

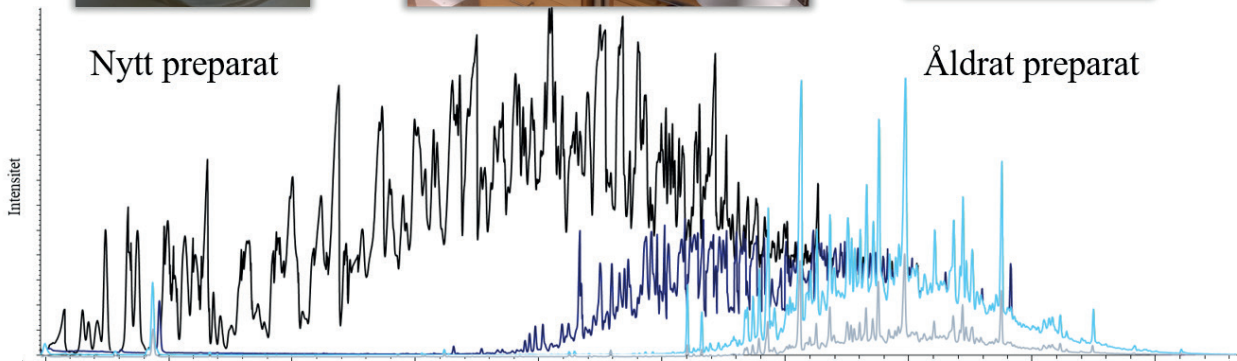
Åldringens påverkan på doftbilder från träningspreparat för sökhundar

LINA MÖRÉN, HÅKAN WINGFORS, MONA BRANTLIND,
HANNA ELLIS, ERIK HOLMGREN OCH HELENA HANSSON HALSIUS



Nytt preparat

Åldrat preparat



Lina Mören, Håkan Wingfors, Mona Brantlind,
Hanna Ellis, Erik Holmgren och Helena Hansson
Halsius

Åldringens påverkan på doftbilder från träningspreparat för sökhundar

Titel	Åldringens påverkan på doftbilder från träningspreparat för sökhundar
Title	The effect of ageing on scent profiles from explosive materials used in detection dog training
Rapportnr/Report no	FOI-R--5240--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2021
Antal sidor/Pages	26
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Polismyndigheten
Forskningsområde	Vapen, Skydd och säkerhet
FoT-område	Vapen och skydd
Projektnr/Project no	E63162
Godkänd av/Approved by	Pernilla Magnusson
Ansvarig avdelning	Vapen, skydd och säkerhet

Cover: Lina Mören, FOI

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Explosivämnessökande hundar är idag en av de effektivaste sensorerna för att upptäcka explosivämnen. Hundarna tränas på doftbilder från små mängder preparat. Den huvudsakliga rutinen baseras på att dessa doftpreparat förvaras stängda så att doftbilden bibehålls. Det är osäkert om detta förvaringssätt helt representerar de förhållanden där autentiska sök genomförs. Kunskapen om hur doftbilder förändras över tid och under olika förhållanden är bristfällig.

Syftet med denna studie har varit att öka förståelsen av förändringar i doftbilder av tio förekommande träningspreparat samt ett spårämne över tid genom att kemiskt karakterisera doftämnena. Den kemiska karakteriseringen har sedan kopplats till ett antal sökhundars förmåga att detektera explosivämnen med olika åldringsgrad.

Resultaten visar att alla analyserade preparats doftbild förändrades över tid och att karaktären på doftbilden förändrades både kvalitativt och kvantitativt. Resultaten från hundsöken visar på en signifikant skillnad mellan åldrat och icke-åldrat preparat i sökintensitet och i antal markeringar. Studiens resultat visar att det finns skäl att komplettera träningen med preparat som påverkats av åldring.

Nyckelord: Explosivämnessökande hundar, hundträningspreparat, doftbildsanalys

Summary

The use of explosives detection dogs is one of the most effective sensors to detect explosives. Dogs are usually trained using scents from small quantities of explosive materials. These materials are stored in closed containers to preserve the scent profile. However, it is unclear whether this method representatively captures scents encountered during authentic conditions. Today, there is a knowledge gap of how scent profiles are affected over time and during storage.

The purpose of this study was to increase knowledge of how scent profiles are affected over time both qualitatively and quantitatively. The chemical characteristics from aged (open storage) and new (closed storage) materials were then compared to the ability of a number of detection dogs to alert.

Results showed that the scent profiles of all studied explosive materials were both qualitatively and quantitatively affected by aging. Further, results from the dog training tests showed that there was a significant difference in response to aged (open) and new (closed) materials. Overall, the study presents data indicating that training should be complemented with materials affected by different degrees of aging.

Keywords: Explosive detection dogs, scent analysis

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	7
1.1	Syfte	7
1.2	Försöksupplägg.....	8
2	Utförande	10
2.1	Funktionstest.....	10
2.1.1	Sprängkapselkänslighet	10
2.1.2	Brinnhastighet	10
2.1.3	Känslighetsprovning	10
2.2	Kemisk analys av doftbild	11
2.2.1	Standardberedning.....	11
2.2.2	Provtagning på adsorbent	11
2.2.3	Dataanalys.....	12
2.3	Analys av TATP och HMTD	12
2.4	Hundsök	12
2.4.1	Baslinjetest	12
2.4.2	Urvalsbana	12
2.4.3	Operativt sök	13
3	Resultat	15
3.1	Funktionstest.....	15
3.2	Kemisk analys av doftbilder	16
3.2.1	ANFO.....	16
3.2.2	Dynamit	17
3.2.3	C4 och pentylsprängdeg	17
3.2.4	NC-krut, trotyl, hexotol och oktol	19
3.2.5	DMNB	19
3.2.6	TATP och HMTD	20
3.3	Hundsök	21
3.3.1	Baslinjetest	21
3.3.2	Urvalsbana	21
3.3.3	Operativt sök	21
4	Diskussion och slutsats	22
5	Referenser	24

1 Bakgrund

Polisen och Försvarsmakten har under lång tid haft nytta av sökhundar för att upptäcka explosivämnen och narkotika. Hundars förmåga att hitta explosivämnen är en viktig förmåga för att öka säkerheten i samhället. Förmågan bidrar till att i ett tidigt skede upptäcka hantering av explosivämnen och därmed förhindra brottslighet och sprängningar [1]. Idag är användandet av explosivämnessökande hundar en av de mest effektiva metoderna för att spåra och upptäcka explosivämnen. Viktigt är dock att hundarna är tillförlitliga och rätt tränade samt att deras sökutbildning baseras både på kunskap och erfarenhet.

Sökhundar hittar de ämnen som de specifikt tränats på att söka efter. Idag ligger fokus främst på delmängder av specifika explosivämnen. Dessa träningspreparat förvaras stängda så att doftbilden behålls. Kunskap om hur autentisk hantering av explosivämnen går till är delvis okänt. Det kan inte uteslutas att explosivämnen illegalt hanteras på vitt skilda sätt vilket bidrar till att doftbilden av explosivämnet ändras över tid. Åldrat explosivämne som förvarats i öppna behållare har möjligen en förändrad doftbild på grund av att olika kemiska ämnen i olika grad avdunstar från explosivämnet.

Luftfasen ovanför ett explosivämne (s.k. *headspace*) utgör volymen där en doftbild kan detekteras. Många explosivämnen har låg flyktighet (lågt ångtryck) vilket innebär att luftfasen innehåller låga halter av dessa ämnen. Olika tillsatsämnen såsom mjukgörare, lösningsmedel, stabilisatorer samt restprodukter från syntes har högre ångtryck och kan vara de ämnen som dominerar i doftbilden. Det finns ett flertal publikationer där försök har genomförts för att kemiskt identifiera luftfasen ovanför ett explosivämne vilket enligt nuvarande uppfattning utgör den doftbild som hundarna reagerar på [2, 3]. Det råder en viss osäkerhet i exakt vilka komponenter som hundar detekterar i doftbilden. Detta rör exempelvis bidrag från uppvirvlade partiklar som saknar ångtryck men som kan interagera med receptorer i luktorganens slemhinnor.

Arbetet inom detta projekt har genomförts i myndighetssamverkan med Polismyndigheten, Totalförsvarets Forskningsinstitut och Försvarsmakten. Resultatspridningen från projektet sker till de myndigheter som kravställer eller tillhandahåller sprängämnessökande hundar samt till privata företag vars affärsidé involverar tillhandahållande av hundar för sprängämnesdetektion.

1.1 Syfte

Det primära syftet med studien har varit att få en ökad förståelse för betydelsen av förändringar i explosivämnen doftbilder. Målet var att över tid kemiskt karaktärisera valda komponenter ur doftbilden för ett brett urval av explosivämnen. De kemiska resultaten kopplas mot ett antal sökhundars förmåga att detektera explosivämnen med olika åldringsgrad. Genom riktad träning kan tjänstehundarnas förmåga att detektera sprängämnen öka. Erhållen kunskap blir därmed betydelsefullt för krisberedskapen.

