

**Analys av hälsoskadliga och cancerogena ämnen (PAH) på skyddskläder för sotare innan och efter tvätt i tvättmaskin med Lejon Kemi tvättmedel och tvättprogram**



**Lejon Kemi**

Rapport: ALS ST 2225534

Dat: 2022-09-07

Ref: Lejon Kemi 2022-10-21 i.L 2  
(kort versinom)

## **Analys av hälsoskadliga och cancerogena ämnen (PAH) på kontaminerade skyddskläder för sotare innan och efter tvätt i tvättmaskin med tvättmedel och tvättprogram utvecklat av Lejon Kemi.**

### **Bakgrund**

Sot från bränder och eldstäder har visat sig innehålla många hälsoskadliga och cancerogena ämnen som kan orsaka svåra sjukdomar som t.ex. cancer speciellt efter upprepade och/eller långvarig exponering. Medvetenheten om hälsoriskerna som exponering för sot utgör har lett till bl.a. behov av effektiva och säkra metoder för tvätt och rengöring av bl.a. skyddskläder och annan utrustning som används av sotare.

Många av de hälsoskadliga ämnena som förekommer i brandrök och i sot är olje- och fettlösliga vilket gör dem besvärliga att tvätta bort speciellt från vissa typer av syntetiska textilier, plaster, gummin, målade och lackerade ytor.

För att kunna uppnå bästa möjliga resultat är det av största vikt att alla parametrar som har betydelse för rengöringseffekten så som typ och halt av rengöringsmedel (kemi), rengöringstemperatur, tid, mekanisk bearbetning samt sköljning optimeras så långt detta är möjligt utan att detta leder till materialskador på de kläder och föremål som rengörs.

### **Nya rengöringsmedel och metoder utvecklade av Lejon Kemi**

Lejon Kemi har sedan våren 2011 arbetat med utveckling av medel och metoder för att effektivt och säkert tvätta bort hälsoskadliga ämnen och sot från brandskyddskläder (larmställ, handskar m.m.), andningsapparater, andningsmasker och annan utrustning som används av brandkårer.

Utvecklingsarbetet har bedrivits i samråd och samverkan med olika disk- och tvättmaskinstillverkare, tillverkare av andningsapparater, räddningstjänster, externa analyslaboratorier, kemister, toxikologer och andra specialister inom en rad olika områden. Efter omfattande laboriearbete och fullskaliga och långvariga tester kan Lejon Kemi erbjuda effektiva och säkra rengöringsmedel samt speciella disk- och tvättprogram för rengöring av olika typer av utrustningar, verktyg och skyddskläder som används av brandkårer och av sotare.

De nya medlen och metoderna ger mycket bra rengöringsresultat både visuellt och enligt oberoende laborieanalyser samtidigt som de är skonsamma och säkra att använda inte bara på skyddskläder och utrustningar som används av brandkårpersonal utan också på skyddskläder och utrustning samt verktyg som används av sotare.

Lejon Kemis produkter säljs via återförsäljare i Sverige, Norge, Danmark, Island, Slovenien, Tyskland och Nederländerna under Lejon Kemis varumärken. Några av produkterna säljs av Interspiro i ett flertal länder under Interspiros varumärken. Interspiro riktar sig primärt till räddningstjänster som använder Interspiros andningsapparater. Interspiro ingår i Ocenco-gruppen som är en av de ledande tillverkarna i världen av andningskydd.

## Syfte med extern analys av PAH vid tvätt av skyddskläder

Det är inte möjligt att visuellt se eller avgöra förekomsten och mängder av hälsoskadliga ämnen som kan finnas på ytor som utsatts för brandrök/brandgaser. Mot bakgrund av detta har ett opartiskt ackrediterat laboratorieföretag anlitas av Lejon Kemi för att mäta halter av ett antal hälsoskadliga och cancerogena ämnen i prover tagna från kontaminerade skyddskläder innan och efter tvätt. De analyserade ämnena utgörs av 16 olika polycykliska aromatiska kolväten (PAH). Syftet med analyserna är att få undersökt hur effektivt Lejon Kemis flytande tvättmedel är vid användning av tvättprogram för kraftigt nedsmutsade plagg vid 60° C på skyddskläder som används av sotare.

## Rengöringsprocessen

Använda sotiga (kontaminerade) skyddskläder för sotare tvättades vid 60° C i en tvättmaskin från Girbau (modell HS-4007) med Lejon Kemis rengöringsmedel, FFE Cleaner och med Lejon Kemis tvättprogram avsett för kraftigt smutsade brandskyddskläder. Vid testet användes en dosering av rengöringsmedel på totalt 25 ml/kg torra kläder. Efter tvätt togs prover på samma sätt som innan tvätt för analys av PAH från fyra olika plagg. Från två av plaggen analyserades prover från ytterskikt av plaggen samt från fodret på insidan av plaggen.

