsmidler**

Informasjonen er hentet fra CBRNE Technical Guide 2010 (CBRNe World ©)



# TICs Detectors

	(1) FirstDefender RM	(2) TruDefender FT	(3) FirstDefender RMX	(4) TruDefender FTG	(5) HAPSITE ER	(6) Chameleon	(7) HAZMATCAD Plus	(8) SAFESITE MTX
<b>Detection technique used</b>	Raman Spectroscopy	FTIR Spectroscopy	Raman Spectroscopy	FTIR Spectroscopy	GC/MS	Colorimetric	Electro Chemical Sensor (E-Chem) and Surface Acoustic Wave (SAW)	PID Electro Chemical cells and Surface Acoustic Wave (SAW)
<b>Number of chemicals:</b>								
<b>TICs</b>	1,000 – 2,500	1,000 – 2,500	1,000 – 2,500	200 – 500	5,000+	20 – 50	5-10	20-50
<b>TICs and CWA</b>	1,000 – 2,500	1,000 – 2,500	1,000 – 2,500	200 – 500	5,000+	20 – 50	10-20	20-50
<b>CWA</b>	>50	20-50	>50	0	5-10		5-10	5-10
<b>Type of sample detected</b>	Liquids, solids & mixtures	Liquids, solids and mixtures	Liquids, solids & mixtures	Headspace Gas	Gas, soil, vapour	Gas, vapour, liquid	Gas, vapour	Gas, vapour
<b>Sampling process</b>	Introduced sample	Introduced sample	Introduced sample	Not supplied	Introduced sample	Constant	Introduced, constant, periodic sample	Not supplied
<b>Time of analysis</b>	Typically <30 seconds	Typically <30 seconds	Typically <30 seconds	Typically <30 seconds	10 mins – GC/MS, <3 mins – MS	One-half IDLH in < 3 mins PEL in < 30 mins	20 Sec CWA 1 sec E-Chem	Seconds
<b>Consumables</b>	None	None	None	None	Carrier Gas, Internal Standard, Gas, Battery, NEG Pump	Colorimetric Detection Cassettes	None	None
<b>Training burden</b>	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Moderate – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent
<b>Weight</b>	800g	1.25kg	919g	1.2kg	35lbs	50g	1.43kg	7lbs
<b>Power</b>	Rechargeable Internal Lithium Ion Battery; Surefire batteries; Wall plug transformer 100-240V AC 50/60Hz	Rechargeable Internal Lithium Ion Battery; Surefire batteries; Wall plug transformer 100-240V AC 50/60Hz	Rechargeable Internal Lithium Ion Battery; Surefire batteries; Wall plug transformer 100-240V AC 50/60Hz	Rechargeable Lithium-Ion battery	Battery or AC	None	120-240V AC	120-240V AC with a 7.4V L-ion battery
<b>Monitor as well as detect</b>	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Customers</b>	Military organizations, governmental agencies, and hazmat and law enforcement teams worldwide	Military organizations, governmental agencies, and hazmat and law enforcement teams worldwide	Military organizations, governmental agencies, and hazmat and law enforcement teams worldwide	Military organizations, governmental agencies, and hazmat and law enforcement teams worldwide	US and International armed forces, Emergency response teams, Government agencies	Major cities, Military	Fire dept. Hazmat teams, First responders	Fire dept. Hazmat teams, Homeland security, Industrial chemical



