

Tomas Carlsson, Kurt Dyhr, Martin Johansson, Stefan Lamnevik

## Destruktion av rökgranater under vatten





TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSSINSTITUT

Vapen och skydd  
147 25 Tumba

FOI-R--0280--SE

November 2001

ISSN 1650-1942

**Användare rapport**

Tomas Carlsson, Kurt Dyhr, Martin Johansson, Stefan Lamnevik

## Destruktion av rökgranater under vatten

<b>Utgivare</b> Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Vapen och skydd 147 25 Tumba	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--0280--SE	<b>Klassificering</b> Användare rapport
	<b>Forskningsområde</b> 5. Bekämpning	
	<b>Månad, år</b> November 2001	<b>Projektnummer</b> E2014
	<b>Verksamhetsgren</b> 5.uppdragsfinansierad verksamhet	
	<b>Delområde</b> 9X miljöfrågor	
	<b>Författare/redaktör</b> Tomas Carlsson Kurt Dyrh Martin Johansson Stefan Lamnevik	<b>Projektledare</b> Stefan Lamnevik
<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b> FMV		
<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b> Stefan Lamnevik		
<b>Rapportens titel</b> Destruktion av rökgranater under vatten		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> Metoden att förbränna rökburkar under vatten studerats i stor skala och ca 150 burkar har förbränts. Försöken har visat att det är möjligt att bränna rökburkar under vatten i stor skala, men metoden måste förfinas för att den skall fungera industriellt. För att finna en avsättning för den bildade zinkkloriden så har ett fåtal företag som säljer zinkklorid kontaktats. Tyvärr har vi inte lyckats få en tillräckligt ren zinkkloridlösning för att klara renhets specifikationen från dessa företag. En alternativ metod som maler de obrända burkarna och separerar de ingående komponenterna har också testats. Metoden har fungerat framgångsrikt och zinkmetall, hexakloretan och tillsatsämnena har separerats. Problemet är att finna en avsättningen för hexakloretan. Följande slutsatser har dragits: 1. För att bränning av rökgranter under vatten måste en effektiv antändningsmetod utvecklas. 2 För att metoden skall bli lönsam måste en marknad för zinkkloriden identifieras. Tyvärr möter den inte den spec som gäller på marknaden idag. 3. Metode att separera ingående komponenter kan finna alternativa tillämpningar, t.ex. för magnesium och HMX. 4. Nya energetiska material bör vara enkla att separera och återvinna.		
<b>Nyckelord</b> Rökgranat, destruktion, hexakloretan, miljö		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 20 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris: Enligt prislista</b>  <b>Secretes</b>	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Weapons and Protection SE-147 25 Tumba	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--0280--SE	<b>Report type</b> User report
	<b>Research area code</b> 5. Combat	
	<b>Month year</b> November 2001	<b>Project no.</b> E2014
	<b>Customers code</b> 5. Contracted Research	
	<b>Sub area code</b> 59 Interdisciplinary Project	
<b>Author/s (editor/s)</b> Tomas Carlsson Kurt Dyrh Martin Johansson Stefan Lamnevik	<b>Project manager</b>	
	<b>Approved by</b>	
	<b>Sponsoring agency</b>	
	<b>Scientifically and technically responsible</b>	
<b>Report title (In translation)</b> Destruction of smokegrenades under water		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> <p>The methods to burn smoke grenades under water have been studied in big scale and 150 grenades have been burned. The experiment have shown that it is possible to burn smoke grenades I big scale under water, but the method have to be adjusted to work in industrial scale. To find a buyer for the formed zinkchloride a number of manufactures have been contacted. Unfortunately we have not been able to produce a zinkchloride that is pure in of to meet the specifications from the manufactures. Alternative methods that involve grinding the unburned smoke grenades and then separate the different starting materials have also been tested. The method works rather well producing almost pure zinc metal and hexachlorethane. The problem is to get rid of the hexachlorethane.</p> <p>The following conclusions have been drawn: 1) To burn smoke grenades under water a effective burning method have to be developed. 2) To make the method profitable a buyer of the zinc chloride have to be found that can except the purity degree of the substance. 3) The method to separate the starting materials may be used in an other way. Separating for example HMX from magnesium. 4) New energetic materials ought to be developed to be easy to separate and reuse.</p>		
<b>Keywords</b> smoke grenades, destruction, hexachloroethan,enviroment, demilitarisation		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 20 p.	
	<b>Price acc. to pricelist</b> <b>Security classification</b>	

# Innehållsförteckning

Inledning .....	5
Metoder för destruktion av rökburkar/granater .....	6
Förbränning av rökgranater i luft.....	6
Förbränning av rökburkar under vatten. ....	6
Kemisk destruktion av rökburkar .....	7
Försök förbränning under vatten .....	8
Bränning av rökburkar under vatten i pilot skala .....	8
Konstruktionen .....	8
Antändningsanordningar.....	10
Rökburken.....	11
Materialbalans.....	12
Återvinnings- och deponialternativ .....	12
Försök Kemisk återvinning.....	14
Slutsatser.....	17
Referenser .....	18
Bilagor .....	19

## Inledning

Till följd av att ammunition åldras, blir omodern och behoven av stora ammunitionslager minskar, finns ett behov av att göra sig av med stora mängder militär ammunition av olika slag. Hit hör sprängämnen i stridsdelar, krut i framdrivnings- och utskjutningsanordningar, tändämnen i tändrör samt pyroteknik i rök- och lysammunition.