FFE Cleaner är ett vattenbaserat alkaliskt rengörings- och tvättmedel som utvecklats och optimerats för att tvätta bort sot samt olje- och fettlösliga föroreningar från plaster, gummin, kompositer, metaller, målade- och lackerade ytor och från flera typer av textilier (dock ej ull, silke, viskos eller läder). Produkten innehåller flera typer av tensider, dispergeringsmedel, komplexbildare och alkaligivare. Tensider, komplexbildare samt dispergeringsmedel som ingår i produkten är snabbt biologiskt nedbrytbara.



**Bild 1.** Tvättmaskin från Girbau som användes vid tvätförsöken av skyddskläder för sotare.



**Bild 2.** Tvättmaskin av "barriertyp" från Electrolux Professional.



## Kontaminerade skyddskläder som tvättats, provtagits och analyserats

Vid tvätttesterna tvättades och provtogs en **sommarjacka i Softshell** (Prov 1 och 1B utsida samt 2 och 2b insida), **ett par byxor i 100 % polyester** (prov 3 och 3B utsida samt 4 och 4B insida), **ett par byxor i 75 % bomull och 25 % polyester** (prov 5 och 5 B) samt en **sommarjacka av en ny modell** (prov 6 och 6B).

## Test och provtagningsplats

Lörenskog brannstasjon tillhörande Nedre Romerike brann- og redningsvesen (NRBR) i Norge. Tidpunkt: 2022-08-22.

Provtagare: Anställ personal på plats.

## Genomförande av provtagning och analys

Prover togs från sex olika nedsotade kontaminerade byxor och jackor som används som skyddskläder av sotare genom att ca 1 dm<sup>2</sup> stora bitar klipptes ur plaggen. Efter tvätt klipptes motsvarande bitar ur skyddskläderna intill proverna som klipptes ur innan tvätt. Efter provtagning placerades proverna i rena glasbehållare som förslöts. Efter provberedning analyserades proverna med gaskromatografi – masspektrometri av ett oberoende ackrediterat laboratorium, ALS Scandinavia AB i Danderyd, Sverige.



**Bild 3.** Sotig kontaminerad byxa i 100 % polyester som provtagits för analys av 16 olika PAH.



**Bild 4.** Sotig kontaminerad sommarjacka som provtagits för analys av 16 olika PAH.

## Val av ämnen som analyserats

De 16 ämnen som analyserats utgörs av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) som bildas vid förbränning av organiskt material. PAH bildas och frigörs vid bränder och återfinns i sot och i rökgaser. PAH utgörs av olje- och fettlösliga ämnen varav en del har en konsistens som liknar lagerfett eller tjära som är svåra att tvätta bort speciellt från vissa typer av plaster, gummin, målade- och lackerade ytor och från vissa typer av syntetiska textilier.

## Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

Polycykliska aromatiska kolväten är ett namn på en grupp ämnen som består av två eller fler bensenringar. PAH utgörs totalt av drygt 500 ämnen som är mer eller mindre hälsoskadliga och flera typer är cancerogena som t.ex. **benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibesol(ah)antracen och indenol(123cd)pyren.**

Flera vetenskapliga studier visar att exponering för PAH kan medföra ökad risk för cancer och andra hälsoproblem, speciellt efter långvarig och/eller upprepad exponering.

Lättare PAH-föreningar är flyktiga och förekommer främst i rökgaser medan tyngre PAH är svårflyktiga och binds lättare till partiklar i luften som t.ex. sot. Partiklarna kan i sin tur vara luftburna och hamna på olika ytor på t.ex. som skyddskläder, andningsmasker och olika typer av utrustningar och verktyg som används av t.ex. sotare och brandkårspersonal. Detta betyder att exponeringen för PAH kan ske på flera olika sätt, genom inandning, hudkontakt och genom förtäring.

## Analysmetod

Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten, PAH (16 föreningar (ämnen) enligt EPA), sker enligt en metod baserad på US EPA 429 och ISO 11338. Mätning utförd med högupplösande gaskromatografi och masspektrometri (GC-MS) är en analysmetod som kan mäta mycket låga halter av ämnen med mycket stor noggrannhet.

## Analyslaboratorium

Provberedningen och analyserna av proverna har utförts av ALS Scandinavia AB, box 700, 182 17 Danderyd. Webb: [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se) E-post: [info.ta@alsglobal.com](mailto:info.ta@alsglobal.com)  
Tel: + 46 (0)8 52 77 52 00 Rapport, T 1930106 från ALS Scandinavia AB.

## Analysresultat

Halterna i proverna från de smutsiga nedsotade plaggen innan tvätt varierade kraftigt. Högst uppmätta totalhalten av PAH på kontaminerat plagg var 71,7 µg/g PAH och högsta halten cancerogena PAH var 34,4 µg/g. Lägsta uppmätta totalhalten PAH på kontaminerat plagg var 3,6 µg/g PAH och lägsta halten cancerogena PAH var endast 0,52 µg/g. På de minst kontaminerade plaggen innan tvätt låg halterna av flera enskilda PAH under eller nära detektionsgränsen för analysmetoden.

