

FFI RAPPORT

OVERVÅKINGS- OG SIKRINGSSYSTEMER FOR MFU03

GRAN Hans Chr, BERGER Tor, DYRDAL Idar, BUSMUNDRUD Odd,
PEDERSEN Bjørn

FFI/RAPPORT-2002/04122

FFIBM/826/137

Godkjent
Kjeller 18. oktober 2002

Bjørn Arne Johnsen
Forskningsjef

**OVERVÅKINGS- OG SIKRINGSSYSTEMER FOR
MFU03**

GRAN Hans Chr, BERGER Tor, DYRDAL Idar,
BUSMUNDRUD Odd, PEDERSEN Bjørn

FFI/RAPPORT-2002/04122

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2002/04122	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 33
1a) PROJECT REFERENCE FFIBM/826/137	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE OVERVÅKINGS- OG SIKRINGSSYSTEMER FOR MFU03		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) GRAN Hans Chr, BERGER Tor, DYRDAL Idar, BUSMUNDRUD Odd, PEDERSEN Bjørn		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: _____ IN NORWEGIAN: _____ a) _____ a) _____ b) _____ b) _____ c) _____ c) _____ d) _____ d) _____ e) _____ e) _____		
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT The report presents the current status and expected future developments of some surveillance and safety systems covering NBC surveillance, camera surveillance and field reconnaissance. A short description of sensor technology and possible interconnection between systems is given. Possible fields of application and costs associated with two selected areas are briefly presented.		
9) DATE 18. October 2002	AUTHORIZED BY This page only Bjørn Arne Johnsen	POSITION Director of Research

ISBN 82-464-0653-1

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOLD

	Side
OVERVÅKINGS- OG SIKRINGSSYSTEMER FOR MFU03	7
1 INNLEDNING	7
1.1 Generelt	7
1.2 ABC-overvåking	8
1.3 Overvåking for sikringsformål	9
Perimeterovervåking	10
Områdeovervåking	10
Skallovervåking	10
Objektovervåking	10
1.4 Feltetterretning	10
2 SENSORTEKNOLOGI	11
2.1 Aktive og passive sensorer	11
2.2 Fysiske prinsipper	11
2.2.1 Generelt	11
2.2.2 Mekaniske sensorer	13
2.2.3 Elektromagnetiske sensorer	14
2.2.4 Elektrooptiske og bildedannende sensorer	15
2.2.5 Kjemiske sensorer	17
2.3 Systemparametre	17
2.4 Signalbehandling	17
2.5 Kombinasjoner	17
3 ABC-OVERVÅKING	18
3.1 Status	18
3.1.1 Eksisterende ABC-overvåkingssystemer	18
3.1.2 C-deteksjon	18
3.1.3 B-deteksjon	19
3.2 Trender	19
3.2.1 Integrasjon i KKI-systemer	19
3.2.2 Mer avanserte spredningsmodeller	19
3.2.3 Stand-off deteksjon (avstandsdeteksjon) av kjemiske stridsmidler	20
3.2.4 Biologisk deteksjon	21
3.2.5 Industrikjemikalier	22
4 OVERVÅKING FOR SIKRINGSFORMÅL	23
4.1 Status	23
4.1.1 Perimeterovervåking	23

4.1.2	Områdeovervåking	23
4.1.3	Skallovervåking	24
4.1.4	Objektovervåking	24
4.2	Trender	24
4.2.1	Generelt	24
4.2.2	Systemer for operative anvendelser i et 10-15 års perspektiv	25
4.2.2.1	Mobilt kameraovervåkingssystem	25
4.2.2.2	APM-E Anti-personellmineerstatning	26
5	FELTETTERRETNING	27
5.1	Status	27
5.1.1	Generelt	27
5.1.2	Eksisterende marksensorsystemer	27
5.1.3	Akustiske marksensorer	28
5.2	Trender	29
6	TEKNOLOGISK SAMMENKOBLING	30
7	OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	30
8	LITTERATUR	31
	Fordelingsliste	32

OVERVÅKINGS- OG SIKRINGSSYSTEMER FOR MFU03

1 INNLEDNING

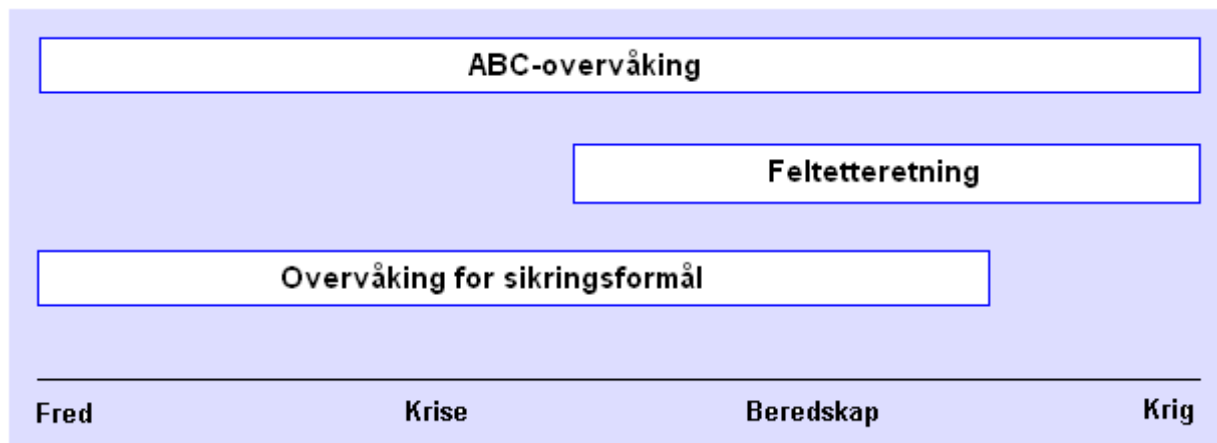
1.1 Generelt

Systemer for overvåking og sikring skal dekke et bredt spekter av behov. I denne rapporten avgrenses dette til følgende:

- ABC-overvåking
- Overvåking for sikringsformål
- Feltetterretning

Dette vil dekke behov som spenner fra den enkelte soldat, i forbindelse med monitorering av stridsmiljøet, overvåking av eksterne trusler i forbindelse med styrkebeskyttelse og feltetterretning i forbindelse med planlegging av operasjoner på taktisk nivå.

Formålet med rapporten har vært å beskrive teknologiske systemløsninger innefor området overvåking og sikring som vil kunne ha betydning for Forsvarets operative evne i 2015. Selv om systemene er forskjellige har de likevel fellestrekk i bruk og teknologiske løsninger. Figur 1.1 illustrerer i grove trekk hovedanvendelsene for de enkelte systemene.



Figur 1.1 Bruksområder for de ulike overvåknings- og sikringssystemene fra freds- til krigsoperasjoner

1.2 ABC-overvåking

Et ABC-overvåkingssystem består av et antall sensorstasjoner som via kabel eller radio kommuniserer med en sentral datamaskin med kapasitet for å utføre logging og analyse av data. Se oversiktstegning i Figur 1.2. Sensorstasjonene i overvåkingssystemet har ulike detektorer/sensorer for radioaktiv stråling, kjemiske stridsmidler og toksiske industrikjemikalier i luften samt værdata. For tiden gjør mange forskningsmiljøer en stor innsats for å utvikle gode biologiske deteksjonssystemer. I fremtiden tenker man seg derfor også at ABC-overvåkingssystemer skal inneholde biologisk deteksjon. Systemet opereres automatisk og benytter nettstrøm eller batteri. I tillegg sensorstasjoner kan ulike personlige detektorer og ABC-søke og påvisningskjøretøyer kobles til systemet.

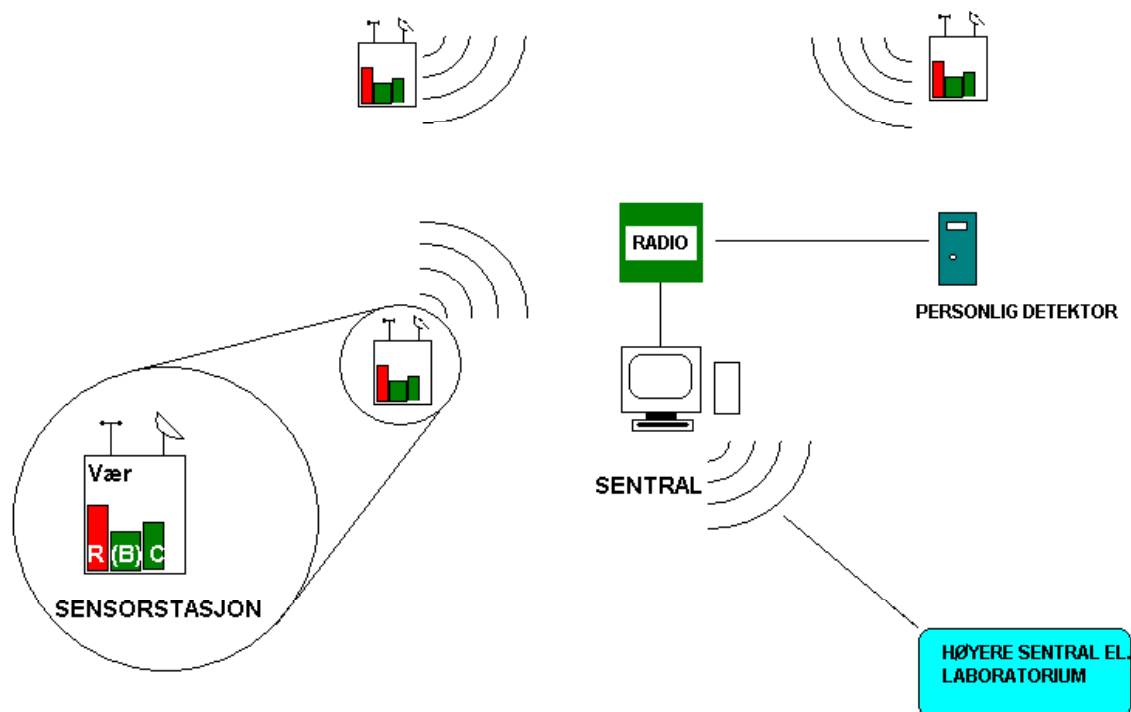
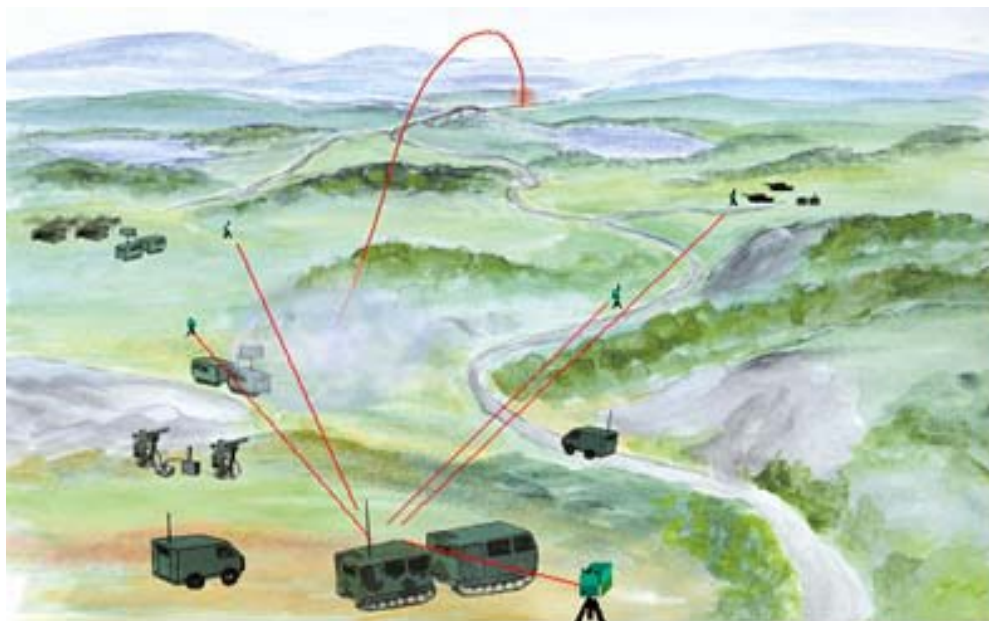