Tidigare har man blivit av med överbliven militär ammunition genom att dumpa den i hav, sjöar och gamla gruvschakt, eller spränga eller bränna upp den i stora mängder ute på skjutfält. Ur miljö- och även till viss del säkerhets- och ekonomiskt perspektiv syftar man idag till att upphöra med denna hantering och istället återvinna så stor del som möjligt. Den mängd som inte kan återvinnas bör destrueras med hjälp av säkra, kontrollerbara processer med så liten miljöpåverkan som möjligt.

Utvecklingen mot morgondagens industriella ammunitionsavveckling, inriktas på att öka återanvändningsandelen för alla ingående komponenter. Satsningar utförs för att öka demonteringsgraden av ammunitionskomponenter samt utöka urtagningen av explosivämnen från alla typer av objekt. Detta tillsammans med ökad förädling och avyttring av restprodukterna, kommer att dominera i framtiden. Under rubriken ”destruktion av rök ammunition ” så har FOI fått i uppdrag att undersöka förbränning av rökammunition i pilot skala. Inom studien är det tänkt att mängden återvunnet material skall belysas och om någon firma är bered att ta emot det material som återvinns. Studien kommer också att utveckla en extraktionsmetod för om möjligt återvinna utgångsmaterialen i rökammunition.

# Metoder för destruktion av rökburkar/granater

## Förbränning av rökgranater i luft

Den vanligaste metoden för destruktion av rökgranater är genom förbränning i vanlig förbränningsugn. Metoden används i industriell skala med olika typer av avfall som bränsle. Förbränningsugnen matas med avfall men i vissa fall måste man tillsätta returpapper eller flis för att uppnå en förbränning vid rätt temperatur, alltså den temperatur som ger minst utsläpp av miljöförstörande ämnen så som dioxiner. Utsläppen renas i olika steg men där elektronfiltret har en avgörande betydelse för att fånga de små partiklarna från förbränningen. Avfallet, dvs askor innehållande dioxiner mm, från förbränningen deponeras.

### Fördelar med förbränningsugn

- Det är en beprövad teknik och anläggningar finns redan.
- Utsläppen är begränsade eftersom rökgasreningen är effektiv.
- Destruktionen av rökburkar kan påbörjas omedelbart.

### Nackdelar med förbränningsugn

- Rökgasreningen är en relativt dyr teknik.
- Förbränningen av rökburkarna ger upphov till starkt korroderande ämnen som HCl och ämnen som fastnar i rökgångar och på filter som  $ZnCl_2$ . Detta medför att filtersätter igen och förstörs och anläggningen måste saneras oftare, alltså förbränningen av rökburkar sliter hårdare på anläggningen.
- Den ger upphov till deponi och ingen återvinning av ämnen är möjlig.

## Förbränning av rökburkar under vatten.

Förbränning av rökburkar under vatten är en metod som är framtagen av FOI. Metoden har testats i pilotskala under året som gått. Metoden är enkel och bygger på att rökburkarna förs ner i en tank med vatten. I tanken tändes rökburkarna antingen med en lans eller med hjälp av en pyroteknisk sats. Rökburkarna tas upp och fragmenteras i en kvarn under vatten.

### Fördelar med förbränning under vatten

- $ZnCl_2$  löser sig i vattnet samt ev. HCl, kaliumjoner och kromjoner
- Kol och rester av hexaklorethan bildar ett skum på ytan som kan drivas av.
- Återvinning av större delen av den bildade  $ZnCl_2$
- Återvinning av metallskrotet.
- Förmodligen ett lägre pris för destruktion än vid förbränning i ugn.
- Miljövinst till följd av mindre mängd deponi än förbränningsugnsalternativet
- Test har gjorts i pilotskala med relativt goda resultat.

### Nackdelar med förbränning under vatten

- Den ger upphov till deponi.
- Det kan bli svårt att fastställa om rökburkarna är totalt utbrända.
- Tändningstekniken av rökburkarna under vatten kommer vara avgörande för om tekniken kommer att fungera tillfredställande.
- Oprövad teknik i industriell skala
- Investerings behov inledningsvis.



## Kemisk destruktion av rökburkar

Kemisk destruktion av rökburkar är en alternativ metod som framtagits på FOI. Metoden är testad i laboratorieskala. Rökburkarna mals ner under vatten. I vattnet frigörs en del av ämnena i röksatsen. För att avlägsna vattenlösningen filtreras lösningen och en magnet avlägsnar skrotet från höljet till rökburken. Filtratet löses i etanol varvid organiska ämnen löser sig. Lösningen filtreras ytterligare en gång och det fasta ämnet på filtret består av metallpulver och etanollösningen hålls i vatten varvid de organiska ämnena fälls ut. En bättre beskrivning se försök

### Fördelar kemisk destruktion

- Bra separation av beståndsdelarna i en rökburk i laboratorieskala
- Miljö vinst, ingen deponi i princip
- Återvinning av beståndsdelarna i rökgranaten.
- Man kan sälja de rena beståndsdelarna från rökburkarna

### Nackdelar kemisk destruktion

- Oprövad teknik i pilot och Industriell skala
- Kostnaden för destruktionen är svår att förutse utifrån labskala.
- Stora investeringar i processutrustning.
- Det kan bli svårt att finna en marknad för med hexaklorethan