På de mest kontaminerade plaggen sjönk halterna av PAH till mycket låga nivåer efter tvätt. I prover tagna från t.ex. utsidan av en sommarjacka i softshell minskade den totala halten av PAH med minst 68,3 % och halten cancerogena PAH med minst 74,8 %. På byxa i bomull sjönk den totala halten PAH med minst 66,3 % till 3,3 µg/g och halten cancerogena PAH sjönk med minst 50,5 % till 2,05 µg/g.

Visuell bedömning av renheten efter tvätt av de sotiga kontaminerade skyddskläderna visade på mycket bra rengöringsresultat generellt. Analysresultaten från prover från de mest kontaminerade plaggen visar att det går att kraftigt minska halterna av hälsoskadliga och cancerogena PAH till mycket låga nivåer med för ändamålet optimerade tvättmetoder.

## Mätosäkerhet

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%. Mätosäkerhet anges endast för detekterade ämnen med halter över rapporteringsgränsen (detektionsgränsen).

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta Lejon Kemi.

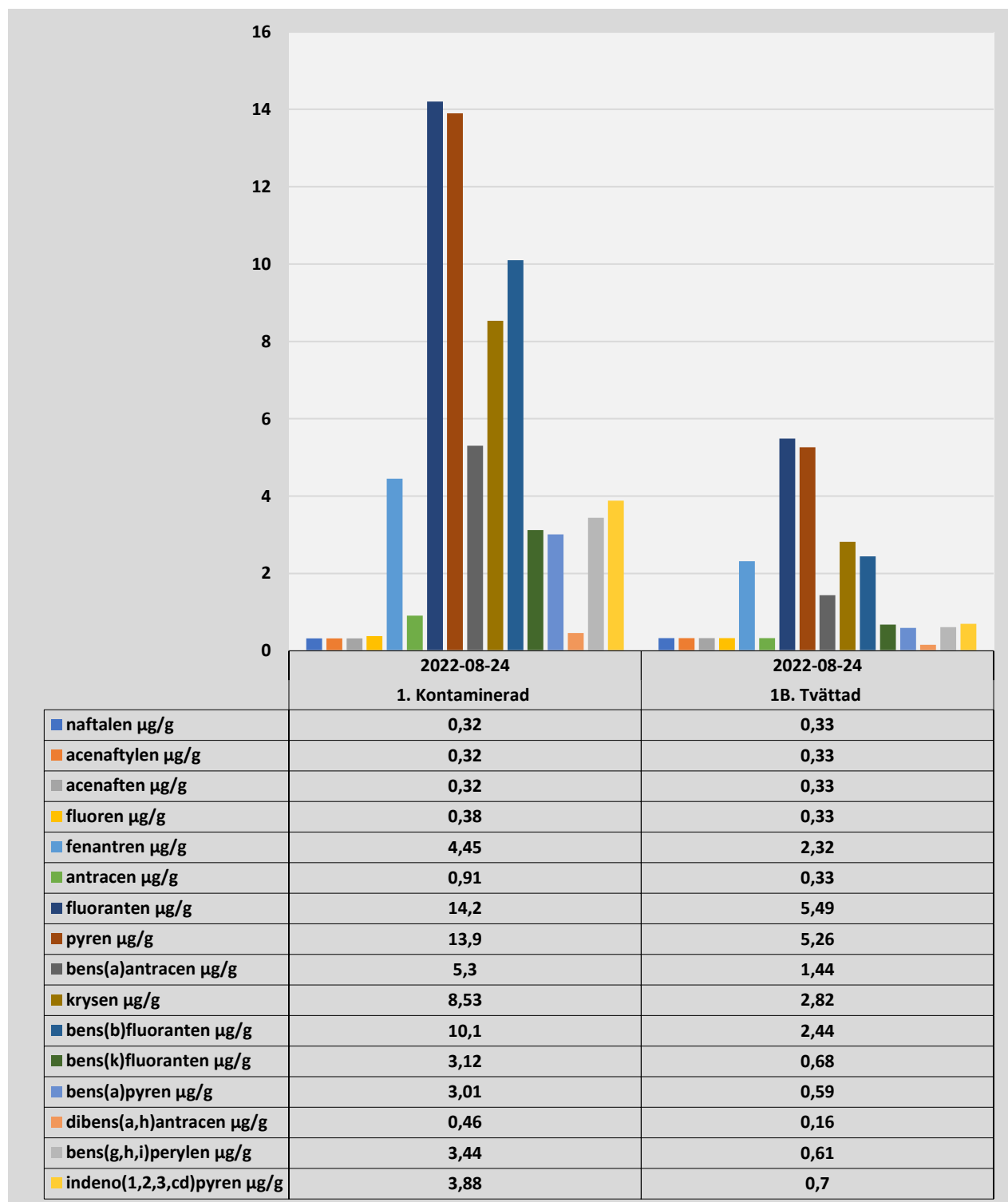
I de fall där analysresultaten av halterna av PAH ligger under eller nära detektionsgränsen i prover från kontaminerade plagg är det inte meningsfullt att beräkna rengöringseffekten baserad på minskningen i halterna av PAH efter tvätt. Detta med anledning av att halterna kan uppgå maximalt till detektionsgränsen men kan vara lägre. I de fall halterna ligger under detektionsgränsen har detektionsgränsen angivits. Detta betyder att den totala halten av PAH kommer att hamna på ca 3,6 – 3,8 µg/g om samtliga analysvärden ligger under detektionsnivån.

