

**NATIONELLT UTVECKLINGSCENTER**  
**Säkerhet på skadeplats**



## **Hållbart arbetsliv - Exoskelett för räddningspersonal på skadeplats**



## **Innehållsförteckning**

<b>1. Inledning .....</b>	<b>3</b>
1.1 Sammanfattning .....	3
1.2 Bakgrund .....	4
1.3 Syfte och målsättning .....	7
1.4 Testmetod .....	7
<b>2. Projektets resultat.....</b>	<b>10</b>
2.1 Dynamisk losstagning .....	10
2.2 Statisk losstagning.....	11
2.3 Losstagning under insatsövning .....	12
2.4 Friläggning .....	13
<b>3. Identifierade behov .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Förslag till fortsättning.....</b>	<b>16</b>
<b>5. Slutsats/analys .....</b>	<b>18</b>

# 1. Inledning

## 1.1 Sammanfattning

Utvecklingen av robotik och mänsklig förstärkning går fort framåt i världen och i Sverige. Därför har Nationellt Utvecklingscenter för Räddningstjänst (NUC) utfört en pilotstudie inom ramarna för projektet ”Hållbart arbetsliv”. Syftet var att testa vilken potential exoskelett har för att öka styrka och uthållighet hos räddningspersonal.

Exoskelett prövades på tre brandmän i ett samarbete mellan Räddningstjänsten Storgöteborg, Räddningstjänsten Mälardalen och Brandkåren Attunda. Testdagarna genomfördes på Köpings brandstation.

Resultat från testerna har visat att exoskelett kan minska fysisk belastning, öka effektivitet och innebära en ökad säkerhet på skadeplats. NUC-projektet kan liknas med att lyfta på locket till en låda med möjligheter inom många områden för svensk räddningstjänst. Slutsatsen av studien är att exoskelett har en stor potential. En introduktion av exoskelett i räddningstjänsten förväntas bidra till att förbättra ergonomi, arbetsmiljö och möjligheterna att jobba i aktiv tjänst högre upp i åldrarna, ökad mångfald samt underlätta för räddningstjänst under höjd beredskap och underlätta rekrytering.

Nyttan och utmaningarna med exoskelett på räddningspersonal behöver dock fortsätta att studeras i bredare omfattning. Räddningstjänsten behöver därför utforma en långsiktig plan tillsammans med forskare, näringsliv, myndigheter, innovationsplattformar och beslutsfattare.



Figur 1: Test av exoskelett vid moment losstagning

### Projektgrupp:

Maria Albertsson, projektledare, Räddningstjänsten Storgöteborg

Johannes Ohls, styrkeledare, Räddningstjänsten Mälardalen

Martin Hultgren, brandman, Räddningstjänsten Mälardalen

Marcus Andreasson, brandman, Räddningstjänsten Mälardalen

Malin Larsson, brandman, Brandkåren Attunda

Hampus Andersson, brandman, Brandkåren Attunda

Andreas Olofsson, MSB 90 sekunder

## 1.2 Bakgrund

### Fysiskt krävande arbetsmoment

Idag använder vissa yrkesgrupper stödutrustning i syfte att avlasta användaren vid krävande arbetsmoment. Det är vanligt inom till exempel hälso- och sjukvård, tillverkningsindustri, bygg- och anläggning, kontorsmiljöer, transport och inom Försvarmakten. Trots att räddningstjänstpersonal på skadeplats utför många arbetsmoment som ställer höga krav på fysisk förmåga används ännu inte exoskelett inom svensk räddningstjänst.

För att arbeta som räddningspersonal i Sverige ställs olika krav på fysisk förmåga inom olika räddningstjänster. Sammantaget handlar det om krav på god uthållighet, styrka, smidighet och explosivitet. MSB och räddningstjänsterna reviderar och utvecklar löpande sina anställningskrav och årligen genomför räddningspersonal tester för att upprätthålla räddningstjänstens förmåga. Arbetsgivaren ska samtidigt tillgodose en så bra arbetsmiljö som möjligt. Ingen bransch kan helt utesluta att olyckor och tillbud händer. Medarbetare inom räddningstjänst drabbas av skador på arbetsplatsen och det pågår ett systematiskt arbete för att förebygga och hantera rapporterade tillbud.

