

Test av kläder för brandmän

Skydd mot polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i brandrök efter 24 rökdykningar

Beställt av:

CPP Garments AB
Bromma
Sweden

Utfört av:

Lars Ekberg
CIT Energy Management AB
Gothenburg
Sweden

Översatt (från engelskt original) av:

CPP Garments

Innehåll

Innehåll.....	2
1. Bakgrund	3
2. Syfte.....	3
3. Testade material.....	3
4. Testmetod	4
5. Resultat.....	5
6. Slutsatser	7
Bilaga 1. Identifierade och kvantifierade enskilda PAH	8

1. Bakgrund

Brandmän visar en förhöjd risk att utveckla vissa former av cancer på grund av exponering för farliga ämnen i brandröken. I detta sammanhang är polycykliska aromatiska kolväten (PAH) av särskilt intresse. Inträngning av PAH genom skyddskläderna leder till exponering genom hudavlagring.

Flera tester av adsorberande skyddskläder utvecklade av CPP Garments AB och Blücher GmbH, Tyskland, har genomförts mellan 2019 och 2021 vid övningsanläggningen för brandbekämpning vid Guttasjön, söder om Borås, Sverige. Dessa tester gjordes på nya, tidigare oanvända plagg och på plagg som hade använts upp till tjugofyra rökdykningar.

De nya oanvända skyddskläderna, bestående av ett konventionellt larmställ och ett adsorptivt underställ, visade en skyddsfaktor på cirka 3300 i genomsnitt. När samma kombination av larmställ och adsorberande underställ hade använts under tolv rökdykningar (totalt 300 minuter) reducerades skyddsfaktorn till 660. Det betyder att mängden polycykliska aromatiska kolväten som finns under kläderna (på hud-sidan) var 1/660 (0,15%) av mängden som fanns i den högkoncentrerade röken på utsidan av kläderna.

Den här rapporten presenterar resultatet av ytterligare tester av samma kombination av larmställ och adsorberande underställ, efter 24 rökdykningar omfattande totalt 600 minuter. Försöken genomfördes den 24 augusti 2021, på samma släckningsövningsanläggning som användes för de tidigare rapporterade proven (Guttasjön).

Arbetet har utförts av:

- Lars Ekberg, Adj. Prof. CIT Energy Management AB, Göteborg (kontaktperson). CIT Energy Management är ett företag av specialisteringenjörer och är ett dotterbolag till Chalmers Industriteknik (www.enerma.se).
- Sarka Langer, Adj. Prof. IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg (www.ivl.se).
- Bo Strandberg, docent, avdelningen för arbets- och miljömedicin, Lunds universitet (<https://www.lunduniversity.lu.se/lucat/group/v1000552>)

2. Syfte

Syftet med testet är att fastställa graden av skydd som de testade plaggen erbjuder mot exponering för polycykliska aromatiska kolväten i brandrök – efter användning under totalt 24 rökdykningar, med konventionella tvätt- och torkcykler av både larmställ och adsorptivt underställ mellan rökdykningarna.

3. Testade material

De testade plaggkombinationerna är:

- I. Standard underställ och standard larmställ. De typiska/normala skyddskläder som bärs av svenska brandmän under rökdykning. Standardunderstället har ett yttre lager av merinoull och ett inre lager av viskos från bambu. Plaggen var använda, men nytvättade, enligt standardmetoden som används av brandkåren.

- II. Nytt adsorptivt underställ och standard larmställ. Detta representerar kläder med förbättrat skydd genom användningen av det nya understället. Det adsorberande understället hade använts för 24 rökdykningsövningar vardera på 25 minuter.

Även larmstället hade använts tidigare. Både larmställen och underställen är nytvättade enligt den standardmetod som används av brandförsvaret.

4. Testmetod

Testmetoden var identisk med den metod som användes i de tidigare testerna som genomförts och rapporterats av samma team, se rapporter från CIT Energy Management från 31 mars 2021 och 25 maj 2021.

Förfarande provtagning PAH

- PAH-proverna togs med hjälp av en passiv provtagningsmetod omfattande polyuretanskumskivor (PUF-provtagare), med en diameter på 14 cm.
- PUF-provtagarna fästes direkt på huden på testpersonerna (brandmän), och provtagning utfördes på bröst, arm, lår och hals.
- En PUF-provtagare applicerades på utsidan av ytterkläderna – direkt exponerad för brandrök.
- PUF-provtagarna fästes omedelbart före en rökdykningsövning.
- PUF-provtagarna togs bort efter avslutad rökdykningsövning.
- PUF-provtagarna packades i aluminiumfolie och transporterades omgående till laboratoriet för kemisk analys.