1.2 Försöksupplägg

Studien startade med en två månaders metodutvecklingsfas. Under metodutvecklingsfasen optimerades provtagnings- och analysmetoder. Ett bibliotek med föreningar relaterade till explosivämnenas doftbild sammanställdes. Då provtagningsstemperatur visade sig ha stor betydelse för responsen på vissa ämnen beslöts att genomföra åldringen i två parallella miljöer, dels i en temperaturkontrollerad laboratoriemiljö och dels i ett ouppvärmat explosivämnesförråd. Ett provtagningsprotokoll togs fram för att säkerställa att all nödvändig data dokumenteras. Metodutvecklingsfasen indikerade att doftbilder från vissa explosivämnen avklingade initialt väldigt snabbt. Ett tätare provtagningsintervall användes därför i början av studieperioden och analysmetoder för ett brett koncentrationsintervall utvecklades.

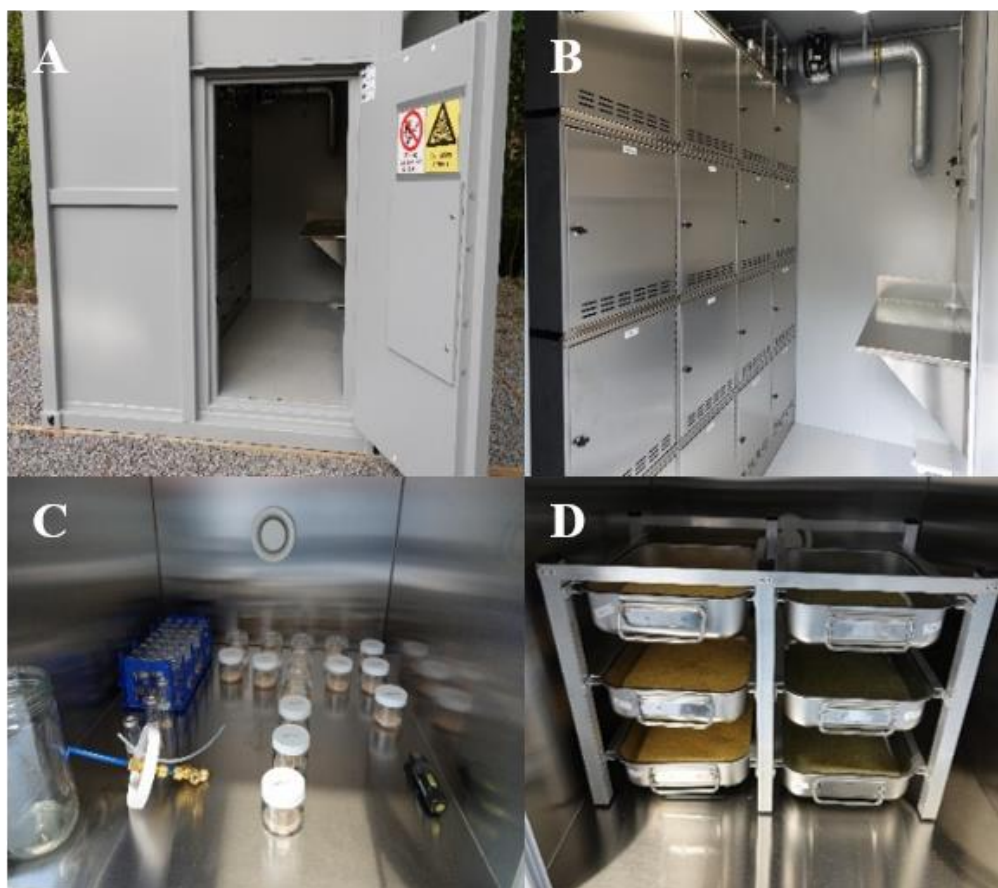
Sammantaget ingick tio explosivämnen i huvudstudien samt det flyktiga spårämnet 2,3-dimetyl-2,3-dinitrobutan (DMNB) vilket användes som referenssubstans (kontrollämne). Sprängfabriken & son AB levererade samtliga explosivämnen och stod även för hanteringen och provtagningen av triacetontriperoxid (TATP) och (hexametylen-triperoxid diamin) HMTD. Preparaten finns presenterade i tabell 1.

Tabell 1. Preparat inkluderade i studien.

Nr.	Preparat	Typ	Dominerade föreningar	Spårämne	Ångtryck (Torr)	Lagringstid
1	Exan (ANFO)	Korn	Ammoniumnitrat	-	$1,12 \times 10^{-5}$ (AN)	6 månader
2	Dynamit (Eurodyn)	Deg	EGDN/AN	-	$4,81 \times 10^{-1}$ (EGDN)	2 år
3	C4	Deg	RDX	DMNB	$3,69 \times 10^{-9} / 1,77 \times 10^{-1}$	50-60 år
4	Pentylsprängdeg	Deg	PETN	DMNB	$8,16 \times 10^{-9} / 1,77 \times 10^{-1}$	50-60 år
5	NC-krut	Korn	Nitrocellulosa	-	-	50-60 år
6	Trotyl	Flingor	TNT	-	$6,9 \times 10^{-6}$	>20år
7	Hexotol	Korn	RDX/TNT	-	$3,3 \times 10^{-9} / 6,9 \times 10^{-6}$	>20år
8	Oktol	Korn	HMX/TNT	-	$3,01 \times 10^{-15} / 6,9 \times 10^{-6}$	>20år
9	DMNB	Korn	DMNB	-	$1,77 \times 10^{-1}$	-
10	TATP	Kristaller	TATP	-	$4,60 \times 10^{-2}$	-
11	HMTD	Kristaller	HMTD	-	-	-

Ångtrycket uttrycks i Torr (mmHg) vid 25 °C [4, 5]. Lagringstiden är den tid tillverkaren garanterar dess funktion.

Den två-åriga åldringsstudien med preparaten, 1-9, genomfördes som två parallella delstudier. Den ena studien i polisens explosivämnesförråd (container) och den andra i laboratoriemiljö där temperatur- och ventilationsförhållanden kunde hållas konstanta under studietiden. Polisens förråd, figur 1 A-B, var utrustat med en aktiv frånluftsventilation där luften leds ut genom separata förvaringsfack. På detta sätt kan explosivämnen förvaras öppet i skåpen utan att luften i hela containern kontamineras och att ingen spridning mellan de olika facken sker. På grund av flyktigheten för explosivämne 10 och 11 (TATP och HMTD) genomfördes enbart en kortare tidsstudie på Sprängfabriken & son AB:s område. Tidsstudien utfördes för att identifiera huvudkomponenter i luftfasen ovanför explosivämnet.



Figur 1. A-B) Polisens container. Ämne 1-9 förvarades öppet och slutet i separata förvaringsfack med separat ventilation. C) Förvaringsfack för enskilda explosivämnen D) Förvaringsfack för explosivämne inför funktionstest.

Inför operativt sök och urvalsbana förvarades ett antal olika prover i polisens container. $4 \times 10\text{g}$ av varje ämne (ämne 1-9) förvarades öppet (icke förslutet) samt $4 \times 10\text{g}$ av varje ämne förvarades förslutet. Ytterligare $3 \times 10\text{g}$ av varje ämne förvarades slutet inför utförandet av baslinjetest, figur 1 C. För funktionstester, där sprängkapselkänslighet, brinnhastighet, samt riv-, slag-, och flammkänslighet testades, förvarades minsta antändningsbara mängd ($4 \times 200 - 2000\text{g}$) av vardera ämne (1-9) i polisens container. Tre uppsättningar förvarades öppet och en uppsättning förvarades slutet, figur 1 D. För doftbildsanalys med luftprovtagning förvarades 10g av varje ämne i 60ml glasburkar, figur 1 C.

Headspace-vialer med ett 1g explosivämne i vardera förvarades i polisens container. 33 vialer förvarades öppet och 6 vialer förvarades slutet, figur 1 C. Vid varje provtagningstillfälle togs tre av de öppna *headspace*-vialerna med till laboratoriet och analyserades med *headspace* GC/MS vid 60°C . Dessa prov hettas upp vid analys vilket möjliggör analys av doftbilsrelaterade ämnen som på grund av sin låga flyktighet inte kan analyseras med adsorbenttrör.

2 Utförande

2.1 Funktionstest

Totalt gjordes funktionstester vid fyra tillfällen (0, 6, 12, 24 månader) av Sprängfabriken & Son AB. Nedan följer en kortfattad beskrivning av de test som utfördes. Samtliga preparat utom ANFO testades för sprängkapselkänslighet. För NC-krut testades brinnhastighet. Känslighetsprovning gjordes för TATP och HMTD.

2.1.1 Sprängkapselkänslighet

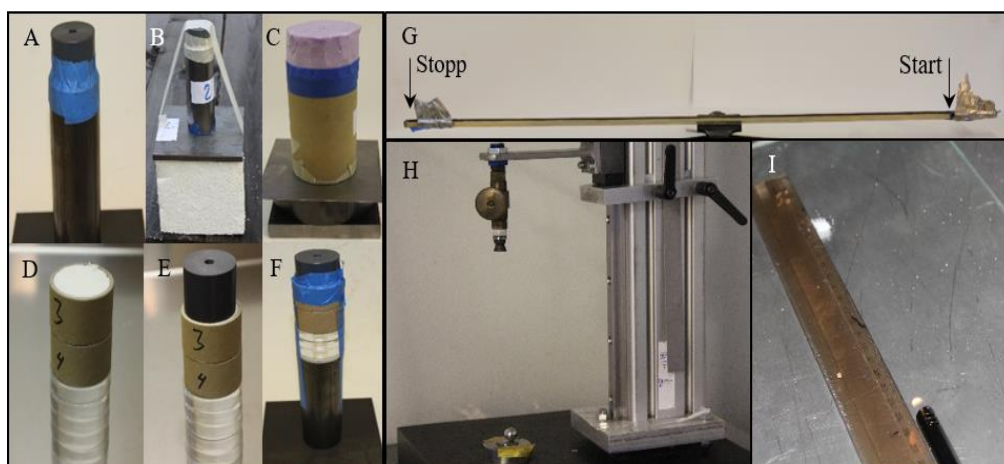
Ett rör av handelsstål ($48,5 \times 4 \times 140$ mm) laddades med explosivämnet. Som vittnesplåt användes handelsstål, $10 \times 150 \times 150$ mm. En sprängkapselstyrning monterades där en sprängkapsel no 8 placerades vid aptering och trycktes några mm ner i explosivämnet, figur 2 A-B. Sprängkapselkänslighet för ANFO utfördes enligt *Test A.5 UN Gap test* [6]. Provuppställningen kan ses i figur 2 C. Bedömning av stötvågskänslighet för ANFO utökades enligt LSGT (*Large Scale Gap Test*) där 2-3 skott genomfördes vid samma testtillfälle. Givarladdningen bestod av C4 och som luftspalt under vittnesplåten användes 100 mm frigolit, figur 2 D-F.