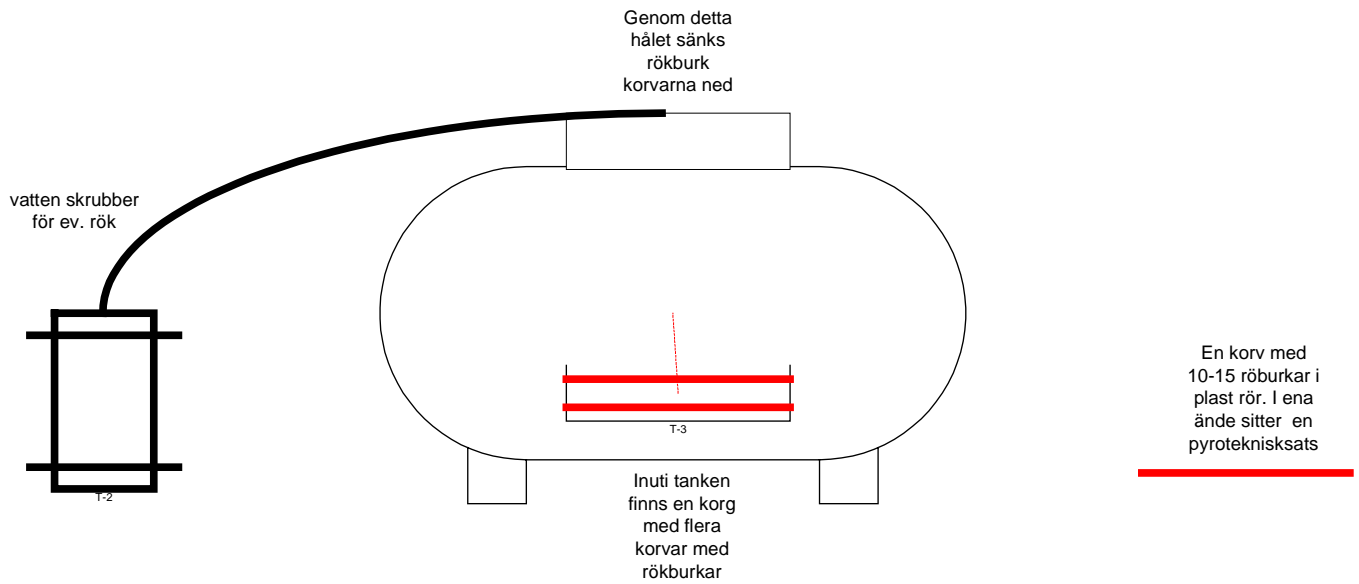
# Försök förbränning under vatten

## Bränning av rökburkar under vatten i pilot skala

Metoden med att bränna rökburkar under vatten innebär att förbränningen sker under vatten. Anledningen till att det är en fördel att bränna rökburkarna under vatten i jämförelse med att bränna i luft är att produkterna som bildas vid förbränning är starkt korroderande. Ämnena som bildas har dessutom en förmåga att sätta igen filter och rökgas kanaler. Genom att bränna i vatten så löser sig zinkkloriden som annars har en förmåga att sätta igen och korrodera. Vid förbränning under vatten bildas inte bara vattenlösliga produkter utan på ytan bildas ett oljigt skikt. Det oljiga skiktet består nästan uteslutande av kol och rester av hexakloretan och lite zinkpartiklar. I botten av tanken finner man lite zink metall eftersom det är överskott av zink i rökburkarna. Övriga ämnen som bildas löser sig i vattnet fränsett lite koloxider och kvävgas, som avgår till luften.

### Konstruktionen

För att förbränna rökburkarna under vatten kräver det att rökburkarna inte utsätts för vatten. Om burkarna blir fuktiga förstörs den pyrotekniska satsen inuti rökburken. Det blir då omöjligt att tända den pyrotekniska satsen i rökburken. Det medför att förberedelserna inför förbränningen under vatten försvåras något. Problemet har vi löst genom att placera 10-15 rökburkar i rad inkapslade i ett plaströr. Inuti en av burkarna placeras en pyroteknisk sats som är ansluten till eltändare. Plast tubens ändar sluts noga för att undvika vattenläckage. Korvarna med rökgranater placeras i en korg som sänks försiktigt ner i botten av tanken. Tanken är gjord i stål och rymmer ungefär 7-8 kubikmeter och är fylld med ca 6 kubikmeter vatten. Innan burkarna antänds placeras en kåpa över öppningen på tanken. På kåpan finns det en röranslutning som är ansluten till slang och vattenskrubber. I skrubbern är det tänkt att de rökgaser som eventuellt lämnar tanken utan att hinna lösa sig fångas upp. Den pyrotekniska satsen tänds nu och efter några minuter har samtliga rökburkar brunnit ur. Korgen hissas upp och de brända burkarna avlägsnas och nya rökburkkorvar placeras i korgen och proceduren upprepas. I figur 1 ser ni en schematisk beskrivning av processen och i figur 2 är det en bild på själva tanken där experimenten är utförda.