Rökdykningsövning

Branden uppstod genom att man eldade rent ved och temperaturen i takhöjd hölls mellan 170 och 230°C. Tre temperaturloggrar (Tiny Tag) placerades i ytterplaggfickorna på varje brandman; i fotled, midja och brösthöjd. Temperaturerna under rökdykning varierade mellan 40°C och 60°C, med de högsta temperaturerna uppmätt av loggern placerade högt (bröst) och de lägsta temperaturerna uppmätt i det låga läget.

Fyra brandmän genomförde rökdykningsövningen samtidigt i testanläggningen. Två av brandmännen var klädda i plaggkombination typ I, medan de andra två var klädda i plaggkombination typ II, enligt beskrivningen ovan.

Övningen började med 25 minuters rökdykning. Sedan vilade brandmännen under en 25 minuters paus och lämnade kläder och PUF-provtagare på. Slutligen ägde en andra 25-minuters rökdykning rum. PUF-provtagaren togs bort omedelbart efter den sista rökdykningen.

Metod för kemisk analys av PAH

På laboratoriet för kemisk analys extraherades PAH från PUF-provtagarna med en utrustning för *Accelerated Solvent Extractor* (ASE 350). Provet renades därefter från interferenser med hjälp av en kolumn med kiselgel. Till sist genomfördes analys med en gaskromatograf med masspektrometer (GC/MS).

Resultaten uttrycks som summan av 35 st enskilda PAH, listade i Bilaga 1. Även enskilda ämnen kvantifierades, inklusive de 16 prioriterade PAH klassificerade av *The US Environmental Protection Agency* (<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.106>). Kvantifieringen uttrycktes som mängden PAH i enheten nanogram per provtagare (ng/prov).

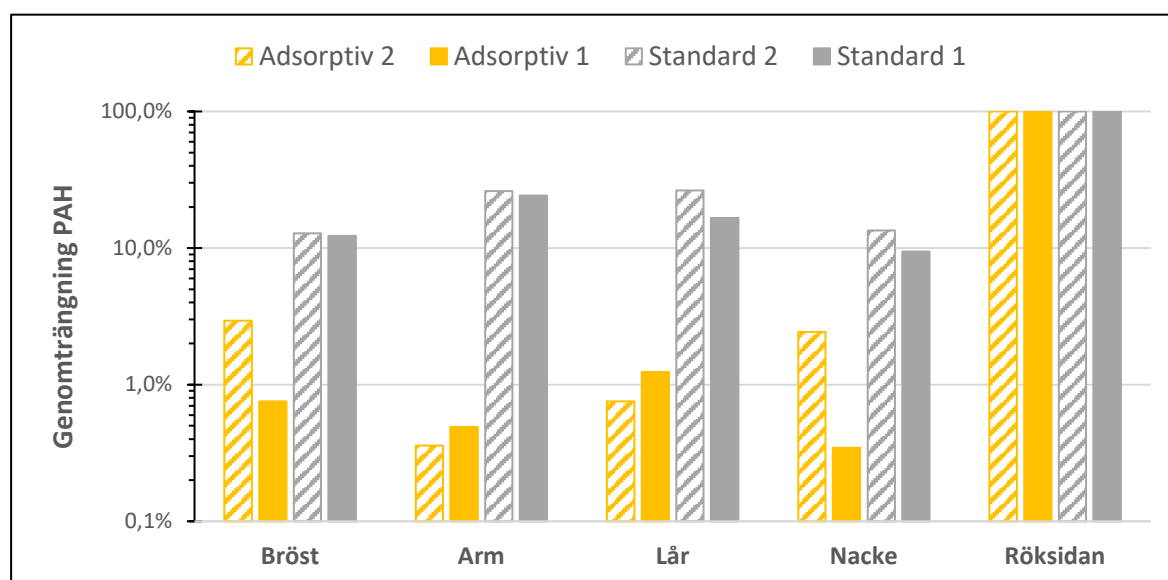
Uttryck av resultat

I föreliggande rapport uttrycks resultaten som mängden PAH som finns på hudsidan i procent av mängden som finns på utsidan av kläderna (röksidan). Detta resultat representerar andelen PAH som penetrerar plaggskikten. I en uppsättning diagram betecknas detta "Genomträngning PAH". I en annan uppsättning diagram betecknas skyddskläderns prestanda "skyddsfaktor", vilket helt enkelt är det omvända förhållandet från "Genomträngning PAH".