### Ergonomins betydelse

Det finns många likheter mellan krävande moment i byggbranschen och de som utförs på skadeplats. Arbetsmiljöverket har identifierat en rad påfrestande arbetsställningar i broschyren: ”Belasta rätt – arbeta ergonomiskt smartare i byggbranschen”. De som direkt kan likställas med arbete på skadeplats är:

- Arbete över axelhöjd
- Arbete från stege
- Arbete med sned, böjd eller vriden rygg
- Arbete i trånga utrymmen
- Arbete under knähöjd
- Arbete på ojämnt, halt eller stumt underlag
- Tunga lyft
- Skjuta och dra
- Arbete med handhållna maskiner och verktyg

### Vinster med god ergonomi

Att arbeta med god ergonomi på arbetsplatsen ger fördelar och vinster både för arbetsgivare och anställda. Det är även ett krav på varje arbetsgivare att undersöka och riskbedöma om arbetstagarna utför arbeten med ergonomisk belastning som kan innebära ohälsa för arbetstagarna (AFS 2012:2 Belastningsergonomi). Eftersom arbetsgivaren inte har rådighet över de situationer som brandmän ställs inför på larm så behöver man i stället se till att brandmännen har utrustning som kan hjälpa. Som organisation är räddningstjänsten skyldig att arbeta så effektivt som möjligt inom sitt uppdrag. I slutändan är det medborgarnas säkerhet och service som står på spel enligt lagen om skydd mot olyckor.

God ergonomi ger effektivitet som leder till att de anställda kan arbeta utan onödig belastning. En stor vinst är minskad sjukfrånvaro och kopplat till det ett längre arbetsliv, kanske i aktiv tjänst för den som så önskar. Ökad lojalitet mot arbetsgivaren till följd av förbättrade arbetsvillkor och arbetstillfredsställelse är ytterligare en vinst. Generellt kan strategier och utveckling av ergonomi ge både en bättre arbetsmiljö samt högre kvalitet på arbetet. Följder av vinsterna blir lägre kostnader för hälsovård samt en anpassningsbarhet, vilket ger bredare rekryteringsmöjligheter.

Inom Räddningstjänsten Storgöteborg, som är Sveriges största räddningstjänstförbund med cirka 1200 anställda inklusive RIB-personal, finns cirka 50 anmälda skaderapporter för de senaste tio åren som alla kan härledas till överbelastning. Cirka 20 av dessa skador har inträffat hos operativ personal under övning eller på larm. Vid 12 tillfällen har dessa skador inneburit sjukfrånvaro från en dag upp till flera månader. Den exakta kostnaden för detta är inte framtagen. Det är dock troligt att stödutrustning hade hjälpt och kanske även förhindrat skadorna i flera av de ovan nämnda fallen. Mörkertalet är troligen stort då det råder en kultur att inte anmäla alla tillbud och skador på grund av rädsla för att bli tagen ur tjänst. Det är en uppfattning som projektgruppen och tillfrågade kollegor kan intyga. Denna kultur är troligtvis gällande inom många räddningstjänster i Sverige och borde därför utredas närmare.

MSB:s skolor i Revinge och Sandö har förbättrat utformningen av sina brandbilar och placeringen av tunga verktyg. Åtgärder som att tunga verktyg rullas på kärra i stället för att bäras, koppelanordningar för att dra ner stegar och jalousier, utdragbar utrustning och nedvikbara hyllor är andra åtgärder som förbättrar arbetsvillkoren. Samma förutsättningar gäller även Sveriges räddningstjänster, som har kommit olika långt i arbetet med ergonomi för räddningspersonal.

I en studie som publicerades 2023 av David Havia<sup>1</sup> presenteras en kartläggning av smärta och värk från rörelseapparaten hos svenska brandmän. Det saknas tidigare kunskap om dessa typer av besvär. Enkätundersökningen visade svar på frågor som förekomst av kronisk smärta, hur allvarlig smärtan var och vilken begränsning smärtan orsakade. De besvär som undersöktes kan uppstå på grund av till exempel artros, diskbråck eller överbelastning. Resultaten av David Havias studie visade att 75% av de 255 (28 kvinnor, 227 män) deltagarna upplevde någon form av kronisk smärta. Det vanligaste var besvär från ländryggen (40%), följt av axlar (31%) och knän (21%). Hur stor funktionsnedsättning det innebar är svårt att utläsa, speciellt med tanke på den kultur som råder bland räddningspersonal. Kulturen kan innebära en underrapportering och mörkertal även i den vetenskapliga studien. Det fanns vissa skillnader mellan könen där kvinnor upplevde besvär från händer och handleder medan män oftare uppgav att de generellt upplevde en högre förekomst av smärta. Brandmän över 39 år rapporterade mer besvär från axlar jämfört med de yngre kollegorna.

Många räddningstjänster i Sverige har nyligen gjort en översyn av testförfarandet av fysisk förmåga och ämnet hållbart arbetsliv är högst aktuellt av flera anledningar. Inom området exoskelett har räddningstjänsten ännu inte utvecklats nämnvärt. Projektet ”hållbart arbetsliv” är en pilotstudie som har identifierat ett möjligt användningsområde för exoskelett för räddningspersonal.