2.1.2 Brinnhastighet

Brinnhastigheten testades för NC-krut, försökuppställningen kan ses i figur 2 G. Mätsträckans längd var 0,9 m och dimension på krutsträng 3×1 mm. Fyra bränningar med ny och plan yta per bränning utfördes. Mätningen gjordes med stoppur som startades när ljuset passerade startgränsen och avslutades när ljuset passerat stoppgränsen.

2.1.3 Känslighetsprovning

Rivkänslighetstest utfördes enligt *Test 3(b) (i): BAM friction apparatus* [6], två prov per ämne utfördes. Slagkänslighetstest utfördes med ett *Ball Drop Impact Test* [7], figur 2 H med 20 fall per testserie (exkl. inledande 10 fall för orientering). Flamkänslighetstestet utfördes på en ren glasyta där 0,1 gram preparat placerades. Från en braständare närmades flaman sakta preparatet och avståndet noterades när preparatet flammade till, figur 2 I. Glasytan granskades sen för att upptäcka ev. restprodukter. Fyra tester per preparat gjordes.



Figur 2. Monterad sprängkapselstyrning (A), provladdning klar för adaptering (B), försökuppställning för preparat 6 (C). Provuppställning utökad sprängkapselkänslighet (D-F). Försökuppställning för brinnhastighet (G), slagkänslighet (H) och flamkänslighet (I).

2.2 Kemisk analys av doftbild

Åldringsstudien påbörjades med att samtliga provburkar placerades ut och ett första luftprov togs vilket representerar dag 0 (t_0). Därefter togs luftprover från de öppna burkarna med explosivämnen i en gång i månaden de första 3 månaderna. Därefter togs luftprover var tredje månad till och med dag 726 (t_{726}), se bilaga 1 tabell 1.

2.2.1 Standardberedning

För att kunna jämföra prover som är kemiskt analyserade med flera månaders mellanrum användes en internstandard (IS) och en kvantifieringsstandard. Som internstandard (IS) bereddes en lösning av d_8 -toluen och 2,4-dikloranilin (10ng/ μ l i metanol).

Kvantifieringsstandarderna bereddes även för att kunna bestämma koncentrationer av ämnen i luftfasen ovanför proverna. Kvantifieringsstandarderna innehöll 3-nitrotoluen (3-NT), 1,3-dinitrobensen (1,3-DNB), 2,6-dinitrotoluen (2,6-DNT), 3,4 dinitrotoluen (3,4-DNT), 2,4-dinitrotoluen (2,4-DNT), difenylamin (DPA), centralit 1 (centralit, N,N'-dietyl-N,N'-difenylurea) och DMNB i koncentrationsområdet 9,1–12,4 ng/ μ l i metanol.

2.2.2 Provtagning på adsorbent

Före varje provtagningstillfälle preparerades samtliga adsorbenttrör med 5 μ l IS (50 ng). Sex rör preparerades med både IS och kvantifieringsstandard. Adsorbenttrör för provtagning i polisens container packades ner i lådor tillsammans med rör som enbart användes för att kontrollera kontaminering under transport (transportblank).

Före provtagning placerades burken (60 ml) innehållande explosivämne, i en 1 liters burk med förmonterad provtagningsanordning, figur 3 A. För att undvika omskakning flyttades provet med stor försiktighet. Locket förslöts och stabiliseringstiden startades. Efter den utprovade och förbestämda stabiliseringstiden monterades adsorbenttrören. Provtagningen skedde enligt de inställningar som utarbetades i metodutvecklingsfasen, figur 3 B. Den exakta stabiliseringstiden, provtagningsvolymen, temperaturen och luftfuktigheten vid provtagningen noterades i ett provtagningsprotokoll.

Adsorbenttrören analyserades sedan med ATD-GC/MS, figur 3 C. Vid varje analystillfälle analyserades tre kvantifieringsstandarder. Efter varje standard och efter vart tredje prov av respektive explosivämne analyserades minst ett blankprov (ex. vis analysblank, rumsblank och transportblank). Alla ämnen analyserades med samma metod bortsett från dynamit som krävde vissa modifieringar av metoden för att få bättre kromatografisk separation för etylenglykoldinitrat (EGDN).



Figur 3. A) Explosivämnena placerade i provtagningsburkar med lock för provtagning. B) Vid provtagning monterades rören. De tre pumparna startades samtidigt för att provta ett triplikat. C) Adsorbenttrören analyserades med ATD-GC/MS.

2.2.3 Dataanalys

Data analyserades i programvaran AMDIS¹ där ett bibliotek bestående av alla detekterade ämnen i alla prover sattes samman. Biblioteket användes sedan för att extrahera de ämnen som var relaterade till luftfasen ovan respektive ämne. Data normaliserades mot respons av tillsatta internstandarder. En responsfaktor beräknades utifrån kvantifieringsstandarderna som sedan användes för att beräkna koncentrationen av ämnena i luftfasen.

Exan innehåller ammoniumnitrat och diesel. Diesel i Exan detekteras som flertalet raka och grenade kolkedjor (C₉-C₂₅). För att underlätta analysen av dieselrelaterade ämnen integrerades samtliga toppar tillsammans, härafter benämnd UCM, en så kallad ouplöst komplex blandning (UCM, från engelska *unresolved complex mixture*) [8].

Data från *headspace*-analyserna analyserades i mjukvaran Enhanced ChemStation (Agilent) där extraherade jonkromatogram integrerades för alla detekterbara ämnen.

2.3 Analys av TATP och HMTD

TATP och HMTD hanterades och studerades av företaget Sprängfabriken & Son AB där luftprover samlades in under två veckor. Preparaten vägdes in i 60 ml glasburkar som sedan placerades utan lock i en större glasburk, vilken sattes in i en provkammare. Kammaren var utformad så att en svag luftström kunde passera provkammaren med hjälp av en fläkt. Detta skapade en konstant svag luftgenomströmning i provkammaren under hela försökstiden. Utgående luft passerade över ett filter av aktivt kol och glasull för att fånga upp eventuella explosivämnespartiklar.

Vikterna på explosivämnen noterades vid försökstidens start och slut. Blankprover togs både från rummet och från provkammaren. Vid luftprovinsamlingen med vätskefilter (impingerflaska med 20 ml diklormetan) drogs luft från provkammaren genom vätskefiltret. Provtagningen varade i 30 min med ett luftflöde på 1 l/min. Luftprover ovanför TATP och HMTD provtogs i triplikat 3ggr/vecka under 2 veckor. Proverna levererades till FOI för analys med GC/MS.

2.4 Hundsök

2.4.1 Baslinjetest

Baslinjetestet innebar test i burkbana/urvalsbana med åtta konsoler. Varje konsol innehöll nytt preparat eller ett störningsämne/bakgrund. Baslinjetestet utfördes 6 månader före det slutliga testet. Syftet var att verifiera att hundarna känner igen och markerar för samtliga preparat inkluderade i studien.