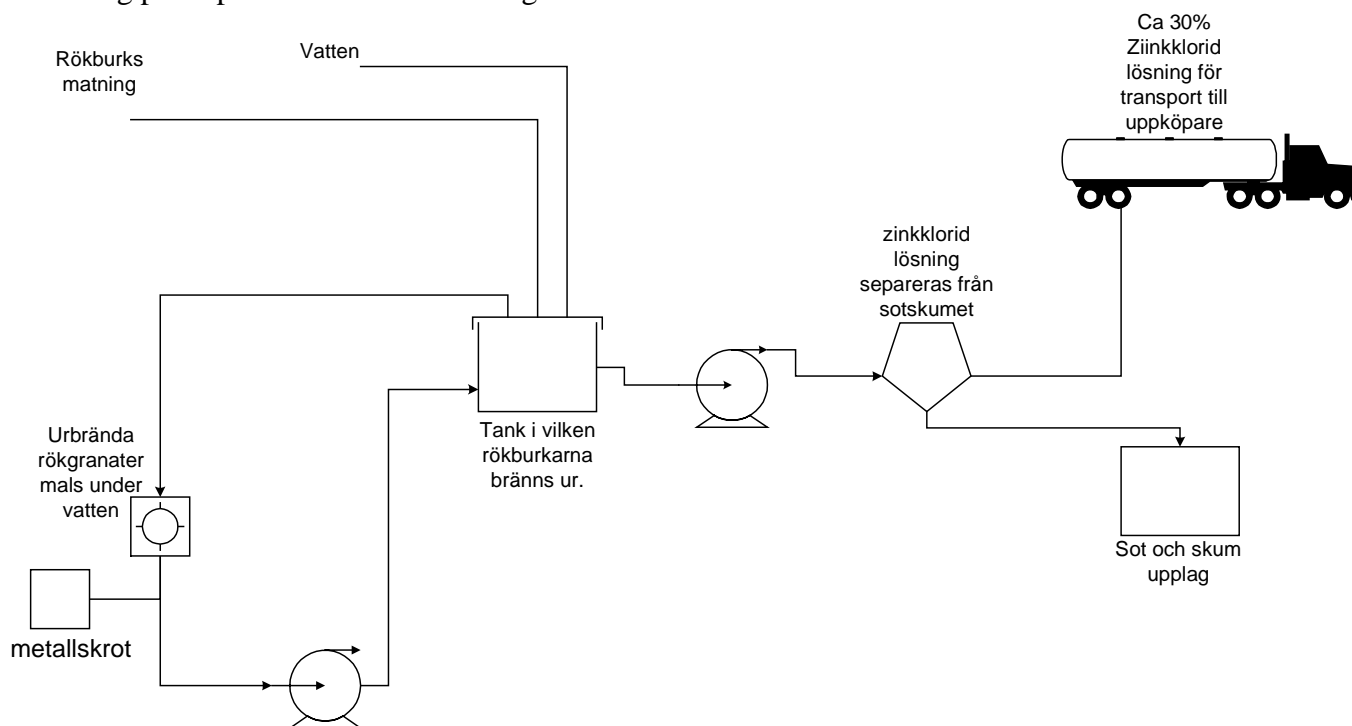
Figur 1. Schematisk beskrivning av reaktorn



Figur 2 b bild på reaktorn där försöken är utförda

## Förslag på industriell process

I texten nedan kommer ett avsnitt som tar upp användning av rökburkar. I det avsnittet kommer användningsproblematiken att belysas i detalj. Det matningssätt vi hade planerat är att mata in ett antal rökburkar och därefter antända dem. När burkarna är utbrända överförs burkarna till en kvarn som maler ner burkarna under vatten. Skrotet lyfts bort med magnet och rökgasresterna hamnar i vattnet och förs åter till tanken. Från tanken går vattnet genom en separator och vattenlösningen med ca 30% zinklösning förs till en tankbil. Det svarta skumet som bildats bränns antingen i en vanlig avfallsugn eller deponeras. Ett förslag på en process är beskriven i figur 3.



Figur 3 Ett förslag på en process för förbränning av rökburkar under vatten.

## Antändningsanordningar

Som tidigare nämnts är antändningen kritisk för metodens realiserbarhet. Eftersom metoden går ut på att den bildade röken absorberas i vattnet, vill man att antändningen helst ska ske under vatten. I annat fall bör tiden ovan vatten åtminstone vara så kort som möjligt.

Antändning med hjälp av en gasolbrännare, utvecklad av Kungsholmens Gasol AB.

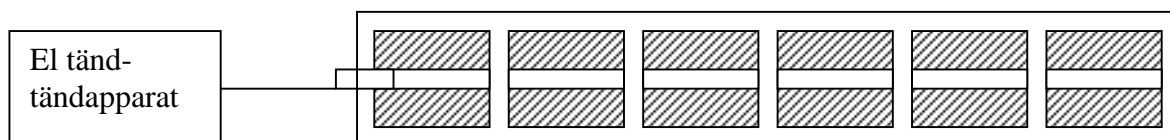
Gasolbrännaren styrdes med hjälp av en fjärrstyrd ventil och tändes med en elektrisk gnista. Eftersom rökburkarna har ett hål rakt igenom, applicerades den brinnande lågan ner i detta hål. Försöken visade att rökburkarna antänds lätt med en dylik metod. Problemet är att då rökburken antänds strömmar gasformig zinklorid ut ur hålet. Denna zinklorid kondenserar vid temperaturen  $732^{\circ}\text{C}$ , vilket leder till att flera material, t.ex. mässing, smälter och att andra får en kraftig beläggning av zinklorid på ytan. Detta är en extremt tuff miljö som vår gasolbrännare inte klarar av.

Antändning med hjälp av elektriskt plasma, utformat av Innovalog AB.

Genom att låta en kolstav från ett svetsaggregat närma sig den jordade rökburken åstadkoms ett elektriskt plasma som smälter höljet. Då det smälts bort, antänds röksatsen av det heta plasmat på flera tusen grader. Metoden visade sig effektivt kunna antända såväl rökburkar som inkapslad lysammuniton. Nackdelen är att om det är dålig kontakt mellan rökburk och jord, svetsas rökburken fast. Den kan då inte släppas ned i reaktorn, med kraftig rökutveckling som följd.

