

INDIKERING AV BIOLOGISKA STRIDSMEDEL I LUFT

Pär Wästerby

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	4
INTRODUKTION	5
DETEKTORER FÖR VARNING	7
AVSTÅNDSINDIKERING.....	7
SR-BSDS	7
LR-BSDS	8
WINDTRACER.....	8
KDKHR-1N	8
PUNKTDETEKTORER	8
(C)BAWS	8
MODEL 3321 APS	9
MODEL 3312A UV-APS	9
FLAPS	9
BARTS.....	10
BIRAL ASAS/ASPECT	10
MAB	11
KONCENTRATORER.....	12
HORIZONTAL CYCLONE, MK3	12
MODEL 3306 INPACTOR INLET	12
XMX VIRTUAL IMPACTOR.....	12
SPINCON® BASED AIR SAMPLER	13
INSTRUMENT FÖR KLASSIFICERING.....	14
CHEMICAL BIOLOGICAL MASS SPECTROMETER – CBMS.....	14
<i>CBMS Block III</i>	14
BBDS	15
INSTRUMENT FÖR IDENTIFIERING.....	16
R.A.P.I.D.™	16
BIO DETECTOR.....	17
BIOCAPTURE™ BT-550.....	17
HANDHELD ADVANCED NUCLEIC ACID ANALYSER	17
HHA.....	18
BTA™ TEST STRIPS.....	18
REALTIME BIOSENSOR.....	18
INTEGRERADE SYSTEM	19
BIDS	19
JBPDS	19
PBDS OCH IBDS	20
PBDS OCH IBDS	20
NBC RECONNAISSANCE SYSTEM FOX/FUCHS	21
CIBADS II.....	21
4WARN.....	21
REFERENSER	23

INTRODUKTION

Biologisk krigföring kan ske i en öppen konflikt eller i det fördolda. Det är viktigt att snabbt bli varnad om biologiska (B)-stridsmedel finns i omgivningen så att det personliga skyddet kan förstärkas och rätt medicinsk behandling kan ges i ett så tidigt skede som möjligt. Innan Guldkriget fanns nästan inga varnings-/indikeringsystem för biologiska agens. De allierade byggde snabbt upp ett antal system av kommersiellt tillgängliga instrument och i vissa fall användes rena laboratorieutrustningar. Denna typ av utrustning används till stor del fortfarande. Utvecklingen har framförallt gått mot att göra instrumenten automatiska, användarvänligare, mindre, lättare och mer robusta. Många instrument är dock fortfarande tunga och är i jämförelse med C-indikeringsinstrument, svåra att hantera.

Biologiska stridsmedel kan förekomma i vätske- eller pulverform och spridas på många olika sätt. I luft finfördelas pulvret/vätskan och blandas med luften, vilket bildar en aerosol. Kroppens skydd mot infektioner är lägst via andningsvägarna. Det finns dessutom snabba tekniker att detektera mikroorganismer i luft. Denna rapport fokuserar därför på detektorer som kan upptäcka utspridning via luften.

Syftet med indikering är att minska riskerna att bli exponerad för B-stridsmedel. Det är därför viktigt med tidig varning. Detektionen bör ske i realtid och helst på avstånd, så att ett drivande moln med B-stridsmedel upptäcks innan det nått fram. Både USA och Ryssland har sådan utrustning, som bygger på LIDAR (SR-BSDS, LR-BSDS och KDKhR-1N). En ljuspuls från en laser reflekteras av molnet och studsar tillbaka mot en detektor. Moln innehållande biologiska mikroorganismer fluorescerar om det utsatt för ultraviolett (UV) ljus, till skillnad från vanliga moln och även detta kan utnyttjas (SR-BSDS). En annan teknologi är att placera ut autonoma punktdetektorer runt ett skyddsobjekt (BAWS). Detta system kan då ge varning, via ett inbyggt kommunikationssystem, i så god tid att personal hinner ta på skyddsmask och annan skyddsmateriel.

Det vanliga är dock punktindikering. Dessa varningssystem innehåller ofta en detektor och en provinsamlingsutrustning. Detektorn larmar om partiklarnas antal, storlek eller form förändras. En aerosol består antingen av små vätskedroppar eller av fasta partiklar som är finfördelade i luft. En partikelräknare uppfattar varje droppe som en partikel, även om vätskedroppen kan innehålla flera mikroorganismer. Det är också vanligt att mäta fluorescens från partiklarna i luften. Biologisk materia emitterar karakteristiska våglängder om de belyses med UV-ljus. Information från partikelräknare och fluorometer kan kombineras för att minimera antalet falska larm. Samtidigt som en varning ges, startar provinsamling på filter eller till koncentrerad vätskelösning.

Klassificeringen är ofta indirekt, vilket innebär att man mäter egenskaper som är specifika för bakterier, svampar, virus och toxiner. Tillsammans med informationen från varningsinstrumentet kan man ytterligare säkerställa om det rör sig om biologiskt material som orsakat varningen. Det finns även ett fåtal portabla mass-spektrometerar som kan detektera bakterier, virus, toxiner och kemiska agens.