Fig 1.2 Skjematisk oversikt over overvåkingssystem

ABC-overvåkingssystemer kan være stasjonære eller portable. Stasjonære systemer kan anvendes ved sikring av faste installasjoner som flybaser og permanente leire eksempelvis ved utenlandsoperasjoner. Portable/mobile systemer har hovedanvendelse knyttet til stridsoperasjoner. Se eksempel Figur 1.3. Her vil systemet ha en overvåkingsfunksjon for å overvåke kommandoplasser, trenområder, grupperingsområder etc. Systemet vil inngå på bataljons og brigade nivå, men kan også tildeles mindre avdelinger ved behov.



Figur 2.2 ABC-overvåkingssystem anvendt ved en stridssituasjon

Sensorstasjonene trenger ikke å plasseres i tilknytning til en underenhet eller lignende slik at den vil kunne være å betrakte som ubevoktet. Systemet vil kunne bli plassert ut i alle typer terreng, under alle vær og temperaturforhold. Sensorstasjoner kan lokaliseres i avdeling eller utenfor avdeling i en avstand inntil ca 7 km (VHF-samband). Systemet skal varsle ved deteksjon av ABC forurensing eller stridmidler, samt foreta en prediksjon for hvordan forurensingen vil bevege seg. Først og fremst vil systemet gi varsling i form av NBC-1 meldinger. Informasjonen fra systemet vil være grunnlag for ordrer, varsling og beredskap i avdelingen og tilstøtende avdelinger, samt for å bygge opp situasjonsbilde hos overordnet avdeling. Et ABC-overvåkingssystem vil. I tillegg NBC-1 meldinger vil systemet gi mer detaljerte opplysninger om type fare (eksempelvis type stridsgass/giftig forbindelse, type biologisk materiale og konsentrasjoner).

Hele overvåkingssystemet kan forligge i pakkede enheter/moduler som ved behov, raskt kan transporteres og utplasseres i et aktuelt operasjonsområde. Enheten kan ha vekt og form som muliggjør transport med kjøretøy eller helikopter. Hver sensorstasjon kan inneholde sensorsystemer avhengig av type operasjon.

1.3 Overvåking for sikringsformål

Elektronisk overvåking og varsling er hjelpemidler som benyttes for å avskrekke og for å oppdage uhjemlet adgang på et sikret område. Overvåkingen gjøres ved hjelp av detektorer eller sensorer som reagerer automatisk på inntrenging og forsøk på inntrenging. Detektoren er i denne sammenheng den enheten som registrerer den fysiske hendelsen, og gjør om målestørrelsen til et elektrisk signal. Sensoren består av en eller flere detektorer og beslutningslogikk, dvs logikk som gir alarm eller ikke alarm. I tillegg benyttes betegnelsen *sensorsystem*, som inkluderer prosessering.

Overvåkingssensorer kan ha forskjellige deteksjonssoner. Det skiller i hovedsak mellom fire ulike former for overvåking, dvs perimeter-, område-, skall- og objektovervåking. Alle disse formene for overvåking kan implementeres innendørs, utendørs og i mange tilfeller under vann.

Perimeterovervåking

Perimeterovervåking er i prinsipp observasjon av en grenselinje. Inntrengere som krysser linjen observeres. Grenselinjen kan være markert med gjerde, nett eller lignende, men kan også være helt umerket. Observasjonen skjer langs og i umiddelbar tilknytning til den definerte grenselinjen, hvilket vil si at observasjonssonen langs linjen har en endelig bredde. Sikringsobjektet er normalt ikke inneholdt i overvåkingssonen. Sensorer for perimeterovervåking kan kreve rettlinjede grenselinjer med jevn overflate, mens andre kan være terrengfølgende og egne seg bedre i kupert terreng. Sensorene kan være frittstående, de kan være beregnet for montering på gjerde, eller de kan være nedgravd.

Områdeovervåking

Områdeovervåking er observasjon av et større område. Grensen for området kan være markert eller umarkert. Observasjonen skjer innenfor det definerte området, som kan ha vilkårlig geometrisk utbredelse. Sikringsobjektet er ofte omsluttet av overvåkingssonen, men ikke nødvendigvis alltid.

Skallovervåking

Skallovervåking er observasjon av det ytre skall til et objekt, for eksempel en bygning. Skallet kan bestå av dør, vegg, tak, gulv, ventilasjonsanlegg eller vindu. Sensorer kan være innfelt i skallet eller montert utenpå.

Objektovervåking

Objektovervåking er observasjon av et objekt innenfor et avgrenset område. Grensen for området kan være markert eller umarkert. Ved objektovervåking observeres sikringsobjektet og området i umiddelbar tilknytning til dette.

1.4 Feltetterretning

Tidlig varslings om fiendens disposisjoner er svært viktig for planleggingen av de nødvendige forsvarsmessige tiltak. Feltetterretning består i å fremskaffe informasjon om en angriperes valg av akser og størrelse og type av de styrker som settes inn. Tradisjonelt innhentes denne informasjonen ved bruk av personell i framskutte terrengposisjoner, for å overvåke områder og punkter av taktisk betydning. Observert fiendtlig aktivitet rapporteres så tilbake til eget hovedkvarter f.eks. over radio. Virksomheten er imidlertid sårbar, fordi personellet lett oppdages med moderne deteksjonsmidler. Den økte dynamikken på slagmarken stiller også krav til raskere tilgjengelighet av informasjon om stridssituasjonen.

Bruk av autonome marksensorer kan redusere noen av disse problemene. Akustiske sensorer ble brukt til deteksjon av fly og stridskjøretøyer på store avstander før radaren overtok i begynnelsen av annen verdenskrig, men da med en operatør som analyserte lydbildet manuelt. Utviklingen innen elektronikk og digital signalbehandling i de senere tiår har imidlertid muliggjort automatisk tolkning av signaler fra passive sensorer

generelt. Dette har åpnet for en rekke militære anvendelser, i hovedsak knyttet til deteksjon, gjenkjenning, lokalisering og følgende av fiendtlig aktivitet.

Marksensorer er små og lett kamuflerbare, og vil være et nyttig teknisk hjelpemiddel for å erstatte personell i de fremste linjene. Dette reduserer sårbarheten av feltetterretningstjenesten betraktelig, mens effektiviteten økes ved at personellet frigjøres til å utføre andre og mindre rutinemessige etterretningsoppgaver. I tillegg vil mer fjerntliggende, fremskutte og vanskelig kamuflerbare observasjonspunkter kunne utnyttes. Feltetterretningspatroljens dekningsområde kan derfor økes betraktelig, samtidig som informasjonen blir tilgjengelig i nær sann tid.

Marksensorer blir også brukt til grenseovervåking i fredstid, og kan i noen grad brukes til perimetrovervåking av militære anlegg og leirområder i både fred, krise og krig. Dette gjelder i både territorialforsvaret og i forbindelse med internasjonale operasjoner.

2 SENSORTEKNOLOGI

2.1 Aktive og passive sensorer

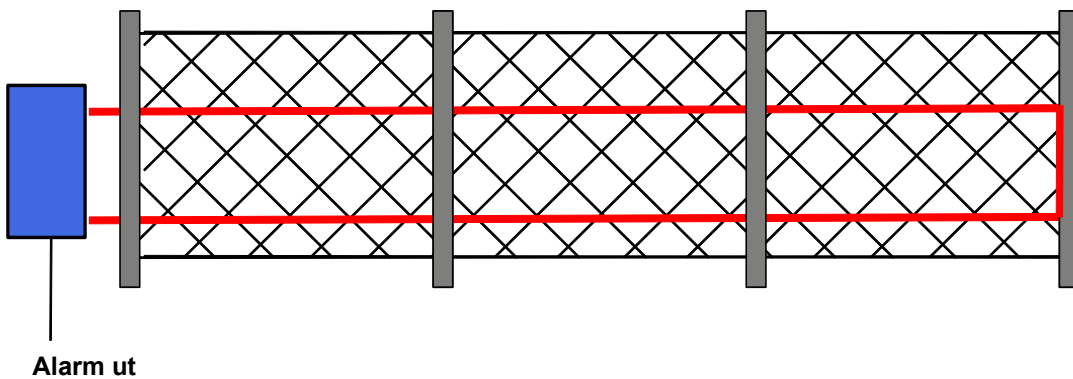
Det skilles mellom aktive og passive sensorer. Aktive sensorer sender ut energi i et gitt frekvensområde, og registrerer reflektert energi fra omgivelsene. En signifikant endring i mottatt energi forårsaket av et objekt i sensorens deteksjonszone, vil være en alarmsituasjon. Passive sensorer reagerer på energi utstrålt fra eller direkte forårsaket av inntrengere, og vil i seg selv ikke avgi stråling slik at den lett kan detekteres av fienden/inntrengeren. Kontinuerlig langtidsovervåking vil normalt kreve passive sensorer på grunn av strømforsyningsproblematikken. Passive sensorer er derfor mest vanlige i marksensorsystemer, selv om utviklingen går i retning av mer bruk av aktive sensorer i feltetterretningsrollen. I overvåkingssystemer brukes både passive og aktive sensorer.