**OBS!** Notera att det inte går att analysera exakt samma prov två gånger. Eftersom kläderna är ojämnt förorenade kan halterna av PAH variera en hel del mellan olika kontaminerade prover även tagna intill varandra från samma föremål. Detta medför att halterna även kan variera en del efter tvätt från prov till prov. I enstaka fall kan den ojämna kontamineringen medföra att halter av PAH är högre i prover från tvättade plagg jämfört med innan tvätt speciellt om halterna generellt av PAH är mycket låga redan innan tvätt. Av denna anledning är det ofta lämpligt att analysera flera prover från samma föremål för att få ett säkrare genomsnittsvärde av halter av PAH innan och efter tvätt.

Halter av PAH under eller nära detektionsgränsen i kombination med ojämn förorening (kontamination) av plaggen innan tvätt samt marginalerna för mätosäkerheten gör att det inte går att på ett meningsfullt sätt bedöma rengöringseffekten utifrån analysresultaten från prover från några av plaggen. Dessa analysresultat har inte medtagits i denna rapport men kan fås på begäran från Lejon Kemi AB.

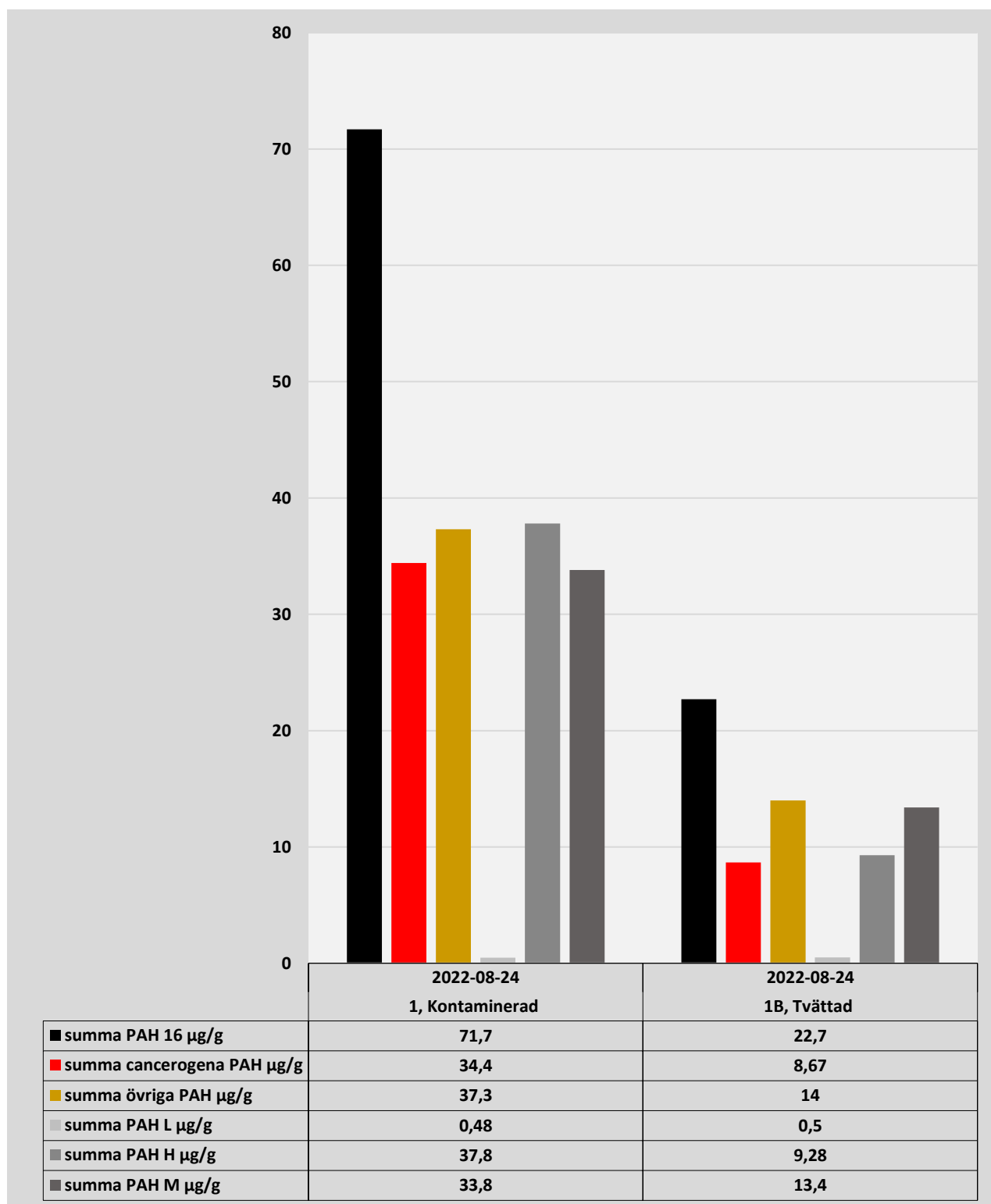
Artificiell kontaminering av kläder och olika föremål t.ex. genom placering i ett utrymme för rökdykarövningar under viss tid ger betydligt jämnare kontaminering än vad som normalt återfinns på i praktiken använd utrustning och skyddskläder. Detta ger säkrare resultat på mätningar av PAH efter rengöring. Nackdelen är att det kan vara stor skillnad i vilka typer av PAH som bildas och frigörs vid riktiga bränder jämfört med de som uppstår i utrymmen för rökdykarövningar och olika typer av PAH är olika svåra att tvätta bort. Bäst och säkrast resultat fås om analyser görs av prover från både artificiellt kontaminerade föremål och från föremål som använts praktiskt av brandkårspersonal och sotare.