Identifikationen är mer specifik. Bland de fältmässiga instrumenten har immunologiska mätmetoder varit vanligast. De immunologiska metoderna bygger på att antikroppar känner igen formen på vissa delar av det biologiska agens som ska identifieras. Det krävs 10^5 - 10^6 mikroorganismer för att identifieringen av ett prov med immuno-

logiska metoder ska kunna påvisa förekomst av sjukdomsalstrande mikroorganismer. Varnings- och klassificeringssystemen har en känslighet på ett tiotal ACPLA¹. Det är därför önskvärt att även kunna identifiera vid denna låga koncentration. De koncentrationer som finns idag kan dock ge en tillräckligt hög koncentration inom fem minuter. Många agens liknar varandra, vilket gör att antikroppar inte är helt specifika. Utvecklingen på detta område syftar därför till att öka specificiteten och antalet ämnen som kan identifieras. Idag finns även fältmässiga PCR-instrument. Med PCR görs identifieringen på DNA-nivå. En specifik DNA-sekvens mångfaldigas och kan senare detekteras, vilket gör det möjligt att identifiera mycket små mängder. Känsligheten är i storleksordningen tiotals till hundratals mikroorganismer. PCR-teknikens svaghet är att den är känslig för allt – även för kontaminering i samband med uppberedning av provet.

Antikroppar kan binda till toxiner, eller till strukturer i bakteriernas yta. Med bioteknik kan man modifiera icke sjukdomsalstrande bakterier, så att de börjar tillverka toxiner. Genmodifierade bakterier behöver därför inte kännas igen, men toxinet kan kännas igen av antikroppar. PCR-tekniker som bygger på analys av RNA- eller DNA-sekvenser som innehåller information om hur dessa toxiner ska syntetiseras i organismen, är däremot svåra att lura.

Ett indikeringsystem består av flera detektorer, som tillsammans utför mer än en av uppgifterna (varning, klassificering och identifiering). Dessa system kan vara integrerade i fordon, containrar eller vara fristående enheter. Hittills finns inget splitterskyddat fordon med ett B-indikeringsystem. Fordonen har dock kollektivt skydd i form av filtrerad luft, samt övertyck i fordonet. Under en tioårsperiod har systemen uppgraderats ett flertal gånger. Inom tio år planerar USA bygga ett system som integrerar B- och C-indikeringsystemen med varandra.

¹ ACPLA=Agent Containing Particles per Liter of Air

DETEKTORER FÖR VARNING

Varning bör ske i realtid med en enkel metod som bygger på att mäta förhöjda halter av biologiskt material i luften. Det allra bästa ur användarsynpunkt är att kunna indikera på avstånd så att drivande moln kan analyseras innan det nått fram till indikeringsfordon och övrig trupp. Idag har endast stormakterna denna förmåga.

Övriga varningsinstrument är punktdetektorer. De bygger på en fysikalisk mätmetod och ger information om antal, form eller storlek på partiklarna i luften förändras på ett onormalt sätt. Fluorescens används också, eftersom biologiska organismer innehåller ämnen som fluorescerar. Virus fluorescerar inte så mycket i sig, men det krävs endast att små mängder av odlingsmediet är kvar för att utsläppet ska kunna detekteras med fluorescens.

AVSTÅNDSINDIKERING

SR-BSDS

Fibertek Inc har, tillsammans med US Army Soldier and Biological Chemical Command (SBCCOM), utvecklat Short Range Biological Standoff Detection System (SR-BSDS)^{1,2,3}. Det är ett lidarsystem med multipla våglängder för att detektera och särskilja moln innehållande biologiskt material (B-moln) på avstånd av flera kilometer. Systemet detekterar och följer biologiska aerosoler med infraröd (IR) lidar och särskiljer vanliga moln från B-moln med ultraviolett (UV) lidar. IR-lasern används även för att kartlägga hårda objekt för att förhindra UV-lasern att pulsa i riktningar som kan ge ögonskador.

SR-BSDS har en detektionsgräns på 10 km (IR) och kan upptäcka B-moln inom 5 km (UV). Systemet väger 500 kg, har en effekt av 3 kW och mäter 127 cm × 135 cm × 142 cm (ca 2.5 m³).



Bilden visar SR-BSDS.

LR-BSDS

Long Range Biological Standoff Detection System utnyttjar en IR-LIDAR för att detektera, ange avstånd till och följa partikulära moln.⁴ Moln av partiklar (aerosoler) är en indikation på en attack med biologiska stridsmedel. LR-BSDS kan inte särskilja moln som innehåller biologiska partiklar från moln som inte innehåller biologiska partiklar. Systemet finns monterat på helikoptern UH 60 Blackhawk. LR-BSDS kan detektera moln på upp till 30 kilometers avstånd, men är inte ”ögonsäker” inom ett avstånd på 2.5 km. Systemet väger 560 kg och tar upp en volym av 2.3 m³.

WINDTRACER

WindTracer har utvecklats av CLR Photonics Inc. med stöd av Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) och amerikanska armén⁵. Den kan detektera och spåra aerosolmoln samtidigt som den lokala vindhastigheten mäts (riktning och fart). WindTracer detekterar aerosolmoln på avstånd upp till 14 km horisontellt och 10 km vertikalt. Fältförsök gjorda i september 2000 i Dugway har visat att WindTracer detekterar *Bacillus subtilis* (BG-sporer), *Erwinia herbicola* och MS2 bakteriofag. Dessa agens används för att simulera *Bacillus anthracis*, *Yersinia pestis* och toxin. Känsligheten uppges vara i storleksordningen tiotals till hundratals ACPLA¹. Den väger 110 kg och kan monteras i helikopter, flygplan, båt, hjulfordon och fasta installationer.