2.4.2 Urvalsbana

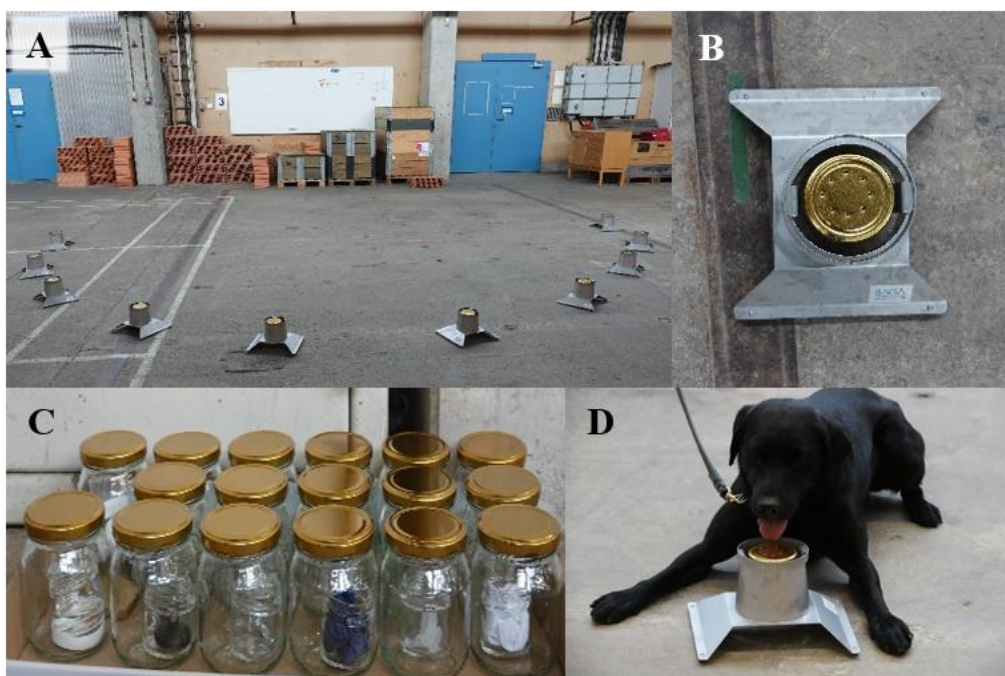
Preparatkännedomstestet genomfördes i en så kallad urvalsbana, figur 4 A, som bestod av tio metallkonsoler med tillhörande glasburkar. I varje glasburk placerades en mindre glasburk innehållande störningsämnen eller preparat (10 g), figur 4 C. Den större glasburken förslöts sedan med ett metallock med hål, figur 4 B. Konsolerna ställdes ut i en halvcirkel och hunden sökte över burkarna från vänster till höger. Tiden från att preparaten placerades ut i banan till första hundens sök var 60 minuter. Varje dag sökte sex olika ekipage. Försöket utfördes så att ekipagen först sökte över det åldrade preparatet tre gånger och sedan tre gånger över det som förvarats förslutet. Positionen för explosivämnet i banan varierades enligt en förutbestämd ordning. Hundarna fick endast en chans varje varv. Två stycken tomsök där ingen burk innehåller explosivämne utan alla konsoler

¹Automatic Mass Spectral Deconvolution and Identification System, NIST The National Institute of Standards and Technology

innehöll störningsämnen, lades in varje dag för att verifiera att hunden inte gick på den avvikelset det innebär när en ny burk placeras ut. En eller två störningsämnen byttes ut när preparatet sattes in eller togs bort.

Konsolerna hade samma placeringsordning under samma dag. Position 1, 9 och 10 innehöll aldrig preparat, då det finns en hög andel felmarkeringar i slutet av banan och risk för att hunden missar att söka är större vid första burken i banan. Vid markering belönades hundarna med rösten eller med en omklappning, figur 4 D. Startordningen varierades varje dag. Den första veckan användes fem preparat och den andra veckan fyra preparat. Totalt sökte tolv ekipage, varav sex per vecka. Temperatur och luftfuktighet mättes varje dag i lokalen och varierade under båda provveckorna från 18-22°C och 40-50 % luftfuktighet.

Alla söken filmades och utvärderades efteråt för att kunna identifiera en eventuell intensitetshöjning när hunden genomförde sök vid preparatet. Protokoll fördes även under sökandet. I protokollet noterades om hunden visade intresse genom att stanna till eller lukta längre över burken, om hunden markerade för preparatet eller om den missade att söka över burken.



Figur 4. A) Urvalsbanan i A-hallen på FHTE med tio konsoler. B) I konsolerna placerades en glasburk innehållande störningsämne eller preparat. Burken var försluten med ett perforerat metallock. C) Fyra olika typer av störningsämnen användes, totalt 45 burkar. D) Varje hund genomförde åtta sök/dag.

2.4.3 Operativt sök

Det operativa testet utfördes som ett sök i en traditionell lagerlokal. Varje dag testades ett av de nio preparaten i en ny lagerkorridor, figur 5 A. På vänster sida i korridoren låg tre prov av det åldrade preparatet och på höger sida tre prov av det preparat som förvarats förslutet. Tomma burkar placerades ut för att verifiera att hunden inte markerade eller intresserade sig för glasburken eller den hanteringsdoft som uppstår vid utplacering av gömmor i miljö. Alla gömmor var placerade i framkant på hyllplanet, från golvet och högst ca 1,5 m upp (till andra hyllplanet), figur 5 B-C. Gömmorna för det åldrade preparatet var likvärdigt med gömmorna för de icke åldrade. I möjligaste mån var gömmorna utvalda så att hunden hade möjlighet att nosa i/bredvid burken med preparat. Tiden från att preparaten placerades ut till första hundens sök var 60 minuter. Den första veckan testades fem preparat och den andra veckan testades fyra preparat.

Totalt sökte tolv ekipage, varav sex per vecka. Ekipagens startordning skiftade varje dag. Söktiden varierade mellan 12-20 minuter. Föraren bestämde hur söket skulle genomföras och hundarna fick söka fram och tillbaka över hyllorna. Avsikten var att testet i möjligaste mån skulle likna ett operativt sök. Vid markering belönades hundarna med rösten eller omklappning.

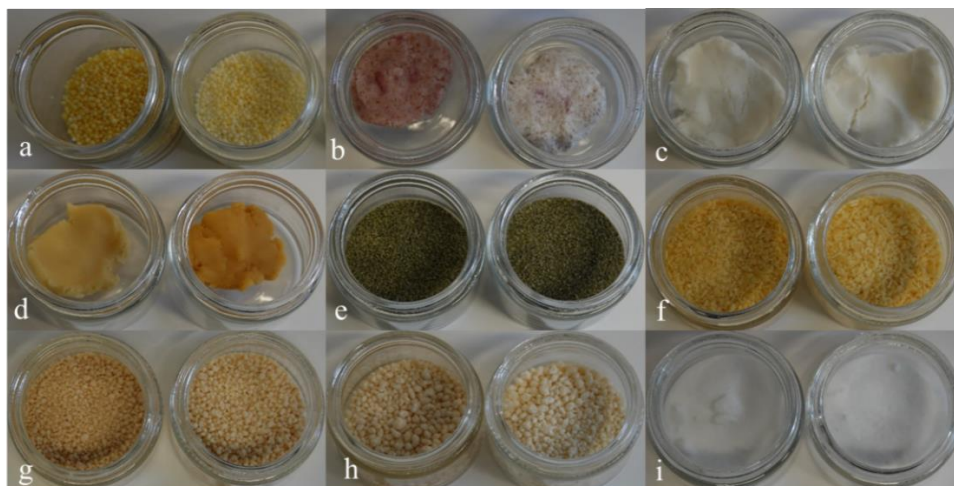
Temperatur och luftfuktighet mättes varje dag i lagerlokalen till ca 21 °C och ca 50 % relativ luftfuktighet under båda provveckorna. Alla söken filmades och utvärderades i efterhand för att se om man kunde identifiera någon intensitetshöjning när hunden sökte nära en gömma. Protokoll fördes även under söket. I protokollet noterades om hunden visade stort intresse eller sökte länge nära gömman, markerade för preparatet eller missade att söka över platsen där gömman fanns.



Figur 5. A) Lagerlokal med korridorer där söken genomfördes. B) Gömma i kartong med material, öppet eller lite övertäckt. Hunden kunde söka i kartongen. C) Gömma öppet bakom klossen på pallen, på golvet eller 1,5m upp.

3 Resultat

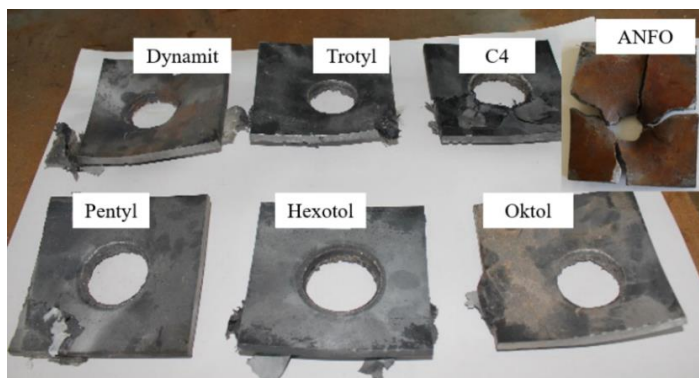
Få preparat uppvisade en tydlig visuell förändring beroende på hur det förvarats. Figur 6 visar den visuella skillnaden mellan preparat som förvarats slutet och preparat som förvarats öppet. Dynamit uppvisade den största visuella skillnaden mellan slutet och öppen förvaring där det öppna förvarade preparatet ändrat från rosa till vit färg samt att ytan fått en hård skorpa. Även pentylsprängdeg uppvisar en viss färgförändring. För ANFO, trotyl, hexotol och oktoll kunde en svag färgförändring urskiljas medan C4, NC-krut och DMNB behöll samma färg under lagringstiden.



Figur 6. Samtliga preparat förvarades i 60 ml glasburkar. Den första burken visar hur preparatet såg ut efter slutna förvaring och den andra burken visar hur preparatet såg ut efter att ha förvarats öppet. a-ANFO, b-dynamit, c-C4, d-pentylsprängdeg, e-NC-krut, f-trotyl, g-hexotol, h-oktoll, i-DMNB.

3.1 Funktionstest

Explosivämnena var aktiva vid båda försöken, 0 respektive 6 månader. Tydliga hål stansades i vittnesplåten vid sprängkapselkänslighetstesten och GAP-provningen, figur 7. Efter 12 månaders åldring var ANFO inte längre aktivt enligt kriterierna för GAP-test och efter 2 år uppvisade dynamit endast en svag nedtryckning i vittnesplåten. Övriga testade preparat gick till denotation och stansade tydliga hål efter 2 års åldring. Känslighetsprovning utfördes för HMTD och TATP. HMTD bevarade sin prestanda efter 2 års åldring och TATP var slag- och flamkänslig så länge materialet fanns kvar. Detaljerade resultat över funktionstesten kan ses i bilaga 1, tabell 2-4.

