



RÄDDNINGSTJÄNSTEN
STORGÖTEBORG



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Brandrobotar för kommunal räddningstjänst

En studie på uppdrag av Nationellt
utvecklingscentrum

Skriv datum här	2022-01-31
Lennart Liljeroth	RSG
Jonas Olsson	RSG
Mikael Ehn	RSG
Fredrik Laanemets	RSG
Stefan Haggö	MSB
Dnr: 0047/22	



Sammanfattning

Målgruppen för detta projekt och rapport är svensk kommunal räddningstjänst.

Arbetet är genomfört på uppdrag och i samarbete med Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) inom ramen för Nationellt utvecklingscentrum¹(NUC). Uppdraget är att samla in kunskaper och erfarenheter från användning av brandrobotar (UGV) inom räddningstjänster i Europa² samt att inventera tillgänglig robotik för räddningstjänstinsatser med fokus på insatser i undermarksanläggningar.

Studien visar på att robotiken för användning i andra sektorer med riskfylld miljö för människor är mycket välutvecklad men där det för ändamål i räddningstjänstuppdrag endast finns ett fåtal prövade samt mycket begränsad erfarenhet. Exempelvis tillverkas mycket avancerade robotar för användning i radioaktiv miljö samt för arbete med explosiva ämnen, till exempel har polisen använt robotar sedan 1986. Paris BSPP har använt robotar sedan 2016 och var den räddningstjänst som vi uppfattade hade mest erfarenhet.

Arbetsgruppen hade förväntat sig att hitta mer erfarenhet av användning i sin studie men bedömer dock att robotiken för kommunal räddningstjänst framför allt för arbetsmiljön har en mycket stor potential.

Det visar sig också att samverkan mellan olika applikationer av robotik som till exempel samutnyttjande av UAS (Drönarsystem) och brandrobotar ger mycket positiva buseffekter, exempelvis kan en brandrobot styras med hjälp av ett UAS.

Utveckling och framtagande av brandrobotar är dock kraftigt ökande, där det tidigare var ett fåtal mindre företag är det nu ett flertal större brandmaterialleverantörer som satsar på utveckling. Vi upplever också att intresset för robotiken hos räddningstjänster är ökande, de flesta verkar dock vänta på att någon annan ska börja.

De modeller som finns tillgängliga och prövade bedöms kunna medföra avsevärd riskreducering framför allt ovan markmiljö, specifikt i samband med kylning och begränsning. Det är mer osäkert avseende undermarks-miljö med långa angreppsvägar där framför allt radiokommunikationen och värmetålighet behöver utvecklas och testas.

Nästan alla studerade robotar var byggda modulärt för alternativa applikationer/påbyggnader som olika enkelt kunde skiftas utifrån behov vilket ökar användningsområdena och nyttan med investeringen. Trots detta skiljer sig förmågan ändå markant med avseende på storlek, tyngd och motortyp. Jämfört med exempelvis polisen som har 3 olika modeller för olika behov tror vi att en utvecklad robotik i kommunal räddningstjänst kommer att ha olika robotar för olika

¹ Samarbetsavtal mellan MSB och RSG i syfte att utveckla teknik inom området på säkerhet på skadeplats

² Avseende de myndigheter som svarar för motsvarande kommunal räddningstjänst i Sverige.

ändamål. Utvecklingen mot större operativa samverkansområden och möjlighet till fördelning av specialresurser bör också innebära ökat utrymme för investering i exempelvis robotar.

Utveckling av teknik går mycket fort, resultaten i rapporten avseende förmåga och funktionalitet är "färskvare" och kommer snart att vara inaktuell. I syfte att ge svensk räddningstjänst de bästa förutsättningarna bör det finnas en kontinuerlig utsedd grupp eller nätverk som följer utvecklingen och knyter an till de institutioner som redan finns exempelvis DRZ, LTU med flera.

Summary ³

The target group for this project and report is the Swedish municipal rescue services.

The work has been carried out on assignment from and in collaboration with the Swedish Civil Contingencies Agency (MSB) within the framework of the National Development Centre [1] (NUC). The objective is to gather knowledge and experience from the use of fire robots (UGV) in rescue services in Europe[2] and to take an inventory of available robotics for rescue service operations, with a focus on operations in underground facilities.

The study shows that robotics for use in other sectors with hazardous environments for humans is very well developed, but when it comes to rescue service assignments there is only very limited experience. For example, very advanced robots are manufactured and used in radioactive environments and the Swedish police have used robots since 1986. Paris BSPP (fire brigade) is the rescue service which we believe to have the most experience and they have used robots since 2016. The project group had expected to find more examples of use in its study. However, the project group believes that the use of robotics in municipal rescue services, especially for the hazardous work environment, has a very large potential.

It also turns out that collaboration between different applications of robotics, such as the joint use of UAS (Drone System) and fire robots, gives a very positive bonus effect, e.g., a fire robot can be manoeuvred with the help of a UAS.

However, the development of fire robots is increasing fast. Where previously there were a few smaller companies, there are now a number of larger fire-material suppliers that are investing in development. We also experienced that the interest in robotics in the rescue services is increasing, but that most people seem to be waiting for someone else to take the lead.

The robots that are available and tested are judged to be able to lead to a significant risk reduction, especially in the above ground environment, specifically in connection with cooling and limiting the fire. The benefits in underground environments with long attack routes, where, above all, radio communication and heat resistance need to be developed and tested further, are more uncertain.

Almost all robots studied were built modularly, allowing for alternative applications/extensions based on the current need, which increases the areas of use and the benefits of the investment. Despite this, the robots' characteristics still differ significantly in terms of size, weight and engine type. Just like, for example, the police, who have three different models for different needs, we believe that the municipal rescue services will have different robots for different purposes. The development towards larger operational cooperation areas and the possibility of allocating special resources, should also mean an increased possibility for investment in, for example, robots.

Technical development changes rapidly, the results in the report regarding ability and functionality are perishable and will soon be out of date. In order to give the Swedish rescue services the best

³ Översättning Amanda Garrett Räddningstjänsten Storgöteborg

conditions, there should be a permanently appointed group or network, which follows developments and connects to the institutions that already exist, for example DRZ, LTU and more.

It would be valuable to use tests and experiments to obtain facts concerning the limitations in remote control in, above all, garages and how water vapour and smoke affect radio coverage.

1. Inledning.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Begrepp	8
1.3 Uppdraget	8
1.4 Projektidé	9
1.5 Projektmål	9
1.6 Avgränsningar	10
1.7 Arbetssätt och Metoder.....	10
1.8 Disposition.....	11
2. Brandrobotar	12
2.1 Identifierade brandrobotar.....	12
2.2 AB Realisator FUMO.....	14
2.3 Rosenbauer	14
2.4 Shark Robotics.....	15
2.5 Angatech	16
2.6 Järnhästen (Lennartsfors AB).....	17
2.7 Brokk Security and Rescue solutions	17
2.8 Magirus	18
2.9 LUF.....	19
2.10 Milrem Robotics.....	20
3. Studiebesök	21
3.1 Organisation för roboten	21
3.2 Brandrobot	21
3.3 Erfarenheter/bakgrund inköp.....	21
3.4 Användningsområde på skadeplats.....	21
3.5 Aktiveringsplaner	22
3.6 Utbildning och övning	22
3.7 Logistik och transport	22
3.8 Erfarenheter	22
3.9 Polisens nationella bombskydd	22
3.10 Luleå tekniska universitet.....	23

3.11	Deutsches Rettungsrobotik Zentrum (DRZ)	23
3.12	National Institute of standards and Technology (NIST)	23
4.	Diskussion/analys	25
4.1	Utveckling generellt	25
4.2	Ekonomi	25
4.3	Arbetsmiljö	26
4.4	Utbildning och övning	27
4.5	Funktionalitet och prestanda.....	28
4.6	Brandrobot typinsatser	31
4.7	Mognadsgrad	37
5.	Slutsats	38
6.	Fortsatt arbete.....	39
6.1	Fortsatt omvärldsbevakning	39
6.2	Fjärrmanövrering över radio undermarksanläggningar	39
6.3	Metodutveckling	39
7.	Referenser	40
8.	Bilaga.....	41
8.1	Sammanfattande översikt av brandrobotar	41
8.2	Shark Robotics: Rhyno (Lätt).....	42
8.3	Rosenbauers: RTE "Crawler" (Lätt)	43
8.4	Realisator/Scanfils: FUMO (Lätt).....	44
8.5	Shark Robotics: Colossus (Mellanklass)	45
8.6	Magirus: R1 Alpha Wolf (Mellan).....	46
8.7	Angatec: TEC-800 (Mellan)	47
8.8	Lennartsfors: "Järnhäst Essence" (Mellanklass)	48
8.9	Brokk: MD-120 Resque (Mellan).....	49
8.10	Milrem Robotic: Multiscope (Tung)	51
8.11	Magirus: TAF 35 (Tung).....	52

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Teknikutvecklingen kopplat till behov av nya energilösningar och ett ökande behov av att bygga anläggningar under mark för bland annat fordon (garage), ställer räddningstjänsten inför nya risker. Ökningen av antalet fordon med så kallade alternativa bränslen, såsom gas och batteridrift genererar motsvarande problematik för befintliga garageanläggningar. Utöver explosionsrisken för gasbilar uppstår också förhöjda risker med ökande andel giftiga gaser vid brand i bilar med Li-jon batterier. Sammantaget innebär detta att de redan tidigare problematiska insatserna med rökdykare och långa angreppsvägar i en alltmer riskfylld miljö ökar.

1.2 Begrepp

Brandrobot benämns tekniskt UGV (Unmanned Ground Vehicle). Projekt-rapporten har för enkelhets skull valt att använda ordet *brandrobot* för att underlätta förståelse.

Räddningstjänst	Avser motsvarigheten till svensk kommunal räddningstjänst
NUC	Nationellt Utvecklings Center (MSB- RSG)
RSG	Räddningstjänsten Storgöteborg
OBRE	Oslo Brann och Redningsetat
UGV	Obemannad markrobot (Unmanned Ground Vehicle)
UAS	Drönarsystem (Unmanned Aerial system)
UAV	Drönare (Unmanned Aerial Vehicle)
PTS	Post och telestyrelsen
BSPP	Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris
RFI	Marknadsförfrågan (Request for information)
DRZ	Deutsches Rettungsrobotik Zentrum
LTU	Luleå Tekniska Universitet
HDMI	Datakontakt för bildöverföring
Streaming	Trådlös överföring av bild i realtid
AI	Artificiell Intelligens

1.3 Uppdraget

Målgruppen för detta projekt och rapport är svensk kommunal räddningstjänst.

Arbetet är genomfört på uppdrag och i samarbete med Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) inom ramen för Nationellt utvecklingscentrum ⁴(NUC)

⁴ Samarbetsavtal mellan MSB och RSG i syfte att utveckla teknik inom området på säkerhet på skadeplats

Uppdraget är att samla in kunskaper och erfarenheter från användning av brandrobotar inom räddningstjänster i Europa ⁵ samt att inventera tillgänglig robotik för räddningstjänstinsatser med fokus på insatser i undermarksanläggningar.

1.4 Projektidé

Projektet bidrar till att insatsen med hjälp av en brandrobot utifrån angivet scenario ska kunna ske i syfte att minimera riskerna för insatspersonalen. Personal kan i viss mån behöva bistå med exempelvis att underlätta slangdragning samt att efter nedsläckning eller i en avsevärt bättre miljö slutföra släckningen.

Målbilden är byggd på ett dimensionerande scenario med brand i 1 - 3 bilar med misstänkt alternativa bränslen beläget på undre plan på ett parkeringsgarage ca 150 m från angreppspunkt/garageport. Insatsens målsättning är att begränsa brand- och rökspridning till omgivningen med minimala risker för insatspersonalen.

1.5 Projektmål

Syftet med projektet är att utifrån ett definierat problematiskt insatsbehov belysa vilka möjligheter det finns att använda sig av brandrobotar.

Behovet utgår specifikt från den insats- och arbetsmiljöproblematik som anges i RSG; s förstudie: *"Metod och teknik vid insats i undermarksanläggningar"* samt RSG:s rapport: *"behovsanalys brandrobotar för insats i undermarksanläggningar"* Syftet är att utifrån angiven problematik ta fram ett underlag som kan ligga till grund för fortsatt arbete med att mer i detalj fastställa kriterier och funktionskrav som underlag för fortsatt arbete med test och försök i adekvat miljö.