Halter av 16 olika PAH i prover från utsidan av sommarjacka i softshell



**Diagram1.** Halter av PAH µg/g i prov från kontaminerad sommarjacka i softshell innan och efter tvätt. Prov taget från utsidan på vänster framsidan i brösthöjd. Den totala halten PAH minskade med minst 68,3 % efter tvätt och halten av cancerogena PAH minskade med minst 74,8 % efter tvätt. Halterna av 6 enskilda typer av PAH minskade efter tvätt till nivåer under detektionsnivån för analysmetoden. Analysmetod: Gaskromatografi kopplat till masspektrometri (GC-MS).

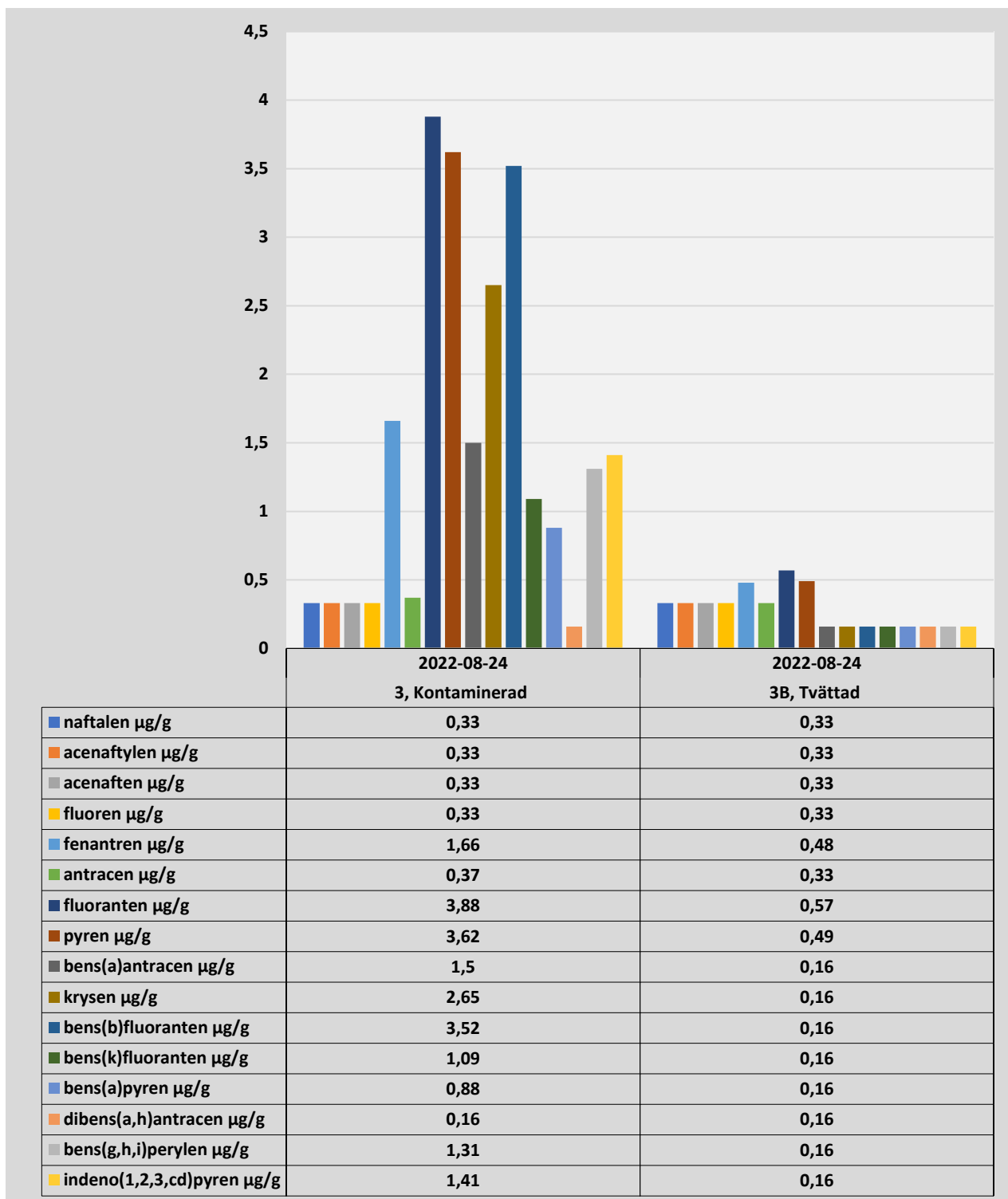
**Totala halter av PAH i prover från utsidan av sommarjacka i softshell**