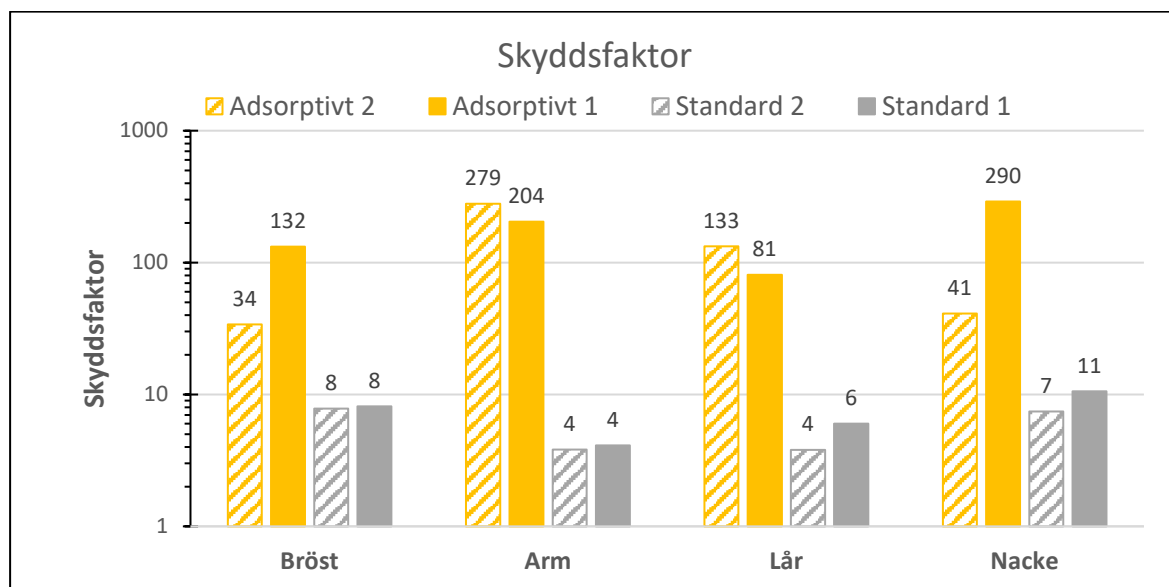
Om till exempel mängden PAH som finns på hudsidan är 1 % av mängden som finns på utsidan av kläderna (i den koncentrerade röken), är "Genomträngning PAH" 1 %, och skyddsfaktorn 100.

5. Resultat

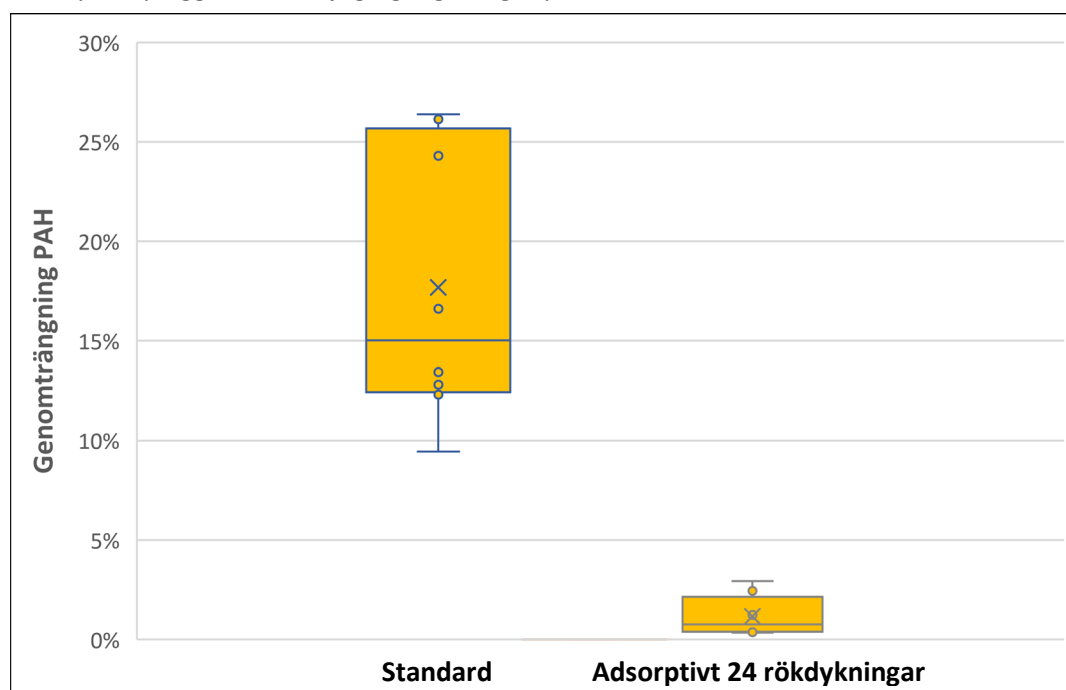
Figur 1 visar resultatet av 25 + 25 minuters rökdykningsövning med fyra brandmän – två med plaggkombination typ I (standard) och två med plaggkombination typ II (adsorptiv). Genomträngningen av PAH varierade mellan 10 % och 26 % (median = 15 %) för rökdykare som var klädda i standardskyddsplagg. Det betyder att 10-26 % av rökgaserna med PAH trängde in genom kläderna. Motsvarande penetration för plaggkombinationen som omfattar det adsorptiva underplagget varierade mellan 0,3 % och 2,9 % (median 0,8 %). Den logaritmiska skalan i figur 1 visar tydligt att penetrationen genom det adsorberande plagget typiskt var mindre än en tiondel av penetrationen genom standardplaggen. Baserat på medianvärdena är relationen tjugofaldig. Figur 2 visar samma resultat, men uttryckt som skyddsfaktor.