KDKHR-1N

Co:State Scientific Center of Russia ”Astrophysica” har utvecklat ett system för avståndsindikering av kemiska och nukleära stridsmedel⁶. Två lasrar på 530 nm (synligt ljus) och 1060 nm (IR) ingår i dess LIDAR. Dessa kan upptäcka moln men inte särskilja vanliga moln från moln innehållande biologiska agens.

PUNKTDETEKTORER

(C)BAWS

USA startade 1996 ett demonstratorprojekt som skulle ta fram ett varningssystem för biologiska agens. Systemet fick namnet BAWS, men integrerades sedan med kemisk detektion vilket resulterade i dess nuvarande namn – CBAWS. **Systemet är uppbyggt av punktdetektorer som står i förbindelse med en kommandocentral. Punktdetektorerna placeras runt ett skyddsobjekt, så att C/B-moln kan detekteras innan de når fram. Kommandocentralen behandlar all information från detektorerna och varnar. En operatör kan då ge ett kommando, som startar provinsamling på filter vid valfri detektor.**^{7,8}

Det finns två olika detektorer i CBAWS. Tier-I innehåller en partikelräknare, GPS, en meteorologisk sensor, en fjärrstyrd luftprovtagare som koncentrerar partiklarna på ett filter och en radio som står i förbindelse med kommandocentralen. Detektorerna drivs med uppladdningsbara batterier och placeras på stativ, vanligen med 500 meters mellanrum. Partikelräknaren detekterar partiklar med diameter av 2-10 µm och skickar en varning när antalet partiklar överstiger ett visst gränsvärde ovanför bakgrunden. Bakgrunden fås genom att beräkna ett rörligt medelvärde. Det finns även möjlighet att ansluta en ACADA (en kemisk detektor, kallas även M22). Tier-II har en utökad förmåga att detektera biologiska mikroorganismer genom att excitera aerosolen med en laser på 266 nm och analysera fluorescensen och ljusspridningen från provet. När ett prov samlats in måste man hämta filtret manuellt för analys. Denna analys tar mellan 30 och

40 minuter. Amerikanerna har även en demonstrator som de kallar Automated DNA Diagnostic (ADD) som kan användas för identifiering.

MODEL 3321 APS

Aerodynamic Particle Sizer® (APS) spektrometern tillverkas av TSI Inc och mäter luftburna partiklars aerodynamiska diameter med en förbättrad time-of-flight-teknik. Instrumentet bestämmer storleken av partiklar med diameter mellan 0.5µm och 20µm.⁹



Bilden visar TSI modell 3321 APS.

En aerosol accelereras genom ett munstycke och passerar två laserstrålar med ett visst avstånd mellan dem. Partiklarna reflekterar laserljuset mot en detektor. Varje partikel ger upphov till två reflektioner med en viss tid emellan dem. Tiden motsvarar en viss flygsträcka och beror på partikelns aerodynamiska storlek. Om två partiklar passerar laserstrålarna nästan samtidigt fås mer än två reflektioner. Detta detekteras som en särskild händelse, men ingår inte i statistiken för partikelstorlek och koncentrationsbestämningen. Instrumentet mäter även intensiteten för ljusreflektionerna. Den informationen kan också användas för storleksbestämning, men presenteras av detta instrument separat.

MODEL 3312A UV-APS

Ultraviolet Aerodynamic Particle Sizer® (UV-APS) spektrometern tillverkas av TSI Inc. Den mäter partiklars aerodynamiska diameter på samma sätt som APS, men ger även information om partiklarna fluorescerar eller inte. Instrumentet bestämmer storleken av partiklar med diameter mellan 0.5 µm och 15 µm.⁹ UV-lasern exciterar partiklarna vid 355 nm och fluorescensen detekteras mellan 400 nm och 580 nm. Under dessa betingelser kan man detektera NADH och riboflavin, som är ämnen som finns i celler.

FLAPS

Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer (FLAPS) var det första instrument som kunde bestämma storleken av aerosoler och samtidigt, genom att mäta fluorescens, avgöra om partiklarna innehåller levande organismer. Detta gör det möjligt att i realtid särskilja levande organismer från andra partiklar.¹⁰

Den första versionen, FLAPS1, använde en HeCd laser. Den används fortfarande som referensplattform vid DRES (Defense Research Establishment Suffield) fältförsök. Den används även vid utveckling av nya ljuskällor. FLAPS1 var det första instrument som kunde detektera 10 APCLA¹ i luft med normal bakgrund och ge automatisk varning inom 15 sekunder. Idag används FLAPS2, som baseras på en TSI Model 3312A UV-APS. FLAPS2 utgör varningssystemet i



Bilden visar en FLAPS.

BIDS och CIBADS, som beskrivs i kapitlet: Integrerade system. Den kanadensiska flottan har använt FLAPS-detektorn i mer än två år, men idag är den amerikanska armén den största kunden.

FLAPS3, som använder en ljuskälla med hög verkningsgrad¹¹ och förbättrad optik, är under utveckling. Den har enligt förstahandsuppgifter¹¹ fungerat bra vid ett fältförsök vid DSTL i England 2001. Den användes under hösten 2001 i Washington, där postkontoret i Brentwood antogs vara kontaminerat av antrax. Det visade sig då att den nya designen gör att FLAPS3 är lätt att sätta upp och använda under svåra yttre omständigheter.