Sponsored by



(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Brimrose AOTF NIR	ChemPro100i	GDA2	D1000 Multi species gas analyser	ppbRAE3000	AreaRAE	MultiRAE Plus	MiniRAE 3000	ToxiRAE Plus PID	AccuSense
AOTF (Acousto Optic Tunable Filter) NIR (Near Infra Red)	Orthogonal aspired IMS + semi-conductor sensors	Hybrid sensor array: 4 orthogonal sensors	Differential UV absorption spectrometry	Photoionization detector (PID)	Photoionization detector (PID) and up to 5 other gas sensors	Photoionization detector (PID) plus additional sensors	Photoionization detector (PID)	Photoionization detector (PID)	Dual hyphenated gas chromatograph
200 – 500	20 – 50	200 – 500	20 – 50	500 – 1000		500 – 1000			50 – 100
200 – 500	20 – 50	200 – 500	1 – 5	500 – 1000	200 – 500	500 – 1000	200 – 500	200 – 500	
10-20	10-20	10-20	1-5	10 – 20		10 – 20			
Soil, gas, vapour, solids	Gas, vapour	Vapour	Gas, vapour	Gas, vapour	Vapour	Gas, vapour	Vapour	Vapour	Gas, vapour
Constant and periodic	Constant	Constant and introduced	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant
100 millisecond	Seconds	3-15 seconds	2-60 seconds	<3 seconds	Continuous	<3 seconds	Continuous	Continuous	3 minutes
None	Filters	Filters	None	Filters, lamp, battery, pump repair kit	None	Filters, sensors, battery, pump repair kit	None	None	None
Moderate – infrequent	Light – infrequent	Light – moderate	Light – moderate	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent
7-10lbs	800g	4.2kg	10kg	0.738kg	3.9kg	0.454kg	0.738kg	0.180kg	23lbs
Battery – 2 hours then remove battery to recharge	Rechargeable Lithium-ion battery or AA batteries	Battery or 12V DC power supply	50-100 Watts 12V DC or 240 VAC	Rechargeable, L-ion battery pack, Alkaline battery	Rechargeable, 7.4 V, 4.5Ah, Lithium-ion battery pack with built in charger or 6 C-size alkaline battery adapter	Rechargeable, L-ion battery pack, Alkaline battery	Rechargeable, external field replaceable Lithium ion battery pack	Rechargeable, 2.4 V, 1100mAh, Ni-Cd battery pack or 2AA alkaline battery adapter	Battery or VAC power supply
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ECBC Edgewood, Maryland	Military Indian, Italian, Slovenian, Bulgarian, Dutch, Finnish, US National Guard  Civil <30 countries	1st Response teams, HazMat, Military	TNO, Air Quality Industry	Global civil defence, Military and government agencies	Heavy industrial including petrochemical HazMat/ Homeland Security and Emergency Response	Global civil defence, Military and government agencies	Heavy industrial including petrochemical HazMat/ Homeland Security and Emergency Response	Heavy industrial including petrochemical HazMat/ Homeland Security and Emergency Response	Private industry, Military, HazMat

Please turn over





# TICs Detectors

	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)
	HGVI	Gas ID	LCD 3.2E	LCD 3.3	Responder RCI	HAZMAT ID Ranger	HAZMAT ID	CHP-5
<b>Detection technique used</b>	H-Fusion - IMS, PID, TGS Array	FTIR	Non radioactive IMS	Non radioactive IMS	Raman	FTIR	FTIR	Wet chemistry (detection tubes)
<b>Number of chemicals:</b>								
<b>TICs</b>	2,500 – 5,000	>5,000	5 – 10	10 – 20	2,500 – 5,000	5000+	5000+	5-10
<b>TICs and CWA</b>	2,500 – 5,000	>5,000	10 – 20	20 – 50	2,500 – 5,000	5000+	5000+	5-10
<b>CWA</b>	5 – 10	5 – 10	10 – 20	10 – 20	10 – 20	10 – 20	10 – 20	5 – 10
<b>Type of sample detected</b>	Gas, vapour	Gas, vapour	Gas, vapour	Gas, vapour	Solids, liquids, mixes	Solids, liquids, mixes	Solids, liquids, mixes	Gas, vapour, soil
<b>Sampling process</b>	Constant	Introduced sample	Constant	Constant	Introduced sample	Introduced sample	Introduced sample	Periodic
<b>Time of analysis</b>	5 – 30 seconds	<2 minutes	<10 seconds	<10 seconds	<1 minute	<1 minute	<1 minute	6 min
<b>Consumables</b>	Replaceable Sieve pack (250-300 hours/sieve pack)	Thermal desorption tubes, Tedlar bags	Sieve pack	Sieve pack	None	None	None	Detection tubes
<b>Training burden</b>	Moderate – infrequent	Moderate – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Moderate – infrequent
<b>Weight</b>	3.4kg	10.9kg	0.65kg	0.65kg	2.7kg	<3kg	10.4kg	4.5kg
<b>Power</b>	Rechargeable L-ion Battery	Rechargeable Internal L-ion Battery or 100-240V AC	AA batteries	AA batteries	Rechargeable L-ion, mains	Rechargeable L-ion, mains	Rechargeable L-ion, mains or cigarette lighter adapter	Li-Ion battery / vehicle source 12 – 40V
<b>Monitor as well as detect</b>	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No	No
<b>Customers</b>	Emergency Responders, Law Enforcement personnel, and military agencies	Emergency Responders, Law Enforcement personnel, and military agencies	Military: US, UK, Australia, Sweden, Denmark, Croatia, Spain  Civil RCMP	Military: US, Germany, Canada, Singapore, Austria	Emergency Responders and military agencies	Emergency Responders and military agencies	Emergency Responders and military agencies	Army, Civil defence, Fire Brigades, Municipal Protection forces