2.2 Fysiske prinsipper

2.2.1 Generelt

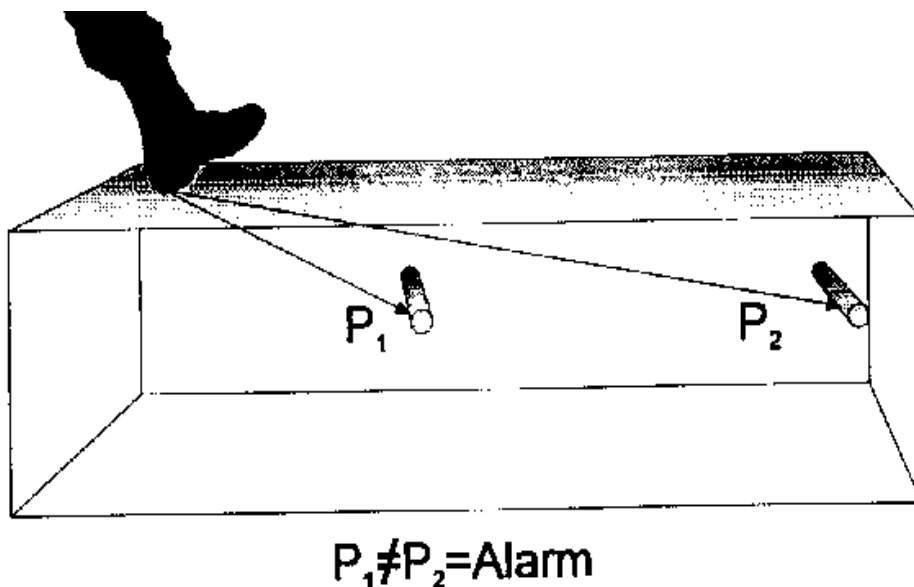
Ulike sensorer virker etter forskjellige fysiske prinsipper. Sensorene registrerer en fysisk størrelse eller endring av denne, for eksempel mekaniske krefter, elektriske felt, magnetfelt eller elektromagnetisk stråling. Enkelte sensorer er binære (AV/PÅ), og de detekterer kun om situasjonen er normal eller unormal. Disse har ikke evnen til å skille mellom forskjellige objekter. Eksempler er magnetkontakter for bruk i dører og vinduer.

Andre sensortyper kan gi informasjon om alarmgivers størrelse og hastighet, og gir alarm etter en terskling av signalnivået. Slike sensorer er de mest vanlige i dagens sikrings- og overvåkingssystemer. Eksempler er vibrasjons- eller trykkløpere og sensorer som registrerer endringer i elektromagnetiske felt. For perimetrovervåking vil slike sensorer kunne ligge nedgravd i bakken, eller være montert på et gjerde som vist i figur 2.1.



Figur. 2.1 Gjerdemontert sensorkabel (f eks mikrofonkabel eller optisk fiber).

Figur 2.2 viser et eksempel på en nedgravd, trykksensitiv perimetersensor.



Figur 2.2 Nedgravd perimetersensor (trykkslanger).

I dagens marksensorysystemer brukes hovedsakelig passive sensorer til deteksjon og gjenkjenning av stridskjøretøyer og personell, men da med mer avansert analyse av sensordata enn det som er vanlig i overvåkingssystemer. De vanligste sensorene er seismiske, magnetiske, infrarøde og i noen grad akustiske. Disse gir full døgndekning og er med unntak av infrarøde detektorer uavhengige av fri sikt mellom mål og sensor. De er også relativt ufølsomme for ugunstige meteorologiske forhold.

Siden de ulike sensortypene registrerer forskjellige fysiske karakteristika ved målet, blir rekkevidde, informasjonsinnhold, døg- og årstidsdekning og robusthet overfor vær- og terrengforhold svært forskjellig. Noen sensorer (f eks IR-punktdetektorer) gir bare deteksjon av mulige mål, mens andre (f eks seismiske og akustiske) kan brukes til målgjenkjenning. En skisse av et akustisk marksensorysystem er vist i Figur 2.3.



Figur 2.3 Akustisk marksensor.

2.2.2 Mekaniske sensorer

Det finnes en rekke mekaniske sensorer som spenner fra enkle følere for statisk trykk til vibrasjonssensorer for måling av høyfrekvente signaler. I overvåkingssystemer brukes bl a nedgravde trykksensorer (f eks trykkslanger som vist i fig 2.2) eller vibrasjonsfølsomme kabler (mikrofonkabler og optisk fiber). De sistnevnte kan også monteres på et gjerde (se fig 2.1).

I eksisterende marksensorsystemer brukes informasjon fra vibrasjonsfølere (geofoner eller mikrofonkabler) til gjenkjenning av måltype (beltekjøretøy, hjulkjøretøy, personell osv). Slike sensorer registrerer de seismiske overflatebølgene som forplanter seg i bakken fra mål til sensor. Den seismiske deteksjonsavstanden for beltekjøretøyer kan være opp til flere hundre meter, forutsatt at forplantningsforholdene er relativt gode. Hjulkjøretøyer genererer mindre seismisk energi, slik at deteksjonsavstanden blir tilsvarende kortere. Personell detekteres på typiske avstander av noen titals meter.

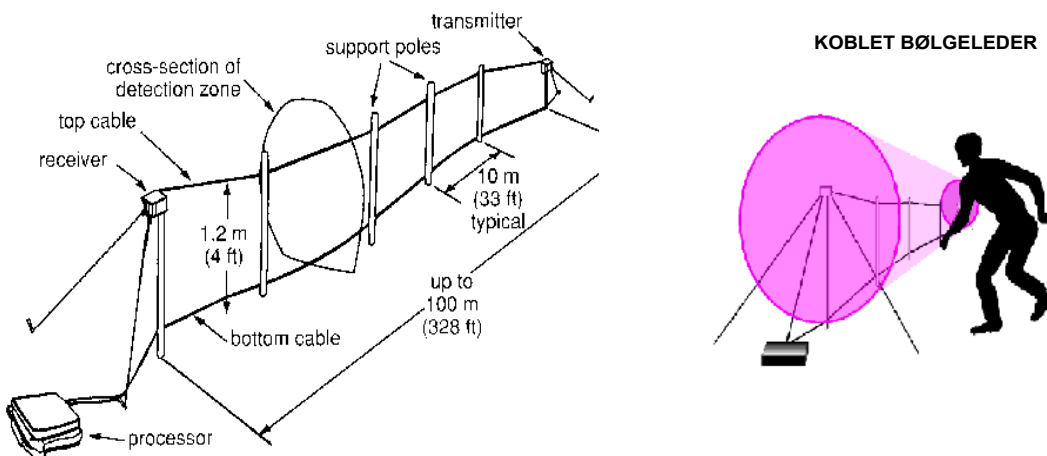
Akustiske sensorer kan brukes til deteksjon og gjenkjenning av militære objekter etter de samme prinsipper som for seismiske sensorer. Deteksjonsrekkevidden vil imidlertid være større i de fleste tilfeller, spesielt mht deteksjon av flygende objekter (propellfly, helikoptre, UAV mm). Akustisk deteksjon av helikoptre er et nyttig supplement til bruk av f eks radar i situasjoner uten direkte sikt.

2.2.3 Elektromagnetiske sensorer

Til denne kategorien hører passive elektriske og magnetiske sensorer og aktive elektromagnetiske sensorer. Elektriske sensorer består av to ledere (f.eks. to parallelle kabler) med en elektrisk spenning mellom. Når en inntrenger beveger seg inn i det elektriske feltet mellom lederne, vil kapasitansen og derved spenningen mellom lederne endres. Alarmgiving er således basert på deteksjon av endring i den statiske feltstyrken når et mål befinner seg i nærheten. Slike elektrostatisk (kapasitive) sensorer brukes mest i overvåkingssystemer, montert på gjerde eller annet fysisk hinder.

Magnetiske sensorer detekterer endringer i det lokale jordmagnetiske feltet når metalliske objekter beveger seg i umiddelbar nærhet av sensoren. Slike sensorer benyttes hovedsakelig i marksensorsystemer, og er i første rekke egnet til deteksjon og telling av kjøretøyer og bevæpnet personell som passerer sensoren på relativt kort hold. Deteksjonsavstanden avhenger av mengden av magnetiserbart materiale i målet, fra i overkant av 20 m for tungt pansrede kjøretøyer (stridsvogner) til noen få meter for bevæpnet personell.

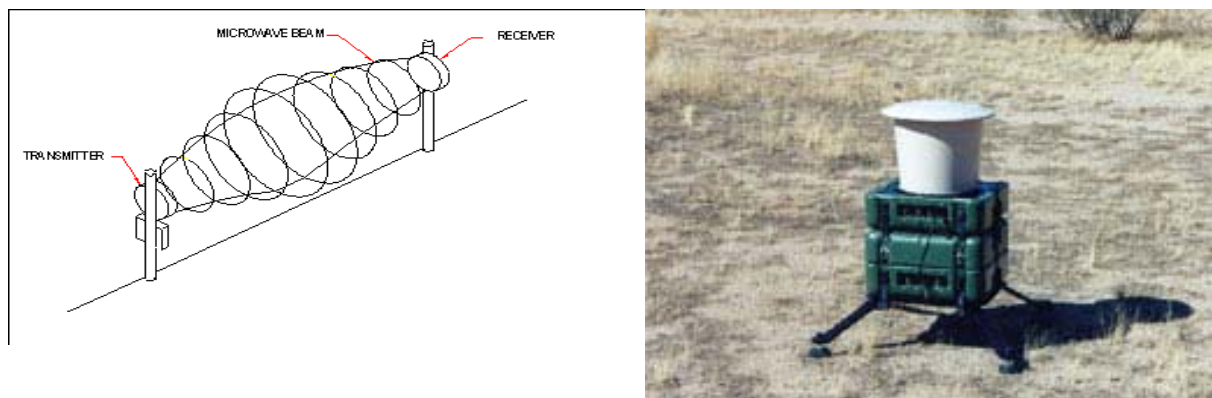
I overvåkingssystemer er elektromagnetiske sensorer mer aktuelle. Dette er aktive sensorer som opererer i radio- eller mikrobølgeområdet. Et eksempel er en såkalt koblet bølgeleder, som består av en ledende kabel spent opp over bakken, som vist i figur 2.4. Det sendes et radiosignal inn på kablet i den ene enden. I den andre enden sitter en mottaker koblet til en alarmboks. Det mottatte signalet endres i nivå når elektrisk ledende objekter, f.eks. kjøretøyer og personell, beveger seg i nærheten av kablet, og alarm utløses når endringen er tilstrekkelig stor.



Figur 2.4 Koblet bølgeleder.

Samme deteksjonsprinsipp benyttes også i såkalte lekkasjekabler, som kan graves ned i bakken eller monteres på gjerder eller vegger.

I overvåkingssystemer benyttes også mikrobølgesensorer (radar). En bistatisk radar består av sender og mottaker. Måldeteksjon er basert på endringer i mottatt signalnivå, når et objekt beveger seg inn i området mellom senderen og mottakeren. I en monostatisk radar er sender og mottaker bygget inn i samme enhet. Deteksjon bygger her på endring i reflektert stråling fra omgivelsene, når et mål beveger seg inn i området. Bistatisk og monostatisk radar er illustrert i fig 2.5.



Figur 2.5 Mikrobølgesensorer. Bistatisk radar til venstre, monostatisk til høyre.

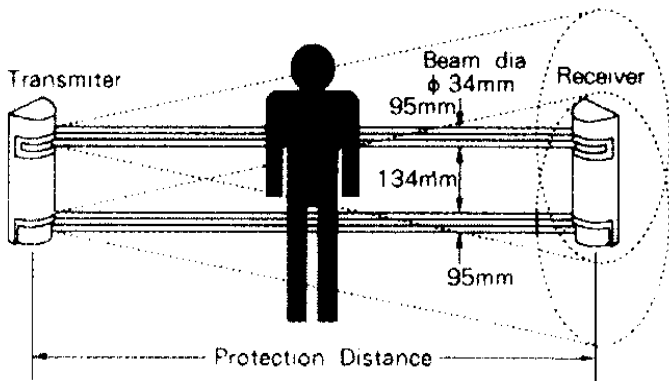
2.2.4 Elektrooptiske og bildedannende sensorer

For sikrings- og feltetterretningsformål er IR og laser de mest aktuelle elektrooptiske sensorer. Infrarøde sensorer kan være både passive aktive. Passiv IR er som nevnt mest vanlig i dagens marksensorer, mens også aktiv IR benyttes i eksisterende sikringsystemer. En passiv infrarød sensor detekterer mål ved å registrere endring i mottatt IR-stråling når et objekt med annen strålingstemperatur enn bakgrunnen kommer inn i sensorens synsfelt. I marksensorsystemer brukes en slik sensor for å detektere kjøretøyer og personell som passerer langs en veibane.