---

<sup>1</sup> Havia, D. (2023). The Occurrence and Severity of Musculoskeletal Disorders among the Swedish Career Firefighters: A cross-sectional study.

Räddningstjänster och MSB har genom åren identifierat vilka arbetsmoment på skadeplats, som innebär hög fysisk belastning<sup>2</sup>. Några av de arbetsmoment som är mest fysiskt krävande bedöms vara:

- losstagnning efter trafikolycka
- dörrforcering
- evakuera en människa från lägenhet
- skogsbrandsläckning
- hantering av konventionellt slangsystem
- resa utskjutsstege
- ventilering
- brandbekämpning med skärsläckare

Att införa exoskelett för räddningspersonal behöver både studeras och analyseras. Dagens kunskapsläge talar för att det finns vinster av många olika slag.

- Förbättrad fysisk kapacitet. Exoskelett kan öka bärförmågan hos brandmän och räddningspersonal, vilket gör det möjligt att lyfta tunga objekt eller transportera skadade personer mer effektivt.
- Minskad risk för skador. Användningen av exoskelett kan bidra till att minska belastningen på leder och muskler, vilket i sin tur minskar risken för arbetsrelaterade skador.
- Ökad uthållighet. Exoskelett kan hjälpa till att förlänga uthålligheten hos räddningstjänstpersonal under långvariga insatser, vilket är avgörande i krissituationer.
- Snabbare insatser. Med den förbättrade kapaciteten och uthålligheten kan exoskelett möjliggöra snabbare och mer effektiva räddningsinsatser, särskilt i svåra miljöer, såsom i byggnader efter ras eller vid bränder.
- Bättre ergonomi. Genom att optimera arbetssätt och ge stöd vid tunga lyft kan exoskelett förbättra ergonomin, vilket är viktigt för att säkerställa långsiktig hälsa hos personalen.
- Utveckling av teknik. Genom att vara en del av utvecklingen av exoskelett kan räddningstjänsten bidra med värdefull feedback och insikter om specifika behov och utmaningar i fältarbete.

Sammanfattningsvis kan integrationen av exoskelett i räddningstjänstens arbete leda till ökad effektivitet, ökad säkerhet och bättre hälsa för personalen vilket bidrar till att rädda liv.

---

<sup>2</sup> Ochoterena, R. och Vylund, L. (2017). Minskad Arbetsbelastning inom räddningstjänst. MSB1227

### 1.3 Syfte och målsättning

Projektet syftar till att studera vilken betydelse exoskelett kan ha för räddningspersonal på skadeplats. Målsättningen är att pröva om exoskelett kan minska fysisk belastning, öka effektivitet och innebära en ökad säkerhet på skadeplats.

### 1.4 Testmetod

Testmetoden är framtagen med utgångspunkt i de identifierade arbetsmomenten losstagning och friläggning.

Urvalet av de två arbetsmomenten gjordes genom att formulera tre premisser. En premis var att arbetsmomenten skulle efterlikna något av de identifierade fysiskt krävande momenten. Nästa var att arbetsmomentet fanns med i arbetsmiljöverkets lista över fysiskt påfrestande arbetsställningar. Slutligen skulle försöket vara genomförbart inom ramarna för projektet både tidsmässigt och praktiskt.

En sökning med webbläsare efter ”exoskelett bygg anläggning” gav 20 träffar på produkten ”exo-s” från en stor tillverkare i Sverige. Sökningen gav en träff på en produkt som var framtagen för arbete ovanför huvudhöjd samt en produkt tillverkad i Finland. Efter kontakt med den stora tillverkaren, Hilti, i Sverige konstaterades att deras exoskelett kunde vara lämpligt att använda i testerna. Anledningen var både att den stödjer arbete ovanför axelhöjd, till skillnad från produkten som gav stöd enbart ovanför huvudhöjd, samt att den fanns tillgängligt på orten för testerna. Därmed var Hiltis ”exo-s” den enda produkten som uppfyllde alla tre kriterier. Produkten används av flera yrkesgrupper inom bygg- och anläggning.

När produkten var identifierad uteslöts de arbetsmoment som huvudsakligen sker under axelhöjd utifrån metodplaneringen. Inom ramarna och resurserna för projektet bedömdes två arbetsmoment vara av intresse. De uppfyller de givna premisserna krävande samt genomförs huvudsakligen ovanför axelhöjd.