Projektet avser att belysa följande områden med rekommendationer:

- Arbetsmiljöaspekter
- Tekniska utmaningar
- Faktiska resultat och fördelar
- Värdering och specificering av i rapporten angivna funktionskrav
- Logistikantering (transportlösningar)
- Organisationsmodeller
- Aktiveringsplaner
- Utbildnings och övningsbehov
- Utvärdering och analys inför anskaffning
- Utvecklingsbehov och önskemål.
- Användning alternativt utveckling av artificiell intelligens
- Drift och kostnadsaspekter
- Värdering av befintliga robotar mot angivet scenario.

⁵ Avseende de myndigheter som svarar för motsvarande kommunal räddningstjänst i Sverige.

Utöver det specifika scenariot ska resultatet mer översiktligt utvärdera brandrobot för följande insatstyper.

- Insatser i Tunnlar och bergrum
- Kylning och ev. punktering av gasflaskor
- Insats energilagringsanläggningar
- Nedtvättning av gasmoln
- Begränsning/kylning oljedepå/transport
- Insats vid större industribyggnader
- Indikering/observation kemolyckor
- Insatser med Rasrisk

Ytterligare insatstyper är belysta i rapporten

1.6 Avgränsningar

Arbetet fokuserar på angivet scenario och dess krav och förutsättningar. Teknikutvecklingen generellt samt utvecklingen av robotar innebär att möjligheterna ökar att använda sig av dessa på andra insatstyper/scenarier. Arbetet är begränsat till att ta fram funktionskrav avseende organisatoriska och praktiska förutsättningar som underlag för fortsatt arbete med att praktiskt värdera förmågan genom platsbesök och förutsättningar för tester.

Endast robotar med förmåga till brandbekämpning och begränsning av bränder är studerade.

I denna del av projektet ingår inte test av utrustning eller robotar.

1.7 Arbetssätt och Metoder

I fas 2 har metodiken byggt på följande steg:

- Identifiering och urval av räddningstjänster i Europa med tillgång till brandrobot
- Identifiering och urval av relevanta robotar
 - För dessa två steg har därefter kontakt tagits med parterna, där platsbesök och/eller ett digitalt möte bestämts.
- Platsbesök har genomförts hos fyra räddningstjänster som nyttjar brandrobot vid insats idag, Oslo, Köpenhamn, Beredskap öst samt Paris. Även polisens bombgrupp i Göteborg har besökts i syfte att undersöka hur drift, logistik och utbildning är upplagt.
- RFI (Request for information) har genomförts med 8 robottillverkare, i syfte att få deras produkt presenterad samt för arbetsgruppen att ställa kompletterande frågor. Dessa möten har antingen skett hos RSG (FUMO, Milrem) eller digitalt (Lennartsfors, Magirus, Rosenbauer, Brokk, Angatec). Projektgruppen har besökt en leverantör på plats, Shark robotics i Frankrike.
- Kontakt har upprättats med Luleå universitet och en forskningsgrupp inom robotik i syfte att inhämta kunskap om det pågående forskningsläget.
- Fortsatta litteraturstudier har genomförts i syfte att kartlägga utmaningar, användningsområden samt potentiell framtida teknik.

1.8 Disposition

I kapitlet *Brandrobotar* kommer de robot-modeller som anses vara relevanta för projektet att presenteras. Vidare kommer en genomgång att göras av de räddningstjänster som besökts inom projektet, och som i dagsläget nyttjar brandrobotar.

I kapitlet *Diskussion och analys* kommer värderingar att genomföras dels av de olika modellerna, utifrån olika scenarier, och en diskussion kommer att föras utifrån de frågeställningar som tidigare nämnts i *Projektmål*.

I kapitlet *Slutsatser* presenteras de slutsatser som projektgruppen anser kan dras utifrån uppställda projektmål och den inventering som genomförts. I det efterföljande kapitlet *Fortsatt arbete* ges därefter förslag på fortsatta arbeten.

För att göra rapporten mer läsvänlig har viss information förlagts till bilaga. Detta avser en mer utförlig teknisk beskrivning av varje robot än vad som presenteras inne i rapporten.

2. Brandrobotar

I detta kapitel presenteras inledningsvis en översiktlig beskrivning av de robotar som av projektet bedömts vara relevanta.

Informationen har inhämtats via s.k. RFI: er (Request for information) med leverantörerna, antingen digitalt eller genom fysiska träffar.

Därefter följer en beskrivning av räddningstjänster som idag använder sig av brandrobotar och hur de nyttjas vid räddningsinsats.

2.1 Identifierade brandrobotar

Projektet har försökt att finna brandrobotar som redan är i drift på marknaden internationellt, eller som inom kort kan förväntas ha en modell klar. Denna inventering ska dock inte betraktas som fullständig; det finns fabrikanter där kontakt inte gått att upprätta, främst belägna i Kina, men även i USA. Projektgruppen har via både nationella och internationella kanaler (t.ex. via CTIF) sökt kontakt med leverantörer där deras produkt bedömts kunna vara relevant för räddningstjänsten.

Urvalet består av brandrobot-modeller som används idag i Norden eller i Europa. Vidare finns ett antal modeller där en prototyp finns färdigställd men som ännu inte används av någon räddningstjänst. Utöver den översiktliga beskrivningen som ges nedan så återfinns en mer utförlig beskrivning av varje modell i bilaga 8.1.

Robotarna har delats in i tre kategorier; *lätt*, *mellan* och *tung* och åskådliggörs i tabellen på nästa sida. Dessa definitioner är inte knivskarpa och avser heller inte vilka funktioner roboten har, utan ska endast ses som en förenklad bild för översiktens skull. För exakta dimensioner och vikt hänvisas till bilaga 8.1. I tabellen framgår även information om driftsystem, möjligt flöde på vattenkanon, tillgång till sensorer, möjlighet till fläktförmåga samt om det finns två olika frekvensband tillgängliga. I de flesta fall nyttjas MHz-bandet för manövrering av roboten medan ett eventuellt GHz-band används för dataöverföring, av exempelvis bild. I de flesta fall går GHz-bandet även att nyttja som redundans för manövrering. För några av robotarna finns även möjlighet att ansluta en fiberoptisk kabel för att säkerställa manövreringen.

2.1.1 Identifierade brandrobot-modeller med översiktlig beskrivning

Egenskaper Modell	Storlek	Drift	Flöde vattenkanon*	Sensorer	Fläkt	Manövrering
FUMO	Lätt	Batteri	2000	Bild + IR	Nej	MHz, GHz, Fiber
Rosenbauer RTE**	Lätt	Batteri	2000 3800	Bild + IR	Nej	MHz, GHz
Shark Rhyno	Lätt	Batteri	1000	Bild + IR	Nej	MHz, GHz, Fiber
Shark Colossus	Medel	Batteri	3000	Bild + IR	Ej standard	MHz, GHz, Fiber
Angatech TEC800***	Medel	Batteri	2000	Bild + IR	Ej standard	MHz, GHz, Fiber
Järnhästen	Medel	Diesel	5000	Ej standard	Nej	MHz
Brokks MD120 Rescue FFM	Medel	Diesel	2000	Bild + IR + Lidar	Nej	MHz, GHz, fiber
Magirus Wolf R1	Medel	Batteri	2500	Bild + IR	Ja	MHz, GHz
Magirus Aircore TAF 35	Tung	Diesel	3500	Bild + IR	Ja	MHz, GHz
LUF60	Tung	Diesel	2400	Nej	Ja	MHz
Milrem***	Tung	Diesel/batteri	3000	Bild + IR + Lidar	Nej	MHz, GHz

*(l/min vid 10 bar) **Finns olika storlekar på ex. vattenkanon *** Ej CE-märkt

På kommande sidor presenteras de leverantörer som projektgruppen varit i kontakt med.
Leverantörerna har träffats antingen via ett digitalt eller fysiskt möte.

2.2 AB Realisator FUMO

Svenskt företag. Roboten utvecklades inledningsvis utifrån önskemål från räddningstjänsten och har successivt utvecklats sedan 2010. Utveckling sker tillsammans med företaget Scanfil Åtvidaberg AB.

2.2.1 Brandrobot

FUMO

Egenskaper Modell	Storlek	Drift	Flöde vattenkanon*	Sensorer	Fläkt	Manövrering
FUMO	Lätt	Batteri	2000	Bild + IR	Nej	MHz, GHz, Fiber

FUMO hör till de mindre robotarna sett till storlek och vikt. Roboten är batteridrivna och med larvband och kan förses med både bild och IR-sensorer. Drifttiden är enligt leverantör 8 timmar (uppgiftsberoende).

FUMO är modulär och kan anpassas med olika applikationer utifrån behov. Det finns en modul med vattenkanon och en modul för transportbehov.

Fumo har fram – och backkamera samt en IR-kamera. Som tillbehör finns ytterligare kamerasystem att tillgå.

Fjärrstyrning kan ske både via radio och optofiber via bärbar kontrollmodul. Fjärrstyrning kan ske separat av vattenkanon både riktning och strålbild samt bildsensorer. Det finns 2 kontrollmoduler, en med bildskärm för visning av sensorbilder samt en robustare med i huvudsak reglage för styrning.



Bild 1. Fumo. Foto: Realisator Robotics.

2.3 Rosenbauer

Rosenbauer tillverkar och levererar ett stort antal olika produkter till räddningstjänster runtom i världen, med en omfattande produktportfölj.

2.3.1 Brandrobot

Rosenbauer har utvecklat en brandrobot som heter RTE.

Egenskaper Modell	Storlek	Drift	Flöde vattenkanon*	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Rosenbauer RTE**	Lätt	Batteri	2000 3800	Bild + IR	Nej	MHz, GHz

Rosenbauer har utvecklat brandroboten med en grundplattform, som är modulär och kan förses med släckmoduler eller transportmodul. Släckmoduler finns i två olika storlekar där det även finns tillgång till ett högtryckssystem. Rosenbauer har försett den med en "standardkoppling", med ambitionen att det ska vara enkelt att byta mellan olika moduler.

Roboten är batteridrivnen och med larvband och kan förses med både bild och IR-sensorer, placerade på vattenkanonen. Fjärrstyrning sker via radio och bärbar kontrollmodul men det finns i dagsläget ingen möjlighet att ansluta fiberkabel. Fjärrstyrning kan ske separat av vattenkanon både riktning och strålbild samt bildsensorer.



Bild 2.RTE. Foto: Rosenbauer

Det finns 2 kontrollmoduler, en med bildskärm för visning av sensorbilder samt en robustare med i huvudsak reglage för styrning. Man kan också få direkt video-feedback till manöverenheten till exempel från en UAV, vilket gör att man kan operera tillsammans med UAS på olycksplats.

Det finns tre olika släckmoduler; RM 15C (2000 l/min) och RM 35C (3800 l/min) vid 10 bars tryck, men även en högtrycksmodul RM 15C HD som ger 400 l/min vid 40 bar. Dessa är även utrustade med dysor som ger roboten ett sprinklat egenskydd.

2.4 Shark Robotics

Shark robotics grundades 2016 och är belägna i den franska kuststaden La Rochelle. Företaget utvecklar robotar från grunden och har 6 basmodeller som anpassas utifrån kundens önskemål. Kunder återfinns inom polis och försvarsmakt, kärnkraftsindustrin, räddningstjänster mm.

2.4.1 Brandrobot

Ur ett räddningstjänstperspektiv så är det två robotar som är relevanta: Shark Colossus och Shark Rhino.

Egenskaper Modell	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Shark Colossus	Medel	Batteri	3000	Bild + IR	Ej standard	MHz, GHz + fiber
Shark Rhino	Lätt	Batteri	1000	Bild + IR	Nej	MHz, GHz + fiber



Bild 3.Shark Colossus och Rhino. Foto: Shark Robotics

Shark Colossus

Colossus är i huvudsak en släckrobot men modulär för påbyggnad av andra applikationer. Vid användning är det främst släckmodulen och transportmodulen som leverantören lyfter fram. Hos räddningstjänsten i Marseille har roboten kompletterats med fläkt.