**Diagram 2.** Totala halter av PAH i µg/g i prov från kontaminerad sommarjacka i softshell innan och efter tvätt. Prov taget på utsidan från vänster framsidan i brösthöjd. Den totala halten PAH minskade med minst 68,3 % efter tvätt och totala halten av cancerogena PAH minskade med minst 74,8 % efter tvätt. Halterna av 6 enskilda typer av PAH minskade efter tvätt till nivåer under detektionsnivån för analysmetoden. Analysmetod: Gaskromatografi kopplat till masspektrometri GC-MS).

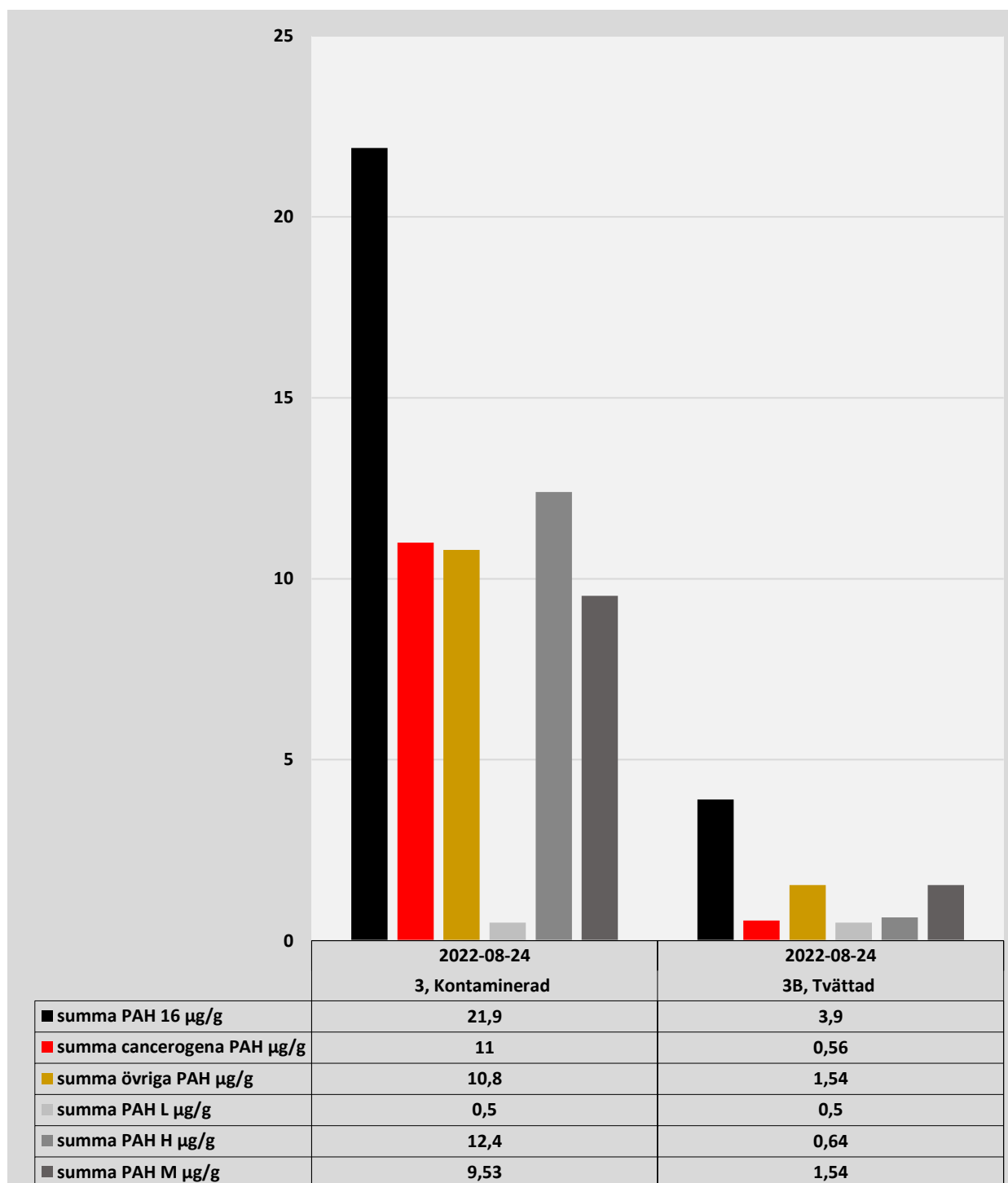


Halter av 16 olika PAH i prov från utsidan av en byxa i 100 % polyester