Figur 1. Resultat från rökdykningsövningen som genomfördes i augusti 2021. Övningen omfattade två 25 minuters rökdykningar med 25 minuters mellanliggande paus. Resultaten har normaliserats till mängden PAH som finns på utsidan (röksidan) av plaggen. Alla plaggen var använda plagg. Det adsorberande underplagget hade använts under tjugofyra st 25 minuters (tot 600 min) rökdykning.



Figur 2. Samma resultat som visas i figur 1 men uttryckt som "Skyddsfaktor". Rökdykningsövningen genomfördes i augusti 2021. Övningen omfattade två 25 minuters rökdykningar med mellanliggande paus på 25 minuter. Alla plaggen var begagnade/ använda. Det adsorberande underplagget hade använts under 24 rökdykningar, 25 minuter vardera (totalt 600 minuter). Låddiagrammet i figur 3 sammanfattar testresultatet. Rutan till vänster visar att medianvärdet för standardplagget är 15 %. I rutan till höger - som representerar de adsorberande kläderna - är medianvärdet 0,76%. Som nämnts ovan betyder dessa siffror att, baserat på medianvärdena, det adsorptiva plagget har en tjugo gånger lägre penetration av PAH.



Figur 3. Sammanfattning av testresultatet. Lådorna i diagrammet representerar 50% av observationerna, dvs 25% av observationerna är under lådan och 25% är över (ovanför lådan). Korset representerar medelvärdet och den horisontella linjen i rutan är medianvärdet.

Sammanfattningsvis var medianvärdena för genomträngning av PAH 15 % för standardplagget och 0,76 % för de adsorptiva plaggen. Dessa värden motsvarar en skyddsfaktor på sju (7) för standardplagget och etthundratrettio två (132) för det adsorptiva understället.

6. Slutsatser

Testerna visar att

- Det testade adsorberande understället minskade PAH-penetrationen genom klädsystemet avsevärt.
- Efter 24 rökdykningar, omfattande totalt 600 minuters exponering för brandrök, befanns skyddsfaktorn vara cirka 132 för det adsorptiva understället, jämfört med cirka 7 för standardplagget.
- Genomträngningen av PAH är ungefär tjugo gånger lägre genom plaggkombinationen med adsorptivt underställ, jämfört med standardplaggkombinationen.

Bilaga 1. Identifierade och kvantifierade enskilda PAH

naphthalene
2-methylnaphthalene
1-methylnaphthalene
biphenyl
2,3-dimethylnaphthalene
acenaphthylene
acenaphthene
2,3,5-trimethylnaphthalene
fluorene
1-methylfluorene
phenanthrene
anthracene
2-methylphenanthrene
3-methylphenanthrene
1-methylphenanthrene
1-methylanthracene
2-phenylnaphthalene
fluoranthene
pyrene
1-methylfluoranthene
retene
1-methylpyrene
benzo(a)anthracene
chrysene
2-methylchrysene
5-methylchrysene
benzo(b)fluoranthene
benzo(k)fluoranthene
benzo(e)pyrene
benzo(a)pyrene
perylene
indeno(1,2,3-c,d)pyrene
dibenzo(a,h)anthracene
benzo(g,h,i)perylene
coronene

De 16 prioriterade PAH-klassificerade av The US Environmental Protection Agency är markerade i kursivt. (<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.106>).