När testerna var planerade föreslog tillverkaren att testa ett kranformat exoskelett också, som är utformat för att hålla uppe tunga verktyg via en kran. Exoskelettet sitter fast i midjehöjd, går upp längs ryggen, horisontellt över huvudet och ner till en karbinhake i en vajer framför användaren. Den är utformad så att användaren belastar höften och inte armarna. Projektgruppen tog emot förslaget och beslutade att även utföra tester med ett sådant exoskelett, kallat ”exo-t”.

Kontakter togs även med tillverkare av ändamålsenliga exoskelett utomlands. Flera av de kontaktade tillverkarna är positiva till samarbete inom ramarna för eventuella kommande tester. De är omnämnda i listan med länkar under ”Förslag till fortsättning”.

#### Losstagning vid trafikolycka

Vid trafikolyckor kan det vara bråttom att få ut skadade personer. Genom att använda klippverktyg kan räddningstjänsten effektivt öppna upp fordon för att rädda liv. Vid arbetsmomentet losstagning använder räddningspersonal ofta verktyg som väger upp till ca 23 kilo. Samma verktyg används även i andra typer av räddningsinsatser.

Losstagning utfördes som tre olika moment med olika syften.

- Dynamisk losstagning
- Statisk losstagning
- Losstagning som insatsövning med fordon



Dynamisk och statisk losstagning utfördes i en vagnhall med räddningspersonal klädd i skyddsutrustning motsvarande den som används på skadeplats. Syftet med dynamisk losstagning var att skapa ett arbetsmoment som är utmattande över tid och kan likna ett klippmoment. Fokus låg på att använda verktyget och att mäta den fysiska ansträngningen.

För att simulera det dynamiska losstagningsmomentet byggdes en rigg med ett plaströr, som stack ut 170 cm ovanför golvet. Höjden över golvet valdes för att likna en uppskattad medelhöjd för losstagning. Valet baserades på arbetsgruppens samlade erfarenhet av trafikolyckor. Plaströret klipptes av bit för bit tills 23 klipp var gjorda.

Antalet klipp uppskattades genom att göra ett första försök att klippa av röret i flera bitar. Under tiden uppskattades upplevd ansträngning, som efter 23 klipp upplevdes vara tillräcklig för att behöva ta en paus i arbetsmomentet.

Tiden för projektet satte gränser för hur lång tid varje moment fick ta. Projektgruppen uppskattade därför med sin samlade erfarenhet att testet kunde anses likna momentet losstagning tillräckligt för att uppnå syftet med projektet.

Statisk losstagning var ett test för att uppnå muskulär utmattning. Syftet var att jämföra resultatet mellan dynamisk och statisk losstagning för att undersöka ifall det fanns någon skillnad.

För att skapa en uppfattning om hur stödutrustningen skulle fungera på skadeplats, utfördes även en insatsövning med losstagning som fokus. Övningen utfördes tillsammans med räddningspersonal från Köpings brandstation, som agerade enligt rutin vid singelolycka med fastklämd person. En styrkeledare och fyra brandmän arbetade tillsammans med två brandmän klädda i de två olika exoskeletten exo-s och exo-t.

### **Friläggning**

Friläggning innebär att riva loss byggnadsdelar exteriört och interiört på olycksplats. Vid tidigt skede av en brand i byggnad pågår insatsen med inriktning livräddning eller brandsläckning. Brandbekämpningen utförs med hjälp av en mängd olika metoder och tekniker och innebär att delar av byggnaden behöver rivas ner för att komma åt glödbränder eller rumsbränder. I eftersläckningsarbetet kan det handla om att löst hängande delar av en byggnad rivs ner för att inte riskera att falla ner över personal i ett senare skede av räddningsarbetet.

Arbetsmomentet utförs av personal klädd i skyddskläder och skyddsutrustning. Den sammantagna vikten av skyddsutrustningen och verktygen innebär oftast en mycket hög fysisk belastning. Den fysiska belastningen utgör en begränsning, som kan resultera i att en personal behöver paus eller avlösning för att arbetet skall fortgå.

Riggen för testet var byggd av trä för att likna en takfot eller innertak. En vertikal yta och en horisontell yta användes. Den horisontella ytan var 210 cm över golvet. På varje yta satt 11 spikar i en rad. Spikarna stack ut ca 1 cm.

Projektgruppen bedömde att friläggningens moment vid räddningsinsats kunde liknas med att dra ut spikarna och efter varje utdragen spik slå uppåt fem gånger med verktyget i en uppmärkt fyrkant på den horisontella delen av riggen. Momentet är väldigt förenklat och skapat för att kunna utföra mätningarna inom projektets givna ramar. Arbetsmomentet på skadeplats är betydligt mer varierande och oförutsägbart.

Antalet spikar uppskattades efter ett första försök och bedömdes då vara i tillräcklig mängd för att uppnå utmattning som skulle kräva påtaglig återhämtning för räddningspersonen.