Et aktivt IR-system består av sender og mottaker som plasseres over bakken på opp til et par hundre meters innbyrdes avstand. Objekter som passerer mellom sender og mottaker blir detektert ved at strålen brytes. For perimeterovervåking kan flere par av sendere og mottakere settes etter hverandre, slik at det dannes et sammenhengende sensorgjerde.

For feltetterretningsformål kan strålen rettes over veibane eller trase i terrenget der fiendtlige styrker forventes å rykke frem. Slike sensorer gir i utgangspunktet kun deteksjon og telling av passerende objekter, og kan i utgangspunktet ikke skille mellom f eks mennesker og dyr. Falsk alarmraten for denne typen elektrooptiske sensorer kan derfor bli høy.

Et aktivt IR-system er illustrert i fig 2.6.



Figur 2.6 Aktiv IR

I kamerabaserte overvåkingsystemer benyttes billedannende sensorer, som avbilder scenen i synlig lys eller termisk IR. Slike systemer gir svært god informasjon til en observatør (intern TV – ITV). Det er to hovedkategorier av bildebaserte systemer. De enkleste registrerer endringer i scenen, og gir alarm når et tilstrekkelig stort objekt er oppdaget. De mer avanserte ser i tillegg på objektene formegenskaper, hastighet og bevegelsesretning. Slike systemer med automatisk bildeanalyse gir generelt høy deteksjonssannsynlighet, gjenkjenning av objekttype, svært lav falsk alarmrate og rask alarmverifikasjon. Billedannende sensorer benyttes i dag hovedsakelig i stasjonære overvåkingsystemer (og missilsøkere). OPAK, illustrert i fig. 2.7, er et eksempel på et slikt system.

The screenshot shows the OPAK user interface. On the left is a map of the monitored area with a red 'X' indicating an alarm location. On the right is a camera view showing a person walking, with a red box highlighting the person. Below the camera view is the 'Automatic Surveillance' panel, which includes an alarm log and action buttons.

Automatic Surveillance				
Alarms:				
No.	Date	Time	Camera	Class
13	950922	19:42	13	Illumination error
14	950923	08:16	21	Large animal
15	950923	14:03	13	Person (walking)

Buttons: False alarm, Action, Hold

Figur 2.7 OPAK brukergrensesnitt, med kart over det overvåkede området, kamerabilde fra alarmsituasjon, og informasjon om objekttype etc.

Etterhvert som pris, fysisk størrelse og strømforbruk reduseres, vil bildedannende sensorer også bli aktuelle for bruk i markensensystemer og mobile sikringssystemer.

2.2.5 Kjemiske sensorer

Disse sensorene er måler innhold av ulike kjemiske forbindelser i luft. Deteksjon er vanligvis basert på såkalt IMS (ionemobilitets) måling den kjemiske forbindelsen i gass- eller dampfase ioniseres og transporteres gjennom et elektrisk felt til en detektorplate eller elektrode. De ulike kjemiske forbindelsene identifiseres grovt sett ved måling av transporttid. Noen systemer virker også ved hjelp av såkalt SAW-(overflateakustisk bølge) teknologi der den målte bølgehastigheten i en overflate belagt med ulike polymerer varierer avhengig av type kjemisk forbindelse som absorberes.

De fleste kjemiske sensorsystemer kan programmeres til å se eventuelle nye kjemiske forbindelser. Systemene kan benyttes under alle værforhold, men er vanligvis begrenset til temperaturområdet fra -30 - +50°C.

2.3 Systemparametre

En sensor, eller et sensorsystems kvalitet beskrives av et antall systemparametre:

- PD (Probability of Detection); Sannsynligheten, i prosent, for at en inntrenger eller trussel blir detektert innenfor sensorens deteksjonssone.
- FAR (False Alarm Rate); Antall falske alarmer pr dag, måned eller år. Falske eller ugyldige alarmer forårsaket av utstyrets "egenstøy", værphenomener, gjenstander som blåser med vinden, fugler, dyr og annet.
- Sårbarhet; Sensorens manglende evne til å motstå påtrykte, "falske" alarmer, og sannsynligheten for at en sensor kan "overvinnes" eller passeres udetektert.
- Kostnader; Kostnader ved anskaffelse, installasjon, opplæring, vedlikehold og drift av systemet.

PD og FAR vil virke motstridende. For eksempel kan deteksjonssannsynligheten for mange sensorer generelt økes ved å sette lavere alarmterskel, men dette vil da kunne føre til uakseptabel høy falsk alarm rate.

2.4 Signalbehandling

For å øke sensorsystemets ytelse kan signalbehandling anvendes. Signalbehandlingen kan si noe om hva som er opphavet til en alarm ved for eksempel å estimere formegenskaper og hastighet til objekter. Dette kan gjøres med utgangspunkt i en eller en kombinasjon av flere sensorer.

2.5 Kombinasjoner

For å redusere FAR vil en kunne sette sammen to eller flere sensorer som virker på ulike fysiske prinsipper. Alarm vil for eksempel kun genereres dersom et antall av sensorene gir alarm hver for seg. Dette vil også redusere deteksjonssannsynligheten. Kombinasjon av flere sensorer kalles sensorfusjon og kan regnes som et eget fagområde innenfor sensorteknologi.

3 ABC-OVERVÅKING

3.1 Status

3.1.1 Eksisterende ABC-overvåkingssystemer

Det finnes i dag en rekke systemer på markedet med hensyn på ABC-overvåking. Disse er i hovedsak større stasjonære systemer og ikke tilpasset taktiske operasjoner.

Overvåkingssystemer leveres blant annet av:

- *Barringer, USA* (SABRE CENTURION)
- *Enviroics, Finland* (Integrated Environment Monitoring Station, IEMS)
- *Enviroics, USA* (EnviScreen Software)
- *Environmental Technologies Group Inc, USA*
(NBC Advanced Consequence Management System, ACMS)
- *General Dynamics, Canada* (4WARN CB Systems)
- *Lockheed Martin, USA* (Building Protection Systems)

Felles for disse systemene er at de har sensorstasjoner med kjemiske (C), radiologiske (A) og/eller biologiske (B) detektorer, sammen med andre måle-instrumenter for deteksjon av giftige industrikjemikalier (TICs), vindhastighet/vindretning, temperatur, fuktighet, regn mm. Ved hjelp av et kommunikasjons-system overføres måledata fra sensorstasjonene til en sentral. Ved sentralen kontrolleres alle sensorstasjonene med et softwareprogram, og gir alarminformasjon, spredning, fareområder og anbefalte tiltak ved en eventuell deteksjon.

3.1.2 C-deteksjon

For C-deteksjon benytter systemene stasjonære kjemiske detektorer. Det finnes i dag en rekke stasjonære kjemiske detektorer på markedet. Disse er blant annet:

- *RAID-1* (Bruker Daltonics Inc, Tyskland)
- *M90-DI-C* (Enviroics Oy, Finland)
- *GID-3* (Graseby Dynamics Ltd, UK)
- *Advanced Portable Detector (APD)*
(Environmental Technologies Group Inc, USA)

De fleste detektorsystemene er basert på måling av ionemobilitet for deteksjon av nerve-, hud-, blod- og kvelegasser. Detektoren *M90-DI-C* fra Enviroics Oy, Finland, baserer seg ikke på målt ione-transporttid langs et elektrisk felt, men på måling av distribusjonen/avsetningen av ioner på et antall elektroder i en luftstrøm som går på tvers av flere elektrisk felt som er plassert etter hverandre. Detektorene tilfredsstiller i hovedsak de krav som er satt til varslingsutstyr i følge med NATO.

Av personlige kjemiske detektorer som eventuelt kan inkorporeres i et overvåkingssystem finnes i dag også flere på markedet. Disse er blant annet:

- *Joint Chemical Agent Detector (JCAD)*
(BAE Systems, USA)
- *ChemPro₁₀₀* (Enviroics Oy, Finland)
- *LCD-S* (Graseby Dynamics Ltd, UK)
- *HAZMATCADTM* (Tradeways Ltd, USA)

Detektorene *JCAD* og *HAZMATCADTM* benytter overflateakustisk bølge (SAW) teknologi og elektrokjemiske sensorer for deteksjon av nerve-, hud-, blod- og kvelegasser. Detektoren *ChemPro₁₀₀* benytter samme måleprinsipp som den stasjonære detektoren *M90-DI-C*, mens detektoren *LCD-S* benytter ionemobilitets-spektrometri (IMS). Detektorene tilfredsstiller i hovedsak de krav som er satt til varslingsutstyr i følge med NATO. SAW teknologien er sagt å

være mer selektiv og av den grunn gi færre falske positive signaler enn IMS teknologien, men den er igjen mindre sensitiv.

3.1.3 B-deteksjon

Innenfor bio-deteksjon snakkes det i hovedsak om ikke-spesifikke bioagens-detektorer, detektorer og identifikasjonssystemer. Førstnevnte omfatter i hovedsak systemer som måler partikkelmengde/partikkelstørrelse i aerosoler ved hjelp av laser. Ved målingen vil systemet gi en tidlig varsling ved en endring i bakgrunnsignalet. Alene ser ikke disse systemene forskjell på biologiske og ikke-biologiske aerosoler. I kombinasjon med fluorescensmetoder vil de imidlertid kunne gi informasjon om dette. Eksempler på deteksjonssystemer er flow cytometri (våtdeteksjon, bakterier introdusert i væske) og massespektrometri (tørredeteksjon). Det er spesielt viktig å være klar over forskjellen mellom deteksjon og identifikasjon. Deteksjonssystemene gir ikke spesifikk og sikker identifikasjon av et biologisk agens, men gir deteksjon av biologisk materiale for eksempel ved generell ikke-spesifikk påvisning av DNA. Ved positivt utslag hos et detektorsystem vil det være nødvendig å ta materialet videre til identifikasjon. Ulike identifikasjonssystemer er i dag både på markedet og under utvikling. Av disse kan nevnes immunoassay teknikker (antistoff-antigen reaksjoner), nucleinsyre forsterkende metoder som benyttes for å mangedoble små mengder med DNA (eksempelvis polymerase chain reaction, PCR). Kun identifikasjonssystemer gir arts- og stammebestemmelse av biologiske agens og er av avgjørende betydning for om man kan uttale seg og iverksette mottiltak. Generelt er dette aktiviteter som fremdeles hører laboratoriet til. Her analyseres bakterier/virus ved hjelp av spesifikke antistoffer, ulike genprober og/eller de karakteriseres på bakgrunn av organismens ernæringskrav/biokjemi og deres mulighet til å gi infeksjoner i forsøksdyr. Dette arbeidet utføres av personell som har lang erfaring med de metodene som blir benyttet og bør utføres i et laboratorium eller ved et velutrustet feltlaboratorium. I beste fall tar en identifikasjon i dag inntil 30 minutter.