Roboten är batteridrivnen, med larvband och är försedd med både bild och IR-sensorer/kameror.

Fjärrstyrning kan ske både via radio och optofiber via bärbar kontrollmodul. Det finns 2 kontrollmoduler, en med bildskärm för visning av sensorbilder samt en robustare med i huvudsak reglage för styrning.

För att genomföra indikering placeras indikeringsinstrument på en plats på roboten, och en kamera riktar mot indikeringsinstrumentets display.

Shark Rhyno

Rhyno är en mindre variant av Colossus, dock med vissa skillnader. Maskinen är mindre sett till dimensioner och vikt, och har en annan typ av vattenkanon.

Styrning sker via samma kontrollenhet/er som för Colossus.

Shark Robotics har även, tillsammans med företaget Boston Dynamics, utvecklat Rhyno för att nyttjas för sanering av lokaler under Covid-19, med en särskild påbyggnad.

2.5 Angatech

Angatech är ett franskt företag som liksom Shark har sitt säte i La Rochelle.

2.5.1 Brandrobot

TEC800

Egenskaper Modell	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Angatech TEC800	Medel	Batteri	2000	Bild + IR	Ej standard	MHz, GHz + fiber

Angatech TEC800 i huvudsak en släckrobot men modulär för påbyggnad av andra applikationer, bland annat transportmodul.

Roboten är batteridrivnen, med larvband och är försedd med både bild och IR-sensorer/kameror. Fjärrstyrning kan ske både via radio och fiber via bärbar kontrollmodul. Det finns 2 kontrollmoduler, en med bildskärm för visning av sensorbilder samt en robustare med i huvudsak reglage för styrning.

TEC-800 har egen sprinkler som skyddar vid höga temperaturer.



Bild 4. Angatech TEC800. Foto: Angatech

2.6 Järnhästen (Lennartsfors AB)

Järnhästen är ett koncept som funnits sedan 80-talet och maskinen har använts främst för skogsarbete och jakt. Även som mobil verktygsbärare har den visat på fördelar. Företaget har ett antal olika produkter, främst transportlösningar utvecklade för användning i terräng.

2.6.1 Brandrobot

Järnhästen Essence

Egenskaper / Modell	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Järnhästen	Medel	Diesel	5000	Ej standard	Nej	MHz

Järnhästen Essence är en modell framtagen 2020, med syfte att kunna nyttjas av räddningstjänsten och för brandsläckning.

Lennartsfors AB har utvecklat transportplattformen. Övriga komponenter såsom släckmedelskanoner, pumpkapacitet, kamerasystem, indikatorer etcetera levereras från 3:e part utifrån behov.

Vattenkanonen manövreras från

handkontrollen. Kastlängden uppgår till cirka 100 m och strålen går att ställa om från samlad stråle till skyddsdimma från handkontrollen. Fjärrstyrd hydraulisk vinsch finns som tillbehör.



Bild 5. Järnhästen Essence. Foto: Lennartsfors

Inga sensorer i grundutförandet utan monteras utifrån behov.

Maskinen är i grundutförande utrustad med en enklare modell av radiostyrning där operatören förutsätts ha visuell kontakt med maskinen på ett avstånd upp till 100m. Vid behov kan maskinen utrustas med kamerasystem som övervakas via display.

2.7 Brokk Security and Rescue solutions

Brokk som företag har funnits i 43 år med fabrik i Skellefteå med inriktning på att hantera rivning av kärnkraftverk runt om i världen.

2.7.1 Brandrobot

MD120 Rescue FFM

Egenskaper / Modell	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Brokks MD120 Rescue FFM	Tung	Diesel	2000	Bild + IR + Lidar	Nej	MHz, GHz + fiber

Brokks har ett antal olika modeller i olika storlekar, där samtliga i huvudsak är utvecklade som rivningsrobotar för arbete i farligt område.

Brokks har dock utvecklat ett antal system som gör roboten möjlig att använda i varma miljöer; FMM – Firefighting Monitor Module samt FFM – Firefighting Fixed Module. FMM utgör främst ett skydd för roboten i form av eget sprinklersystem medan FFM är en påhängd vattenkanon, möjlig att fjärrstyra.



Bild 5. Brokk MD120 Rescue FFM. Foto: Brokks

2.8 Magirus

Magirus, belägna i Tyskland, är i likhet med Rosenbauer ett företag med en stor produktportfölj inom räddningsprodukter.

2.8.1 Brandrobot

Alphawolf R1, utvecklad tillsammans med Alpha Robotics, samt AirCore TAF.

Egenskaper Modell	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Magirus Wolf R1	Medel	Batteri	2500 (12 bar)	Bild + IR	Ja	MHz, GHz
Magirus Aircore TAF 35	Tung	Diesel	3500	Bild + IR	Ja	MHz, GHz

Alphawolf R1

Modellen R1 Wolf är i huvudsak en släckrobot, utveckling sker med att ta fram en separat modell för transportbehov.

Roboten är batteridriven och med larvband samt försedd med både bild och IR-sensorer. Fjärrstyrning kan ske via radio via bärbar kontrollmodul men det finns i dagsläget ingen möjlighet att ansluta fiberkabel. Fjärrstyrning kan ske separat av vattenkanon, både riktning och strålbild samt bildsensorer.

Det finns 2 kontrollmoduler, en med bildskärm för visning av sensorbilder samt en robustare med i huvudsak reglage för styrning. Möjlighet till fiberoptisk kabel saknas men det finns ett system för att utöka räckvidden med hjälp av repeaters.

R1 Wolf har även möjlighet att vara en fläktresurs samt möjlighet att kunna applicera gripklo. Roboten har skyddsplåtar för att skydda batteri och övrig elektronik som sitter centrerat inuti maskinen.

För att kunna nyttja samtliga funktioner, exempelvis gripklon, krävs att nyttjaren även har tillgång till Magirus nätverk "TacticNet".



Bild 6. Magirus R1 Wolf. Foto: Magirus

AirCore TAF 35

AirCore TAF 35 är en modell som uppvisar likheter med LUF 60. Det är en relativt stor robot med möjlighet att genomföra antingen ventilering eller påföring av släckmedel. Det finns möjlighet att montera ett system för att kunna köra roboten på skenor, ex. tågräls.

Roboten är utrustad med kameror för bild och IR.

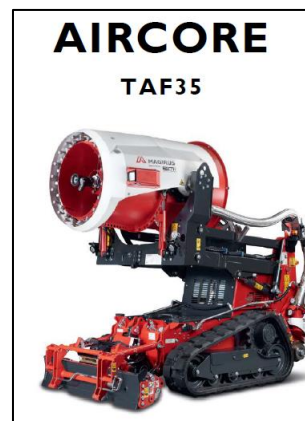


Bild 7. Magirus AirCore TAF35. Foto: Magirus

2.9 LUF

LUF GmbH är ett österrikiskt företag, beläget i Thüringen.

2.9.1 Brandrobot

LUF GmbH har modeller i flera storlekar men det är modellen LUF60 som inventerats inom detta projekt.

Egenskaper	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Modell						
LUF60	Tung	Diesel	2400	Inga	Ja	MHz

LUF60 är en relativt stor maskin vars storlek och vikt gör att den är möjlig att använda för att bogsera fordon (ex. elbilar ut ur garage). En av anledningarna till att denna maskin valdes av Oslo och Köpenhamn var också möjligheten att kunna nyttja LUF60 för ventilering. I det ursprungliga utförandet är kapaciteten 90 000 m³/h och med extra fläkt kan den nå upp till 150 000m³/h.



Bild 8. LUF60. Foto: RSG

LUF60 är i grundutförandet inte utrustad med några kameror eller annan indikeringsutrustning. Roboten styrs via en handburen kontrollpanel, där bland annat flöde och strålbild är justerbar. Fiberoptisk kabel är inte möjlig att ansluta.

2.10 Milrem Robotics

Milrem Robotics grundades 2013 och har huvudkontor i Tallinn. Milrem Robotics har tidigare främst arbetat med fokus på den militära sektorn. Den brandrobot som är framtagen för civila applikationer, Multiscope, är en vidareutveckling utifrån brandroboten "THeMIS", vars syfte varit att ge stöd åt marktrupper.

2.10.1 Brandrobot

Egenskaper Modell	Klass	Drift	Flöde vattenkanon	Sensorer	Fläkt	Manövrering
Milrem	Tung	Diesel/batteri	3000	Bild + IR + Lidar	Nej	MHz, GHz

Milrem Multiscope

Två elektriska motorer samt en dieselmotor. Vid drift används alltid elmotorerna, men går även att köra i hybrid – med även dieselmotorn i drift. Driftstid blir enligt leverantör cirka 15 timmar. Vid endast batteridrift cirka 1.5 timmar, beroende på belastning.

Robot-plattformen är modulär. Det finns en släckmodul och ett antal olika transportmoduler, däribland en vattentank samt ett system för att nedläggning och uppsamling av slang.

Robot-plattformen är ställbar i sidled för att kunna anpassas utifrån önskad modul.

Kamera för bild samt IR.

Maskinen är i grundutförande utrustad med en enklare modell av radiostyrning där operatören förutsätts ha visuell kontakt med maskinen på ett avstånd upp till 100m. Vid behov kan maskinen utrustas med kamerasystem som övervakas via display.



Bild 9. Milrem Multiscope. Foto: Milrem

3. Studiebesök

I detta avsnitt presenteras en sammanfattning av de studiebesök som har genomförts hos räddningstjänster som nyttjar brandrobot i dagsläget, Oslo, Köpenhamn, Beredskap Öst (Danmark) samt Paris. Utöver dessa har även studiebesök genomförts hos den svenska polisen, samt kontakt upprättats med andra organisationer med kunskap om robotik.

3.1 Organisation för roboten

I Oslo utgörs operatörerna av cirka 4–5 personer per arbetslag på huvudbrandstationen för framförande av deras LUF60. Köpenhamn har två stationer med personal utbildade på både UAS och brandrobot, som är utbildade för att framföra deras brandrobot (LUF60 samt Rosenbauer RTE). För både Oslo och Köpenhamn kommer två operatörer till skadeplats, tillsammans med brandroboten.

I Paris finns tre stationer med robot-förmåga, med två robotar på respektive station (Shark Colossus). Vid larm transporterar två personer ut brandrobot, medan ytterligare en räddningsenhet (1+4) medföljer i en räddningsenhet.

3.2 Brandrobot

Oslo: LUF-60 inköpt 2011

Köpenhamn: LUF-60 inköpt 2018 samt Rosenbauer RTE (test)

Paris: Shark Colossus inköpta från 2016 och framåt.

Beredskap Öst: ingen i dagsläget men avser att beställa Rosenbauer RTE.

3.3 Erfarenheter/bakgrund inköp

I både Oslos och Köpenhamns fall har införskaffandet av en robot utgått från att de sett behov till att kunna rökventilera komplexa och/eller större objekt, exempelvis underjordiska parkeringsgarage, tunnlar och större industribyggnader. Därtill har bägge räddningstjänsterna nyttjat roboten för att bogsera ut brandskadade bilar från parkeringsgarage, där möjligheten att kunna få ut elbilar till det fria lyfts fram som en fördel. I Oslo har roboten även använts vid ett antal händelser som släckrobot.

Paris har liknande problematik som Oslo och Köpenhamn, med många underjordiska parkeringsgarage och såg i likhet med dessa att de behövde ett verktyg för att kunna genomföra offensiva insatser och samtidigt minska riskerna för personalen. Paris räddningstjänst är organisatoriskt tillhörande militären, vilket föranlett att det även finns ett uttalat användningsområde vid PDV-händelser tillsammans med Polis och militär.

3.4 Användningsområde på skadeplats

I Oslo har roboten använts vid ett 30-tal händelser och där man i övervägande del av fallen använt roboten som en fläktresurs men enstaka fall för kylning av hotade tryckkärl samt släckning vid industribrand. Därtill genomförs bärgning av bilar från garage ut till det fria med hjälp av roboten.

Även i Köpenhamn är tanken att från avstånd kunna kyla/begränsa brand i cisterner, kyla gasflaskor eller ventilera större lokaler ovan eller under mark. Då LUF är en dieseldriven maskin och inte värmeklassad ser man problem att nyttja den som släckrobot vid händelser under mark. Också i Köpenhamn har LUF-60 vid ett eller flera tillfällen nyttjats för att bogsera bilar ut från garage.