## Flödesschema

Arbetsmomenten utfördes enligt ett flödesschema. Schemat skapades för att ge tid för återhämtning efter varje arbetsmoment. Tio tester utfördes i nummerordning enligt flödesschemat. Tre försökspersoner deltog. Varje person fick tid för återhämtning mellan varje försök. Testpersonerna tillfrågades innan varje nytt test om de kände sig utvilade. När personen kände sig utvilad utfördes nästa test.

För att få ett resultat, som inte kan tänkas vara missvisande, utfördes tester utan stödutrustning först. Därefter utfördes de tester som förväntades vara lättare efter hand. Det gick olika lång tid mellan försöken och testmiljön och momenten är utformade för att vara så lika som möjligt under givna omständigheter. Projektgruppen är tydlig med att försöken är pilotartade och gör inte anspråk på att vara vetenskapliga. Resultatet behöver utläsas med hänsyn till felmarginaler av olika slag.

## Mätningar

För varje moment mättes tidsåtgång, puls var 15:e sekund samt upplevd ansträngning enligt Borgskalan var 15:e sekund. Borgskalan är en skala som används för att mäta en persons upplevda ansträngning under fysisk aktivitet. Den används ofta inom träning, fysiologi och rehabilitering och är känd för de flesta inom operativ räddningstjänst. Skalan är framtagen för att göra individer medvetna om sin ansträngning och även för att kunna jämföra insatser. Borgskalan utgör också en säkerhet för att kunna förhindra skador eller överansträngningar när fysiskt krävande moment testas.

Borgskalan är framtagen för att mäta kondition. För att vara användbar inom ramarna för projektet används den i de här testerna används Borgskalan även för att mäta upplevd muskulär ansträngning. Försökspersonerna ombads ange en uppskattad ansträngning oavsett om det gällde kondition eller muskulär ansträngning.

Under försöken med friläggning var det på grund av oljud ibland svårt att höra och utläsa exakta mätvärden. Mätningarna är gjorda med pulsband och klocka. Det är utrustning som räddningstjänst normalt använder för det årliga konditionstestet. Både testpersonerna och de som registrerat värdena är vana vid både mätutrustningen och att använda Borgskalan.

Borgs RPE-skala	
6	Ingen ansträngning alls
7	Extremt lätt
8	
9	Mycket lätt
10	
11	Lätt
12	
13	Ganska ansträngande
14	
15	Ansträngande
16	
17	Mycket ansträngande
18	
19	Extremt ansträngande
20	Maximalt ansträngande

Figur 2: Borgskalan används för att bedöma upplevd ansträngning

## 2. Projektets resultat

Resultatet måste tolkas med hänsyn till viss felmarginal. Vid alla moment var testpersonen klädd i skyddsutrustning som på skådeplats. Larmkläder, skyddsskor, handskar och hjälm användes.

Nedan presenteras resultatet från dynamisk losstagning, statistisk losstagning, Losstagning med insatsövning och friläggning.

### 2.1 Dynamisk losstagning

#### Exo-S

Dynamisk losstagning med förstärkning av exo-s gav ingen märkbar skillnad i jämförelse mot utan exo-s, se Tabell 1. Troligtvis berodde det på att exoskelettet är framtaget för arbete ovanför axelhöjd. Losstagningstestet var i nederkant av den höjden och varför hjälp av exoskelettet troligtvis uteblev. Utrustningen upplevdes dock inte vara störande eller vara i vägen.

#### Exo-T

Under momentet losstagning på testtriggen upplevdes exo-t ge betydligt bättre ergonomi och betydligt bättre och snabbare resultat. Mätning av ansträngning visar en tydlig skillnad, där exo-t ger klart bättre resultat. Exo-t ger också ett något bättre resultat i tid.



Figur 3: Test av losstagning, dynamiskt moment

Tabell 1: Resultat losstagning dynamiskt moment. Den första kolumnen anger tidsåtgång i minuter och sekunder. Kolumn nummer två visar resultat utan stödutrustning.

Tid	Utan exoskelett		Med exo-s		Med exo-t			
	Min	Sek	puls	Borg	puls	Borg		
00:15			109	10	100	10	88	10
00:30			112	11	109	11	93	10
00:45			112	12	110	12	94	10
01:00			120	13	115	13	93	10
01:15			124	14	108	15		
01:30					110	16		
01:45					116	17		
01:53								

## 2.2 Statisk losstagning

Statisk losstagning med förstärkning av exo-s gav ingen märkbar skillnad jämfört med samma moment utan stödutrustning, se Tabell 2.