Antändning med hjälp av pyroteknisk sats, utformat av FOI.

Denna metod går ut på att lägga rökburkarna i en lång rad och passa in dem mot varandra så att de ligger hål i hål med varandra se Figur 4. Rökburkarna placerades i platspåse som tätades, medan burkarnas läge fixerades med hjälp av järnrör. Inuti den yttersta burken sattes en tändsats av krut, vilken i sin tur var kopplad till en el-tändpärla. Burkarna sänktes ned i reaktorn med vatten som täcker burkarna. Sedan i skydd initierades den första burken. Gasutvecklingen från denna tände nästa burk, och nästa... Som mest brändes 10 burkar i rad ur på detta sätt. Samtliga var urbrända vid inspektion. Metoden fungerar men, det kan bli problem med att automatisera denna metod för industriell destruktion av rökburkar.



Figur 4 Antändning med tändsats

## Rökburken

En rökburk på 1,5 kg består av: Se tabell 1 och 2

Ämne	Andel	Massa (g per rökburk )
Plåtburk		500
Hexaklorethan ( $C_2Cl_6$ )	48%	480
Zink (Zn )	48%	480
Magnesiumoxid ( MgO )	2.75%	27.5
Kaliumbikromat ( $K_2Cr_3O_7$ )	1.0 %	10
Kaliumnitrat ( $KNO_3$ )	0.25%	2.5

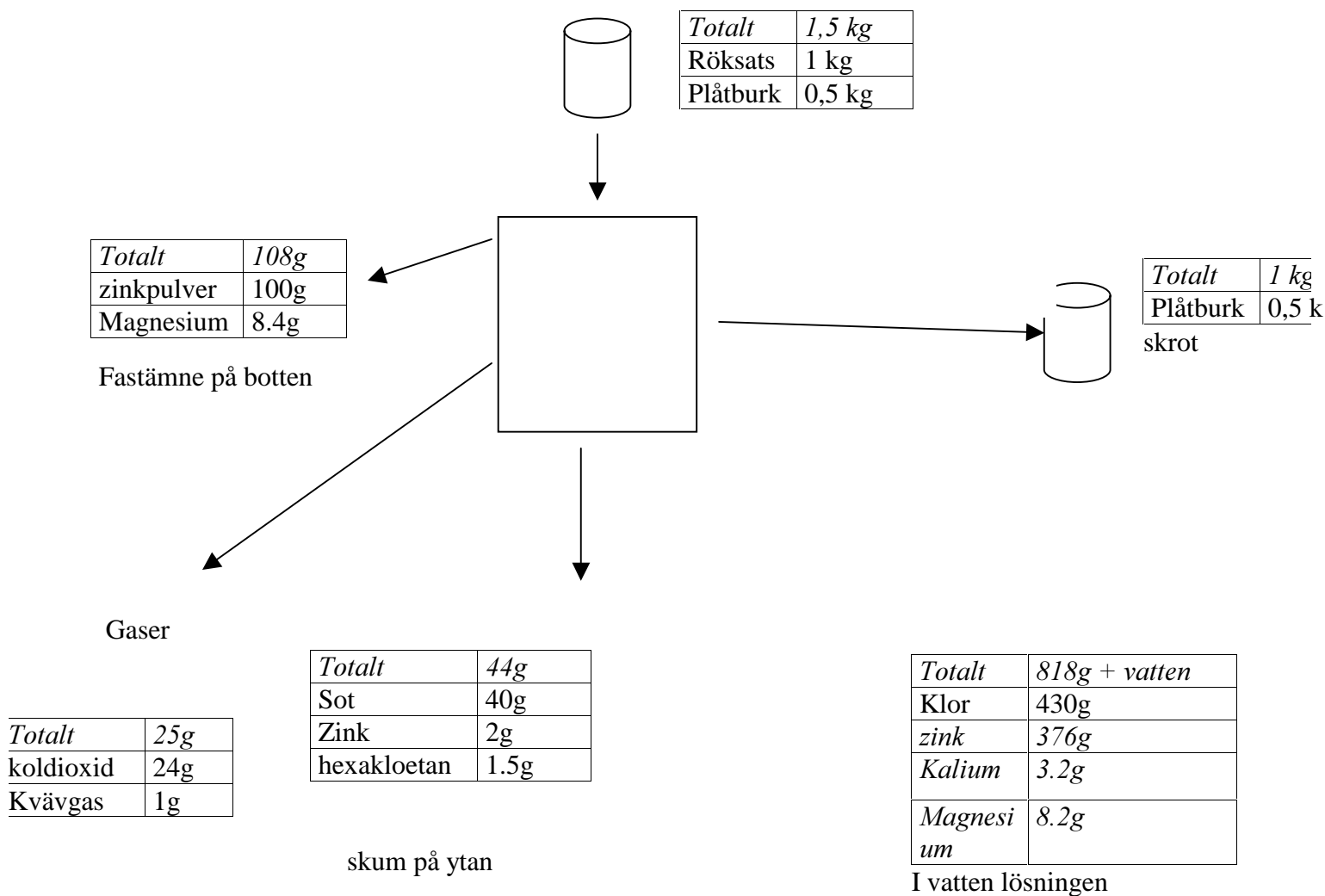
Tabell1 Material i rökburken ursprungligen.