Beredskap Öst har samarbetat med Köpenhamn vid behov via deras LUF-60. En händelse i närtid handlade om en elektrisk personbil, där batteriet bedömdes ha hamnat i termisk rusning. LUF-60 användes i detta läge för att bogsera/putta ut bilen till det fria.

Räddningstjänsten i Paris använder brandrobot på cirka 1 larm/vecka. Vanliga larmscenario är brand i underjordiskt parkeringsgarage och bränder i industribyggnader. Utöver dessa har brandrobot använts för att kyla gasflaskor, vid händelser med CBRNE samt, i samarbete med polisen, vid PDV-händelser.

3.5 Aktiveringsplaner

Av de besökta räddningstjänsterna är det bara Paris som har brandrobot-resurs inlagd i larmplaner/aktiveringsplaner, bland annat för tunnlar och underjordiska p-garage.

Oslo och Köpenhamn har inga särskilda aktiveringsplaner, resursen aktiveras efter behovsbedömning från räddningscentralen eller efter begäran från Yttre befäl.

3.6 Utbildning och övning

I både Oslo och Köpenhamn saknades fast schema och plan på vad som skulle övas och det fanns inga dokumenterade utbildningsplaner. Tanken var att en erfaren operatör kompetensutvecklar en oerfaren och det fanns inga fasta tidsramar när man skulle vara klar med sin utbildning. På båda räddningstjänsterna framfördes dock att de som är operatörer övar kontinuerligt för att bibehålla sin kompetens.

I Paris utgör de brandmän som är operatörer en specialistfunktion och de övar med robot i princip samtliga pass. Enligt ansvarigt befäl genomförs kontinuerligt "tuffa" övningar i komplexa miljöer, exempelvis i tunnlar, parkeringsgarage och tunnelbanan. För att kunna nyttjas vid PDV-händelser genomförs även övningar tillsammans med polisen kontinuerligt.

3.7 Logistik och transport

I Oslo är LUF-60 placerad på ett lastväxlarflak. Vid behov av att få ut den till skadeplats behöver vanligtvis en lastväxlare först ställa av en vattentank, för att sedan lasta på flaket med roboten. Köpenhamn har sin LUF-60 fast placerad på en lastbil medan den mindre roboten, Rosenbauer RTE, är tänkt att transporteras med en skåpbil (motsvarande Sprinter).

I Paris transporterar respektive station ut sina två Colossus ombord på en lastbil, med höj-och-sänkbart flak.

Utöver Paris har även räddningstjänsterna i Bordeaux samt Marseille robotar i form av Shark Colossus. Där används istället skåpbilar (motsvarande Sprinter) för uttransport.

3.8 Erfarenheter

Vad detta projekt kunnat notera är Paris den räddningstjänst som ligger längst fram i användandet av brandrobotar, utifrån det angivna scenariot med släckning/begränsning av bilar i ett underjordiskt parkeringsgarage. De har under lång tid nyttjat den vid skarpa händelser och skapat en organisation för användandet av den. Därtill har deras medverkan i utvecklingsarbetet inneburit att de kunnat framföra synpunkter och önskemål kring brandrobotens fortsatta utveckling och förbättringar.

3.9 Polisens nationella bombskydd

Av sekretesskäl följer ett granskat urval av uppgifter.

3.9.1 Organisation

Polisens bombgrupp i Göteborg är organiserad under Nationella bombskyddet som har personal och utrustning på fler platser i landet.

3.9.2 Robotar

De robotar som förevisades bedöms inte uppfylla räddningstjänstens behov varför endast en kort beskrivning ges. Den lätta roboten väger ca 25 kg och kan bäras av en man med en bärsele uppför trappor eller andra miljöer där den medeltunga roboten inte kommer fram. Den medeltunga roboten väger ca 80 kg och har en utökad funktionalitet. Bägge robotarna är försedda med ett flertal sensorer för både bild och IR samt en flerledad robotarm.

3.9.3 Användning på skadeplats

Behovet skiljer sig väsentligt från räddningstjänstens behov där utmaningar som värme, dra slang och rök saknas hos polisen. Polisen har också behov av mer manövreringsmöjligheter som till exempel att kunna öppna dörrar och annan finmotorik.

3.9.4 Utbildning övning

Polisen bedömde att ca 6 – 8 veckors utbildning användes för utbildning och övning innan man var godkänd som operatör. Förutsättningarna och ett flertal robotmodeller innebär dock att det inte är rimligt att ta detta som ett mått för behovet för en operatör för en brandrobot

3.9.5 Logistik och transport

Robotarna transporterades i en anpassad sprinter med en operatörsplats för manövrering. Relativt stor plats krävs för kringutrustning och tillbehör

3.9.6 Erfarenheter

Polisen har lång erfarenhet av användning och den första roboten togs i drift 1986, Robotarna går relativt ofta sönder och tiden för reparation tar lång tid vilket innebär att reservalternativ behöver finnas för att behålla kontinuerlig förmåga. Polisen rekommenderar att man innan anskaffning värderar vilka frekvenser roboten använder. Detta för att undvika störningar i stadsmiljö.

3.10 Luleå tekniska universitet

Luleå Tekniska universitet har en forskargrupp som fokuserar på AI och autonoma mjukvaror för att framför allt kunna arbeta i gruvor och tunnlar med infrastruktur under mark. Ett av projekten är att kombinera en brandrobot i detta fall "robothunden" Spot med en UAS. Målsättningen är att när brandroboten inte kommer längre ska UAV; n flyga vidare och med AI identifiera objekt som kan vara av intresse som till exempel människor. Tekniken kan bli mycket intressant även för räddningstjänst men bedöms inte vara tillräckligt prövad ännu.

3.11 Deutsches Rettungsrobotik Zentrum (DRZ)

Ett relativt nystartat utvecklingscenter sen 2018 för räddningsrobotik (Rettungsrobotik) i Dortmund Tyskland. Syftet är att sammanföra användare, företag och forskare för att främja utvecklingen. Man har nyligen öppnat en testanläggning för utveckling och tester av robotik för "blåljusverksamhet" utöver markgående robotar ingår även användning UAS (Drönare) i verksamheten. Arbetsgruppen tror att ett bra samarbete/kontakt med DRZ kan vara till stor nytta framöver.

3.12 National Institute of standards and Technology (NIST)

Ett amerikanskt standardiseringsinstitut som utvecklat standardiserade metoder för "response Robots" NIST utvecklar en omfattande uppsättning standardtestmetoder och tillhörande mätmetoder för att identifiera viktiga behov på fjärrstyrda mark-, luft- och undervattenssystem inom räddningstjänst.

Dessa testmetoder hanterar insatsliknande fördefinierade krav, som framkomlighet, sårbarheter, sensorer, kommunikation, operatörskompetens, logistik och säkerhet.

Målet är att underlätta kvantitativa jämförelser av olika robotmodeller baserat på mätbara signifikanta förmågor, hämtade inom standardtestmetoderna. Syftet är att vägleda aktörer till bättre inköpsbeslut inför upphandling och förstå behoven vid driftsättning.

Processen som används för att utveckla dessa testmetoder, är starkt beroende av personal från "response-personal" som är med och utvärderar robotik i testbanorna för att validera och säkerställa testmetodik.

Metodiken i NIST är något som kan överföras till tester av robotar i Sverige framöver.

4. Diskussion/analys

I detta kapitel diskuteras och beskrivs faktorer som bör beaktas vid val av brandrobot.

4.1 Utveckling generellt

Inventeringen av leverantörer och användare visade på att det fortfarande är relativt få användare av robotar inom räddningstjänsterna i Europa samt att ett flertal leverantörer hade prototyper som inte fullt ut var klara för operativ drift. Marknaden och därmed drivkraften för både militärt och kommersiellt bruk är betydligt större och därmed också robotar för dessa ändamål var betydligt mer utvecklade. Intresset hos räddningstjänsterna i Norden bedöms dock vara hög och framförallt Köpenhamn och Beredskap Öst hade påbörjat både drift och utveckling.

4.2 Ekonomi

Prisbilden för en brandrobot varierar relativt mycket och det behöver beaktas vilka funktioner som är nödvändiga utifrån önskat behov. Priset beror dels på vilken storleksklass som väljs, där de större robotarna generellt hör till de dyrare. I kostnadsbilden behöver det även beaktas vilka applikationer som behövs, exempelvis antal kameror och sensorer, då dessa i många fall är tillval till grundroboten.

Projektgruppen har inte erhållit information om prisbilden för samtliga robotar men nedan visas ett ungefärligt pris för vissa av maskinerna. Som tillval är IR-kamera generellt dyrast.

Klass lätt:

FUMO, cirka 1 - 1.5 miljoner (med IR)

Shark Rhyno, 0.5 – 1.2 miljoner beroende på tillval.

Rosenbauer RTE: Kostnad enligt Köpenhamn under 0.5 miljoner kr i grundutförande. Uppgift ej bekräftad.

Klass medel:

Shark Colossus: 1.5 – 2.5 miljoner beroende på tillval

Järnhästen Essence: Cirka 300 000 i grundutförande utan tillval

Magirus R1 Wolf: Cirka 1 miljon utan tillval

Klass tung:

LUF60: Cirka 1.5 miljoner

Brokks: Cirka 4 miljoner

Milrem: Cirka 3 miljoner

4.3 Arbetsmiljö

4.3.1 Arbetsmiljölagen⁶

Arbetsmiljölagen med tillhörande förordning och föreskrifter ställer på olika sätt krav på arbetsgivaren att förhindra olycksfall och ohälsa.

AFS 2007:7 Rök och kemdykning

5 § Innan en insats påbörjas ska arbetsledaren genomföra en riskbedömning på skade- eller övningsplatsen så att insatsen kan planeras och organiseras så att utrustning, lämplig skyddsklädsel och i övrigt rätt personlig skyddsutrustning kan väljas. Om riskerna bedöms som stora i förhållande till vad som kan uppnås, ska andra alternativ än rök- och kemdykning väljas. Rök- och kemdykning som redan påbörjats ska då avbrytas.

Utifrån angivet scenario och de risker det innebär med rökdykning som metod uppfyller kraven på att andra alternativ ska väljas. Tillgången till andra alternativ för att begränsa branden utöver fast installerad sprinkleranläggning saknas dock.

AML 2 §

Arbetsgivaren ska vidta alla åtgärder som behövs för att förebygga att arbetstagaren utsätts för ohälsa eller olycksfall. En utgångspunkt ska därvid vara att allt sådant som kan leda till ohälsa eller olycksfall ska ändras eller ersättas så att risken för ohälsa eller olycksfall undanröjs

Ovanstående torde innebära att arbetsgivaren har ett stort ansvar för att ta fram alternativ teknik/metoder för angivet scenario. Tolkningen av lagtexten innebär dock att de ekonomiska aspekterna ska vägas mot arbetsmiljövinsterna

4.3.2 Maskindirektivet och CE-märkning avseende brandrobotar⁷

Brandrobotar som ska användas av räddningstjänst behöver uppfylla EU; s maskindirektiv (2006/42/EG) för att få lov att användas. Ur ett inköbsperspektiv gäller det att försäkra sig att roboten man köper är CE-märkt. Då uppfyller den med automatik maskindirektivet.

Maskindirektivet ställer krav på länder inom EU att tillämpa de regler som är bestämda i direktivet. Det ställer krav på tillverkare av maskiner att uppfylla maskindirektivet och fler eventuella harmoniserade standarder för den aktuella maskinen. Maskindirektivet ställer också krav på att maskiner ska riskbedömas utifrån det sättet den kommer att användas.

När man köper en CE-märkt arbetsutrustning vet man att den uppfyller maskindirektivet. Tillverkaren har gjort en riskbedömning för de situationer maskinen ska användas för. Det är viktigt för beställaren att få ta del av denna riskbedömning i syfte att kunna bygga på den med en intern

⁶ Utdrag ur RSG Rapport: Behovsanalys brandrobot för insatser i undermarksanläggningar

⁷ Utdrag ur PM: Maskindirektivet och CE-märkning avseende brandrobotar Per-Ola Malmquist Brandingenjör

riskbedömning baserat på de lokala förutsättningarna. Tillverkaren behöver inte nödvändigtvis lämna över riskbedömningen. Resultatet av riskbedömningen kan bestå av utbildning och instruktioner om handhavandet.