Per i dag finnes det intet enkelt instrument som både kan detektere og identifisere BWA. Meget omfattende forsknings og utviklingsarbeid vil være nødvendig for å realisere et slikt system. Et eventuelt helautomatisert utstyr vil derfor mest sannsynlig ikke være på markedet før om endel år.

3.2 Trender

3.2.1 Integrasjon i KKI-systemer

Vi ser for oss at ABC overvåkningssystemet skal inngå i et sentralt kommando, kontroll og informasjonssystem (KKI-system) som f.eks det som er under utvikling ved Kongsberg Defence & Aerospace. På den måten vil alle med autorisasjon, ha tilgang til data fra overvåkningssystemet. ABC informasjon vil da kunne hentes inn og legges som et "overlay" på kartet.

3.2.2 Mer avanserte spredningsmodeller

En rekke land har utviklet programvare for beregning av spredning av kjemisk, biologisk og radioaktivt materiale. Programmene har varierende kompleksitet og rangerer helt fra enkle beregninger der en trekant legges inn basert på vindretning og hastighet (tilsvarende NBC-1 meldinger definert i ATP-45) til mer avanserte beregningssystemer som tar hensyn til fysikalsk/kjemiske egenskaper til materialet som spres. Spredningsmodellene fra ATP-45 og andre tilsvarende enkle spredningsmodeller er også benyttet i spredningsprogrammer utviklet

ved FFI. Det finnes også tredimensjonale spredningsprogrammer der forhold som topografi og bebyggelse er lagt inn.

3.2.3 Stand-off deteksjon (avstandsdeteksjon) av kjemiske stridsmidler

Med dette menes påvisning av C-stridsmidler på en avstand som er større enn der hvor dampen kan detekteres av en punktdetektor. Den eneste teknologien som så langt ser ut til å være anvendbar i denne forbindelsen er en eller annen form for infrarød spektroskopi.

Problemstillingen kan deles i å skulle detektere væskeforurensning på en overflate, eller detektere damp i luften.

1. Væskeforurensning

Deteksjon av væskeforurensning på bakken, eventuelt på kjøretøy eller faste installasjoner, gjøres tradisjonelt med påvisningspapir eller påvisningspulver og visuell observasjon av fargeforandringer. Det har vært gjort en del forsøk på å komme fram til metoder for å detektere væskeforurensning på avstand.

- a. Honeywell i Tyskland forsøkte for noen år siden å lage en detektor (FOCUS) basert på UV-flouescens. For å få dette til måtte overflaten sprøytes med en reagens, avstanden var derfor ca 1-2 meter, noe som neppe kunne kalles avstandsdeteksjon. Dette resulterte ikke i et brukbart kommersielt produkt.
- b. Ved dstl, Porton Down, UK arbeides det med bruk av aktiv IR-laser for å måle forurensning på overflater. Foreløpig ser det ikke ut til at prinsippet vil være brukbart på større avstander enn ca 10 meter.
- c. Ved gjennomgang av tilgjengelig litteratur er det ikke funnet noe kommersielt produkt som dekker dette behovet

2. Damp i luft

Kjemiske stridsmidler i dampform har absorpsjonsbånd i området rundt 10 μm bølgelengde, altså i IR-området. Dette kan brukes til å detektere damp på avstand. Mest nøyaktig kan dette gjøres med et aktivt system, men et passivt system egner seg bedre for feltoperasjoner.

- a. Aktiv IR
Her benyttes en strålekilde, typisk en IR-laser, som kan avstemmes til de aktuelle bølgelengder. Lys-strålen kan entes rettes direkte mot en mottaker på avstand, eller rettes mot en naturlig eller kunstig reflektor som reflekterer lyset til en mottaker plassert på samme sted som kilden. Eventuelle damper av kjemiske stridsmidler som passerer gjennom strålegangen vil så kunne detekteres ved absorpsjon av lyset på spesifikke bølgelengder. Ulempen med dette prinsippet er at den aktive lyskilden røper posisjonen og at det ofte må utplasseres utstyr på to forskjellige steder. Fordelen er mulighet for nøyaktigere påvisning enn med en passiv metode. Det er ikke kjent at det finnes militært utstyr som bygger på dette prinsippet.
- b. Passiv IR
Her benyttes naturlig bakgrunnstråling. Derved unngås problemet med en aktiv lyskilde. Vanligvis vil man måle lysintensiteten på to nærliggende bølgelengder, hvorav bare den ene blir påvirket av en eventuell sky av kjemisk stridsmiddel.

Det finnes i dag minst to kommersielt tilgjengelige systemer som bygger på dette prinsippet:

M21 fra Tradeways LTD, USA og RAPID fra Bruker Daltronic, Tyskland

Begge systemer later til å være nokså like. Vekten er 24 kg (M21) og 29 kg (RAPID). De kan detektere en dampsky på opptil 5 km avstand. RAPID oppgis også å kunne detektere noen industrikjemikalier, mens M21 ikke har noen informasjon om dette.

Nøyaktig pris er ikke kjent, men er av størrelsesorden 1 Mkr.

c. Andre prinsipper

Det har vært gjort forsøk med IR-kikkerter ("nattkikkerter") for å se om disse kan brukes til å se en gassky, eventuelt ved å sette inn spesielle filtre. Det hevdes at man har klart å demonstrere at prinsippet er mulig, men det er ikke kjent at det har resultert i noen praktiske løsninger.

3. Utplassering av detektorer

Et alternativ til "ekte" avstandsdeteksjon kan være utplassering av autonome punktdetektorer med trådløs overføring av måledata. Disse kan utplasseres ved å slippes fra fly eller helikopter, og kombinert med automatisk posisjonsanvisning vil de kunne varsle en eventuell drivende dampsky. Disse vil også kunne varsle om væskeforurensning i sin posisjon ved å detektere dampen fra forurensningen.

Det er pr i dag vanskelig å se at kjemiske stridsmidler kan detekteres på avstand med andre prinsipper enn absorpsjon av elektromagnetisk stråling. Det er lite trolig at det vil skje teknologiske gjennombrudd som vil frembringe instrumenter som bygger på andre prinsipper. Den mest sannsynlige utvikling vil derfor være en forbedring av eksisterende utstyr, med tanke på å øke følsomheten og redusere faren for falske alarmer. Med mindre det skulle skje et gjennombrudd når det gjelder konstruksjon av robuste og nøyaktige spektrometre må man fortsatt regne med at prisen vil være ganske høy. Man bør derfor overveie om ikke et større antall autonome "engangs" punktdetektorer i mange tilfeller kan være en like god løsning.

3.2.4 Biologisk deteksjon

Framtidens biologiske deteksjonsutstyr er i hovedsak basert på automatisering av eksisterende laboratoriemetoder. Disse metodene omfatter Polymerase Chain Reaction (PCR), flowcytometri eventuelt koblet til mønstergjenkjenningsteknikker, massespektrometri og diverse immunteknikker. De egenskapene man ønsker seg av et fremtidig biodeteksjonssystem er rask påvisning, høy grad av sensitivitet (deteksjonsgrensen) og selektivitet (identifisering av mikrober på artsnivå).

På tilsvarende måte som for deteksjon av kjemiske stridsmidler arbeider man også med utvikling av Stand-off deteksjon for biologiske stridsmidler. Stand-off er fellesbetegnelsen på instrumenter som skal kunne registrere biologiske stridsmidler på lengre avstand. Fordelen med dette er en tidlig varsling av innkommende BWA-aerosolskyer. Prinsippet som brukes baserer seg på light detection and ranging (LIDAR). LIDARen sender ut UV- og IR-laserlys som vil treffe aerosolskyen, laserlyset vil bli reflektert og returnert til et detektorsystem som kan avgjøre hva aerosolskyen består av (biologiske eller ikke biologiske komponenter). En stand-off (SR-BSDS) er blitt satt i produksjon og utprøvd av U.S. Army. Dokumentasjon om hvorvidt dette systemet er effektivt har ikke vært tilgjengelig.

3.2.5 Industrikjemikalier

Forsvarets innsats i internasjonale oppdrag i den senere tiden (bl a i Kosovo) har tydelig demonstrert at toksiske industrikjemikalier er en gruppe stoffer som må tas alvorlig. Mange av kjemikaliene er lagret i betydelige mengder, samtidig som merking av beholderne og vedlikeholdet av lagrene er mangelfulle. Selv om giftigheten av stoffene er lavere enn kjemiske stridsmidler, vil de allikevel utgjøre en potensiell trussel mot norske soldater som opererer i nærheten av slike lager. Det vil ikke være akseptabelt at våre soldater kommer hjem fra internasjonale operasjoner med skader/langtidseffekter på grunn av eksponering for industrikjemikalier. Det er derfor viktig at soldatene har de nødvendige bakgrunnskunnskaper og utstyr for deteksjon og beskyttelse mot slike stoffer. Dette er ikke alltid tilfelle i dag. Det er viktig at man foretar en kartlegging av hvilke industrikjemikalier som foreligger før en avdeling deployeres til et gitt område. Man kan derved holde nødvendig avstand til lageret og ha mulighet for å detektere og påvise utslipp.

ABC-overvåkingssystemer vil derfor i fremtiden ha en betydelig vekt på deteksjon av giftige industrikjemikalier. I tillegg til å være en aktuell trussel under fredsbevarende operasjoner er slike kjemikalier også en reell trussel ved stridsoperasjoner.

Definisjon (fra International Task Force 25, ITF-25) på toksiske industrikjemikalier (TIC) er et stoff

- som har en LCt50 < 100 000 mg•min/m³ i damp- eller aerosolform i for et hvilket som helst pattedyr
- og som blir produsert i et kvantum på minst 30 tonn/år ved ett enkelt anlegg
- og som har en akutt virkning ved inhalasjon
- og som har et merkbart damptrykk ved 20 °C

Eksempler på giftige industrikjemikalier og fareavstander er gitt i tabell 3.1.

Chemicals	Quantity	Day	Night
Chlorine	Up to 100 tonnes	2.5 km	5 km
Phosgene	Up to 50 tonnes		
Ammonia	Up to 500 tonnes		
Hydrogen Cyanide in Hot Climates	Up to 50 tonnes		
Hydrogen Sulphide	Up to 50 tonnes		
Methyl Isocyanate	Up to 50 tonnes		
Hydrogen Cyanide in Cold Climates	Up to 50 tonnes	1 km	2.5 km
Hydrogen Fluoride	Up to 100 tonnes		
Sulphur Trioxide	Up to 50 tonnes		
Nitrogen Tetroxide	Up to 50 tonnes		
Hydrogen Chloride	Up to 50 tonnes		
Ammonia	Up to 100 tonnes		
Bromine	Up to 50 tonnes		
Sulphur Dioxide	Up to 50 tonnes		
Acrylonitrile	Up to 50 tonnes		

Tabell 3.1 Eksempler på giftige industrikjemikalier og fareavstander. Disse verdiene er foreslått av International Task Force 25 (ITF-25). ACE 80-64 gir 5 og 10 km for mobile og faste installasjoner

Det eksisterer i dag noen detektorer/alarmer som gir respons for industrikjemikalier. Dette gjelder f eks systemer fra Dräger, Proengin, Environics og Microsensor systems. Det er ønskelig

i framtiden å integrere industrikjemikalier i samme detektorer som produseres for å detektere kjemiske stridsmidler. Dette vil redusere vekt og størrelse på detektorsystemene som soldatene skal ha med seg, samt gjøre brukervennligheten bedre. Detektorleverandørene er i noen grad i ferd med å gjøre dette, men her gjenstår mye arbeid.