BARTS

BARTS (Biological Agent Real Time Sensor) är utvecklad för att ge samma prestanda som FLAPS till lägre kostnad, storlek, vikt och effekt. BARTS kan användas som en fristående detektor eller del av ett integrerat detektionssystem (4WARN).¹²

Detektorn har utvecklats av Computing Devices Canada (CDC) och Pacific Scientific Instruments (PSI) i samarbete med Defence Research Establishment Suffield (DRES). Deras utgångspunkt var att utveckla en sensor baserad på detektion av fluorescerande partiklar som var billigare och mer portabel än de då existerande systemen. Nedan är en lista av tekniska lösningar man valde till BARTS:

- En laser med våglängden 355 nm, som ger ljuspulser på 500 ps med frekvensen 10 kHz, med en medeleffekt av 5-10 mW.
- En PSI optisk cell designad för två fotomultiplikatorer (en för ljusspridning och en för fluorescens). Detta gör det möjligt att mäta form och storlek på partiklarna.
- Mjukvara att tolka och visa uppmätta data.
- En MesoSystem Micro Vic, som ger ett luftflöde genom instrumentet på 28 liter per minut.

Nanolase-lasern bedömdes vara den bästa kompromissen mellan pris och prestanda. BARTS räknar partiklar tillförlitligt, men bestämningarna av partiklarnas storlek är osäkra pga att tvärsnittet av laserljusets intensitet inte är homogent.

Vid fältförsöken vid DRES i juni 2001 koncentrerades aerosolen med en XM (beskrivs i avsnittet Koncentratorer) för att öka känsligheten. Åtta utsläpp av tio kunde detekteras av BARTS i realtid. De andra två detekterades inte heller med FLAPS (som användes som referenssystem).

BIRAL ASAS/ASPECT

BIRAL fick 1993 i uppdrag att utveckla ett prototypinstrument av brittiska Ministry of Defence (MoD).¹³ Den militära beteckningen av instrumentet är BIRAL Aerosol Size and Shape Analyzer (ASAS), och utgör varningssystemet i PBDS och IBDS (beskrivs i kapitlet Integrerade system). Den analyserar storlek, form och antal partiklar mellan 0.5 µm och 20 µm. Den kan operera mellan 5° C och 40° C och väger 20 kg.

¹¹ En hög andel av den förbrukade effekten avges som ljus

MAB

Biological Alarm Monitor varnar om partiklar i luften innehåller grundämnen som är vanliga i biologiska organismer.¹⁴ Detektorn mäter grundämnessammansättningen av enskilda partiklar med flamspektroskopi (samma teknik som används i AP2C för C-indikering). Biologiska mikroorganismer har en sammansättning som avviker från andra partiklar som kan förekomma i luft (rök, damm, diesel, ammunitionsrester, ...). Storleken på partiklarna kan också bestämmas. Instrumentet kan fjärrstyras. Responstiden är under en minut. Instrumentet kan användas vid -20° C, väger 8 kg och vätgasbehållaren räcker i 10 dagar vid kontinuerlig drift innan den måste bytas. Vätgasbehållaren kan återanvändas. Måtten är 30 cm ×16 cm ×45 cm.

KONCENTRATORER

HORIZONTAL CYCLONE, Mk3

Biotrace har utvecklat en aerosol provtagare med en koncentrationsfaktor på 10^6 . Luftflödet kan varieras mellan 400 liter och 800 liter per minut. Luft sugas in genom en skorsten och träffar en våt yta. Där fastnar mer än hälften av partiklarna. Ytan sköljs, vilket gör att partiklarna följer med vätskeflödet. Horizontal Cyclone utgör en del av Biotrace Biological Detection System (BBDS) som beskrivs i kapitlet Instrument för klassificering. Hela detta system ingår dessutom i PBDS och IBDS som beskrivs i kapitlet Integrerade System.¹⁵

MODEL 3306 IMPACTOR INLET

Denna impaktor är byggd speciellt för TSIs APS. 28.3 liter luft sugas in per minut. En liten del av luften går vidare till APS, medan resten av luften går genom en impaktor med ett filter i utsuget. Filtret kan sedan analyseras med andra metoder.⁹

XXM VIRTUAL IMPACTOR

Dycor's XXM är en aerosolkoncentrator/vätskeprovssamlare. Partiklar i storleksordningen ~1-50 μm kan koncentreras. XXM kan samla in luft och koncentrera luftflödet för att låta något annat instrument bestämma partikelstorleken. Den kan även användas för att koncentrera partiklarna i en vätska, med Liquid Impingement Module (LIM). XXM har testats vid fältförsök av USA:s, Kanadas och Storbritanniens arméförband.¹⁶ Vid drift med 220 V växelström är luftflödet 850 L/min (650 vid 24 V likström). I nästa steg är luftflödet 12 L/min, vilket ger en koncentrationsfaktor på ca 70 (55).



Bilden visar en XXM Virtual Impactor.