AFS 2006:4 anger att användning av arbetsutrustning enbart får användas för det den är avsedd eller lämpad för (§10). Den säger också att man ska göra en riskbedömning för att bedöma om den arbetsutrustning som väljs och används är lämplig för det arbete som ska utföras.

Ur ovanstående skulle man möjligen kunna resonera om att desto bättre riskbedömning tillverkaren gjort, kopplat till det sätt räddningstjänsten avser använda brandroboten, så kan det minska omfattningen på riskbedömningen som räddningstjänsten behöver göra i samband med driftsättning.

Likaså kan det vara viktigt att i förväg reda ut för vilka arbetssituationer tillverkaren har ansett att brandroboten är lämpad för. Om man ska använda en utrustning till något annat än det som tillverkaren anser att den är lämpad för måste beställaren göra en riskbedömning och eventuell anpassning av utrustning, metod och utbildning så att maskinen är anpassad för det den ska göra.

4.4 Utbildning och övning

I likhet med en UAS är det förhållandevis enkelt att framföra en robot vid fri sikt och ovan mark på ett platt underlag. För de maskiner som projektgruppen har testat har det krävts endast några minuters träning innan man har känt sig relativt bekväm med styrning och framförning.

Det är dock viktigt att här skilja mellan lugnet som är under en förevisning och hanteringen av arbetsverktyget brandrobot under en skarp händelse. Här är det viktigt att i förväg ha bestämt vad maskinen ska användas för och vilka förväntningar som finns på operatörerna. Om inte operatörerna har fått tillräcklig utbildning och övning för ändamålet finns risk att det uppstår en osäkerhet kring att använda verktyget brandrobot.

Initialt behöver det alltså bestämmas:

- Vilka scenarier/uppgifter ska maskinen kunna användas till?
- Vilka applikationer (IR/kameror/andra sensorer) behöver kunna nyttjas?
- Kommunikation och tolkning av lägesbild från operatörer till befäl – procedur?

Det scenario som bedöms vara allra svårast för en operatör är att fjärrstyra maskinen i en rökfylld miljö, med endast kameror/IR som ögon. Här krävs mycket övning för att kunna genomföra uppgiften på ett sätt så att maskinen kan nyttjas på önskat sätt för insatsen.

Vid de studiebesök som genomfördes kunde det konstateras att räddningstjänsten i Paris hade den tydligaste strukturen för utbildning och övning. Det fanns tydligt angivet vilka händelser som maskinen kunde nyttjas mot och vad som kunde förväntas av robot-operatörerna. Utifrån detta genomfördes kontinuerlig övning och utbildning och bedömning genomfördes för att säkerställa att operatörerna klarade av de moment som förväntades.

Projektgruppen anser att det är viktigt att det finns en tydlig utbildningsplan för de operatörer som ska framföra brandroboten, som matchar de förväntningar som finns utifrån vilka händelser den ska nyttjas vid. I utbildningsplanen bör det framgå dels vad som krävs i en grundutbildning och därefter vilka kontinuerliga moment som behöver genomföras. Vidare bör utbildning ske av de delar av den operativa organisationen som kan komma att arbeta tillsammans med brandroboten. Detta för att

brandmän och befäl ska känna till hur och när brandroboten kan nyttjas och vilka begränsningar som finns.

4.4.1 Riskreducering vid insatser

Följande typinsatser är några exempel på där befintliga prövade robotar kan innebära en avsevärd riskreducering jämfört med dagens metoder.

- Brand i fordon med gasdrift
- Kylning av tryckkärl
- Industribränder
- Brand i energilagringssystem med till exempel vätgas
- Brand i högspänningsanläggningar
- Alla insatser med misstänkt farligt föremål
- Brand i undermarksanläggningar (med begränsad angreppslängd)

4.5 Funktionalitet och prestanda

Beskrivning och bedömningen av funktionalitet utgår från RSG; s rapport "*Behovsanalys UGV för undermarksanläggningar*" samt i projektet ytterligare identifierade faktorer som påverkar.

4.5.1 Framdrivning

Samtliga robotar som studerats drivs med hjälp av larvfötter i någon form av gummidmaterial, vilket framför allt ökar både framkomlighet och dragkraft jämfört med hjulbaserade maskiner.

Hastigheten ligger mellan 4 – 15 km/h där hastigheter mellan 4 - 10 km/h bedöms vara fullt tillräcklig. Det fanns också farhågor för olyckor kopplat till en högre hastighet.

4.5.2 Motortyp

Robotarna är försedda med antingen dieselmotorer eller batteridrift. Valet av motortyp är i hög grad beroende till avsett användningsområde.

Dieseldrift

Fördelen med dieseldrivning är framför allt aktionstiden och möjligheten att till motorn koppla kraftigare applikationer som fläktar och pumpar samt att det normalt alltid finns

extra bränsle tillgängligt. Nackdelen är att motorn kräver normal syrehalt i omgivande miljö vilket kanske inte är fallet vid insats i slutna utrymmen. Avgaserna kan i sig även skapa ett arbetsmiljöproblem. LUF 60 hade insuget till motorn lågt placerat för att bättre klara behovet av syre.

Batteri/El drift

Fördelen med eldrift är dels den lägre ljudnivån, dels oberoende av omgivningens luft.

Nackdelen är den kortare aktionstiden och beroendet av extra batterier samt möjlighet till att ladda på skadeplats vid längre insatser. Det är också viktigt att notera att det är framförallt transport och tunga drag som tar mycket effekt, roboten väl placerad och enbart vattenbegjutning kräver mycket lite effekt. BSPP (Paris) hade i sitt transportfordon både uppsättningar av extrabatterier samt möjlighet att ladda förbrukade.

4.5.3 Aktionslängd/tid

Samtliga robotar bedöms klara aktionslängden 600 – 1000 m angivet i behovsanalysen utan belastning i form av slangdragning. Motortyp, tyngd, och grovlek på slang är dock helt avgörande för hur lång slang roboten kan dra med sig vilket skiljer sig markant beroende på angivna faktorer. Avgörande för avståndet från operatören till robot är också radiotäckningen i omgivande miljö, varav

det i undermarksanläggningar är den tydligt gränssättande faktorn. Radio och manöveravstånd vid fri sikt skiljer sig beroende på val av radioutrustning men uppges ligga mellan 300 – 1000m.

4.5.4 Dragkraft

Dragkraften är till stor del beroende på robotens tyngd och motorkraft men också på vilket underlag den befinner sig på. För både Köpenhamn och Oslo var dragkraften viktig då man där också ville kunna flytta och dra ut elbilar som brunnit inne i garage.

Dragkraften är också avgörande för hur grov och lång brandslang förväntas klara av vilket i sin tur beror på vilken typ av insats, avstånd och vattengivning den ska klara.

Ett fiffigt hjälpmedel för att underlätta slangdragning såväl manuellt som med robot stötte vi på hos Shark, "rullen" placeras med lämpliga avstånd på slangen.



Bild 10 Studiebesök Shark Robotics Foto: Arbetsgrupp

<https://solidrobotics.com/en/hose-pull-2/>

4.5.5 Fjärrmanövrering

De flesta robotarna kunde utöver själva plattformen även styra både vattenkanon och strålbild med en handhållen styrenhet vilket är nödvändigt för att få full effekt av roboten. De nyare modellerna kunde kompletteras med skärm, kunde visa sensorinformation som bild och IR samt även manövrera själva roboten. Utöver manövrering via radio hade två av tillverkarna (FUMO och Shark) möjlighet till fjärrmanövrering via fiberkabel som då också överför sensordata till operatören. Paris använde sig av detta vid insats i garage där två man med rökdykarutrustning manövrerade roboten med kabeln. På grund av miljön ställer detta höga krav på fiberkvaliteten. Det finns även risk för att kabeln kan fastna och gå av under insats. Bägge nämnda leverantörer arbetade med automatiska ut och insamlare av kabel. Kombinationen av flera alternativ bedöms som mest intressant, där skadeplatsnära personal kan styra roboten mer visuellt men där också mer detaljerad information kunde komma skadeplatsledning till nytta för analys och underlag till lägesbild.

De äldre robotmodellerna exempelvis LUF 60 hade endast enklare men robusta handhållna manöververktyg där endast lite information kunde visas som till exempel kvarstående laddning.

Radiokommunikation

Det visade sig att radiolänk för fjärrmanövrering i undermarksanläggningar särskilt i samband med rök och vattenånga⁸ begränsade räckvidden. Insatser av i denna typ av miljö i Paris skedde därför med två Brandmän som följde och styrde roboten med fiberkabel in i miljön.

⁸ Enligt SBPP; s erfarenheter

Man kan också tänka sig att manövrering över radio med enbart handkontroll utan bildöverföring som då förutsätter uppsikt över roboten skulle kunna fungera på kortare avstånd med roboten framför exempelvis en rökdykargrupp. Denna metod fann vi dock inte vara prövad. En annan lösning som utvecklades av bland annat Magirus var att placera ut repeaters på lämpliga ställen för att skapa full radiotäckning.

Gränssättande för fjärrstyrd användning via radio i underjordsanläggningar är räckvidden för radiovågorna och val av frekvensband. Flera tillverkare använde skilda frekvenser för manövrering (400–500 MHz) för den handhållna enheten för enbart manövrering samt överföring av sensorinformation på (2,4 – 4,8 GHz), där den lägre frekvensen har längre räckvidd och den högre har bättre kapacitet för dataöverföring.

Högre uteffekt ger också längre räckvidd men begränsas av post och telestyrelsen. Militära system med betydligt högre tillåten uteffekt ger också betydligt bättre täckning.

Licensfria (ej tillståndspliktiga) frekvensband 432 – 438 MHz samt 2,4 – 5 GHz används av ett flertal andra applikationer och har en relativt låg maximal uteffekt samt riskerar störningar.

4.5.6 Sensorer

Det skilde sig mellan studerade robotar avseende färdigmonterade sensorer, skillnaden bedöms bero på ålder samt utvecklings-stadie. I de fall det fanns sensorer var det bild och IR sensor som var monterade och kunde visualiseras i kontrollpanel. Några robotar har också ett flertal sensorer av bägge slag som valmöjlighet.

Sensorer för indikering av farliga ämnen saknades på samtliga robotar, flera modeller hade dock ett förberett fäste för indikeringsinstrument och en kamera för avläsning.

Beredskap Öst hade för avsikt att kunna montera en kamera som kunde läsa av olika typer av indikeringsinstrument via streaming vilket ter sig som en både flexibel och billig lösning.

Arbetsgruppen skulle för övrigt gärna se att det fanns en fast monterad EX-sensor som kunde varna för explosiv miljö.⁹

4.5.7 IP och ATEX klassning.

De flesta robotarna byggda för brandsläckning uppgavs ha en tillräcklig IP-klassning för sitt ändamål, detta var också förutsättningen för egensprinkler för kylning. Däremot saknades ATEX klassning på samtliga. Det uppgavs att själva klassningen innebar mycket höga kostnader och inte var efterfrågad.

4.5.8 Värme

En viktig och kanske avgörande faktor för användning av robotar kopplat till bränder är vilken temperatur och hur länge den kan klara värmepåverkan från omgivningen. Ingen av de robotar vi studerade har byggts eller kan ange tydliga gränser för detta. Värmetåligheten uppnås i vissa fall

⁹ Då ingen av robotarna är ATEX-klassade är de mindre lämpliga för indikering av explosiva gaser.

genom att sprinkler monteras för att kyla själva roboten. I samtliga fall försågs då sprinklern från ansluten brandslang och är av skälet vid hög värmepåverkan mycket sårbar för vattenavbrott.