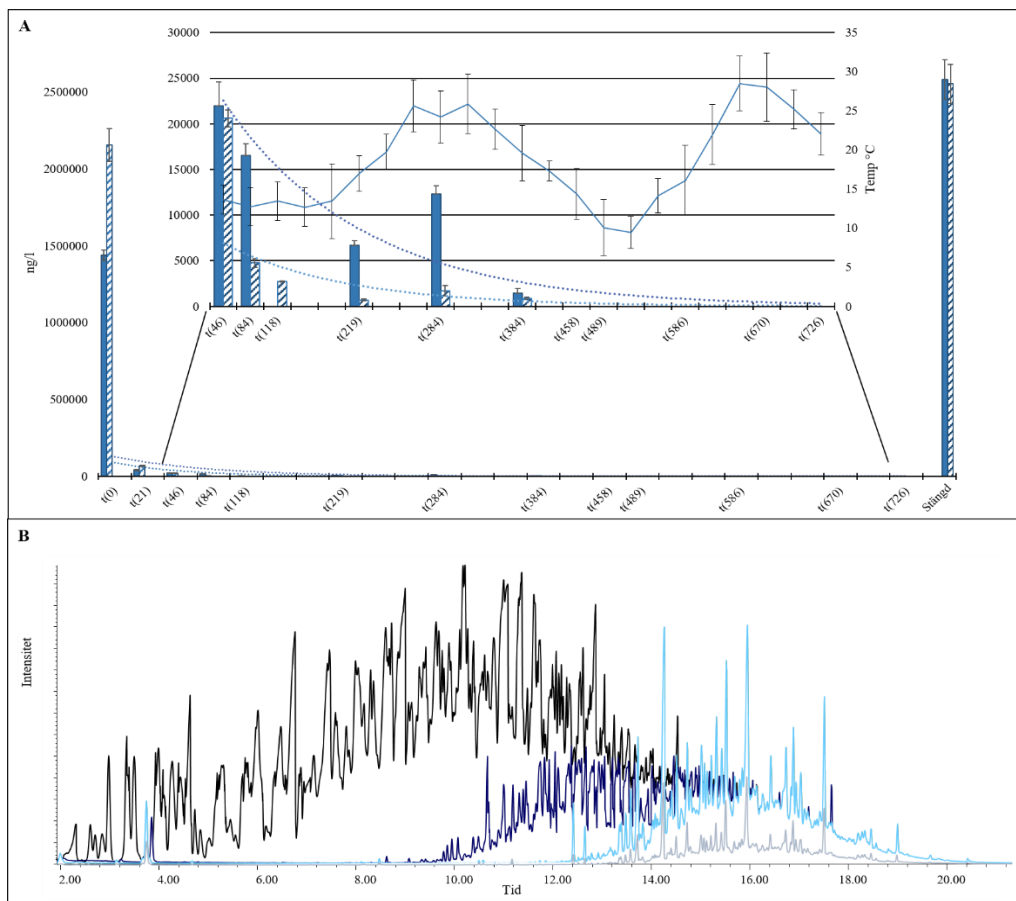


Figur 7. Sprängkapselkänslighetstestet och GAP-provning (ANFO) efter 6 månaders åldring visade att explosivämnena gick till denotation och stansade ett tydligt hål i vittnesplåten.

3.2 Kemisk analys av doftbilder

3.2.1 ANFO

ANFO består av ammoniumnitrat och dieselolja. Ammoniumnitrat bryts vid normal luftfuktighet ner till ammoniak (NH_3) och salpetersyra (HNO_3) där NH_3 kan detekteras [9]. I denna studie analyserades dock enbart ämnen relaterade till avdunstning av dieselolja, vilka analyserades som UCM. Vid första provtagningstillfället observerades höga halter av både lättflyktiga och mer svårflyktiga dieselrelaterade ämnen. De lättflyktiga ämnens halter avklingade snabbt och merparten var borta redan efter de första månaderna. Halterna av de mer svårflyktiga föreningarna avklingade långsammare. Figur 8 visar både ett stapeldiagram över den sammanslagna halten dieselrelaterade ämnen (UCM) samt GC/MS-kromatogram. I kromatogrammet ses hur sammansättningen av ämnen förändras över tid, från att bestå av både lättflyktiga ämnen (i början på tidsaxeln) till mer svårflyktiga ämnena (i slutet tidsaxeln). Efter en tid består blandningen endast av de svårflyktiga ämnena. Efter ca 1 år och 3 månader låg alla dieselrelaterade ämnen under detektionsnivån. ANFO var det enda preparat som inte gick till detonation efter 12 månaders åldring vilket kan förklaras av att bränslekomponenterna, de dieselrelaterade ämnena, har avdunstat.

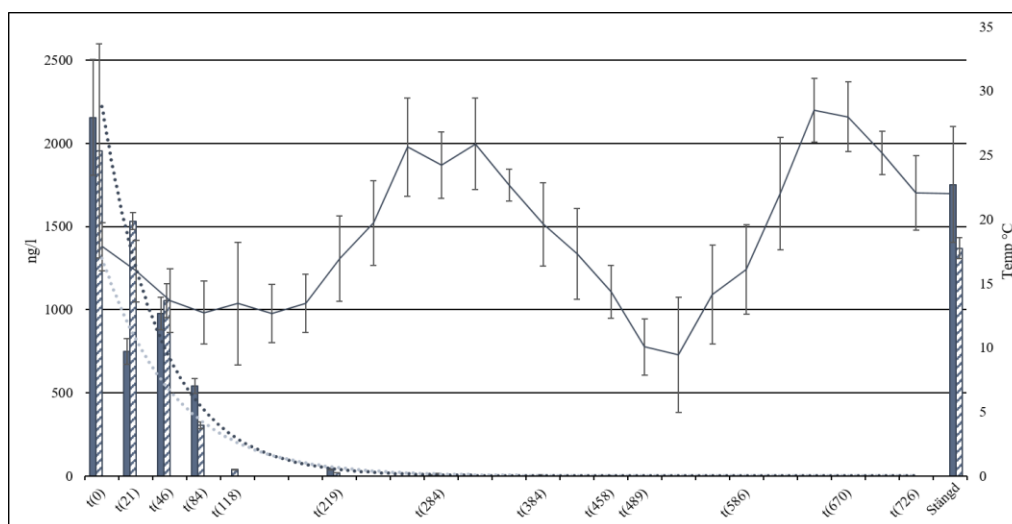


Figur 8. A) Stapeldiagram över halten dieselrelaterade ämnen uppmätt i luftfasen ovan ANFO provtaget i container (fyllda staplar) och i laboratoriemiljö (randiga staplar). Halten dieselrelaterade ämnen är presenterad på y-axeln i nanogram (10^{-9}g) per liter luft och x-axeln visar åldringstiden i dagar. Den heldragna linjen visar hur temperaturen varierade under försöksperioden och de prickade linjerna visar avklingningskurvor för de dieselrelaterade ämnena i container och i laboratoriemiljö.

B) GC-kromatogram över åldringen av ANFO där linjerna presenterar alla kromatografiska toppar från diesel där man kan se hur de lättflyktigaste ämnena avklingar snabbt medan de mer svårflyktiga ämnena återfinns under en längre tid. Halten dieselrelaterade ämnen från ANFO som förvarats slutet under den tvååriga försöksperioden betecknas som Stängd.

3.2.2 Dynamit

Dynamit (Eurodyn) är ett nitroglykolbaserat explosivämne där EGDN ingår. EGDN är tillräckligt flyktigt för att fungera som spårämne. Vid första provtagningsstillfället detekterades höga halter av EGDN som avklingade exponentiellt, både i laboratoriemiljö och i container. Efter ca 300 dagar (figur 9) var halten EGDN inte detekterbar. Halten EGDN förefaller inte påverkas av temperaturskillnaderna i containern eller i laboratoriet på samma sätt som DMNB i C4 och pentylsprängdeg. Dynamiten detonerade efter 12 månaders åldring men gav inte upphov till ett tydligt hål i vittnesplåten efter 24 månader.