SPINCON® BASED AIR SAMPLER**SpinCon® kan samla in bioaerosoler, partikulär materia och löslig gas.**

SpinCon® är utvecklad och patenterad av Midwest Research Institute (MRI), och licensierad och producerad av Lares, som är ett helägt dotterbolag till Camber Corporation. Idag finns en kommersiell version som samlar in 450 liter luft per minut och koncentrerar partiklarna i en vätska på 10 ml (koncentreringsfaktor på 45000 ggr). Under utveckling finns en variant som samlar 600 liter per minut till ett prov på 5 ml (koncentreringsfaktor på 120000 ggr).¹⁷

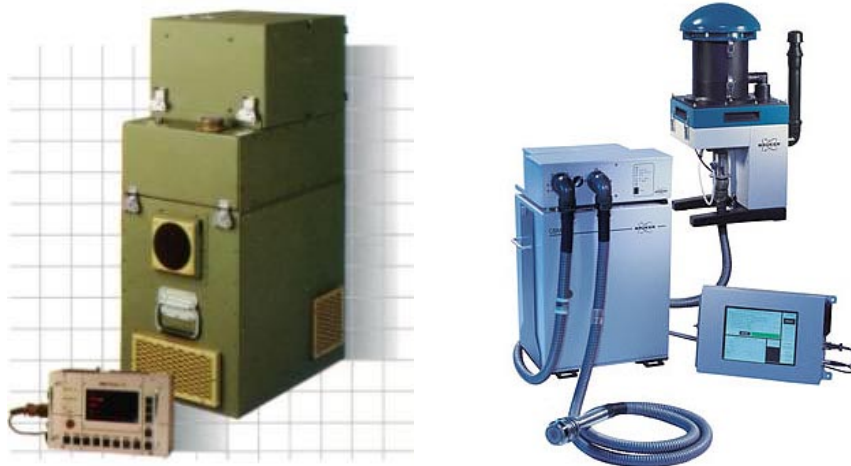
INSTRUMENT FÖR KLASSIFICERING

Klassificeringen ska ge ytterligare information om luften innehåller biologiskt material eller inte. Det sker genom att mäta egenskaper som är specifika för biologiska partiklar och bör inte ta mer än fem minuter.

CHEMICAL BIOLOGICAL MASS SPECTROMETER – CBMS

Under Gulfkriget användes många olika detektorer för att försöka avgöra om koalitionen styrkor blev utsatta för kemiska stridsmedel från Irak. Detektorerna kunde ofta inte skilja mellan gas från diesel, pesticider, raket bränsle, industrikemikalier och kemiska stridsmedel. Därför fick man många falska larm.¹⁸ U.S. Army's Soldier Biological and Chemical Command (SBCCOM) bekostade därför utvecklingen av en kemisk, biologisk mass-spektrometer. Det första instrumentet, CBMS Block I, producerades av Bruker Franzen.

Oak Ridge National Laboratory (ORNL) fick i uppdrag att utveckla Block II CBMS. Utvecklingen har gjorts i samarbete med MSP Corporation, the Colorado School of Mines och Orbital Science Corporation.¹⁸ Känsligheten för nervgaser uppges vara $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för hudskadande stridsmedel. För alla biologiska stridsmedel uppges en känslighet på 1 ACPLA. Kemiska stridsmedel identifieras inom 15 sekunder och biologiska stridsmedel inom 3 minuter. Hela systemets vikt är på 68 kg.¹⁹



Till vänster visas en CBMS Block II och till höger en CBMS Block III.

CBMS Block III

Chemical Biological Mass Spectrometer (CBMS) Block III tillverkas av Bruker Daltronics och är en fältmässig (testad enligt US Army MIL-STDs) mobil Ion-Trap Mass Spectrometer för identifiering av kemiska stridsmedel och klassificering av biologiska stridsmedel.²⁰

Kemiska stridsmedel identifieras i realtid. Detektionsgränsen är $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för sarin och soman, $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för VX, $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för senapsgas och $1.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ för Lewisite. I kombination med Bruker Virtual Impactor och Bruker Pyrolyser, detekteras och klassificeras biologiska stridsmedel inom 3 minuter. Detektionsgränsen för *Bacillus Subtilis* (BG-sporer) är 100 ng i manuellt läge och $1 \mu\text{g}$ i automatiskt läge, vilket motsvarar cirka

20 000 respektive 200 000 sporer. Med den koncentring som fås av Virtual Impactor är den lägsta aerosolkoncentrationen som kan analyseras några ACPLA.

Ett luftprov samlas in och molekylerna klassificeras med avseende på massa. Därefter hettas provet upp så att molekylerna bryts sönder och laddade molekylfragment bildas. Provet överförs till mass-spektrometern, där molekylfragmenten analyseras med avseende på kvoten mellan massa och laddning. Spektrumet jämförs med ett bibliotek av kända agens. I biblioteket finns biologiska agens (bakterier och virus), toxiner och kemiska agens (nervgaser och termiska C-agens).

BBDS

Biotrace Biological Detection System (BBDS) är en detektor för biologiska mikroorganismer som bygger på ATP-bioluminescens.

Partiklar koncentreras i en vätska med Biotrace Cyclone med maximalt luftflöde på upp till 800 liter/minut. Detektionen sker kontinuerligt, med en fördröjning på cirka 2 minuter från det att partiklarna samlats in. Systemet jämför koncentrationen bakteriell ATP i luften med bakgrundens ATP-koncentration. Cyklonen och ATP-detektorn väger 20 kg vardera och drivs med växelström.

INSTRUMENT FÖR IDENTIFIERING

Identifieringen ska ge svar på vilket agens som orsakat varningen. Den är dock inte lika specifik som de analyser som görs på ett ackrediterat laboratorium. Instrumenten i denna kategori varnar endast för kända B-stridsmedel.