4.5.9 Tidsaspekter, Transport och Logistik

Tidsaspekter från larm till angrepp är vid de flesta insatstyper en viktig faktor därmed är också logistik och framkomlighet viktiga. Ytterligheter med en större robot på ett lastväxlarflak som ska lastas på och transporteras med lastbil eller en färdiglastad skåpbil är helt beroende på tänkt användning och behov

Vid studiebesöken har det funnits olika transportlösningar Lastväxlarflak (Oslo), Lastbil med skåp (Paris) och skåpbil (BÖ). Tyngden och storlek på roboten styr i hög grad valet av transportlösning, de tyngre kräver en lastbilslösning medan de mindre kan transporteras med lämplig skåpbil. Valet av transportlösning samt hur förberedd utrustningen är vid larm påverkar i hög grad insatstiden. Beredskap Öst förberedde sin tidigare skåpbil för UAS för transport även av kommande robot (Rosenbauer RTE). Paris transporterade två stycken robotar (Colossus) i samma fordon och hade en lastbil med skåp

4.5.10 Streaming

Behov av överföring (streaming) av sensordata från manöverutrustning till valfri mottagare diskuterades. Överföring till räddningsledning på plats torde räcka i de allra flesta tillfällen men behov av hjälp från expertis på annan plats skulle kunna generera denna funktion. Vid behov torde dock en HDMI utgång från vald bildskärm kunna lösa detta med alternativa leverantör för streamingtjänster.

4.5.11 Artificiell intelligens

Artificiell intelligens (AI) utvecklas inom ett flertal områden för att effektivisera och underlätta automatiska processer så även inom robotiken. Ett exempel är "robothunden Spot" som tillverkas av Boston Dynamics med förmågan att identifiera olika typer av föremål som till exempel människor. Vid förfrågan hos leverantörerna av brandrobotarena så skedde ingen motsvarande utveckling för deras brandrobotar. Sannolikt är mognadsgraden hos dessa samt en ännu svag marknad orsaken. En motsvarande utveckling för brandrobotar torde dock kunna effektivisera användningen betydligt, exempelvis automatisk identifiering av en människa.

4.5.12 Lidar

Lidar är en typ av radar som kan användas för att mäta avstånd till objekt och användas för att exempelvis skapa en 3D modell över vad som finns i omgivningen men fungerar tyvärr sämre i rök och vattenånga. Bland annat LTU utvecklar denna teknik för AI detektering och 3D modeller i gruvor. Ingen av de studerade leverantörerna uppgav att de utvecklade LIDAR-tekniken för brandrobotar.

4.5.13 Rörlig arm

En fjärrstyrd rörlig arm är mycket vanlig för robotar generellt, ingen av de studerade robotarna hade en färdig kombination av rörlig arm och vattenkanon. Brokk hade tankar och en prototyp för att kombinera dessa funktioner, arbetsgruppen bedömer den här kombinationen som mycket intressant då det ökar användningsområdena betydligt.

4.6 Brandrobot typinsatser

I detta avsnitt diskuteras vilket användningsområde en brandrobot kan ha för räddningstjänsten för olika insatsscenarier. Bedömningarna är subjektiva utifrån arbetsgruppens egna överväganden. Sammanfattningsvis är förmågan att verka ovan mark även till viss del i terräng och inom synhåll fullt utvecklad. Arbete ovan mark och utom synhåll är god, specifikt tillsammans med annan förmåga som

UAS (drönare). Arbete med sensorer och kommunikation pågår för att utöka förmåga under mark men är ännu under utveckling.

4.6.1 Insatser i parkeringsgarage

Helt klart är att exponeringen av personalen mot de största riskerna kan minska avsevärt då de kan befinna sig både avståndsmässigt längre bakom och även i viss skydd av robotens vattengivning. Målsättningen att fullt ut kunna genomföra insats enligt angivet scenario helt utan medverkan av personal i riskmiljö är behöver ytterligare utvecklas. Begränsningen ligger i huvudsak bristande radiotäckning i denna typ av miljö (undermarksanläggningar).

Täckningen försämras också markant¹⁰ i utrymmen med mycket rök och vattenånga. Manövrering via fiber är en mycket intressant utveckling men relativt oprövad praktiskt, risken för att tråden fastnar och kan gå av är uppenbar. Här behöver också metodutveckling ske för att säkerställa arbetsmiljön vid insats.

En robot för undermarksanläggningar (notera begränsningar ovan) typ garage bör vara av mellanstor modell av framkomlighetsskäl och förmåga till tillräcklig vattenmängd. Roboten bör kunna styras på MHz bandet alternativt via kabel och överföra sensorinformation bild och IR på GHz bandet. På grund av eventuell syrebrist bör den vara batteridrivna. Tillval/alternativ med en kraftig fläkt kan vara en fördel men kräver då dieseldrift.



Bild 11 Garagebrand Bredfjällsgatan 2020
Foto: RSG

4.6.2 Insatser i tunnlar och bergtrum

För akuta insatser i rökfyllda tunnlar och större bergtrum och manövrering utom synhåll är användningen av fjärrstyrda robotar i dagsläget beroende på radiotäckning. Förmågan ökar dock väsentligt om utrymmena redan är förberett för radiotäckning via repeaters eller utbyggt WiFi. I vissa arbetstunnlar för till exempel malmbyggnad finns redan radiotäckning som kan användas för robotar. Forskning och försök genomförs bland annat i LKAB; s gruvor tillsammans med Luleå tekniska universitet med kombinationer av markgående robotar, UAS och artificiell intelligens (AI).



Bild 12 Bilbrand i tunnel 2015 Foto: RSG

¹⁰ Enligt erfarenheter från BSPP paris

För att säkerställa manövrering av brandroboten, om bortfall i radiotäckningen skulle ske, är vissa brandrobotar möjliga att framföra med hjälp av fiberoptisk kabel.

Behovet av långa transportvägar av både material, slang och eventuellt skadade människor samt ventilerung i ett senare skede av insatsen skulle dock avsevärt kunna underlättas av en större robot, för enbart detta ändamål framförallt tunnlar torde en fossildriven robot med större kraft och uthållighet var lämpligast.

4.6.3 Kylning, hantering och punktering av gasflaskor

I stort samtliga robotar skulle fungera utmärkt för kylning av värmepåverkade gasflaskor i det fria eller en bit in i exempelvis industrilokaler. De robotar vi studerat hade nästan alla möjligheter att rotera vattenkanonen samt förändra strålbilden. Utöver detta bör roboten ha både IR och bildsensor för att få optimal kylning. Robotens förmåga att ändra läge ger en överlägsen säker metod jämfört med dagens metoder där exponering av personal är oundvikligt. Arbetsgruppen har erfarenhet av många insatser där riskerna för personalen har varit höga och där en robot väsentligt skulle kunna minimera dessa.

För att kunna flytta en gasflaska till säker plats krävs en anpassad fjärrstyrd griparm, ingen av studerade robotar hade detta tillsammans med vattenkanon, Brokks och Shark hade dock utvecklingsidéer för att komplettera befintliga med denna funktion.



Bild 13 Värmepåverkade gasflaskor Hultavägen 2021 Foto: RSG

Prov och försök har också gjorts med att med vapen eller skärsläckare monterad på roboten "skjuta" hål i gasflaskor. Bedömningen är att dock att det finns för lite kunskap och praktisk erfarenhet för att i nuläget kunna bedöma effekt och säkerhet. Polisens bombgrupp har dessutom tillgång till förmåga att penetrera gasflaskor med hjälp av robot.

I stort sett alla robotar med vattenkanon, fjärrmanövrering och IR sensor kan var lämpliga för detta ändamål. På grund av ibland tidskritiska insatstider och transporttider kan det vara mer lämpligt med en lätt eller mellanklass. Med möjlighet till en rörlig vattenkanon bör även vattenkapaciteten i en lätt klass klara behovet då vattenbegjutningen kan ske på nära håll. En samverkan med ett UAS bedöms i detta fall vara mycket effektivt komplement.

4.6.4 Insatser gasdrivna fordon

Gasdrivna fordon och inte minst större fordon som lastbilar och bussar har ökat. De större fordonen med ett flertal gasflaskor återfinns framförallt i stadsmiljö där kraven på mer miljövänliga bränslen är som störst. Insats mot brand i gasdrivna fordon i undermarks-miljö, exempelvis garage är synnerligen riskfyllda. Även utvecklingen mot framför allt tyngre vätgasdrivna elfordon, innebär att antalet ur säkerhetssynpunkt mycket problematiska insatser ytterligare ökar. Brand i gasdrivna fordon innebär alltid en explosionsrisk och i en storstadsmiljö kan en passiv insats ibland inte vara möjlig, varför en brandrobot eventuellt tillsammans med en UAV är en synnerligen lämplig metod för denna typ av insatser. RSG har haft ett flertal av dessa insatser där en brandrobot hade kunnat innebära en avsevärd riskreducering för personalen



Bild 14 Gasbussbrand Hjalmar Brantingsgatan 2021 Foto: RSG

En robot för detta ändamål bör vara av mellan eller tung klass med stor vattenkapacitet och möjlighet till fjärrmanövrerad vattenkanon och strålbild.

4.6.5 Nedtvättning av Gasmoln

En möjlig användning som begränsar riskerna för personal framför allt i inledningen av en insats innan alla förutsättningar är kända. Behovet av stora mängder vatten samt små vattendroppar pekar mot att det behövs en större robot med stor vattenkapacitet. Behov av en längre angreppstid för en större robot kan dock vara en nackdel. Inga kända insatser för med detta behov har kunnat identifieras. Metoden som sådan får också bedömas som mycket ovanlig och kan inte ensamt motivera ett inköp.

En robot för detta ändamål bör vara av tung klass med mycket stor vattenkapacitet och möjlighet till fjärrmanövrerad vattenkanon och strålbild.

4.6.6 Begränsning, kylning petroleumbrand

De tyngre robotarna med stor dragkraft och vattenkapacitet har sannolikt möjligheter att användas för framförallt begränsning i riskfylld miljö i samband med medelstora bränder i oljeprodukter. Storleken kommer då att vara en begränsning för andra användningsområden. SMC (släckmedelscentralen) som är en sammanslutning av petroleum leverantörer för att kunna hantera storskalig oljebrandsläckning har nyligen upphandlat robotar och utrustning för hantering av större bränder enligt krav i LSO §2:4.

Sammantaget utgör inte denna förmåga enskilt skäl till anskaffning av robot.

En robot för detta ändamål bör vara av tung klass med mycket stor vattenkapacitet och möjlighet till fjärrmanövrerad vattenkanon och strålbild.

4.6.7 Insats större industribyggnader

Mindre och medelstora robotar bedöms mycket lämpliga för bränder i större industri och lagerlokaler. Invändig rökdykarinsats i stora lokaler med stora mängder heta brandgaser och en svårbedömd övertändningsrisk och andra risker som exempelvis gasflaskor och rasrisk gör detta till en av de mest riskfyllda insatstyperna. Vanligtvis större portar, högt i tak och relativt god sikt i marknivå innebär stora möjligheter att komma in med en robot för att släcka, kyla brandgaser, identifiera risker och indikera temperaturer i realtid som viktigt underlag till riskbedömning och lägesbild. Begränsningen av radiokommunikationen inomhus torde vara mindre i större industrilokaler med större portar och mindre tunga väggkonstruktioner. Kontinuiteten och är också helt överlägsen jämfört med rökdykarnas aktionstid samt resursbehov för avlösning. Arbetsgruppen har ett flertal exempel på incidenter med risk för allvarliga personskador som följd i denna insatstyp, inte minst insatsen med Sharks Colossus i Notre Dame.



Bild 15 Industribrand Kryptongatan 2017 Foto: RSG

Robot för detta ändamål bör vara av lätt eller mellanklass med fjärrmanövrerad vattenkanon och strålbild samt bild och IR-sensor.

4.6.8 Insatser med rasrisk samt bombhot.

Utöver rasrisk enligt 6.4.5 bedöms robotar som mycket lämpliga för insatser både när det finns en rasrisk efter brand samt en förestående explosionsrisk i samband med insats mot farligt föremål (bombhot). Insats mot farligt föremål genomförs normalt mycket defensivt med personal i skydd som vid behov har en längre angreppsväg från skydd och dessutom utsätts för sekundära risker vid insats. En robot kan ha en framskjuten placering och mycket snabbt påbörja insats. En påbörjad begränsande insats av en robot kan ge både tidsvinst för ytterligare riskbedömning och visst skydd för personell insats.

Arbetsgruppen har också ett flertal exempel på insatser efter eller under brand som kan ha påverkat konstruktionen med risk för allvarliga personskador som följd.