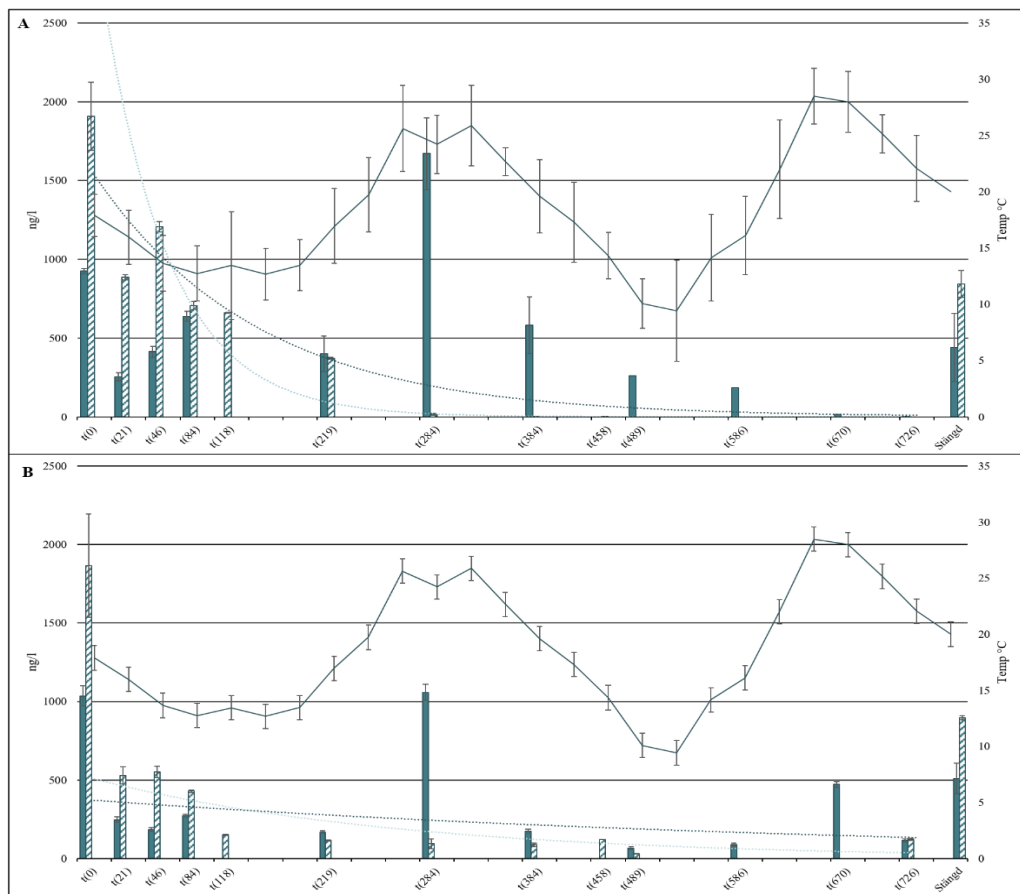
Figur 9. Stapeldiagram över halten EGDN uppmätt i luftfasen ovan dynamit provtaget i container (fyllda staplar) och i laboratoriemiljö (randiga staplar). Halten EGDN är presenterad på y-axeln i nanogram (10^{-9} g) per liter luft och x-axel visar åldringstiden i dagar. Den heldragna linjen visar hur temperaturen varierade i containern under försöksperioden. De prickade linjerna visar avklingningskurvor för EGDN i container och i laboratoriemiljö. Halten EGDN från dynamit som förvarats slutet under den tvååriga försöksperioden betecknas som Stängd.

3.2.3 C4 och pentylsprängdeg

C4 är ett explosivämne bestående av RDX, plast och olja. Tidigare studier har påvisat cyklohexanon, DMNB och 2-ethyl-1-hexanol (2-EH) som betydelsefulla komponenter i luftfasen ovanför C4 [10]. Cyklohexanon antas komma från lösningsmedel vid tillverkning och 2-EH tros vara en nedbrytningsprodukt från tillsatta mjukgörare. Dessa tre ämnen; DMNB (0,18 Torr), 2-EH (0,21 Torr), cyklohexanon (2,99 Torr) har alla betydligt högre ångtryck än explosivämnet RDX ($3,69 \times 10^{-9}$ Torr). Cyklohexanon har dock inte alltid detekterats i vädrade prover [11] vilket stämmer överens med observationer i den här studien. Trots att höga halter cyklohexanon (3000 ng/l) detekterades vid första provtagningsstillfället, sjönk halten ner till 7 ng/l under de första 21 dagarna vilket tyder på en snabb avklingning. Cyklohexanon detekterades emellertid i låga halter (ca 1ng/l) under resterande studieperiod. Vid första provtagningsstillfället detekterades även 2-EH (820 ng/l), 3-heptanone (630 ng/l) och 2-etyl-1-hexanal (63 ng/l) vilka vädrades bort efter 21 dagars åldring. Halten DMNB (0,18 Torr) minskade under studieperiodens gång, dock inte i samma takt som övriga ämnen. Efter 1 år och 3 månader detekterades inte längre DMNB i luftfasen ovan C4 som förvarats i laboratoriemiljö medan DMNB i C4 som förvarats i polisens container var avklingandet långsammare och kunde analyseras under en längre tid. Denna skillnad skulle kunna bero på att temperaturen sett över ett helt år är lägre i containern och att DMNB bevaras bättre i C4 vid en lägre temperatur. Halten DMNB i luftfasen ovanför C4 ökade med ökad temperatur vilket inträffade under sommarperioderna 2020 och 2021 i containern, figur 10.

DMNB är även en tillsats i pentylsprängdeg. Det rena ämnet pentyl har visats ha för lågt ångtryck ($8,14 \times 10^{-9}$ Torr) för att kunna detekteras i luftfasen [12]. Vid första

provtagningstillfället detekterades höga halter av DMNB och lösningsmedlet acetone (348 Torr) tillsammans med låga halter 1,2-dibromopropan (7,84 Torr) och cyklohexanon (2,99 Torr). Halterna av acetone, 1,2-dibromopropan och cyklohexanon avklingade snabbt och kunde inte detekteras efter en månads åldring. Ursprunget till halterna av 1,2-dibromopropan är okänt. Halten DMNB avklingade succesivt under studietidens gång och precis som för DMNB från C4 noterades högre halter vid högre temperaturer. Efter ca 500 dagars åldring var halten DMNB detekterbar, både i container och i laboriemiljö. Detta kan tyda på att DMNB inte diffunderar genom pentylsprängdegen i samma hastighet som genom C4 (se ovan). Både C4 och pentylsprängdeg behöll sin prestanda och detonerade efter 24 månaders åldring.

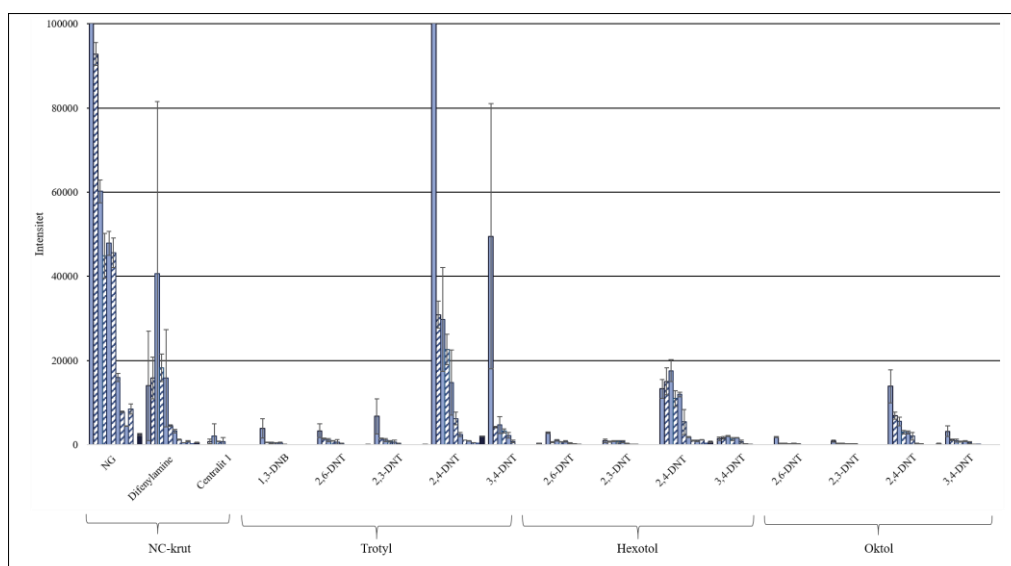


Figur 10. Stapeldiagram över DMNB uppmätt i luftfasen ovan A) C4 och B) pentylsprängdeg i polisens container (fyllda staplar) och i laboriemiljö (randiga staplar). Data är presenterad i nanogram (10^{-9} g) per liter luft och x-axel visar åldringstiden i dagar. Den heldragna linjen visar hur temperaturen varierade i containern under försökstidens gång och de prickade linjerna visar avklingningskurvor för DMNB i container och i laboriemiljö. Halten DMNB från de preparat som förvarats slutet under den tvååriga försöksperioden betecknas som Stängd.

3.2.4 NC-krut, trotyl, hexotol och oktol

Doftbilderna från NC-krut, trotyl, hexotol och oktol dominerades överlag av ämnen med betydligt lägre ångtryck än tidigare beskrivna explosivämnen. Trots att ämnena har lägre ångtryck observeras tydliga avklingningar under studieperioden. Tidigare studier har visat att doftbilderna från dessa explosivämnen representeras av ämnen såsom 2,4-DNT ($2,63 \times 10^{-4}$ Torr), 1,3-DNB ($9,0 \times 10^{-4}$ Torr), difenylamin ($6,7 \times 10^{-4}$ Torr), centralit [13] [14, 15]. Dessa kunde endast detekteras med ATD-GC/MS vid första och andra provtagnings-tillfället. Därför erhöles bättre respons och tolkningsbara tidsserier från *headspace*-metoden där ett upphettingssteg ($60\text{ }^\circ\text{C}$) av provet används vid analys. I figur 11 visas åldringsdata på analyserade komponenter från *headspace*.