Figur 4: Test av losstagning statiskt moment

Tabell 2: Resultat losstagnung statistiskt moment

Tid	Utan exoskelett		Med exo-s	
	puls	Borg	puls	Borg
00:15	89	12	94	12
00:30	93	12	93	12
00:45	96	12	94	13
01:00	93	13	95	13
01:15	89	13	94	13
01:30	90	13	93	14
01:45	90	14	93	14
02:00	89	14	94	15
02:15	89	15	96	16
02:30	90	15	97	16
02:45	91	15	98	17
03:00	95	16	97	17
03:15	95	16	97	18
03:30	97	16	100	19
03:45	96	17		
04:00	99	18		
04:15	98	19		

### 2.3 Losstagnung under insatsövning

Även under momentet losstagnung vid insatsövning, upplevdes exo-t ge bättre ergonomi och snabbare resultat än utan. Exo-t upplevdes inte vara ett hinder i arbetet under något av losstagningsmomenten.



Figur 5: Test av losstagnung på insatsövning med exo-s och exo-t

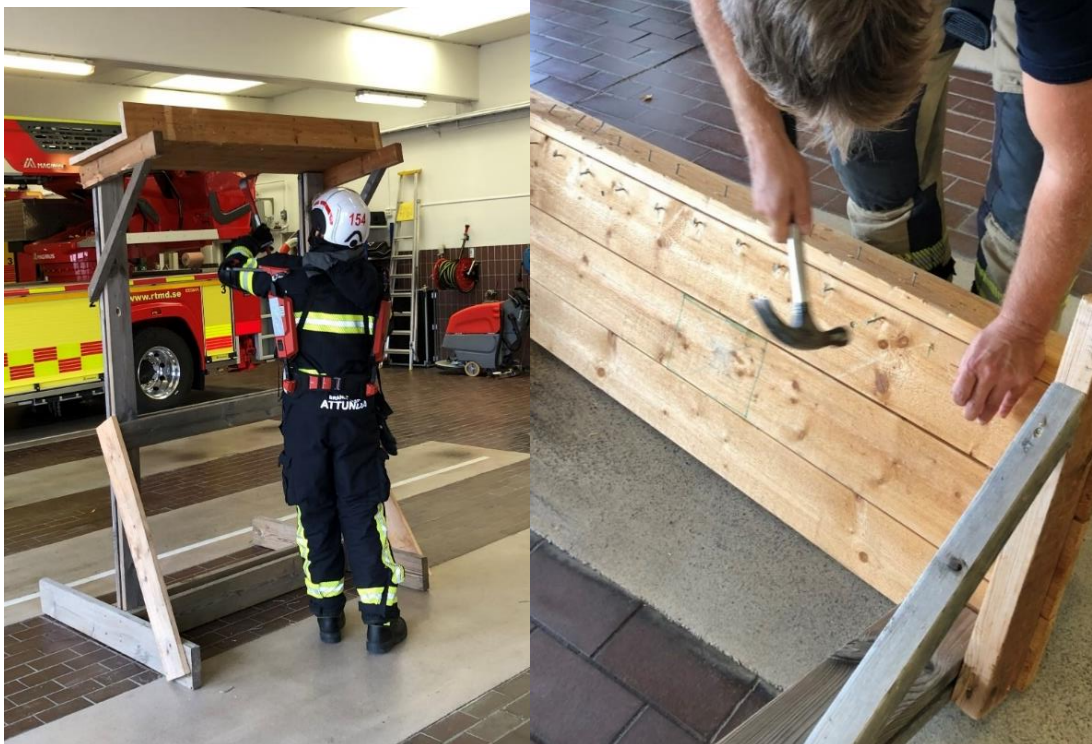




Figur 6: Test av losstagnung på insatsövning med exo-t

## 2.4 Friläggning

Uppgiften på riggen är att dra ut 22 st spikar och slå uppåt i en ruta fem gånger mellan varje utdragen spik.



Figur 7: Test av friläggning med exo-s och återställning av riggen för friläggning

Tabell 3: Resultat friläggning. Den första kolumnen anger tidsåtgång i minuter och sekunder. Kolumn nummer två visar resultat utan stödutrustning. Den tredje kolumnen visar resultatet då personen bar andningsskydd. Sist testades momentet med andningsskydd och stödutrustningen *exo-s*.