Sponsored by



(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
ORM-17.K	RAID - M100	µRAID	Juno	ACB2000	Agentase Disclosure Spray	Agentase Cad Kit	Fido Verdict	AP2C/AP4C	CAM	LCD NEXUS
Wet chemistry	IMS with membrane and drift tube	IMS with membrane and drift tube	Differential mobility spectrometry	GC/MS	Wet chemistry	Wet chemistry	Raman	Flame spectrometry	IMS	IMS
	20 – 50	50 – 100	5 – 10	5,000+	N/A	10 – 20	1,000 – 2,500	5,000+	5 – 10	10 – 20
20 – 50	20 – 50	50 – 100	10 – 20	5,000+	10 – 20	10 – 20	1,000 – 2,500	5,000+	10 – 20	20 – 50
	5 – 10	5 – 10	5 – 10	50+	10 – 20	10 – 20	20 – 50	20 – 50	5 – 10	10 – 20
Water, soil, gas, vapours	Gas, vapour	Gas, vapour	Vapour	Liquid, gas, vapour, solids	Surface, solids, soil	Surface, solids, liquids	Liquids, solids, mixes	Water, soil, gas, vapour, solids	Gas, vapour	Gas, vapour
Periodic	Constant	Constant or periodic	Constant	Introduced	Introduced	Introduced	Introduced	Constant	Constant	Constant
5 min	Seconds	Seconds	<1 min	<2 mins	1–5 mins	1–5 mins	1 min	Instantaneous	1–10 seconds	<10 seconds
Tubes, strips & papers	Filter and dopant	Filter and dopant	Battery, sieve	None	None	None	None	Hydrogen, L-ion battery	CAM battery	Sieve pack
Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Infrequent – moderate	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent	Light – infrequent
4.5kg	3.4kg	1.3kg	<2lb	25lb	600g	1.2lb	<500g	2kg	1.9kg	3.1kg
N/A	Rechargeable, L-ion battery pack	AA batteries	Battery or 110 VAC	12 V or 110 VAC	N/A	N/A	Lithium Ion; USB cable	2 Watts	6 V battery or 4xD cell with training adapter	AA batteries
No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	Yes	No	Yes
Fire Brigades, First responders	NATO countries, fire brigades, first responders	New product	Military, Homeland security, other government agencies	ECBC, US Army, First responders	Military, Police, Civil defence, First responders	Military, Police, Civil defence, First responders	State Department, First responders	Military, Police, Civil defence, customs organisations of more than 40 countries	Military, Police, Civil defence, customs organisations of more than 40 countries	Not Supplied



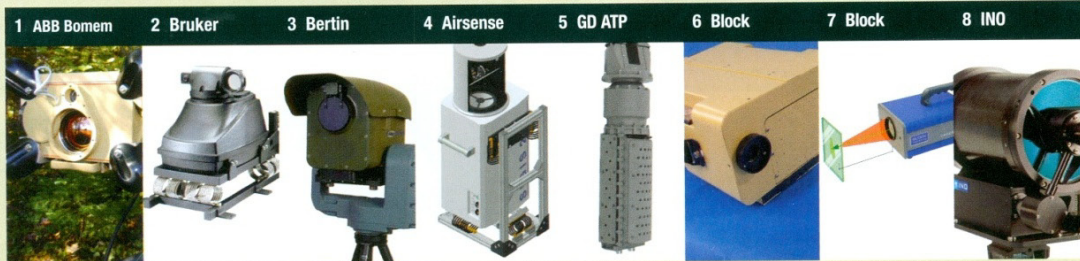


## **Appendix C      Oversikt over avstandsdetektorer**

Informasjonen er hentet fra CBRNE Technical Guide 2010 (CBRNe World ©)