Grundämne	Mängd (mol )	Massa ( g )	Andel ( % )
Kol ( C )	4.06	48.7	4.9
Klor ( $Cl_2$ )	6.08	431.3	43.1
Zink (Zn )	7.38	480	48
Magnesium ( Mg )	0.68	16.6	1.7
Syre ( $O_2$ )	0.48	15.4	1.5
Kalium ( K )	0.08	3.2	0.3
Krom (Cr )	0.09	4.5	0.4
Kväve ( $N_2$ )	0.01	0.3	0.1

Tabell 2 grundämnes analys

## Materialbalans

Utifrån de kemiska analyserna är det möjligt att konstruera en materialbalans över vart huvuddelen av de bildade ämnena hamnar vid destruktion under vatten, Figur 5. Huvuddelen av röksatsen återfinns i vattenfasen i form av löst zinkklorid. Viss del återfinns som sot, zink och zinkklorid i den utbrända rökburken. Dessutom bildas ett stoft av sot med mindre del zinkklorid och 1-2% klorerade kolväten. Utifrån materialbalansen har ett antal olika återvinnings- och destruktionsalternativ undersökts.



Figur 5: Materialbalans.

## Återvinnings- och deponialternativ

I Figur 5 återges de alternativa återvinnings-, destruktions och deponialternativen för processens restprodukter.

De utbrända rökburkarna som till största del består av järn kan deponeras för 1.50 kr/kg. Om man vill återvinna järnet måste det först separeras från rökresterna genom malning.

Den mängd stoft som bildas i form av sot är liten och kan antingen förbrännas eller deponeras (1.50 kr/kg) till en låg kostnad. Den är försumbar i detta sammanhang, eftersom mängderna är så små.

Kostnader kommer dock att tillkomma för att ta fram eventuell utrustning för att separera stoftet, om det är nödvändigt för hanteringen av vattenlösningen vill säga.

Den värme som utvecklas då granaterna brinner kommer att åtgå till att förångna vatten i reaktorn. Viss risk finns för att ämnen kan ryckas med dessa ångor ur reaktorn. Därför behövs eventuellt en scrubber och ett kolfilter som renar dessa ångor. Noteras bör dock att det handlar om mycket små strömmar och därmed begränsade kostnader.

Som konstaterats i materialbalansen återfinns den större delen av röken i form av zinkklorid löst i vattnet. Att göra sig av med detta vatten står för den största kostnaden, eftersom det är direkt proportionellt mot mängden klor. Kostnaden för att bli av med denna avfallsström varierar mellan 10 kr/kg och 25 kr/kg beroende på om det kan hanteras med våtkemiska eller termiska metoder. Därför ligger ca 90% av kostnaden för restprodukterna från processen på zinkkloriden. Möjligheterna att minska kostnaderna är därför störst om man kan hitta ett sätt att återvinna zinkkloriden. Kontakt har tagits med tillverkare av zink, men detta innebär bara att de får ta kostnaden för att göra sig av med klorret istället. Det bästa vore om man kunde hitta någon som behöver zinkkloriden som den är. Detta skulle möjligen kunna vara tillverkare av batterier med zinkklorid i. Kontakterna med zinkklorid tillverkarna har tyvärr inte gett något eftersom vi inte har kunnat följa specifikationen. Se bilaga 1 specifikation från en tillverkare. Mot den specifikationen har vi en kalium och natriumhalt som överstiger gränsvärdet med 10ggr, alltså de vill inte ha vår produkt. Det kanske skulle vara möjligt i framtiden att finna någon som kan tänkas vilja använda vår produkt, men någon som vill ha zinkkloriden i dags läget finns inte. Specifikationen på zinkklorid lösningen se bilaga 2.

## Försök Kemisk återvinning

I princip alla metoder vi funnit i litteraturen om destruktion av rökburkar/granater är metoder som går ut på att Röburkar/granater destrueras genom att de eldas upp i vanliga förbränningsugnar. Det här är en metod som försöker belysa destruktion från en synvinkel än den konventionella. Finns det en möjlighet att separera upp de olika beståndsdelarna isig. Kan det vara ekonomisk och miljömässigt lönsamt att separera upp de olika ingångsämnen? Svaret på den frågan är det svårt att svara på i dagsläget vad det gäller den här metoden. Det man säkert kan säga är att mängden avfall som måste gå till deponi är betydligt mindre var på miljöbelastningen torde var mindre. Det är i och för sig också beroende av energi åtgång och kostnad för utrustning.

Rökburken öppnades genom att svarva upp ett hål i den. Ur burken bröts ca 150gram av rök satsen. Röksats bitarna maldes ned till fina partiklar i en kvarn. 50 gram av pulvret löstes upp 250 ml vatten och efter några minuter filtrerades lösningen. Det fasta filtratet löstes i 95% etanol varvid en del av pulvret löser sig. Allt löser sig inte i etanolen utan vi får en rest som filtreras av. Vatten lösningen rullades in för att skicka på analys. Etanol lösningen hälldes ner i ett överskott av vatten varvid hexakloretan faller ut som små vita flak. Lösningen filtrerades och skickades på analys. Resten som var kvar efter extraktionen med etanol torkades och skickades på analys. Figur 6 visar hur de olika återvunna materialen ser ut efter att de filtreras av och torkats.