Tid Min:Sek	Utan exoskelett		Med <i>exo-s</i>		Utan exoskelett - Med andningsskydd		Med <i>exo-s</i> - Med andningsskydd	
	Puls	Borg	Puls	Borg	Puls	Borg	Puls	Borg
00:15	117	4	126	4	121	12	121	6
00:30	115	5	131	4	122	13	133	7
00:45	123	6	129	5	122	14	129	7
01:00	123	7	138	6	127	14	131	7
01:15	129	8	141	7	125	15	137	9
01:30	136	9	140	8	125	15	137	10
01:45	136	12	144	8	127	16	140	11
02:00	136	14	145	9	129	17	140	13
02:15	148	15	151	10	129	17		
02:30	144	17	150	12	125	17		
02:45	138	18	151	12	126	18		
03:00	143	18	152	13	120	18		
03:15	145	19			119	18		
03:30	142	20			128	19		
03:45	147	20			122	19		
04:00					128	19		

Resultatet av momentet friläggning innehåller flera fynd, se mätresultat i Tabell 3.

Friläggning med *exo-s* utan andningsapparat upplevs och mäts vara mindre ansträngande jämfört med friläggning utan exoskelett. Det skulle vara intressant att pröva hur uthålligheten ser ut över tid.

Friläggning med exoskelett samt andningsskydd upplevs betydligt mindre ansträngande än övriga tre försök. Mätningarna av puls, ansträngning och tid visar också en anmärkningsvärd skillnad i resultat. Försöket utfördes på cirka hälften så lång tid jämfört med försöket utan exoskelett och andningsapparat.

När försöken planerades var det svårt att förutsäga om *exo-s* kunde användas samtidigt som andningsapparaten. Testerna visar att det var möjligt att använda både *exo-s* och andningsapparat på en person, som kunde utföra arbetsmomentet. Dock var utrustningen inte helt kompatibel, varför den inte satt helt tillfredställande under försöket. Trots viss misspassning gav försöket med *exo-s* ett märkbart bättre resultat än utan och *exo-s* upplevdes inte utgöra något hinder under arbetsmomentet friläggning.

*Exo-t* kunde inte användas samtidigt som andningsapparat.

### 3. Identifierade behov

Det finns många frågor att ställa sig för att fortsätta undersöka exoskelett för räddningstjänst. Några diskussionsfrågor är:

- Räddningstjänstens enheter är redan tunga och fyllda med en mängd olika verktyg. Behövs verkligen ett till verktyg?
- Vilka förmågor stöds bäst av exoskelett?
- Vilken funktion har störst behov av exoskelett?
- Baserat på inrapporterade skador, vilka arbetsmoment behöver främst avhjälpas med exoskelett?
- Är tidsvinsten tillräckligt stor vid tidskänslig insats?
- Finns det några risker med att använda exoskelett?
- Fungerar alla exoskelett lika bra på olika typer av människor, lång/kort, kvinna/man?
- Skulle utrustningen kunna utgöra ett hinder i något skede?
- Hur kompatibla är de exoskelett och stödutrustning som finns tillgängliga på marknaden idag med räddningspersonalens skyddsutrustning och krav?
- En insats med friläggning som arbetsuppgift pågår ofta betydligt längre än de uppmätta momenten. Projektets ramar har tillåtit kortare försök, men försök under längre tid vore intressant att utföra. Frågor att ställa sig då är: Hur mycket längre tid kan samma person arbeta under en typinsats? Ifall en eller flera räddningspersonal använder exoskelett under en typinsats, hur skulle det påverka den totala tiden? Hur skulle det påverka behovet av förstärkning? Vilka arbetsmiljövinster skulle kunna identifieras? Vilka typer av skador skulle kunna förhindras eller mildras?
- Räddningspersonalen iklädd exoskelett utsätts fortfarande för farlig miljö. Vilka arbetsmoment kan i framtiden helt ersättas av robotar och vilka moment behöver utföras av personal med förstärkning?



Figur 8: Insatsövning med räddningsenhet från Köpings brandstation. Pågående uppdukning av verktyg för losstagning.



## 4. Förslag till fortsättning

Fler av de arbetsmoment som nämns i bakgrunden behöver prövas med exoskelett för att utröna hur exoskelett kan användas inom räddningstjänst.

Exoskelettens möjlighet till integrering med skyddskläder och tester ihop med befintlig skyddsutrustning behöver följas upp inom ramarna för utvecklingsprojekt.

Exoskelett som område behöver övervägas inom ramarna för arbetet med räddningstjänst under höjd beredskap, eftersom erfarenheter från krigsdrabbade länder visar att räddningstjänsten är den organisationen inom civilförsvaret, som bär ett avgörande ansvar för civilsamhället. Som aktör i det civila försvaret kan räddningstjänst utvecklas strategiskt i takt med teknologi för att stärka det civila försvaret i Sverige.



Figur 9: Brandman Malin Larsson prövar olika arbetsmoment med exoskelett under projektgruppens diskussioner kring förslag till fortsättning.

Räddningstjänst behöver ökad kunskap inom robotteknik, biomekanik och exoskelettspecifik teknik. Det finns ett stort behov av ytterligare fördjupning för att kunna få en komplett bild av området och av relevanta närliggande områden. Exempel nedan.