**Diagram 3.** Halter av PAH µg/g i prov från kontaminerad byxa i 100 % polyester innan och efter tvätt. Prov taget från på utsidan framsidan höger lår. Totala halten av PAH minskade med minst 82,2 % efter tvätt och den totala halten cancerogena PAH minskade med minst 94,9 % efter tvätt. Halterna av PAH var mycket låga efter tvätt och för 13 enskilda PAH hamnade halterna efter tvätt under detektionsnivån för analysmetoden, d.v.s. på mycket låga nivåer. Analysmetod: Gaskromatografi kopplat till masspektrometri (GC-MS).

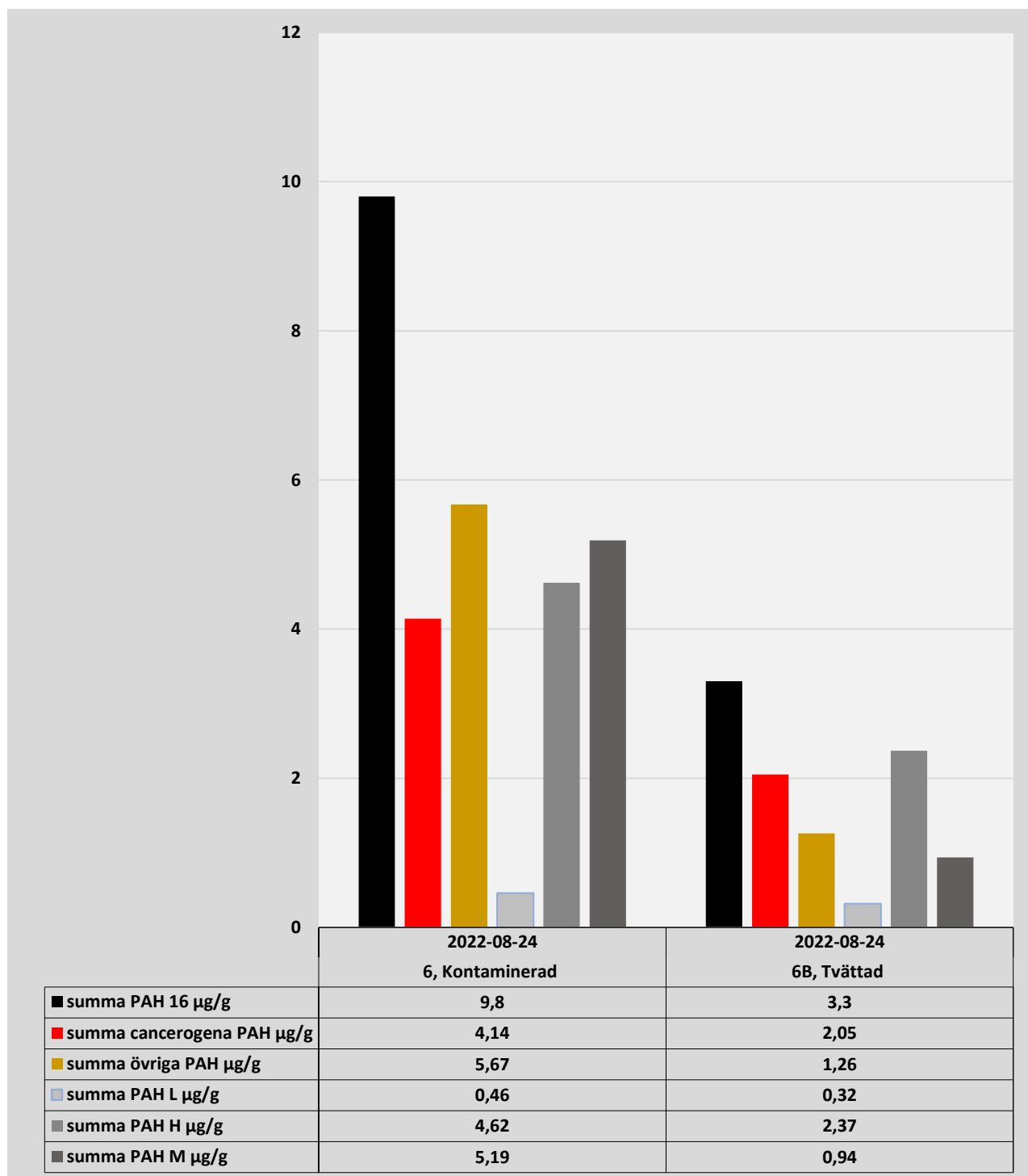
**Totala halter av 16 olika PAH i prov från utsidan av en byxa i 100 % polyester**