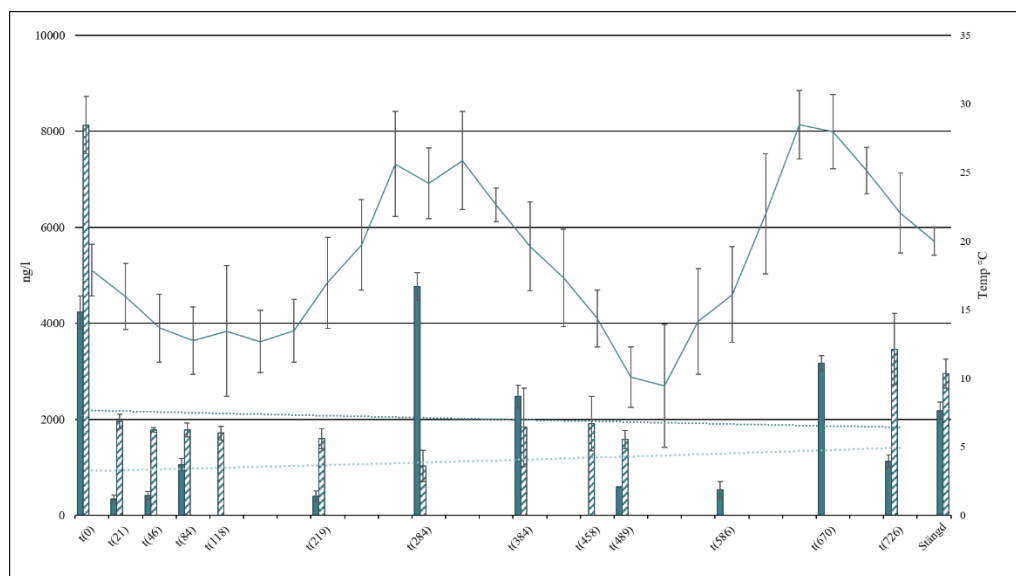
TNT ($6,9 \times 10^{-6}$ Torr) är det ämne som dominerar doftbilderna från oktol, hexotol och trotyl vid *headspace*-GC/MS analys. TNT som är en huvudkomponent avges dock med ungefär samma intensitet under försökstidens gång och vår tolkning är TNT i luftfas inte är åldringsrelaterad och studerades därmed inte vidare. Alla dessa fyra ämnen behöll sin prestanda efter 2 år.



Figur 11. Stapeldiagram över *headspace*-data plottat mot provtagningsstillfälle för NC-krut, trotyl, hexotol och oktol. Y-axeln visar på den relativa intensiteten av ämnena. De mörklila staplarna representerar doftbilderna från preparaten som förvarats slutet under försöksperioden.

3.2.5 DMNB

DMNB är ett ämne som vanligtvis tillsätts militär och civil sprängdeg, såsom C4 och pentylsprängdeg för att underlätta detektion. Under studieperiodens gång har ren DMNB åldrats och analyserats tillsammans med explosivämnen. Som förväntat har halten DMNB varit relativt stabil över hela studieperioden vid åldring i laboriemiljö, figur 12. Halten har i genomsnitt legat på 2400 ng/l. Lagring i polisens container har dock visat att temperaturen vid provtagningsstillfället påverkar halten DMNB i luftfasen där ökad temperatur ger en högre halt DMNB, figur 12.



Figur 12. Stapeldiagram över halten DMNB i luftfasen ovan ren DMNB åldrad i polisens container (fyllda staplar) och i laboratoriemiljö (randiga staplar), presenterad i nanogram (10^{-9} g) per liter luft. Efter första provtagningstillfället stabiliserades halten DMNB. Den heldragna linjen visar hur temperaturen i containern varierade över tid och de prickade linjerna visar avklingningskurvor för DMNB i container och i laboratoriemiljö.

3.2.6 TATP och HMTD

Den studerade provbiten TATP vägde före försöket 37,19 g och efter två veckors åldring var vikten 36,10 g vilket ger en viktförlust på 1,09 g. Denna minskning kan förklaras av en sublimering (direkt övergång från fast till gasformig fas) av TATP till omgivande luft. Analysen av luftkoncentrationen av TATP under den två veckor långa åldringsstudien visade på en relativt konstant koncentration TATP. Detta tyder på att TATP genererar molekyler i luftfasen så länge sprängämnet finns kvar.

HMTD kunde inte detekteras i något av de insamlade proverna. Den studerade provbiten av HMTD vägde före försöket 35,84 g och därefter 35,93 g. Detta ger en viktökning på 0,09 g, vilket sannolikt beror på att provbiten adsorberat fukt.

3.3 Hundsök

3.3.1 Baslinjetest

Resultatet från baslinjetestet visade att alla hundar kunde detektera alla preparat som ingick i studien.

3.3.2 Urvalsbanan

Resultatet från sökandet visade på en signifikant skillnad mellan åldrat preparat och preparat som förvarats förslutet (icke-åldrat). Skillnaden ses i sökintensitet och i antal markeringar. Totalt genomfördes 432 sök på urvalsbanan. Under första veckan noterades ett antal felmarkeringar. Felmarkeringarna var framför allt på sista burken i position 10.

3.3.3 Operativt sök

Totalt genomfördes 54 sök med 324 möjligheter att hitta och markera för åldrat preparat och preparat som förvarats sluttet. Ett fåtal felmarkeringar noterades, dock inte på de störningar i form av glasburkar som placerats ut. Vissa preparat krävde att hunden sökte direkt över gömman för att känna doften av preparatet, medan andra preparat gav en så tydlig doftbild att hundarna kände det på avstånd. Resultatet från det operativa sökandet visar en signifikant skillnad mellan respons för åldrade och icke-åldrade preparat i sökintensitet och i antal markeringar. Figur 13 visar exempel på hur det kunde se ut när hundarna sökte och markerade.



Figur 13. Operativt sök i lagerlokal.

4 Diskussion och slutsats

Resultaten i denna studie visar på att doftbilden från samtliga studerade explosivämnen förändras över tid. Konsekvenserna av dessa förändringar är flertaliga. Först och främst behöver kunskapen om att träningspreparat i storleksordningen 10 gram har en begränsad hållbarhet uppmärksammas. Detta behöver framförallt spridas inom organisationer som verkar inom hundträning.

Data visar att halterna av detekterbara ämnen i huvudsak avklingar exponentiellt vilket gör att en oförsiktig eller olämplig lagring snabbt kan få effekter på hundens förmåga att detektera dessa. Av stor betydelse är även att karaktären på doftbilden kan förändras betydligt över tid. Ett åldrat preparat skulle därmed kunna uppfattas som en separat eller annan doftbild som är skild från ursprungsmaterialet. En grov uppdelning av de studerade explosivämnena kan göras utifrån om doftbilderna domineras av mer eller mindre flyktiga komponenter. Det är främst de explosivämnen där lättflyktiga komponenter initialt dominerar doftbilden som över tid uppvisar en förändrad karaktär. De övriga ger samma karaktäristiska doftbild fast i ett lägre koncentrationsområde.

ANFO är ett tydligt exempel där doftbilden får en förändrad karaktär över tid. ANFO som förvarats slutet har en doftbild bestående av en blandning av lättflyktiga och mer svårflyktiga komponenter medan ett åldrat preparat som förvarats öppet endast består av de mer svårflyktiga komponenterna. Detta leder till att åldrad ANFO skulle kunna uppfattas som en annan doftbild av hunden. Doftbilden från dynamit som domineras av ämnet EGDN behåller, i motsats till ANFO, samma karaktäristik men avger successivt lägre mängder till luftfasen.

Doftbilden från C4 och pentylsprängdeg som förvarats tillslutet består av spårämnet DMNB samt ett antal lättflyktiga komponenter som snabbt försvinner när preparatet förvaras öppet. Dessa preparat får både en förändrad karaktär och en koncentrations-sänkning av spårämnet. Beroende på vad hunden tränats på finns det risk att doftbilden från nytt preparat, innehållande höga halter lättflyktiga komponenter, kan uppfattas som skiljt från åldrat preparat som endast innehåller spårämne.

Trots att resultaten från de kemiska analyserna av doftbilderna är lättolkade är konsekvenserna av resultaten på hur hundträning bäst genomförs svårare att bedöma. Baserat på kunskapen om att doftbilder från preparat förändras relativt snabbt vid åldring är det rimligt att anta att detta också sker i verkliga miljöer. Därför bör doftbildsträning kompletteras med preparat som representerar flera stadier i en åldringscykel. Utifrån data från doftbildsanalyserna har därför rekommenderade utbyttestakter för preparaten tagits fram, tabell 2. Tiden för utbyttestakten är vald så att träning på hela den doftbildsvariation som explosivämnet kan ha under denna period är möjlig.

Det praktiska genomförandet av åldring bygger helt enkelt på att vissa burkar förvaras med locket av. Risken för kontaminering ökar dock vid öppen förvaring. Därför är det fördelaktigt om de kan förvaras separat eller i förvaringsfack med separat ventilering.

Studien påvisar även att förvaringstemperaturen påverkar åldringsförloppet. Ett exempel är DMNB i luftfasen ovan C4 och pentylsprängdeg där DMNB var detekterbar under en längre tid från preparaten som förvarats i polisens container (där medeltemperaturen sett över året var 17.7 °C) än från preparaten som förvarats i laboratoriemiljö (medeltemperatur 23 °C).

Något som också bör tas i beaktande är att våra resultat visar att även de preparat som förvarats slutet under en längre tid får en förändrad doftbild. Denna förändring sker dock mycket långsammare än vid öppen förvaring. Detta innebär att alla träningspreparat bör bytas ut med några års mellanrum om avsikten är att träna på icke-åldrade preparat.