### Förslag på fördjupning inom ämnet:

- Databas för vetenskapliga artiklar och konferensbidrag inom teknik och ingenjörsvetenskap  
[IEEE - The world's largest technical professional organization dedicated to advancing technology for the benefit of humanity.](#)
- PubMed är utmärkt för att hitta forskning kring medicinska tillämpningar av exoskelett, särskilt rörande rehabilitering: [PubMed](#)
- [Norska 1X ska sälja humanoida hemrobotar redan 2025](#)
- Singapore 2021, har utfört tester av exoskelett för räddningstjänst: [SCDF to trial exoskeleton suit that relieves fatigue for frontline officers](#)

- Kina 2023, har använt exoskelett på brandmän vid bekämpning av skogsbrand: [Exoskeleton Suits for fire fighter](#)
- USA och världen: <https://www.youtube.com/watch?v=QAJmQhAMAow>
- Hypershell, [Hypershell ProX - This AI Powered Exoskeleton Can help you RUN faster and TREK further](#)
- I Canada går det att hyra byxor med inbyggt exoskelett för att bestiga berg: <https://youtu.be/qBnKtNnBqxM>
- Från Tyskland kommer exoskelett för att underlätta tunga lyft: [German Bionic Cray X Lagerhalle Logistik / Warehouse logisitics](#)
- Bioservo utvecklar bland annat en stärkande och intelligent handske med inbyggt exoskelett: <https://youtu.be/mOu53LeD5ok>
- Mehler utvecklar skydd riktat till militären: <https://youtu.be/VxhDHC4eHbY>
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter om belastningsergonomi: [Belastningsergonomi, AFS 2012:2](#)

Exoskelett och artificiell intelligens (AI) kan samverka på flera sätt, vilket kan förbättra både funktion och användarupplevelse. AI kan användas för att analysera användarens rörelser och anpassa exoskelettets respons i realtid. Detta gör att exoskelettet kan ge optimalt motstånd och stöd baserat på individens behov och aktivitetsnivå. Genom att använda maskininlärning kan exoskelett "lära" sig från användarens rörelsemönster över tid, vilket möjliggör mer personlig och effektiv anpassning för exempelvis rehabilitering efter skador. AI kan samla in och analysera data om användarens rörelser och belastning för att förutsäga potentiella skador eller slitage, vilket kan informera om underhåll och designförbättringar. AI kan kommunicera med andra bärbara enheter eller sensorsystem för att förbättra säkerheten och användarens prestanda under olika aktiviteter. Genom att analysera olika parametrar kan AI ge användaren rekommendationer om hur man maximalt utnyttjar exoskelettet, vilket kan vara särskilt viktigt i de miljöer som räddningstjänsten verkar i. För avancerade exoskelett kan AI också innebära användning av neurala gränssnitt, där användarens tankar direkt kan styra rörelserna, vilket betyder att exoskelettet skulle kunna träna och anpassa sig efter hjärnsignaler.

Genom att kombinera dessa teknologier kan exoskelett bli mer responsiva och användarvänliga, vilket i sin tur öppnar upp för nya tillämpningar inom många områden, däribland räddningstjänst.

Efter testerna ställdes frågan hur de brandmän som deltagit i studien skulle önska att exoskelettet vore implementerat i framtiden. Svaret var entydigt att drömmen är att utveckla personlig skyddsutrustning som gav stöd åt kraven på både fallskydd, andningsskydd, övriga krav på rökdykarens skyddsutrustning samt hade en inbyggd mänsklig förstärkning. En utrustning att klä på sig, som kombinerade alla krav och stöd hade gjort arbetsmiljön så bra att det knappats går att föreställa sig.

Räddningstjänst behöver omvärldsbevaka för att hitta och kontakta tillverkare eller forskningsprojekt som söker praktiker för att utföra pilottester.

Det finns många risker som behöver analyseras innan exoskelett kan användas i skarpt läge av räddningspersonal. Genom att identifiera riskerna efter hand kan utvecklingsarbetet vara effektivt och träffsäkert för räddningstjänst i nära samverkan med forskning och näringsliv nationellt och internationellt.

## **5. Slutsats/analys**

Denna pilotstudie visar att exoskelett har en stor potential för att förbättra räddningspersonalens arbetsmiljö.

De två testade momenten i pilotprojektet varade i upp till fyra minuter. Ytterligare studier behöver genomföras där exoskelett testas i fler moment och över längre tid.

Räddningstjänsten behöver, tillsammans med andra aktörer, utforma en långsiktig plan för att studera nyttan med exoskelett på skadeplats.