4 OVERVÅKING FOR SIKRINGSFORMÅL

4.1 Status

I FFI-prosjekt 716 ble det gjennomført en evaluering av overvåkingssensorer (1, 2). Anbefalingene fra dette prosjektet gjengis i det følgende.

4.1.1 Perimeterovervåking

I alt fem ulike systemer vurderes å ha de beste egenskaper for perimeterovervåking. Disse er beskrevet i prioritets rekkefølge under.

1. *"Video Intrusion Detection"2000 -systemer (VID2000)* er systemer som benytter seg av bildedannende sensorer, dvs kameraer følsomme i det optiske området av det elektromagnetiske spekteret, fra UV-området til IR-området. Kameraene benyttes her som sensorer i et alarmsystem, og bildedataene blir analysert av en datamaskin / prosessor som detekterer og klassifiserer ulovlig aktivitet og gir alarm. Systemets største fordel er innebygget effektiv alarmverifikasjon vha operatør, dvs utrykning på falske alarmer vil sjelden eller aldri være nødvendig.
2. *Trykkslanger* er nedgravde slanger som fylles med vann/frostvæske og settes under trykk. Et slikt system reagerer på trykkforandringer i bakken og gir alarm når forandringen blir stor nok. Systemet har ikke innebygget verifikasjonsmidler, men falsk alarm raten er svært lav, og det er vanskelig å påtrykke falske alarmer.
3. *Lekkasjekabel* er en koaksialkabel med jevnt fordelte hull i den ytre ledere. En radiosender sender ut et signal gjennom kabelen, som "lekker" ut og danner et elektromagnetisk felt i et område rundt kabelen. Dette feltet endres dersom inntrengere nærmer seg kabelen, og alarm gis. Avhengig av system kan kabelen være nedgravd eller ligge på bakken. Systemet har ikke innebygget verifikasjonsmidler, men falsk alarm raten er svært lav. Det er derimot relativt enkelt å påtrykke falske alarmer.
4. *Optisk fiber i bakke*. Optisk fiber er et overføringsmedium for lys, og det er transmittert lys som måles. Mottatt lys vil variere med bøyninger på kabelen, og vibrasjoner i bakken vil kunne registreres og gi alarm. Systemet har ikke innebygget verifikasjonsmidler, men falsk alarm raten er tilfredsstillende. Deteksjonsraten kan under noen forhold være redusert. Det er imidlertid svært vanskelig å påtrykke falske alarmer.
5. *Aktiv IR-sperre* måler sikten mellom en sender og en mottaker vha infrarøde stråler med en bølgelengde i området 890-950 nm. Systemet detekterer en inntrenger når denne bryter et gitt antall av strålene. Systemet har ikke innebygget verifikasjonsmidler, men gir sikker deteksjon i mange tilfeller. Systemet kan imidlertid lures med relativt enkle midler.

4.1.2 Områdeovervåking

Prioriterte systemer for områdeovervåking gjengis i det følgende (i prioritets rekkefølge);

1. "Video Intrusion Detection"2000 -systemer (VID2000) som beskrevet i foregående kapittel.
2. Mikrobølgesensor og radar er aktive sensorer som bruker mikrobølgesignal rundt 100 MHz til 20 GHz til å detektere inntrenging i et område. Radarer er mikrobølgesensorer som også gir avstand til inntrengeren. Systemet har liten evne til klassifisering, og ingen innebygde verifikasjonsmidler. Falsk alarm raten kan i enkelte tilfeller bli høy. Enkelte, avanserte systemer kan imidlertid sile ut mange falske alarmer.
3. Akustisk sensor brukes til å detektere lydkilder på avstand, og gir en viss grad av gjenkjenning og peiling av kilden. Systemet har klassifiseringsegenskaper og muligheter for verifikasjon. Falsk alarm raten vil avhenge av miljøet.

4.1.3 Skallovervåking

Prioriterte systemer for skallovervåking gjengis i det følgende (i prioritets rekkefølge);

1. "Video Intrusion Detection"2000 -systemer (VID2000) som beskrevet under perimeterovervåking.
2. Optisk fibernett for deteksjon av brudd. Dette systemet består av optiske fibre satt sammen til et nett, og gir alarm ved fiberbrudd.
3. Optisk fiber for deteksjon av vibrasjoner i betongvegg. Prinsippet er det samme som for optisk fiber i bakken.
4. Seismiske følere registrerer mekaniske bevegelser i et skall. Systemet har god deteksjonsevne og gir generelt få falske alarmer. Systemet har ingen evne til klassifikasjon eller verifikasjon.
5. Mikrofonkabel er følsom for mekanisk påvirkning i form av trykkr krefter som deformerer kabelen, og vil kunne gi alarm ved vibrasjon i et skall. Systemet har god deteksjonsevne, og falsk alarm raten er avhengig av miljøet. Mulighetene for klassifikasjon er små i dagens utstyr, men systemet har potensiale for utvidelser. Systemet har en viss verifikasjonsevne ved at en operatør kan lytte på signalet fra kabelen.

4.1.4 Objektovervåking

Prioriterte systemer for objektovervåking gjengis i det følgende (i prioritets rekkefølge);

1. "Video Intrusion Detection"2000 -systemer (VID2000) som beskrevet under perimeterovervåking
2. Optisk fiber for deteksjon av brudd.
3. Trykksensorer med egenskaper som beskrevet for trykkslanger under perimeterovervåking.
4. Brytere, for eksempel magnetkontakter. Disse har ingen evne til klassifikasjon, og falsk alarmraten er avhengig av miljøet og kvaliteten på monteringen.
5. Kapasitive sensorer detekterer endringer i elektrostatiske felt som lages vha et array av elektriske ledere. Når en inntrenger nærmer seg eller berører lederne, endres kapasitansen i feltet, og det genereres et alarmsignal. Systemet har høy deteksjonsevne og lav falsk alarmrate innendørs, men ingen klassifiseringsevne.
6. Seismiske følere som beskrevet i foregående kapittel.

4.2 Trender

4.2.1 Generelt

Da det ikke kan forventes å oppdage nye fysiske prinsipper til bruk i overvåkingssensorer, vil det i hovedsak være tre akser en fremtidig videreutvikling kan følge. Disse er;

1. Ytterligere arbeider for å optimalisere informasjonsinnholdet fra flere typer sensorer i kombinasjon, dvs sensorfusjon.
2. Videreutvikling av algoritmer og teknikker for signalbehandling for å kunne utnytte bedre informasjonen fra de ulike sensorene.
3. Utvikling av lettere og mer "deployerbare" systemer, som er lett og rask å implementere, og som kan fungere mer eller mindre autonomt og overføre informasjon på en rask og sikker måte.

I tillegg vil en kunne tenke seg sikringssensorer benyttet i kombinasjon med andre systemer av operativ karakter. Et eksempel på dette gis i kapittel 5.

4.2.2 Systemer for operative anvendelser i et 10-15 års perspektiv

I det følgende beskrives to systemer som med stor sannsynlighet vil være en realitet i et 10-15 års perspektiv, forutsatt prioritering og finansiering. Det ene er automatisk kamerabasert overvåkingssystem som er deployerbart og kan virke autonomt. Det andre systemet beskriver en erstatning for anti personellminer ved et automatisk system for kameraovervåking kombinert med fragmenterende ladninger.

4.2.2.1 Mobilt kameraovervåkingssystem

Mobile kameraovervåkingssystemer går under betegnelsen Video Intrusion Detection (VID). En mobil versjon av OPAK, OPAK Mobil, er et eksempel på et slikt system. OPAK Mobil er et feltmobilt og raskt deployerbart overvåkingssystem for automatisk deteksjon, klassifisering ogfølging av personell og kjøretøyer. Systemet består av et antall termiske IR-kameraer koplet til en sentral datamaskin for automatisk analyse av kamerabildene. Kameraoppsett kan tilpasses oppdraget; normalt vil kameraene plasseres etter hverandre for å danne en sammenhengende overvåkingsgate omkring et leiområde/overvåkingsobjekt, men kan også anvendes til områdeovervåking, f eks av stridsvognsminfelt. Systemet kan klassifisere objekter som detekteres til kategorier av typen "mennesker", "små dyr", "store dyr", "små biler", "store biler" osv. Alarmkriterier kan velges av bruker og kan variere over døgnet. For eksempel kan personell tillates i et gitt område til visse tider av døgnet. Videre kan f eks biler tillates å *kjøre* gjennom et område, mens det ikke er tillatt å stoppe. Systemet kan detektere og lokalisere mange inntrengere samtidig. Systemet gir instantan alarmverifikasjon ved overføring av kort bildesekvens fra alarmsituasjonen. Systemet er batteridrevet, men kan også benytte ekstern strømforsyning der dette er tilgjengelig. Systemet er også kompatibelt med KKI.

Systemet krever kvalifisert personell til deployering (en person med to dagers opplæring til å lede arbeidet) og drift (en operatør med noen timers opplæring).

Systemet gir i første rekke bedre mulighet til å iverksette reaksjonstiltak mot inntrengere på objekt/leir. Det kan brukes både i territorialforsvaret og i internasjonale operasjoner for objektsikring og sikring av egne styrker i felt. Systemet gir avlastning av vakt- og sikringsstyrker.

Ytelse:

- Automatisk deteksjon av personell og kjøretøyer i overvåkingsområdet
- Deteksjonssannsynlighet på over 97.5%
- Valgfrie alarmkriterier
- Manuell alarmverifikasjon fra video oppnås instantant
- Falskalarmeraten er mindre enn 0.2 falske alarmer pr kamera pr døgn.

Systemet krever minimalt med ettersyn og vedlikehold, og kan lastes på bil eller helikopter for transport til operasjonsområdet. Systemet kan være operativt få timer etter ankomst til operasjonsområdet. Forventet levetid på systemet er 20 år, og anskaffelseskostnader er i størrelsesorden 1 500 kroner pr løpemetre ved perimeterovervåking av en perimeter på om lag 1 000 meter eller mer.

4.2.2.2 APM-E Anti-personellmineerstatning

APM-E er et feltmobilt og raskt deployerbart system bestående av et kameraovervåkingssystem for automatisk deteksjon, klassifisering og følgende av personell, kombinert med fragmenterende ladninger. Systemet består av en rekke batteridrevne kameraer som monitorerer et objekt eller et område som skal sikres. Kameranær prosessering sørger for automatisk analyse av kamerabildene med posisjonsangivelser og klassifisering av inntrengere i ulike kategorier, og kan via trådløs kommunikasjon gi en operatør tilstrekkelig informasjon til å kunne verifisere at uønsket person befinner seg i overvåkingsområdet. Verifikasjon av inntrengere ved hjelp av kameraer gir en operatør grunnlag for umiddelbart å kunne iverksette fjernstyrte reaksjonstiltak i form av fragmenterende ladninger. Muligheter for verifikasjon gis ved at systemet overfører sanntids video av situasjonen. Alarmkriterier kan velges av bruker og kan variere over døgnet. For eksempel kan personell tillates i et gitt område til visse tider av døgnet. Systemet kan detektere og lokalisere mange inntrengere samtidig. Systemet er også kompatibelt med KKI.