Bild 16 Explosion Övre Husargatan 2021 Foto: RSG

En robot för detta ändamål bör vara lätt eller medelklass för att underlätta framkomligheten samt försedd med fjärrmanövrerad vattenkanon och strålbild samt bild och IR-sensor.

4.6.9 Skogsbrand

Vid användning vid skogsbrand krävs en maskin med goda terrängförmågor och med lång drifttid. Behovet av att snabbt kunna få maskinen på plats bedöms inte lika akut som vid typscenariot. Maskinen bör vara utrustad så att ett högt flöde och lång kastlängd går att åstadkomma. Maskinen bör ha möjlighet att kunna transportera material och utrustning. Sett till uppgiven teknisk kapacitet bedöms de maskiner som dels har dieseldrift och bra terrängförmåga ha fördelar. Därtill kan modeller av större storlek vara till nytta vid ex. materialtransport och slangutläggning.

En robot för detta ändamål bör vara av tung klass med mycket stor vattenkapacitet, mycket bra framkomlighet, dieseldrift och möjlighet till fjärrmanövrerad vattenkanon och strålbild samt IR sensor.

4.6.10 Indikering/observation kemolyckor

Vid händelser med farliga ämnen kan framför allt när det gäller att identifiera ämne och eventuella skador/läckage samt kunna mäta koncentration utan att använda personal i riskzonen. Underlaget ligger därefter till grund för inriktning av fortsatt arbete. Vad gäller möjligheten att kyla har samtliga brandrobotar i denna rapport möjlighet att påföra vatten – avgörande är hur långt maskinen ska färdas och i vilken typ av terräng. Beredskap Öst i Danmarks lösning att montera mätinstrument som via kamera streamade mätvärden ger en stor flexibilitet för indikering olika ämnen

Användning av robotar i explosiv atmosfär är dock förenat med stor risk då de saknar ATEX-klassning.

4.6.11 Skred

Arbetsgruppen har inte hittat någon referens till insatser med robotar i skredområde. Avsaknaden av erfarenheter och referenser gör det svårt att bedöma nyttan kontra risken med robot i denna typ av scenario. Fördelen är det ofta låga marktrycket och att inte behöva använda personal i riskområdet. Osäkerheten ligger i användningsområden samt konsekvens av robotens vibrationer. Sammantaget utgör i nuläget inte denna förmåga skäl till anskaffning av robot.

4.7 Mognadsgrad

Robotarna vi studerar skiljer sig väsentligt åt vad det gäller hur långt de är i utvecklingsstadier samt om de är prövade skarp i tillämplig miljö¹¹. Ett flertal är byggda med andra applikationer men kan ”kompletteras”, andra finns som prototyp med tänkta utvecklingsinsatser dessutom finns de som är prövade i skarp miljö (insats kommunal räddningstjänst).

Tabellen nedan är en bedömning av respektives utvecklings-stadie.

- 1 Färdig prototyp
- 2 Färdig prototyp utan applikationer för scenario
- 3 Färdig robot men ej använd i skarpa sammanhang.
- 4 Färdig robot använd skarpt men behov av utvecklade funktioner
- 5 Färdig robot använd skarpt i mer än ett år

Modell	Mognad	Kommentarer
FUMO	3	Funktionellt klar men har ej använts skarpt
Milrem	3	Plattform använd men ej skarpt med släckmodul
Shark Colossus	5	Använd skarpt flera ställen flera år
Shark Rhyno	3	Färdig prototyp, ingen redovisad skarp användning
Magirus Wolf R1	4	Färdig prototyp, ingen redovisad skarp användning
Magirus AirCore TAF 35	5	Färdig robot använd skarpt
Rosenbauer RTE	4	Färdig prototyp testas av Köpenhamn, osäkert med sensorer
Järnhästen	3	Färdig prototyp saknar sensorer, ej använd skarpt.
LUF 60	4	Grundmodell använd i flera år skarpt, begr. Teknik
Brokks	4	Flerårig användning, släckmodul ej prövad skarpt
Angatec TEC800	3	Färdig prototyp, ingen redovisad skarp användning

¹¹ Insatser kommunal räddningstjänst

5. Slutsats

Projektgruppens övergripande slutsats är att robotiken redan idag, och än mer framöver kommer att kunna innebära en avsevärd riskreducering för ett flertal insatstyper där vi idag behöver exponera personal.

Studien visar på att robotiken för användning i andra sektorer med riskfylld miljö för människor är mycket välutvecklad, men där det för ändamål i räddningstjänstuppdrag endast finns ett fåtal prövade samt mycket begränsad erfarenhet. De modeller som finns tillgängliga och prövade bedöms kunna medföra avsevärd riskreduceringen framför allt i ovan markmiljö, specifikt i samband med kylning och begränsning. Det är mer osäkert avseende undermarks-miljö där framför allt radiokommunikationen och värmetålighet som behöver utvecklas och testas.

Arbetsgruppen hade förväntat sig att hitta mer erfarenhet av användning i sin studie. Arbetsgruppen bedömer att robotiken för kommunal räddningstjänst framför allt för arbetsmiljön har en mycket stor potential. Utveckling och framtagande av brandrobotar är dock ökande där ett flertal större brandmaterialleverantörer nu satsar på utveckling, där det tidigare var ett fåtal mindre företag. Fortsatt satsning och utveckling kräver dock en marknad och där finns sannolikt den största osäkerheten. Utöver den tekniska utvecklingen behöver också metodik och taktik utvecklas för olika insatstyper.

Det visar sig också att samverkan mellan olika applikationer av robotik som till exempel samutnyttjande av UAS (drönare) och brandrobotar ger mycket positiva bouseffekter, exempelvis kan en brandrobot styras med hjälp av sensorer från en UAV.

Nästan alla studerade robotar var byggda modulärt för alternativa applikationer/påbyggnader som olika enkelt kunde skiftas utifrån behov, vilket ökar användningsområdena och nyttan med investeringen. Trots detta skiljer sig förmågan ändå med avseende på storlek, tyngd och motortyp. Jämfört med exempelvis polisen som har tre olika modeller för olika behov tror vi att en utvecklad robotik i kommunal räddningstjänst kommer att ha flera olika robotar för olika ändamål. Utvecklingen mot större operativa samverkansområden och möjlighet till fördelning av specialresurser bör också innebära ökat utrymme för investering i robotar.

Robotar blir inte trötta och behöver bytas ut, bortsett från behov av bränsle kan den arbeta outtröttligt i situationer där vi normalt behöver byta personal. Utöver riskreduceringen innebär det för ett flertal insatssituationer både ett effektivare resursutnyttjande och avbrottsfri arbetsinsats.

Utveckling av Artificiell intelligens (AI) pågår på flera områden inom robotiken i syfte att underlätta tolkning av bild samt göra robotarna mer autonoma. Lidar används till exempel för att med automatik skapa 3D modeller av inomhusmiljöer samt identifiera människor i tunnlar. Samma utveckling kan vi hitta inom utvecklingen av mjukvara för UAS. Motsvarande utveckling kopplat till specifikt brandrobotar kunde vi dock inte finna, sannolikt beroende på det än så länge ringa nyttjandet inom området, AI utveckling kan sannolikt komma till stor nytta vid räddningstjänstinsatser.

Inför anskaffning och implementering behöver respektive räddningstjänst själv fundera på behov utifrån egen risktopografi. Organisation och logistik är ytterligare faktorer som behöver planeras. Samordning inom och mellan regionerna kan ytterligare förstärka den sammanlagda förmågan.

6. Fortsatt arbete

6.1 Fortsatt omvärldsbevakning

Utveckling av teknik går mycket fort, resultaten i rapporten avseende förmåga och funktionalitet är "färskvare" och kommer snart att vara inaktuell. I syfte att ge svensk räddningstjänst de bästa förutsättningarna bör det finnas en kontinuerlig utsedd grupp eller nätverk som följer utvecklingen och knyter an till de institutioner som redan finns exempelvis DRZ, LTU med flera. Förslagsvis fortsätter arbetsgruppen under NUC med detta arbete även under 2022 för att därefter föreslå former och nätverk för detta över tid.

Följande aktiviteter är av stort intresse för fortsatt omvärldsbevakning;

- Interschütz 2022 kommer att genomföras i Hannover 20 – 25 juni med sannolikt fler leverantörer och andra innovativa lösningar än de vi identifierat i studien.
- Deutsches Rettungsrobotik Zentrum (DRZ) i Dortmund är under uppbyggnad och samlar på sig hög kompetens och erfarenhet inom robotiken. Fortsatt kontakt och samarbete med dem bedöms som mycket värdefullt.
- Både Köpenhamn och Beredskap öst har påbörjat implementering av brandrobotar. Räddningstjänsten Follo i Norge har beställt en Colossus av Shark för framförallt en tunnelanläggning, fortsatt kontakt och uppföljning av deras arbete bedöms som värdefullt.

6.2 Fjärrmanövrering över radio undermarksanläggningar

Studien pekar på begränsningar för användning av robotar i undermarksanläggningar på grund av begränsningar i radiotäckningen. Användning av tillståndsfria frekvensband innebär också risk för störningar samt begränsad tillåten effekt på sändare. Fortsatt arbete tillsammans med Post och telestyrelsen (PTS) bör initieras i syfte att ta fram för räddningstjänsten för undermarksanläggningar lämpliga egna frekvensband med högre tillåten uteffekt.

Test och försök i en större skala mellan flera olika robotar skulle kräva en omfattande insats och stora kostnader och sannolikt inte vara kostnadsmässigt försvarbart.

Det finns mycket lite om prov och dokumenterade tester av robotar, specifikt brandrobotar, en av de största osäkerheterna ligger i fjärrmanövrering i undermarks-miljö med radiotekniska begränsningar. Det vore värdefullt att få fram underlag för den faktiska begränsningen i möjligheterna till fjärrmanövrering i framför allt garage samt hur vattenånga och rök påverkar radiotäckningen. I detta underlag skulle även information om värdet i kompletterande åtgärder som utplacering av repeaters samt val av uteffekt på radiosändare ingå

6.3 Metodutveckling

Införandet av robotar i svensk räddningstjänst kommer att kräva anpassning och utveckling av metod och taktik för de insatstyper den är tänkt att medverka i, specifikt för underjordsmiljöer. Studien kan bara visa på ett fall (Paris) där man tagit fram detta i. Med det som ett underlag behöver detta anpassas till svenska förutsättningar.

Detta arbete bedöms dock vara svårt att genomföra utan att roboten finns på plats. Eventuellt kan detta prövas i samband med test av radiokommunikationen.

7. Referenser

Följande personer och organisationer har på olika sätt bidragit till rapporten.

Oslo brann och Redningsetat	Daniel Johansen
Follo Brannvesen	Jan-Erik Fredriksen
Hovedstadens Beredskap	Henrik Tvermose
Hovedstadens Beredskap	Allan Skovlund
Beredskap Öst	Nikolaj Lund Marquart
Paris BSSP	Cpn. Guibert Xavier
Shark Robotics	Joseph Pesme
Polisens bombgrupp	Johan Andersson
Fire and Safety Sweden	Dan Gustavsson
Brokks	Patric Bylin
Lennartsfors ab	Peter Rodin
AB Realisator Robotics	Thomas Eriksson
Rosenbauer	Roland Weber
Magirus	Andreas Wenzel
Angatec	Jean-Charles Mammana
Räddningstjänsten Luxemburg	David Doerfel
Räddningstjänsten Luxemburg	Marc Storck
Luleå tekniska universitet	George Nikolakopoulos
Deutsches Rettungsrobotik Zentrum	Robert Grafe
Utkiken	Per-Ola Malmquist
Södra Älvsborgs räddningstjänst	Joel Jacobsson

8. Bilaga

8.1 Sammanfattande översikt av brandrobotar

All information i denna bilaga utgår från aktuella leverantörsuppgifter och är inte baserat på åsikter eller bedömningar från rapportgruppen.

Uppgifterna gällande aktionstid kommer från leverantörer och räddningstjänsters erfarenhet vid olika scenarier. Då aktionstid påverkas av klimat, underlagets beskaffenhet, tid i rörelse med mera är det svårt att jämföra mellan de olika robotarna.