R.A.P.I.D.TM

Rapid Advanced Pathogen Identification Device (RAPIDTM) detekterar och identifierar olika mikrober som orsakar sjukdom. Den bygger på PCR, vilket gör att DNA i provet kopieras och mångfaldigas. Detta gör att känsligheten blir upp till 10000 gånger högre än antikroppsbaseerade metoder²¹. Instrumentet kan idag identifiera fyra biologiska stridsmedel (*Bacillus anthracis* - antrax, Brucellosis – brucellos, *Francisella tularensis* - harpest and *Yersinia pestis* - pest) och fyra andra sjukdomsalstrande agens (*Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157, *Salmonella enteritidis* and *Campylobacter jejuni*).

RAPID kan analysera i två lägen. I det ena läget (Batch mode) kan 32 prover analyseras för samma agens på mindre än 30 minuter. I det andra läget (Screen mode) kan man testa för upp till 10 olika organismer på en gång. I ett avancerat läge kan man styra analyserna mer detaljerat. Utrustningen är fältmässig (stöttålig, tål även rök, damm, regn, saltstänk, sand, hög luftfuktighet, extrema temperaturer och reducerat lufttryck) och kan bäras på ryggen av en man (väger ca 23 kg).



Bilden visar en R.A.P.I.D.

BIO DETECTOR

Bio Detector har utvecklats och testats av Environmental Technologies Group Inc (ETG) och den amerikanska armén. Den kan på 15 minuter identifiera upp till åtta biologiska agens samtidigt. Detektionen sker med hjälp av antikroppar och är helt automatisk. Detektorn väger ca 62 kg, är portabel och stöttålig. Bio Detector ingår i P3I-BIDS och IBDS som beskrivs i kapitlet Integrerade system.^{2,22}



Bilden visar en Bio Detector.

BIOCAPTURE™ BT-550

BioCapture™ BT-550 från MesoSystems är ett handburet instrument för detektion av biologiska agens i aerosolform. Analysen tar 30 minuter och är helt automatisk.

Partiklar som är större än 0.5µm koncentreras till en liten volym vätska, som analyseras med BTA™ Test Strips. Instrumentet väger ca 4.5 kg.²⁵



Bilden visar en BioCapture™ BT-550.

HANDHELD ADVANCED NUCLEIC ACID ANALYSER

Lawrence Livermore National Laboratory har utvecklat en prototyp på ett handburet PCR-instrument. Den färdiga versionen ska vara lätt att använda, inte väga mer än 7 kg och vara enkel att underhålla i fält. En kommersiell produkt väntas vara klar under 2002.²³

HHA

Hand Held immunochromatographic Assay (HHA) är en enkel antikroppsbasead testmetod. HHA identifierar ett agens per assay och kan idag identifiera 9 biologiska stridsmedel och 4 övningsämnen. Resultatet kan antingen avläsas visuellt eller med en automatisk läsare. HHA kan inte användas för jordprover och assayerna ska förvaras vid 4° C (får ej frysas). Lagring kan ske i 2 år (vid 4° C).²⁴

BTA™ TEST STRIPS

BTA™ Test Strips tillverkas av Tetracore Inc. och säljs av Alexeter Technologies. Det ger möjlighet att i fält analysera om prov innehåller biologiska stridsmedel. Testet tar 1-15 minuter och finns idag för *Bacillus anthracis* (antrax), Ricin toxin (ricin), Botulinum toxin (botulism), *Staphylococcal enterotoxin B* (SEB), *Yersina pestis* (pest) och *Francisella tularensis* (harpest). Analysen av testet kan göras med blotta ögat eller med en optisk läsare, Guardian™ Reader.²⁵

REALTIME BIOSENSOR

Mesosystem Inc har utvecklat en prototyp av en biosensor. Prototypen finansieras av DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Sensorn baseras på MesoSystems nuvarande BTA-teknik, men innehåller även en elektrokemisk teknik som köps av University of New Mexico. Med detta instrument är detektionsgränsen 100 bakterier, vilket kan jämföras med vanlig immunoassay-teknik vars detektionsgräns är 10⁵-10⁶ bakterier.²⁵

INTEGRERADE SYSTEM

Flera länder har utvecklat integrerade system för indikering. Dessa innehåller oftast en eller flera instrument ur de kategorier som beskrivits (varning, klassificering och identifiering). USA har ett system för armén (BIDS) och ett för flottan (IBADS). Indikeringsutrustningen kommer att bytas ut mot JBPDS, som beskrivs nedan. Storbritannien har PBDS/IBDS och Kanada har CIBADS/4WARN.

BIDS

Biological Integrated Detection System (BIDS) har utvecklats kontinuerligt sedan 1996. Den senaste kända modellen kallas Pre-Planned Product Improvement (P3I) BIDS. De tekniker som används i detta system är en partikeldetektor som mäter partiklarnas storlek och fluorescens med UV (FLAPS2), flödescytometri, mass-spektrometri (CBMS) och immunoassay-teknologier (Biological Detector). En nyare version, JBPDS BIDS, väntas vara i bruk 2002/2003.⁴



Bilden visar en BIDS.