For 5-kamera-system gjelder følgende:

Systemvekt: 65 kg + 18kg/24 timer (batteri) – eksklusive ladninger.

Effektforbruk: 65 W

Aktuelle ladningsstørrelser: ca 2-20 kg (f eks M19, M100, FFV-013R).

APM-E krever kvalifisert personell til deployering (en person med to dagers opplæring til å lede arbeidet) og drift (en operatør med noen timers opplæring).

Den militære effekten er som for anti-personellminer, men med større ytelse i forhold til vekt og volum. Systemet kan også anvendes mot ikke-pansrede kjøretøy. Dekningsområde for fragmenterende ladninger er 60°.

Systemet krever minimalt med ettersyn og vedlikehold, og kan lastes på bil eller helikopter for transport til operasjonsområdet. Systemet kan være operativt få timer etter ankomst til operasjonsområdet. Forventet levetid på systemet er 20 år.

5 FELTETTERRETNING

5.1 Status

5.1.1 Generelt

Autonome marksensorer er ett av flere aktuelle tekniske hjelpemidler for feltetterretnings-tjenesten, der de vil inngå som et supplement til personell for å oppnå døgnekontinuerlig overvåking av store områder i tilnærmet sann tid. Dagens marksensorer er autonome, batteridrevne enheter med intern signalanalyse og operativ levetid på opp til flere uker i utplassert tilstand. Den viktigste oppgaven er deteksjon og grovklassifisering av stridskjøretøyer og personell i bevegelse. I noen konfigurasjoner kan sensorene også telle antall passerende mål og bestemme framrykkingshastighet og retning. Sensorinformasjon, i form av korte meldinger om måltype, retning, antall osv, overføres automatisk over VHF radio til en mottaker (feltterminal, patruljeenhet) som kan befinne seg flere titals km unna. Om nødvendig sikres tilstrekkelig radiorekkevidde ved bruk av egne repeatere som plasseres høyt i terrenget mellom sensorene og sentralenheten. Denne mottakeren er i dag utstyrt med et kartdisplay for presentasjon av meldingene, og er felles for alle enhetene (typisk 5 – 10 stk) i sensorsettet. Informasjonen kan videreformidles til høyere nivå i kommandokjeden via eksisterende kanaler.

Sensorenheten i dagens systemer er typisk en metallboks som inneholder en regneenhet for analyse av sensorsignalene, en radiosender og en batteripakke. Her benyttes hovedsakelig seismiske, magnetiske og passivt infrarøde detektorer. Selve sensoren kan være innebygd i boksen eller tilkoblet via kabel, mens radioantennen vanligvis er montert direkte på boksen. Marksensorer er små og lette (typisk 1-2 kg) slik at et helt sensorsett med tilhørende feltterminal kan bæres av en patrulje og utplasseres for hånd i interessante posisjoner. Sensorenheten kan lett kamufleres f eks ved å grave den ned i bakken.

5.1.2 Eksisterende marksensorsystemer

Dagens systemer er i hovedsak basert på seismiske og magnetiske sensorer og infrarøde punktfølere. Det amerikanske systemet IREMBASS (Improved REmotely Monitored BATTLEfield Sensor System) består av egne sensorenheter for hver av disse sensortypene, mens man i det britiske systemet CLASSIC (Covert Local Area Sensor System for Intrusion Classification) kan bruke de samme sensortypene enkeltvis eller i kombinasjon på en og samme sensorenhet. Begge systemer gir deteksjon av kjøretøyer og personell, og med den seismiske sensoren også diskriminering mellom kategoriene beltekjøretøy og hjulkjøretøy eller kjøretøyer og personell. Ønsket funksjonen velges med en bryter på enheten ved utplassering.

CLASSIC har i felttester vist seg å gi en deteksjonssannsynligheten fra ca 70 % til nær 100 % for ulike sensorkonfigurasjonen. Når mål er detektert, foretas klassifisering og/eller retningsbestemmelse av målet. Seismisk deteksjon alene viser seg å gi forholdsvis dårlige resultater, selv når sensorene er plassert få meter fra veibanen. De beste resultatene ble oppnådd med en kombinasjon av seismisk og infrarød sensor sammen eller to magnetiske sensorer. Den siste løsningen gir ingen klassifisering, men til gjengjeld god retningsangivelse. Seismisk og infrarød sensor gir nær 90 % riktig klassifisering, mens kun seismisk analyse gir svært dårlig resultat. Retningsangivelse oppnås kun med infrarød detektor (to synsfelt) og dobbel magnetisk sensor. Her blir nøyaktigheten ca 90 %. Resultatene for måltelling er angitt som prosentvis avvik fra riktig antall passeringer. Et positivt resultat tyder på at enkelte mål er registrert flere ganger, mens negativ prosentangivelse betyr manglende telling.

Rekkevidden for seismisk gjenkjenning av kjøretøyer hevdes å være opp til 250 m under gunstige forhold. For overvåking av veier vil det normale imidlertid være å plassere sensorenheten i vegkanten, slik at avstanden til passerende mål blir noen få meter. For personelldeteksjon er det angitt rekkevidder opp til 80 m, dette også under gode forhold. Et mer typisk resultat vil være 20 - 30 m. Den infrarøde sensoren har to synsfelt, og finner retning ved å sammenlikne målingene fra hvert felt i tid. Den infrarøde sensoren har rekkevidde opp til 60 m (en forbedret versjon er oppgitt til 300 m for kjøretøyer og 100 m for personell), mens den magnetiske er begrenset til 40 m for beltekjøretøyer, 20 m for hjulkjøretøyer og 10 m for bevæpnet personell. Autonom levetid oppgis å være 90 døgn, men dette er formodentlig under sommerforhold. Eksterne batteripakker med større kapasitet kan benyttes ved behov.

IREMBASS (Improved REMBASS) er en videreutvikling av REMBASS (REmotely Monitored BATTLEfield Sensor System). Sensorene veier ca 2 kg og monitoren ca 2.3 kg. Den magnetiske sensoren kan detektere beltekjøretøyer innenfor 25 m fra sensoren. Tilsvarende for hjulkjøretøyer er 15 m og personell 3 m. Den kombinert akustisk/seismiske sensoren detekterer beltekjøretøyer på minimum 350 m, hjulkjøretøyer på 250 m og personell på minimum 50 m. Tester har vist en 80 % klassifiseringsrate for denne sensoren. IR-detektoren registrerer passerende mål på avstander opp til 50 m for kjøretøyer og 20 m for personell. Den magnetiske og infrarøde sensoren gir i tillegg til måldeteksjon også bevegelsesretning (dvs høyre/venstre) forbi sensoren. Den seismiske sensoren gir i tillegg til deteksjon og gjenkjenning av kategoriene personell, beltekjøretøy og hjulkjøretøy. Systemet kan bestå av opp til 64 sensorer pr. monitor. Sensor-monitor avstander minimum 15 km (uten repeater). Autonom levetid flere uker for sensorenheter.

Disse og andre kommersielt tilgjengelige systemer har sine klare begrensninger. Seismiske sensorer har en rekkevidde på maksimalt 200 - 350 m mot tunge kjøretøyer under gunstige forhold, mens typiske deteksjonsavstander for magnetiske og infrarøde sensorer er 10 - 20 m. Dette avgrenser bruken av eksisterende systemer stort sett til kanaliserte lende, f.eks. overvåking av veier, der avstanden mellom mål og sensor er liten. I tillegg er utplasseringen av sensorene tidkrevende, spesielt vinterstid. Seismiske følere må f.eks. graves ned i bakken, eller på annen måte sikres god kontakt med forplantningsmediet.

5.1.3 Akustiske marksensorer

For overvåking av større områder med tanke på f.eks. flankesikring vil akustiske sensorer generelt gi større rekkevidde; opp til 5 - 6 km for stridsvogner og 10 - 20 km for helikoptre under gode forhold. Slike sensorer vil kunne være et kosteffektivt supplement til øvrige observasjonsmidler, spesielt for å fylle inn hullene i dekningsområdet til andre sensortyper. Utplasseringen vil også bli enklere enn for eksempel seismiske og infrarøde sensorer, spesielt under vinterforhold. Deteksjonssannsynligheten for tunge kjøretøyer som passerer innenfor noen få hundre meter fra sensoren vil normalt være svært høy, tilnærmet 100 %. Muligheten til å detektere personell akustisk vil imidlertid være svært begrenset.

Ved FFIBM er det utviklet et prototyp akustisk marksensorsystem. Dette består av et antall autonome, batteridrevne sensorenheter for langtids utplassering i felt. Hver enhet er utstyrt med en mikrofon for kontinuerlig lytting etter stridsvogner og andre kjøretøyer. Lydbildet analyseres intern i enheten, og meldinger om detekterte kjøretøyer sendes over radio til en mottaker/feltterminal flere km unna. Marksensoren kan detektere, telle og klassifisere enkeltkjøretøyer som passerer nær sensoren, f.eks. langs en vei, eller gi en generell alarm om kjøretøyaktivitet innen et større område omkring sensoren. Mottakeren kommuniserer med flere sensorenheter samtidig. Disse vil være plassert i forskjellige steder i lende, f.eks. i veikryss eller langs mulige fiendtlige fremrykkingsaksler. Feltterminalen kan i en endelig versjon vise

sensorinformasjonen i et digitalt kart, slik at operatøren kan danne seg et godt bilde av fiendens bevegelser i hele utplasseringsområdet.

Dersom marksensoren plasseres nær vei, eller i kanaliserte lende der mål vil passere like ved, vil den kunne gjenkjenne og telle hvert enkelt mål. Gjenkjenningen vil bestå i å diskriminere mellom kjøretøykategorier av typen tungt/lett beltekjøretøy og tungt/lett hjulkjøretøy. For områdeovervåking vil marksensoren varsle om tilstedeværelsen av mål på opp til flere kilometers avstand, men ikke kunne telle eller gjenkjenne enkeltmål dersom det er flere mål tilstede.

Tunge kjøretøyer (f eks stridsvogner) har vist seg å bli detektert med nær 100 % sikkerhet ved passering innenfor noen få hundre meter fra mikrofonen. Falsk alarmraten er svært liten, anslagsvis noen få tilfeller pr. sensor pr. døgn. Deteksjonsraten for lette kjøretøyer er med samme passeringsavstander noe lavere, fordi den svakere lyden fra disse i større grad blir maskert av bakgrunnsstøy.