# Stand Off Detection

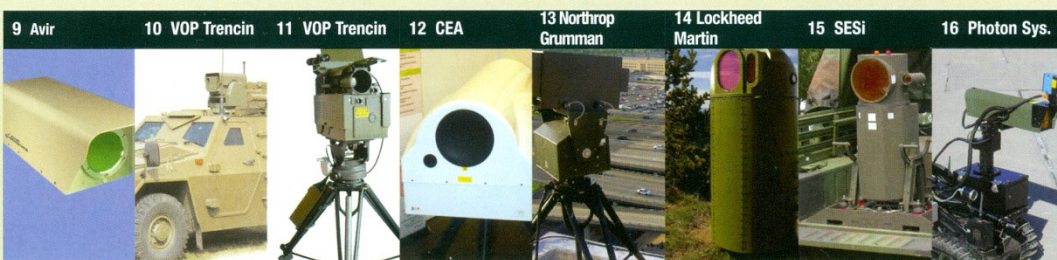
	1	2	3	4	5	6	7	8
	CATSI EDM	RAPID	Second Sight	SIGIS 2	I-SCAD	PORTHOS	LaserScan	SR-Biospectra
<b>Agent Detected (C,B,R)</b>	C	C	C	C	C	C	C, E	B
<b>Identification</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
<b>Detection technology</b>	FTIR	FTIR	Uncooled LWIR camera	FTIR	FTIR	FTIR	QCL Laser Absorption Spectrometer	Lidar, UV
<b>Passive/Active</b>	Passive	Passive	Passive	Passive	Passive	Passive	Active	Active
<b>Maximum stand-off (in Metres)</b>	5000 Metres	5000 Metres	<5000 Metres	>5000 Metres	>5000 Metres	5000 Metres	0.6 Metres	500 Metres
<b>Maximum scan rate (degrees per second)</b>	14.5	120 azimuth, 20 elevation	N/A	15	144	Not supplied	Not supplied	User defined
<b>Agent/cloud tracking?</b>	Yes	Semi-automatic	Yes	Yes	Yes	No	No	No
<b>Size of system (LxHxW cm)</b>	Modular	52 x 41 x 37	67 x 33 x 28	37 x 119 x 58	Modular	30.5 x 34 x 16.5	25 x 20 x 12	63.5 x 30.5 x 40.6
<b>Weight of system</b>	75 kg	29 kg	18 kg	67 kg	18.6 kg	7 kg	4.3 kg	24 kg
<b>Library upgradeable in...</b>	Field	Factory	Field	Factory	Field	HQ	HQ	Field
<b>Day/Night operable</b>	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both	Both
<b>Remote use</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Tested by</b>	DRDC	DSTL, FOI, Dugway	CEB, Dugway, Brno	German Forces	US Military	US Government	US Government	DRDC
<b>In service with</b>	Canadian Forces	Mil: Sweden, UAE Romania, Slovenia, Civ: Romania, Japan	French Forces, others	Civ: Germany, Italy, Denmark, Austria	US Military	US Government	New product	Research device: TRL6



Sponsored by



9	10	11	12	13	14	15	16
ChemSight Model CS450	DD-CWA-A	DD-CWA-S	LIBS	MCAD	PROWL R	JBSDS - 1	TUCBE
C	C, B (in testing)	C, B (in testing)	C	C	B	B	C, B, E
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes
Open path, IR	CO <sub>2</sub> DIAL (C) DISC (B)	CO <sub>2</sub> DIAL (C) DISC (B)	Laser Induced Breakdown Spectroscopy	FTIR	LIDAR	LIDAR, IR, UV	Raman, Fluorescence
Active	Active	Active	Active	Passive	Active	Active	Active
45 Metres	5000 Metres	5000 Metres	<20 Metres	5 Metres	5000 Metres	> 5000 Metres	5 Metres
N/A	18	18	N/A	26	5	2	UGV dependent
N/A	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No
17 x 19 x 57 (Detector) 35 x 35 x 27 (Source)	54 x 28 x 26	54 x 28 x 26	90 x 50 x 40	56.5 x 35.4 x 22.2	60 x 120 x 60	244 x 130 x 193	63.5 x 12.5 x 12.5
8.2 kg (Detector) 4.5 kg (Source)	29 kg	29 kg	110 kg	46 kg	100 kg	314 kg	3.5 kg
Field	HQ	HQ	Factory	Field	Field	Field	Field & Factory
Both	Both	Both	Not supplied	Both	Both	Night, Low light	Both
Yes	Yes	Yes	Not supplied	Yes	Yes	Yes	Yes
US Government	Slovak armed forces, VTUO, WICHIR	Slovak armed forces, VTUO, WICHIR	CEA	US Government	Dugway, Eglin	US DoD	Tardec, TATRC
US Government, Commercial industry	Slovak armed forces	Slovak armed forces. Polish first responder	Research device: TRL6	Not supplied	New product	US DoD	New Product