JBPDS

Battelle utvecklar Joint Biological Point Detection System (JBPDS), som kommer att ersätta alla existerande biologiska detektionssystem i USAs försvar (armén, flottan, flygvapnet och marinen). Detta system ska kunna varna, starta provinsamling, klassificera och identifiera biologiska stridsmedel. Dessa funktioner kommer att vara helt automatiska. Systemet kräver ingen operatör på plats sedan det startats och kan användas enskilt eller i ett nätverk. Metrologiska instrument och GPS ingår också i systemet. Produktionen har, om tidtabellen hållits, påbörjats i år. Den första leveransen väntas vara klar 2003.^{2,4}



Bilden visar en JBPDS.

PBDS OCH IBDS

I samband med Gulfkriget tillverkade Storbritannien ett mindre antal fordon med förmåga att detektera B- och C-agens. Dessa fordon kallas Prototype Biological Detection System (PBDS). Efterföljaren, Integrated Biological Detection System (IBDS), som utvecklats av Graseby Dynamics är just nu i ett sent utvecklingskede. Dessa fordon har i princip samma instrument. Förbättringarna i IBDS innebär att alla detektioner är helt automatiska, instrumenten är bättre integrerade och att riskerna för kontaminering av den del av fordonet som besättningen vistas i har minimerats.²⁶



Bilden visar en modell av IBDS.

DETEKTIONEN AV B-AGENS I PBDS/IBDS KAN DELAS IN I FYRA STEG:

I det allmänna detektionssteget studeras förändring av partiklarnas antal och form i luften. Detektorn är utvecklad och producerad av BIRAL och har två beteckningar: Aerosol Shape Analysis System (ASAS) eller Aspect.

Ett effektivt provtagningsystem samlar in partiklar ur luften. Partiklarna koncentreras effektivt i en vätska för allmän och specifik detektion, och för analys i laboratorium. Provsamlingen görs med en Biotrace Cyclone. Luft sugas in via en skorsten och partiklarna impakteras på en fuktig yta, och sköljs därefter av med en liten mängd vatten. Vattenlösningen leds vidare till en detektor.

Nästa steg detekterar koncentrationen levande bakterier i luften. Levande bakterier producerar ATP. Detektionen sker kontinuerligt, med en fördröjning på cirka 2 minuter från det att partiklarna samlats in. Systemet jämför koncentrationen bakteriell ATP i luften med bakgrundens ATP-koncentration.

Två specifika detektorer identifierar vilket biologiskt agens som samlats in och uppskattar dess koncentration. Den ena detektorn kallas resonansspegel och bygger på ytplasmonresonans. Antikroppar är bundna till ytskiktet av ett prisma som står i kontakt med ett vätskeprov. När antigen binder till antikroppen ändras brytningsindex vid prismats yta, vilket kan registreras med en laser. Den andra detektorn bygger också på att antikroppar används. Provet inkuberas med antikropp, varvid en specifik reaktion

sker. Antikroppscomplexet separeras därefter med ett membran. Complexet kan därefter detekteras efter ytterligare ett steg som innehåller antikroppar och enzym.

De två första detektionsstegen är placerade i en handskbox med reducerat tryck, så att enklare underhåll kan göras på ett säkert sätt.

NBC RECONNAISSANCE SYSTEM FOX/FUCHS

Namnet till trots, så kan detta system inte idag detektera biologiska agens.

Man säger sig ha planer på att bygga ett speciellt fordon, Biological Reconnaissance System, för att lösa detta.

CIBADS II

Canadian Integrated Biochemical Agent Detection System (CIBADS) innehåller detektions- och identifikationssystem för både B- och C-agens i realtid, eller nära realtid.²⁷

Systemet består av

- en FLAPS (Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer) för detektion av B-agens i realtid,
- en partikel-koncentrator som koncentrerar luften från 600 liter till 1 liter med 50% effektivitet (Dycor XMX),
- ATR bio-identifikation (<15 min),
- en IMS med benämningen ICAM (utveckling av CAM) som detekterar C-agens i realtid,
- en provtagare för gaser,
- en väderstation,
- och GPS mm.



Bilden visar en CIBADS.

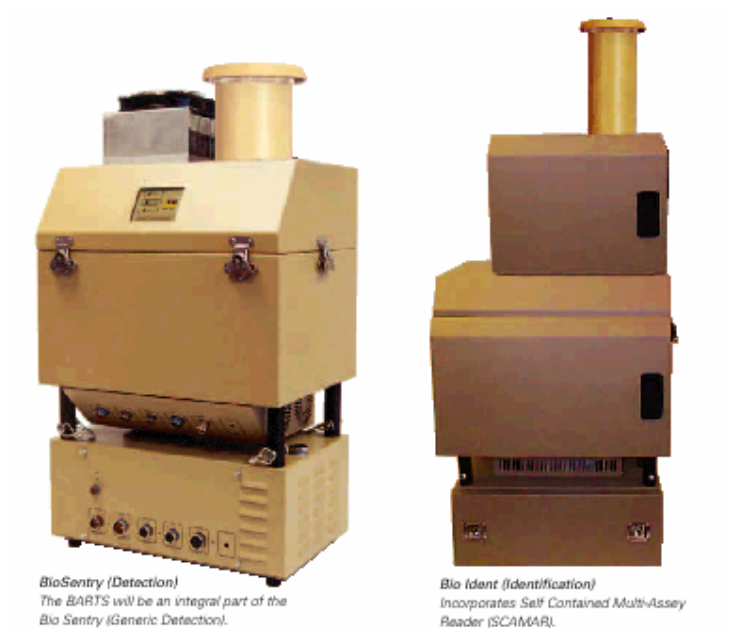
Vid detektion av ett biologiskt agens ger FLAPS en signal som startar uppsamling av ett vätskeprov för analys med en mycket känslig och specifik biosensor. En kommersiell jonmobilitetsspektrometer (IMS) används för att detektera kemiska agens och startar uppsamlingen av gas. Systemet är radiolänkat till en beslutstöds- och kontrollenhet, som kan ta emot data från många detektorer och presentera informationen på en karta. Där fås information som kan användas för riskanalys. Kontrollenheten kan även användas för att bestämma hur detektorerna ska placeras för att maximera chanserna att detektera BC-moln.