Sensorsystemene kan imidlertid ha en rekke andre anvendelser utover dette. Marksensoren kan bli brukt til artilleriildledning, slik at området rundt sensoren kan beskyttes når denne rapporterer at det er mål i nærheten. Programvaren i sensorenheten kan også lett utvides til deteksjon av skip og småbåter for overvåking av trange fjordinnløp og mulige landgangs-områder. Mulige fredstidsanvendelser er overvåking av faste installasjoner, f eks ammunisjonslagre og kystartillerifort, og grenseovervåking i øde områder. I disse tilfellene vil person- og lastebiler, småbåter og snøscootere være aktuelle måltyper.

5.2 Trender

Utviklingen går i retning av miniatyrisering av sensorenhetene, og utvikling av mer robuste enheter som kan leveres luftveien (droppes fra fly, helikopter eller UAV) eller skytes ut med artilleri. Noe slikt utstyr finnes allerede, men formodentlig ikke med den mest avanserte signalbehandlingen implementert på sensorenhetene. Bruk av MEMS-teknologi åpner for utvikling av små, avanserte, artillerileverte markssensorer i perioden frem mot 2015.

En annen trend er sammenkobling av enkeltsensorer i selvkonfigurerende nettverk, med automatisk overføring av sensorinformasjon til det planlagte KKI-systemet. Dette har fellestrekk med utviklingen innen intelligente minesystemer. Man kan se for seg et landsdekkende autonomt sensornettverk som forer KKI-systemet med informasjon på lavt (taktisk) nivå. Denne grunnlagsinformasjonen bør kombineres med HUMINT og filtreres underveis oppover i systemet, slik at beslutningstakere på ulike nivåer får informasjon med optimalt detaljnivå.

Den operative anvendelsen vil være bruk av denne sensorinformasjonen til stridsplanlegging og kontroll med gjennomføringen på ulike nivåer. Autonome sensornettverk som rapporterer automatisk oppover i hierarkiet vil generelt kunne gi tilnærmet sanntids og døgnkontinuerlig informasjon om stridssituasjonen.

6 TEKNOLOGISK SAMMENKOBLING

I systemer for ABC-overvåking, overvåking for sikringsformål og feltetterretning er det i hovedsak en fellesnevner. Dette er informasjonsflyt og håndtering av den informasjonen de ulike sensorene frembringer. Det er selvsagt informasjonen sensorene frembringer som understøtter beslutninger av operativ karakter. I prinsipp består alle slike systemer av en sensorenhet, som registrerer absolutt nivå eller endring av en fysisk størrelse. Den registrerte fysiske størrelsen omdannes til et elektrisk signal i sensoren, og dette signalet prosesseres, enten lokalt eller sentralt etter overføring i en kommunikasjonskanal.

For å håndtere den informasjonen som genereres, må alle sensorsystemer inneholde en prosessordel med maskinvare og programvare. Da de ulike sensorene kan virke etter forskjellige, fysiske prinsipper, er det klart at den programvaren som benyttes i informasjonshåndteringen vil være dedikert til hvert sensorsystem. Det er derimot ingen ting som hindrer at programvaren kan være implementert på felles maskinvare. I praksis vil dette gi et totalsystem med felles overbygning for alle de ulike sensorsystemene, og med separate programvaremoduler. Hver enkelt sensorsystem kan i tillegg ha dedikert maskinvare, spesielt dersom en del av prosesseringen skal gjennomføres lokalt (dvs ”sensornært”).

Dersom en felles maskinvare skal benyttes for ulike sensorsystemer, må også kommunikasjonsprotokollene være felles. I tillegg vil det av praktiske og logistikkmessige årsaker være klare fordeler å benytte standardiserte batterier, plugger, kabler og eventuelt kabinetter for de ulike sensorsystemene. Dette vil også bidra til at systemene kan deployeres raskere, og følgelig være i drift etter kortere tid. Den totale ytelsen til systemene vil også øke dersom de kan fungere mer eller mindre autonomt. Eksempler på elementer som inngår da er kommunikasjon via trådløs overføring, stor kapasitet på batterier og fjernkonfigurering.

Det vil altså være ønskelig med en sammenkobling av ulike sensorsystemer i et totalsystem med felles maskinvare og kommunikasjonsprotokoller og separate programvaremoduler, samt standardiserte løsninger for batterier, plugger og kabler, o a. Dette totalsystemet kan tilpasses og være en del av et KKI-system, slik at en kan utnytte synergier mellom flere ulike behov, også de som ikke har spesiell fokus på overvåkings- og sikringssystemer.

7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Utviklingen innenfor ABC-overvåking, overvåking for sikringsformål og feltetterretning i et 10 – 15 års perspektiv vil i stor grad være styrt av utviklingen innenfor sensorteknologi, elektronikk, batteriteknologi og signalbehandling. Behov for utvikling innenfor sensorteknologi er størst når det gjelder B-, C-sensorer og i noen utstrekning også bildedannende sensorer. En sentral del av utviklingen vil generelt ligge innenfor etablering av autonome sensornettverk, der deployerbarhet, batterilevetid, miniaturisering blant annet for fjernlevering, sensorfusjon både lokalt og høyere opp i systemet, nye kommunikasjonsløsninger og samordning av informasjonsflyt er viktige temaer.

Tabell 7.1 oppsummerer de ulike totalsystemene som er beskrevet i denne rapporten, med estimerte kostnader. Det er i forbindelse med kostnader tatt utgangspunkt i to eksempler; bataljon i felt eller leir og flybase.

System	Bruksområde	Kostnader
ABC-overvåking	Kontinuerlig overvåking med automatisk deteksjon / varsling av ABC (stasjonært eller feltmobilt)	Bataljon: ~ 3 MNOK Flybase: ~ 4,5 MNOK
OPAK Mobil	Kontinuerlig overvåking med automatisk deteksjon / varsling og klassifikasjon av inntrengere langs en perimeter eller ved et objekt.	Bataljon: ~ 3 MNOK Flybase: ~ 5-10 MNOK
Anti-personellmine-erstatning	Kontinuerlig overvåking med automatisk deteksjon / varsling og klassifikasjon av inntrengere langs en perimeter eller ved et objekt, koblet til fragmenterende ladninger som utløses manuelt ved verifikasjon av fiendtlig personell.	Bataljon: ~ 3-4 MNOK Flybase: ~ 5-10 MNOK (Kostnader inkluderer OPAK Mobil og fragmenterende ladninger)
Markensensorer	Kontinuerlig overvåking med automatisk deteksjon / varsling og klassifikasjon av kjøretøy og helikopter / fly.	Patrulje: ~ 0,5 MNOK Flybase: ~ 1 MNOK

Tabell 7.1 Oversikt over totalsystemer beskrevet i denne rapporten

Felles for alle systemene i Tabell 7.1 er følgende:

- Redusert belastning på personell
- Forbedret sikkerhet for personell
- Reduksjon av total kostnader over tid
- Bedre ytelse
- Autonomt
- Raskt deployerbart
- Høy deteksjonsrate og lav falsk alarm rate

For ABC-overvåking gjelder i tillegg at det gir tidlig varsel (NBC-1), spredningsprediksjon, type kjemisk eller biologisk våpen, påvisning av radioaktiv stråling og værddata.

8 LITTERATUR

- 1) Dyrdal Idar, Grinaker Stein, Helgesen Lars Harald, Jødahl Hege Kristin, Synnes Stig Asle, Tveit Bjørn (2000): Evaluering av overvåkingssensorer for sikring av Forsvarets anlegg - Bind 1, FFI/RAPPORT-2000/00215, Forsvarets forskningsinstitutt (Konfidensielt).
- (2) Dyrdal Idar, Grinaker Stein, Helgesen Lars Harald, Jødahl Hege Kristin, Synnes Stig Asle, Tveit Bjørn (2000): Evaluering av overvåkingssensorer for sikring av Forsvarets anlegg - Bind 2, FFI/RAPPORT-2000/00216, Forsvarets forskningsinstitutt (Konfidensielt).

FORDELINGSLISTE

FFIBM
Dato: 18. oktober 2002

RAPPORTTYPE (KRYSS AV) <input checked="" type="checkbox"/> RAPP <input type="checkbox"/> NOTAT <input type="checkbox"/> RR		RAPPORT NR. 2002/04122	REFERANSE FFIBM/826/137	RAPPORTENS DATO 18. oktober 2002
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD UGRADERT		ANTALL EKS UTSTEDT 62	ANTALL SIDER 33	
RAPPORTENS TITTEL OVERVÅKINGS- OG SIKRINGSSYSTEMER FOR MFU03		FORFATTER(E) GRAN Hans Chr, BERGER Tor, DYRDAL Idar, BUSMUNDRUD Odd, PEDERSEN Bjørn		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF Bjørn Arne Johnsen		FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF: Jan Ivar Botnan		

EKSTERN FORDELING

INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
2		FD II	14		FFI-Bibl
2		FD IV	1		FFI-ledelse
1		V/ Annette Hurum	1		FFIE
1		V/ Bård Bredrup Knudsen	1		FFISYS
1		V/ Nils Espen Skjelland	1		FFIBM
1		V/ Erling Alvestad	1		FFIN
1		V/ Torbjørn Svensgård	5		Forfattereksemplarer
1		V/ Beate Lübeck	6		Restoplag til FFI-bibl
1		V/ Bjørn Tore Solberg			ELEKTRONISK FORDELING
					FFI-veven
1		FO/E			Ragnvald Solstrand (RHS)
1		V/Hans Rostrup			Bent Erik Bakken (BEB)
					Bjørn Arne Johnsen (BAJ)
1		FO/FST			Stein Grinaker (SGr)
1		V/Barthold Hals			Fredrik Dahl (FAD)
1		V/ Stener Olstad			Monica Endregard (MEn)
1		V/ Paul Torvund			Bent Tore Røen (BTR)
1		V/Tor Melien			Alexander F Christiansen (AFC)
1		V/Håkon Klevberg			Fatima Hussain (FHu)
					Aase Mari Opstad (AMO)
1		FLO/LAND			John Aa Tørnes (JAT)
1		FLO/LUFT			Vidar S Andersen (VSA)
1		FLO/SJØ			Terje Wahl (TeW)
1		FLO/IKT			Torkild Eriksen (ToE)
					Johan H Aas (Jaa)
1		FSAN			Pål Bjerke (PBj)
		Forsvarets skolesenter FSS			Karsten Bråthen (KaB)
1		V/ FHS			Ole M Mevassvik (OMM)
1		V/ FSTS			Stein Kristoffersen (SKr)
					Nils A Sæthermoen (NAS)
1		KNMT			Svein-Erik Hamran (SEH)
1		v/KK Stein Otto Hole			Jonny Otterlei (JMO)
3		UD			Bjørn Olav Knutsen (BOK)
1		V/Odd Inge Kvlaheim			

FFI-K1

Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.

EKSTERN FORDELING**INTERN FORDELING**

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
					Tore Nyhamar (TNy)
					Ragnvald H Solstrand (RHS)
					Else Helene Feet (EIF)
					Fredrik Dahl (FAD)
					Ole Erik Hedenstad (OEH)
					Hans Christian Gran (HCG)
					Per Espen Hagen (PEH)
					Niels Størkersen (NJS)
					Halvor Ajer (Haj)
					Stig Lødøen (SEL)
					Robert MacDonald (RHM)
					Jon Mikal Størdal (JMS)
					Stein Mølerud (SMa)
					Halvor Bjordal (HBj)
					Rune Lausund (RLa)