1. I vatten lösningen har vi nu kalium, bikromat- och nitrat joner
2. I etanol lösningen har vi hexakloretan
3. Den fasta resten består av zink och magnesium pulver

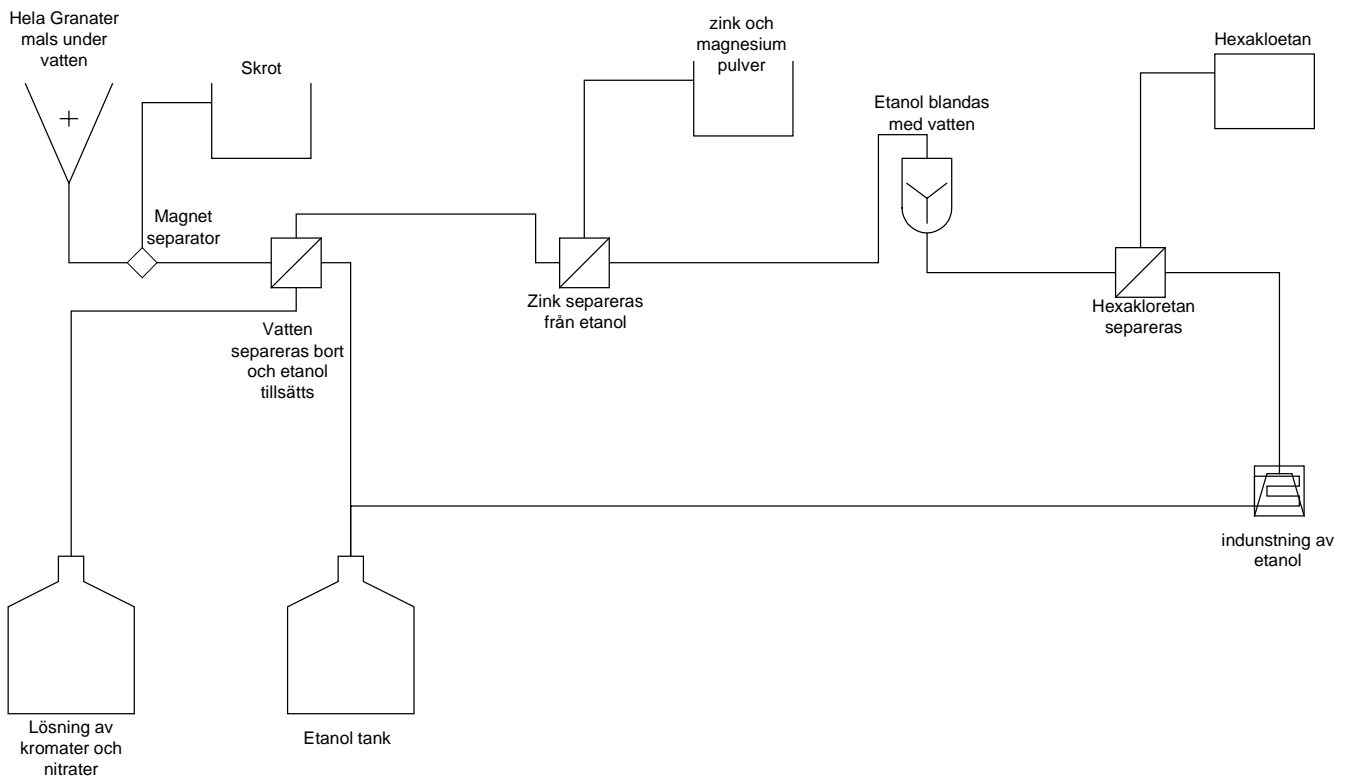


figur 6: Bild på de olika faserna efter indunstning och torkning. Från vänster i bild opåverkat krut, metallpulver(fas 3), nitrater(fas1), hexakloretan(fas 2).

Analysen av de olika faserna 1 till 3 fastställde att separeringen av de olika utgångsmaterialen hade gått bra. I figur 8 står renheten på de olika faserna.