4WARN

4WARN bygger på samma princip som CIBADS men har ett enklare varningssystem och är mer kompakt byggd, vilket gör att den är lättare, mindre och förbrukar mindre effekt. Larmalgoritmerna har också förbättrats.²⁸

4WARN V.2 är ett helt automatiserat system som innehåller en enhet för detektion (BioSentry) och en för identifikation (Bio Ident). BioSentry innehåller en BARTS, samt utrustning för provinsamling. Provet samlas upp på filter. I Bio Ident används en antikropps-baserad teknik. Det finns även möjlighet att ansluta en jonrörlighetsdetektor och en detektor för radioaktiv strålning. Systemet är radiolänkat till en beslutstöds- och kontrollenhet, som kan ta emot data från många detektorer och presentera informationen

på en karta. Där fås information som kan användas för riskanalys. Kontrollenheten kan även användas för att bestämma hur detektorerna ska placeras för att maximera chanserna att detektera BC-moln. Larm kan skickas vidare via radio, kabel eller Ethernet. Enheterna väger 45 kg vardera.



Bilden visar 4WARN. Till vänster ses en BioSentry och till höger en Bioident.

REFERENSER

- ¹ Fibertek, Inc. (2001): <http://www.fibertek.com/> .
- ² NBC Industry Group, P.O. Box 2781, Springfield, VA 22152, <http://www.nbcindustrygroup.com/>, 2001 *NBC Product and Services Handbook*.
- ³ Suliga W., and H. Verdun. *Short range biological standoff detection system (SR-BSDS)*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ⁴ Department of Defense, Chemical and Biological defense program. Annual report to congress and performance plan, July 2001.
- ⁵ CLR Photonics, Inc. (2001): www.ctilidar.com/
- ⁶ Masinichko, A., V. Orlov and Y.A. Palatov. *Ground LIDAR system for remote sensing CW agents*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ⁷ Sickenberg, D.W., F.L. Reyes and R.R. Smardzewski. *Chemical Biological Aerosol Warning System (CBAWS)*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ⁸ The U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command (SBCCOM). *The Integrated Biodetection Advanced Technology Demonstration Program (FY96-99)*: www.sbccom.army.mil/
- ⁹ TSI, Inc. (2001): www.tsi.com/ .
- ¹⁰ Defence Research Establishment Suffield (DRES), 2001: www.dres.dnd.ca/Products/CB_PRODUCTS/
- ¹¹ Personlig kommunikation med Jim Ho (2001). DRES, Box 4000, Stn Main Medicine Hat, Alberta T1A 8K6, Canada
- ¹² Luoma, G. et al. *A fluorescence particle detector for real time quantification of viable organisms in air*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.
- ¹³ BIRAL (2001): www.biral.com/.
- ¹⁴ Proengin, rue de l'Industrie, 78219 Saint.Cyr L'Ecole, France. Produktinformation (2001).
- ¹⁵ Biotrace Ltd, The Science Park, Bridgend CF31 3NA, UK. Produktinformation (2001).
- ¹⁶ Dycor Technologies Ltd. (2001): www.dycor.com/.
- ¹⁷ Lares, dotterbolag till Chamber Corporation (2001): www.larescorporation.com/lares/.
- ¹⁸ Revyartikel publicerad av Oak Ridges National Laboratory (2001): <http://infosrv1.ctd.ornl.gov/ORNLReview/measure/analy/direct/chem-bio.htm>, samt ORNL's hemsida: <http://www.ornl.gov/>

¹⁹ Oak Ridges National Laboratory, P.O. Box 2008, Oak Ridge, TN 37831. Produktinformation (2001).

²⁰ Bruker Daltronic (2001): <http://www.daltonics.bruker.com/products/cbms.htm>

²¹ Idaho Technology, Inc. (2001): www.idahotech.com/rapid/

²² Environmental Technologies Group, Inc., 1400 Taylor Avenue, Baltimore, MD 21234. Produktinformation (2001).

²³ W.J. Benett et al. *Handheld Advanced Nucleic Acid Analyzer*. UCRL-JC-136587. Kan beställas av: Office of Scientific and Technical Information. P.O. Box 62, Oak Ridge, TN 37831.

²⁴ Produktinformation utdelad av Smiths Aerospace på 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.

²⁵ MesoSystems (2001): www.mesosystems.com/

²⁶ Day, P. J. *Biological detection systems, the industry experience*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.

²⁷ Louma, G. A. *Real-time Warning of Biological Agent Attacks with the Canadian Integrated Bio-chemical Agent Detection System II (CIBADS II)*. 7th International Symposium on protection against Chemical and Biological Warfare Agents, 15-19 June, 2001.

²⁸ Computing Devices Canada (2001): www.computingdevices.com/land/4warn/