**Diagram 4.** Totala halter av µg/g i prov från utsidan av kontaminerad byxa i 100 % polyester innan och efter tvätt. Prov taget från utsidan framsidan höger lår. Totala halten av PAH minskade med minst 82,2 % efter tvätt och totala halten cancerogena PAH minskade med minst 94,9 % efter tvätt. Halterna av PAH var mycket låga efter tvätt och för 13 enskilda PAH var halterna efter tvätt under detektionsnivån för analysmetoden d.v.s. på mycket låga nivåer.

Analysmetod: Gaskromatografi kopplat till masspektrometri (GC-MS).

Totala halter av 16 olika PAH i prov från byxa i 75 % bomull och 25 % polyester



**Diagram 5.** Totala halter av PAH i µg/g i prov från kontaminerad sommarbyxa i 75 % bomull och 25 % polyester innan och efter tvätt. Prov taget från framsidan höger lår. Totala halten av PAH minskade med minst 66,3 % efter tvätt och totala halten cancerogena PAH minskade med minst 50,5 % efter tvätt. **OBS!** De låga halterna av PAH innan och efter tvätt i kombination med ojämn kontamination och mätosäkerheten medför att det inte går med säkerhet att uttala sig exakt om rengöringseffekten. Halterna för nio enskilda PAH var under detektionsnivån för analysmetoden efter tvätt. Analysmetod: Gaskromatografi kopplat till masspektrometri (GC-MS).

## Sammanfattning

Visuell bedömning av renheten efter tvätt av de sotiga kontaminerade skyddskläderna visade på mycket bra rengöringsresultat generellt. Genom att tvätta skyddskläder med Lejon Kemis rengöringsmedel FFE Cleaner och med tvättprogram utvecklat av Lejon Kemi kan halterna minska mycket kraftigt av hälsoskadliga och cancerogena PAH.

Analysresultaten från prover från de mest kontaminerade plaggen visar att halterna av PAH sjönk till mycket låga nivåer efter tvätt. I prover tagna från t.ex. utsidan av en sommarjacka i softshell minskade den totala halten av PAH med minst 68,3 % och halten cancerogena PAH med minst 74,8 %. På byxa i bomull sjönk den totala halten PAH med minst 66,3 % till 3,3 µg/g och halten cancerogena PAH sjönk med minst 50,5 % till 2,05 µg/g. För ett flertal enskilda analyserade PAH sjönk halten till nivåer vid eller under detektionsnivån för analysmetoden som användes, gaskromatografi kopplat till masspektrometri (GS-MS).

**Genom säker hantering av kontaminerad utrustning, genom användning av personlig skyddsutrustning och genom effektiv tvätt av skyddskläder och rengöring av redskap från sot och hälsoskadliga samt cancerogena ämnen kan exponeringen för dessa ämnen minska betydligt i sotarnas arbetsmiljö. Minskad exponering för bl.a. sot och PAH medför enligt flera vetenskapliga medicinska studier att riskerna för att utveckla bl.a. cancer reduceras.**

Viktigt att tänka på är att rengöringsresultatet alltid är beroende av flera faktorer som typ och halt av rengöringsmedel (kemi), tvättid, tvättemperatur, mekanisk bearbetning och sköljning. Tvättmedlet bildar en "enhet" med tvättmaskinen och tvättprogrammet. Det är tvättprogrammet i tvättmaskinen som styr dosering, tid, temperatur, tvättrummans rotation (mekanisk bearbetning) och sköljning.

Lejon Kemi har under 2021 och 2022 utvecklat tvättprogram för kraftigt smutsade brandskyddskläder (larmställ) och textila brandskyddshandskar genom bl.a. något förlängd tvättid, sköljning med varmt vatten och en betydligt högre vattennivå vid samtliga sköljsteg. Det vidareutvecklade tvättprogrammet finns att tillgå till tvättmaskiner från bl.a. Electrolux Professional, Miele Professional och Girbau.

**OBS! Denna rapport får endast återges i sin helhet om inte Lejon Kemi AB i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller ALS webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)**

## Lejon Kemi AB

Hemsida: [www.lejonkemi.se](http://www.lejonkemi.se)

E-mail: [info@lejonkemi.se](mailto:info@lejonkemi.se)

Tfn: + 46 (0)76 827 00 96

Rapport nr: ALS ST 2225534

Godkänd av: Ingemar Lejon

Datum: 2019-09-07

Ref: Lejon Kemi 2022-09-16 i.L 1