## Referanser

---

- (1) NATO Glossary of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Terms and Definitions. English and French, AAP-21(B), NATO July 2006
- (2) Tørnes J Aa, Busmundrud O, Engøy T, Olsen J Strand (2005); Equipment for detection of weapons of mass destruction onboard ships; FFI/RAPPORT-2005/00944 (RESTRICTED)
- (3) NATO JCGCBRN DIMSG; CBWA Early Warning and Detection Triptych (2010); NATO Joint Capability Group on CBRN Defence; D/100 (ratification draft) (NATO/PFP UNCLASSIFIED)
- (4) Tørnes J Aa (2008); CBRN-deteksjon i et nettverksbasert forsvar; FFI-notat 2008/01415 (Unntatt offentlighet)
- (5) Blatny J M (2010); Biologisk punktdeteksjon – status og FFIs rolle; Forsvarets forskningsinstitutt, 2010/00926-1/FFI/911 (Unntatt offentlighet)
- (6) Teknisk håndbok radiacmeter, avdelingssett Automess 6150 AD, TH 5-6665-25/219-10, Forsvarets logistikkorganisasjon/ Land, 2003
- (7) Choppin G, Liljenzin J and Rydberg J: ”Radiochemistry and Nuclear Chemistry” 3. utgave, 2002
- (8) NATO Industrial Advisory Group: ”NIAG 112- Stand-off detection technologies for radiological threats, final report”, 9. mai 2008
- (9) US Department of Homeland Security (2007); Guide for the Selection of Chemical Detection Equipment for Emergency First Responders; Guide 100-06, 3rd Edition, January 2007
- (10) CBRNE Technical Guide 2009, a CBRNe World supplement to the Winter '09 Edition, CBRNe World, Littleton, Winchester, UK
- (11) Tørnes J Aa (2001); Assessment of hazards to troop health and safety from toxic industrial materials in Kosovo; FFI/RAPPORT-2001/04995 (Unntatt offentlighet)
- (12) Vik T, Tørnes J Aa, Tønsager J, Hussain F, Gilljam B H, Opstad Aa M (2009); Test av portable infrarød- og Raman-spektrometre: HazMatID, RespondeR og FirstDefender; FFI-rapport 2009/01958 (Unntatt offentlighet)
- (13) US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine (February 2008); Health-Based Chemical Vapor Concentration Levels for Future Systems Acquisition and Development; TECHNICAL REPORT NO. 64-FF-07Z2-07
- (14) Rustad G, Gran H C, Busmundrud O (2006); Avstandsdeteksjon av kjemiske og biologiske stridsmidler – Teknologispill til FS07; FFI/Rapport 2006/00050 (Unntatt offentlighet)
- (15) Rustad G (2009); Vurdering av teknologier for avstandsdeteksjon av radiologisk material; FFI-rapport 2009/02192
- (16) Olsen L E, Flathagen J, Tveit B (2007); NORMANS Lett – teknisk beskrivelse; FFI-rapport 2006/03967 (Unntatt offentlighet)
- (17) Tørnes J Aa, Prydz P, Nilssen J R, Sagsveen B (2006); Testing of the Chemical Atomic and Toxic compound Surveillance System – CATSS; FFI-rapport 2006/02984

---

(18) Flathagen J (2009); Kommando, kontroll og informasjonssystemer på soldatnivå;  
FFI-rapport 2009/01059 (Unntatt offentlighet)