Tabell 2. Rekommendationer för utbytestakt av explosivämnen vid träning av explosivämnessökande hundar.

Ämne	Utbytestakt vid åldring	Kommentarer
C4	2 år	Snabb avklingning av de lättflyktiga komponenterna. Halten av taggen DMNB sjunker succesivt men är i detekterbart område under lång tid.
Pentyl	2 år	Snabb avklingning av de lättflyktiga komponenterna. Halten DMNB sjunker succesivt men är i detekterbart område under lång tid.
Hexotol	2 år	Succesiv förändring av doftbilden över tid. Komponenter är detekterbara i upp till 2 års åldring.
NC-krut	6-8 månad	Innehåller olika stabilisatorer beroende på typ av krut. Stabilisatorernas halter sjunker succesivt.
Exan	6-8 månad	Exan består av både lätt- och svårflyktiga bränslekomponenter samt icke-flyktiga salter (ammoniumnitrat).
Eurodyn	6-8 månader	Innehåller lättflyktiga komponenter vilka avdunstar snabbt och sprängämnet behöver därför bytas regelbundet.
Oktol	3-6 månad	Innehåller lättflyktiga komponenter vilka snabbt avdunstar och sprängämnet behöver bytas regelbundet.
Trotyl	3-6 månad	Innehåller lättflyktiga komponenter vilka snabbt avdunstar vid öppen förvaring. Stor variation på doftbild beroende på framställningsmetod av fabrikör. Behöver bytas regelbundet.

Utbytestakten refererar till öppen förvaring av explosivämnena. Dessa rekommendationer baseras på analysdata från 10 g åldrat preparat.

I den här studien har komponenter studerats som är relaterade till de ämnen som är flyktiga och analyserbara med GC/MS men inte nödvändigtvis det som hundar responderar på. Det är därför fullt möjligt att det kan finnas ämnen i doftbilden som har betydelse för hundars respons men inte inkluderats i denna studie. Studien innehåller däremot ett brett urval av olika explosivämnen där de övergripande resultaten har varit samstämmiga. Detta tyder på att liknande förändringar kan förväntas i doftbilderna från fler explosivämnen.

Eftersom det idag saknas kunskap om autentiska doftbilder vid illegal förvaring skulle framtida studier på semi-autentiska doftbilder eller beslag vara av stor vikt. Till exempel har en nyligen publicerad fallstudie visat att storleken på beslaget kan ha betydelse för hundens förmåga att detektera kända explosivämnen [16]. Detta indikerar att det finns mer att undersöka gällande hundars förmåga att uppfatta doftbilder. Denna typ av studie, där doftbilden från nya respektive åldrade ämnen analyserats och satts i relation till hundars detektionsförmåga, skulle även kunna tillämpas på narkotikasökande hundar.

Den övergripande slutsatsen från den här studien är att doftbilder från explosivämnen förändras över tid vilket leder till att det kan finnas skäl till att genomföra träning på preparat med olika åldringsgrad. Detta bör bidra till en ökad träffsäkerhet hos sökhundarna och i förlängningen öka säkerheten i samhället.

5 Referenser

1. Furton, K.G. and L.J. Myers, *The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives*. Talanta, 2001. **54**(3): p. 487-500.
2. Lorenzo, N., et al., *Laboratory and field experiments used to identify Canis lupus var. familiaris active odor signature chemicals from drugs, explosives, and humans*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2003. **376**(8): p. 1212-1224.
3. Harper, R.J., J.R. Almirall, and K.G. Furton, *Identification of dominant odor chemicals emanating from explosives for use in developing optimal training aid combinations and mimics for canine detection*. Talanta, 2005. **67**(2): p. 313-327.
4. Ostmark, H., S. Wallin, and H.G. Ang, *Vapor Pressure of Explosives: A Critical Review*. Propellants Explosives Pyrotechnics, 2012. **37**(1): p. 12-23.
5. Ewing, R.G., et al., *The vapor pressures of explosives*. Trac-Trends in Analytical Chemistry, 2013. **42**: p. 35-48.
6. United Nations, *Manual of test and Criteria*. 2019, United Nations, New York and Geneva.
7. *MIL-STD-1751A Department of Defense Test Method Standard, Safety and Performance Tests for the Qualification of Explosives (High Explosives, Propellants, and Pyrotechnics)*. Department of Defence, United States of America.
8. Leuenberger, C., et al., *Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban rain, snow and fog*. Atmospheric Environment (1967), 1988. **22**(4): p. 695-705.
9. DeGreeff, L.E. and K.J. Johnson *CONSIDERATIONS IN THE VAPOR ANALYSIS OF TRADITIONAL VS. HOMEMADE EXPLOSIVES*.
10. Kranz, W., et al., *On the smell of Composition C-4*. Forensic Science International, 2014. **236**: p. 157-163.
11. Lai, H., et al., *Identification of volatile chemical signatures from plastic explosives by SPME-GC/MS and detection by ion mobility spectrometry*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2010. **396**(8): p. 2997-3007.
12. Singh, S., *Sensors - An effective approach for the detection of explosives*. Journal of Hazardous Materials, 2007. **144**(1-2): p. 15-28.
13. Jenkins, T.F., et al., *Chemical signatures of TNT-filled land mines*. Talanta, 2001. **54**(3): p. 501-513.
14. Joshi, M., K. Rigsby, and J.R. Almirall, *Analysis of the headspace composition of smokeless powders using GC-MS, GC- μ ECD and ion mobility spectrometry*. Forensic Science International, 2011. **208**(1-3): p. 29-36.
15. Joshi, M., et al., *Detection of odor signatures of smokeless powders using solid phase microextraction coupled to an ion mobility spectrometer*. Forensic Science International, 2009. **188**(1-3): p. 112-118.
16. Aviles-Rosa, E.O., G. McGuinness, and N.J. Hall, *Case Study: An Evaluation of Detection Dog Generalization to a Large Quantity of an Unknown Explosive in the Field*. Animals, 2021. **11**(5).

Bilaga 1

Tabell 1. Provtagningsstillfällen

	Container	Lab.	Headspace 60°C	Funktionstest
sep-19		x		
okt-19	x	x	x	x
nov-19	x	x	x	
dec-19	x	x	x	
jan-20	x	x	x	
feb-20				
mar-20				
apr-20	x	x	x	x
maj-20				
jun-20				
jul-20	x	x	x	
aug-20				
sep-20				
okt-20	x	x	x	x
nov-20				
dec-20		x		
jan-21	x	x	x	
feb-21				
mar-21				
apr-21	x		x	
maj-21				
jun-21				
jul-21	x		x	
aug-21				
sep-21	x	x	x	
okt-21	x	x	x	x

Provtagningen i oktober 2021 utfördes på de preparat som förvarats slutet under studieperioden.

Tabell 2. Sprängkapselkänslighet

Tid		Dynamit	Trotyl	C4	Pentylsprängdeg	ANFO (GAP)	Hexotol	Oktol
0	Vikt (g)	240,0	195,5		265,4	202,0	165,7	182,4
	Densitet (g/cm ³)	1,33	1,08		1,52	0,251	0,92	1,01
	Utfall (+/-)	+	+		+	-	+	+
6 månader	Vikt (g)	224,8	162,6	258,7	282,2	116,7	198,2	173,3
	Densitet (g/cm ³)	1,28	0,92	1,47	1,60		1,13	0,99
	Utfall (+/-)	+	+	+	+	+	+	+
12 månader	Vikt (g)	178,0	185,3	261,1	280,2	116,3	185,4	178,8
	Densitet (g/cm ³)	0,99	1,03	1,44	1,55		1,03	0,99
	Utfall (+/-)	+	+	+	+	-	+	+
24 månader	Vikt (g)	181,5	185,7	267,2	279,2		186,0	180,5
	Densitet (g/cm ³)	1,00	1,03	1,49	1,55		1,03	1,00
	Utfall (+/-)	+	+	+	+	-	+	+

Tabell 3. Brinnhastighet, NC-krut.

Tid	Medelbrinntid (s)
0	49,05
6 månader	45,24
12 månader	44,50
2 år	44,90

Tabell 4. Riv-känslighet, slagkänslighet och flamkänslighet för TATP och HMTD.

Funktionstest		Start		6 månader		12 månader		24 månader	
		TATP	HMTD	TATP	HMTD	TATP	HMTD	TATP	HMTD
Riv-känslighet	Högsta känslighet 1/6 (+)	0,7	0,35	-	-	0,2	0,25		
	Okänsligt 0/6 (+)	0,625	0,25	-	-	0,25	0,175		
Slagkänslighet	Slagkänslighet, Joule	0,007	0,007	0,008	0,008	0,013	0,003	0,0013	0,003
	Pendeltopp (lägsta känslighet)	+ 8	+ 8	+ 10	+ 10	+24	+4	+23	+4
	Pendeltopp (högsta känslighet)	+ 12	+ 12	+14	+ 12	+16	+10	+15	+8
	50 % nivå medel (cm)	10	10	12	11	20	7	19	6
Flamkänslighet	Medelflamkänslighet (mm)	6,7	7,3	5	6,7	4,2	5,2	4,2	5,2
	Återstod	Ingen	Ingen	Lite, fet hinna	Lite, svag gryning yta	Lite, fet hinna	Lite, svag gryning yta	Lite, tunn fet hinna	Lite. Svag gryning yta

Riv-känslighetstestet utfördes inte efter 24 månader.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se