Indelningen av robotarna är gjord från Lätt-medel eller tung beroende på egenskaper och storlek. Efter varje rubrik finns varje robots storleks-indelningen

Samtliga robotar drivs med larvfötter

- Shark Robotics Rhyno (Lätt)
- Rosenbauers RTE "Crawler" (Lätt)
- Realisator/Scanfils FUMO (Lätt)
- Shark Robotics: Colossus (Mellan)
- Magirus: R1 Alpha Wolf (Mellan)
- Angatec TEC-800 (Mellan)
- Lennartsfors "Järnhästen Essence" (Mellan)
- Brokk MD-120 Rescue (Mellan)
- Rechners LUF-60 (Tung)
- Milrem Robotics: Multiscope (Tung)
- Magirus TAF 35 (Tung)

Följande av dessa robotar har möjlighet till fläkt

- Magirus TAF-35
- Magirus Alpha Wolf R1
- Rechners LUF-60
- Lennartsfors Järnhästen Essence
- Shark Robotics: Colossus

8.2 Shark Robotics: Rhyno (Lätt)

- Drivning: Batteri 2x24 V motorer 2x0,6 kW
- Aktionstid: 5 h
- IP-67 klassad och CE-märkt
- Hastighet: 3,5 km/h
- Styrning: Dubbla frekvensband: 433–870 MHz. eller Video 2,5–5 GHz.



- Mått: L 115 cm b 74 cm h 70 cm med kanon, markfrigång 15 cm
- Vikt: 200 kg
- Sensorinformation: Bild (Sony) IR (FLIR) CBRN detektion möjlig
- Belysning: LED



- Kanonkapacitet: 500–1000 liter/min 7 bar
- Självskydd: Egen kanon
- Maxlutning backe 40° max. sidolutning 35°, Trappgående
- Transport: Oklart men minst samma transport som Colossus då den är betydligt mindre
- Dragkraft: 200kg, 1 Smalslangsingång



8.3 Rosenbauers: RTE "Crawler" (Lätt)

- Mått: L 120 cm b 80 cm h 36 cm (höjd utan applikationer)
- Vikt: 375 kg max last 1000 kg
- Självskydd: Sprinkler från kanon
- Dragkraft: Minst 4 fyllda grovslangar, 1 grovslangsingång



- Drivning: Litium 2x48 V Effekt 1,25 kW per batteri
- Hastighet: 6 km/h
- Aktionstid: ca 10–12 h testat av Huvudstadens Beredskap Köpenhamn
- CE-märkt och IP-67 klassad
- Styrning: Dubbla frekvensband 869 MHz radio & 2,4 GHz bild



- Sensorinformation: IR, bild uppmätt avstånd bildöverföring: 70 m, maxavstånd mellan operatör och RTE: 200 m
- Kanonkapacitet: 2000 l/min större 3800 l/min 10 bar, modul för förhöjt lågtryck 40 bar 400l/min
- Maxlutning backe 35° max. sidolutning 30 °
- Hinder i vägen max 20 cm, Trappgående
- Transport: Oklart men Storleken möjliggör transporter i större skåpbilar.
- Belysning: LED



8.4 Realisator/Scanfil: FUMO (Lätt)

- Drivning: Litium drift 48 V
- Aktionstid: ca 8 h varierar beroende på arbete
- Maxhastighet: 3,6 km/h
- IP-65 klassad & CE-märkt
- Styrning: Dubbla frekvensband(radio/bild), Wifi eller fiber



- Mått: L 950 cm b 70 cm h 40 cm
- Vikt: 180 kg max lastvikt: 200 kg
- Maxlutning backe: 45° "normal trappa" 35°
- Transport: Storleken möjliggör transport i större skåpbil.
- Värmetålighet ca 50° "som rökdykare klarar"
- Självskydd: Egen sprinkler samt lokal kylning för vissa komponenter



- Vattenkapacitet: 2000 l/min
- Dragkapacitet 125 kg olastad grundmodul, 1 grovslangsingång
- Sensorinformation: 360° Axis network kamera, IR-kamera (FLIR), hållare för indikeringsinstrument
- Wifi styrning upp till 50 m "on sight"
- Belysning: LED



8.5 Shark Robotics: Colossus (Mellanklass)

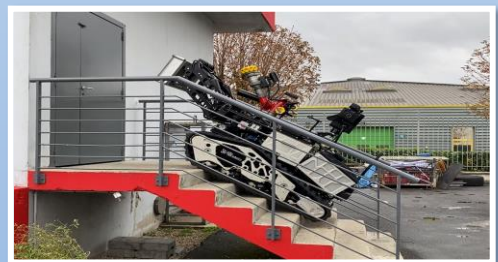
- Drivning: 6st. 48 V Li batterier Effekt 2x4 kW
- Aktionstid: Minst 12 h laddtid 6h efter 10 h körning
- IP-67 klassad och CE-märkt
- Hastighet: 7 Km/h
- Styrning: Dubbla frekvensband:
433-870 MHz eller Video 2,5-5 GHz, samt fiber



- Mått: L 170 cm b 78 cm h 76 cm i grundutförande, Markfrigång 30 cm
- Vikt: Utan utrustning 500 kg med monitor och sensorer 600 kg
- Bumper fram klarar putta undan bilar
- Självskydd: Skydd av egen kanon



- Tar sig igenom standard dörrposter
- Maxlutning backe 40 ° sidolutning 35°, Trappgående
- Transport: Större skåpbil
- Kanonkapacitet: 2000 l/min 7 bar
- Dragkraft: 200 m vattenfylld grovslang 70 mm , 1 grovslangingång
- Sensorinformation: Bildöverföring (Sony) IR (Flir) indikering Cbrn
- Belysning: LED



8.6 Magirus: R1 Alpha Wolf (Mellan)

- Drivning: Batteri 8,8 KWh Toppkapacitet 2 x 18 kW
- Aktionstid: 7–8 h Laddtid 4 h
- Hastighet: 15 km/h går att anpassa.
- IP-67 klassad och CE-märkt
- Styrning: Dubbla frekvensband
434 MHz 2,4 GHz,
alt WiFi signalförstärkare "trance repeaters"



- Mått: L 170 cm B 125 cm H 140 cm, markfrigång 15 cm
- Vikt: 600 Chassi, maximal last kapacitet 850 kg
- Självskydd: Sprutmunstycken runt om klarar temperaturer på minst 200-250°
- Belysning: 6-12 LED lampor runt om



- Sensorinformation: Värmekamera, 4 hd kameror, kameror med möjlighet att filma 180-360°, linsrengöring via tryckluft
- Maxlutning: backe 58 % (30°) Max sidolutning 27 % (15°) Trappgående
- Transport: Större släpkärra där hela ekipaget på bilden får plats
- Dragkraft: ca 200 meter vattenfylld grovslang, 2 st grovslangsingångar
- Vattenkapacitet: 2000 l/min 10 bar kastlängd 65 m (2500 l/min med 12 bar)

8.7 Angatec: TEC-800 (Mellan)

- Litiumdrift 2 batterier Maximalt kraftuttag 17,8 kW
- Aktionstid: 16 h
- IP-66 klassad Ej CE-märkt
- Maxhastighet: 12 km/h
- Styrning: Dubbla frekvensband
2,4-5 GHz, WiFi, eller optisk kabel



- Mått: L 160 cm b 79 cm h 68,5 cm (höjd utan applikationer)
- Vikt: 550 kg max. last 800 kg
- Självskydd i form av sprinkler
- Maxlutning backe 45° Max sidolutning 35°
Frigång 35 cm, Trappgående
- Transport: Släpkärra eller större skåpbil.



- Kanonkapacitet: 1900 l/min vid 7 bar
- Dragkraft: 300 vattenfylld grovslang
i detta fall 70mm, 1 grovslangsingång
- Sensorinformation: Bild, IR, indikering
- Belysning: LED



8.8 Lennartsfors: "Järnhäst Essence" (Mellanklass)

- Drivning: 2 cylindrig Honda motor
- Aktionstid: Bränsleförbrukning 7 l/h vid maxbelastning
- Tankvolym: 10 eller 20 liter
- CE-märkt
- Styrning: Dubbla frekvensband enligt leverantör (Hetronic) finns möjlighet att streama livebild



- Mått L 194 cm b 114 cm h 117 cm
- Vikt: 700Kg Max last: 1000 kg
- Markfrigång: 19 cm
- Transport: Släpkärra



- Kanonkapacitet: 5000 l/min vid 10 bar kastlängd ca 100m
- Dragkraft: 1200kg



8.9 Brokk: MD-120 Resque (Mellan)

- Drivning 4 takts dieselmotor
- Aktionstid: minst 8 h
- CE-märkt men Ej IP-klassad
- Hastighet: 3 km/h
- Styrning: Frekvensstyrd radio/bild kan även styras via optisk fiberkabel



- Mått: L 210 cm b 78 cm h 150 cm
- Vikt: Ex verktyg 1300 kg
- Maxlutning backe eller sidolutning 30°, Trappgående
- Transport: Släpkärra enligt bild, alt lastväxlarflak
- Armens räckvidd 3,5 meter vertikalt 3 m horisontellt
- Lyftkraft fram: 700 kg Lyftkraft 3 m 150 kg



- Flertalet applikationsmöjligheter: Kanonkapacitet 2000 l/min 7 bar
- Gripklo ex för bortforsling av brandutsatta tryckkärl
- Såg och kapklingor
- Saxar/tänger
- Skärsläckare
- Sensorinformation: värme, bildöverföring LIDAR m.fl. sensorer
- Belysning: LED



8.10 Rechner's: LUF-60 (Tung)

- Drivning: Diesel John Deere motor på 140 hk
- Tankvolym 60 l
- Hastighet: 4,5 km/h
- Styrning: Via radiofrekvens eller via manöverpanel på roboten



- Mått: L 233 cm b 135 cm h 200 cm
- Vikt 2200 kg
- Maxlutning backe eller sidolutning 30°
- Transport: Lastväxlarflak
- Dragkraft: Minst 200 m vattenfylld grovslang förmodligen mer, LUF-60 har 3st grovslangingångar



- Vattenpump ger 2400 l/min med kastlängd om 70 m vid 10 bar. Vattenkanonen 3000l/min kastlängd 80 m
- Vattendysor som ger 400 l/min följer med luftströmmen
- Sensorinformation: Inga fasta sensorer
möjlighet att applicera med egna fästen
- Flätkapacitet 90000 m³/h med möjlighet till ytterligare fläkt om 60000 m³/h
Vind hastighet 165 km/h



8.11 Milrem Robotic: Multiscope (Tung)

- Drivning: Diesel och batteridrift
- Aktionstid som hybrid 15 h ,
Aktionstid enbart batteri 0,5-1,5 h
- Hastighet: 20 km/h
- Ej CE märkt men NATO certifierad
- Styrning: Via radiostyrd handkontroll,
flera frekvensband kan nyttjas för videoöverföring



- Mått: L 240 cm H 200 cm H 115 cm,
markfrigång 40-60 cm
- Vikt: 1630 kg Maxlast 1200 kg
- Dragkraft 2100 kg, 4 st grovslangsingångar
- Maxlutning backe 31° Max sidolutning 17°
- Transport: Lastväxlarflak



- Kanonkapacitet 3000 l/min, kastlängd 5 bar 45 m
8 bar 62 m Rörlighet kanon ° 4st slanganslutningar
- Självskydd egen sprinkler360
- Sensorinformation: Lidar, IR, HDR,
- Belysning: LED, extra ljusramp med
kapacitet att belysa upp till 380 m



8.12 Magirus: TAF 35 (Tung)

- Drivning: Diesel 4 takt, effekt 53 kW
- Tankvolym 75 l
- Aktionstid: 5–7 h
- Styrning: via radiostyrning MHz 434



- Mått: L 300 cm b 168 cm h 199 cm
- Vikt: 3900 kg
- Maxlutning backe 30 ° max. sidolutning 15°
- Transport: Lastväxlarflak
- Dragkraft: Minst 200 m vattenfylld grovslang TAF 35 har 4st grovslangsingångar



- Kanonkapacitet: Vattendimma 1500 l/min, fläkt-dysor vattenkanon 3500 l/min, min. 4 bar max 16 bar
- Sensorinformation: IR(FLIR), samt bildöverföring
- Självskydd: Sprutmunstycken runt om skyddar
- Fläktkapacitet: 60 000 m³/h
- Belysning: LED