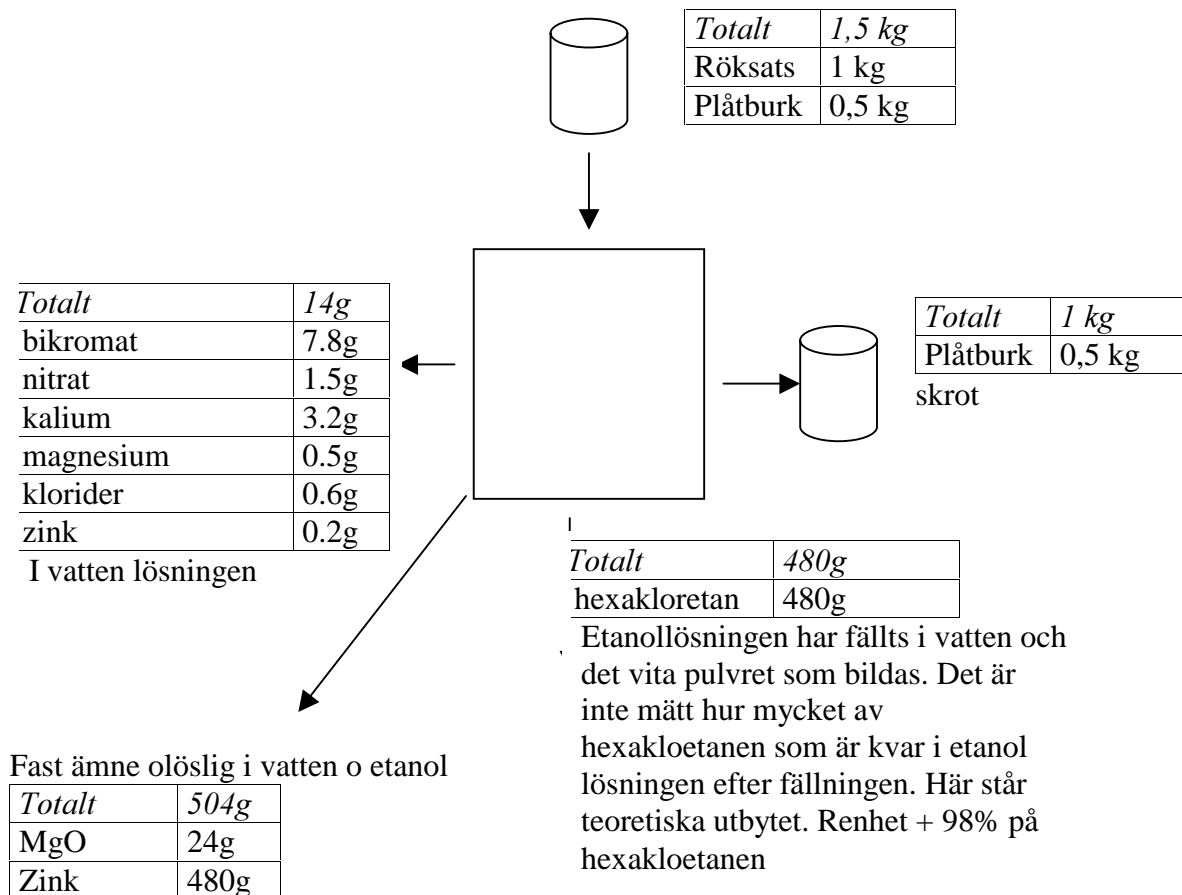


Ett förslag presenteras nedan i figur 7 hur en lämplig processutrustning för destruktion av rökburkar kan vara uppbyggd. I steg ett mals hela burken under vatten varvid de vatten lösliga ämnena löser sig, alltså de ämnen som anges ovan i fas ett. Vatten lösningen passerar en magnet som avlägsnar metall skrotet. Lösningen separeras därefter upp med ett filter och det fasta filtratet löses upp i etanol varvid hexakloretan löser sig. Blandningen filtreras och det fasta materialet tvättas och torkas det består nu till övervägande delen av zink och magnesium pulver. Etanol-hexakloretan lösningen överförs till en mixer med vatten varvid hexakloretan faller ur. Hexakloretanen filtreras av och etanol-vatten lösningen indunstras och recirkuleras.



figur 7: förslag på industriell process för återvinning av utgångsmaterialen från rökburkar.

Vad man skall göra med nitrat och bikromat lösningen har vi inget svar på i nu läget men, förmodligen kan den avsättas på någotvis. Hexakloretan används helt uteslutande till rökburkar/granater varför marknaden är begränsad eftersom många länder håller på med att avveckla sina granater. Det vi föreslår är att antingen bränna hexakloetanen ihop med ex ammoniak för att få en vara som lättare kan säljas eller att undersöka om man genom elektrolytisk väg kan utvinna klor som kan användas till något annat. Zink och magnesiumpulvret kan säljas direkt till rönnskärsverken i Skelleftå. Där de åter vinner den till ren zink och magnesium. Nedan finns i figur 8 en material balans över var ämnena hamnar.



Figur 8: Materialbalans kemisk extraktion.

## Slutsatser

1. För att förbränna rökgranater under vatten skall vara en fördel krävs att en enklare antändnings- och inmatningsmekanisk utvecklas. Det är dock antändningsmetoden som kommer att vara det kritiska för om denna metod skall fungera.
2. För att det skall finnas en ekonomisk fördel med förbränning av rökgranater under vatten, är det en förutsättning att det finns en marknad för zinkloridlösningen med de biprodukter i som visas i bilaga 2. De analyser vi gjort möter inte den specifikation som gäller för zinkklorid på kemikaliemarknaden. Ett alternativ kan vara att hitta en tillämpning med en mindre strikt spec. alternativt finna en användare som upparbetar zinkkloiden. I rapporten bifogas en lista på alla tillverkare av zinkkloid i Europa. En marknad bör främst sökas bland någon av dessa.
3. Försöken med separering av hexakloetan och zink var lyckade. Tyvärr finns det sannolikt ingen marknad för hexakloetan. Detta medför att metoden sannolikt inte medför någon ekonomisk vinst. Metoden visar dock att det kan vara relativt enkelt att separera beståndsdelarna i energetiska blandningar. Metoden bör testas på andra energetiska sammansättningar, t.ex. HMX i plastbundna sprängämnen och kanske lyssatser. Dessa innehåller värdefulla material som HMX och Magnesium som kan vara både mer lönsamma att återvinna och lättare att hitta en marknad för. En multi-purpose anläggning som kan ta tillvara flera olika värdefulla material är ett alternativ.
4. Framtagningen av nya energetiska material bör utformas på så sätt att de ingående komponenterna enkelt kan separeras och återvinnas. Vid anskaffningen av nya system med energetiska material inuti systemet bör återvinnings aspekten beaktas innan varan införskaffas.

## Referenser

Scola, R. and Santos, J., *Fluidised bed incinerator for disposal of propellants and explosives*, US Army Armament Research and Development Command, 1978

Petino, G. and Scola, R., *Flow characteristics of explosive slurry injection system*, US Army Armament Research and Development Command, 1977

Carlsson, T., *Förstöring av röksats*, FOA 98-429/S, 1998

Eriksson, P., Eriksson, C., *Realiserbarhetsstudie av saltsmältereaktor för explosivämnesdestruktion*, Bofors LIAB VÅ 97:39, 1997

# Bilagor