

# Fra forskning til et mere sikkert kemisk arbejdsmiljø for brandfolk

Biomonitoring har ført til konkrete ændringer i røgdykkeruddannelsen og reduceret eksponering for tjærestoffer.

Af Maria Helena Guerra Andersen<sup>1</sup>, Anne Thoustrup Saber<sup>1</sup>, Marie Frederiksen<sup>1</sup>, Eva-Carina Nørskov<sup>2</sup>, Ole Henning Sørensen<sup>1</sup> og Ulla Vogel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, København

<sup>2</sup> Mærsk Nielsen HR, Jystrup

Brandfolk udsættes dagligt for røg, sod og en række kemiske forbindelser, som kan være sundhedsskadelige. Verdenssundhedsorganisationen har klassificeret erhvervsmæssig eksponering som brandmand som kræftfremkaldende [1]. Siden 2015 har Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø undersøgt disse eksponeringer under realistiske brandøvelser. Resultaterne har ikke blot øget forståelsen af risici, men også ført til konkrete ændringer i både uddan-

nelse og praksis, som har reduceret eksponeringen [8,9].

## Eksponering under brandbekæmpelse

Brandbekæmpelse indebærer en kompleks eksponering for blandt andet røg, partikler og toksiske kemikalier. Særligt polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH'er), også kaldet tjærestoffer, dannes ved ufuldstændig forbrænding og er kendt for deres kræftfremkaldende egenskaber [2].

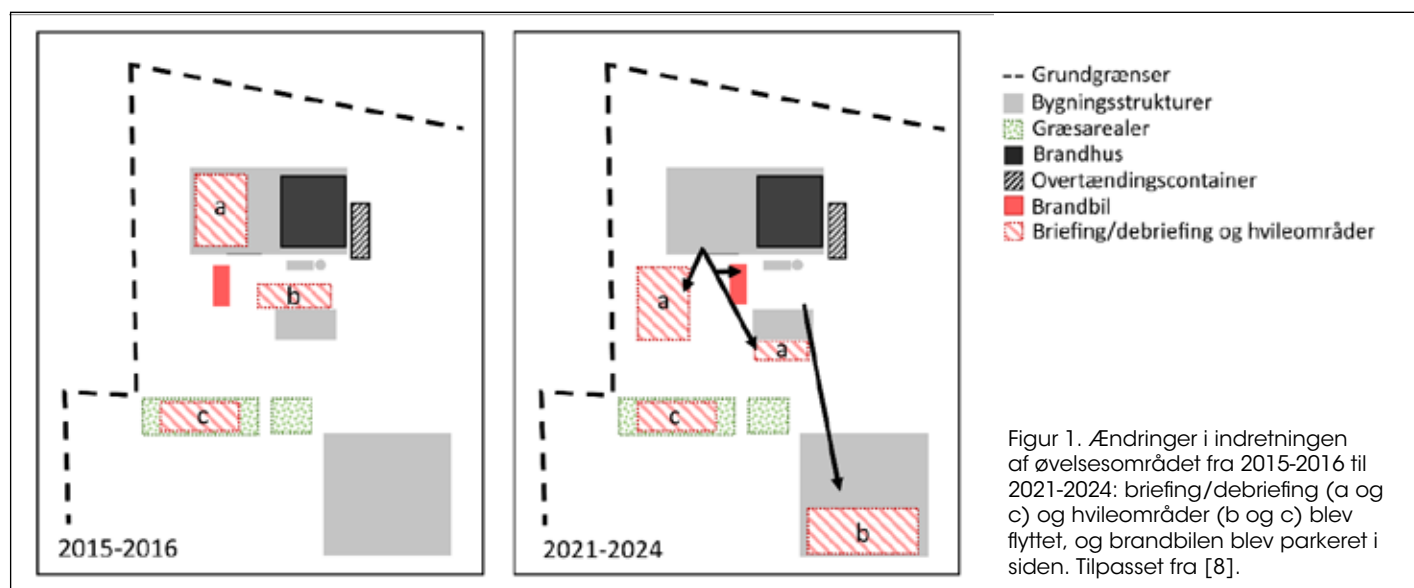
For at få mere viden om eksponeringen blev projektet Biobrand 1 gennemført i perioden 2015-2018. Her blev både værnepligtige under røgdykkeruddannelse og professionelle brandfolk undersøgt. Eksponeringen blev vurderet ved målinger af partikler i luft, tjærestoffer på huden og metabolitter i urin. Studiet viste,

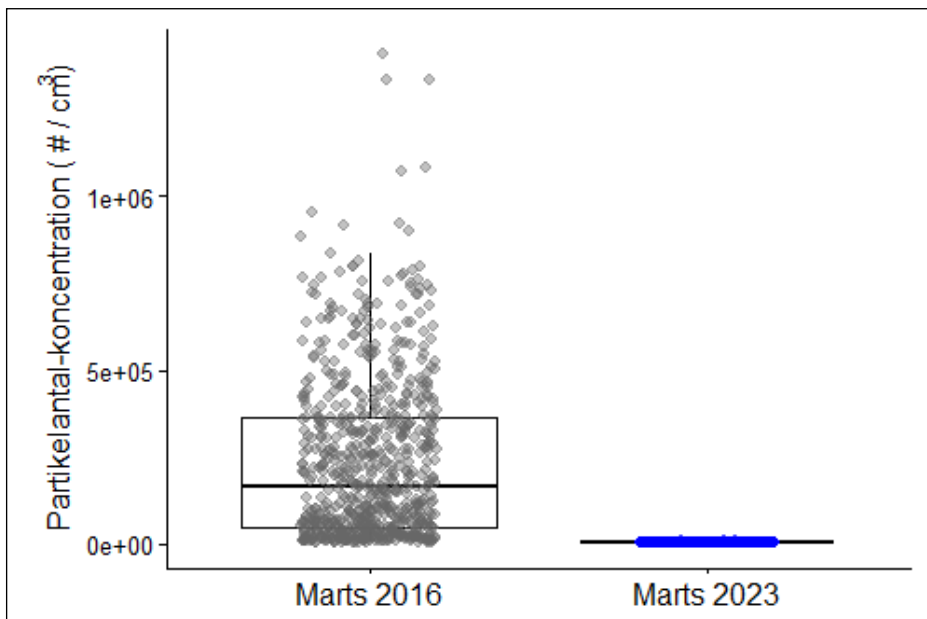
at eksponering ikke kun forekom under selve brandbekæmpelsen, men også i områder der tidligere blev betragtet som sikre. Samtidig blev der fundet sammenhæng mellem hudeksponering og biologiske effekter som DNA-skader [3,4].

## Fra viden til handling

Inden Biobrand 1-projektet var viden om konkrete eksponeringskilder begrænset, og det var vanskeligt at omsætte epidemiologiske fund til praktisk forebyggelse. Derfor blev der etableret en følgegruppe med deltagelse fra myndigheder, beredskaber og faglige organisationer. Gruppen bidrog til at sikre relevans og til at omsætte forskningsresultater til praksis.

Denne tætte dialog betød, at resultaterne blev omsat til ændringer i røgdykkeruddannelsen [8]. Blandt andet blev briefing- og pauseområder flyttet væk fra øvelses-





Figur 2. Partikelkoncentration målt i briefingområdet under brandøvelser målt over 2 timer i marts 2016 og marts 2023. Tilpasset fra [8].

områderne, så ophold ikke længere foregik i forurenede zoner (figur 1, side 27). Samtidig blev placeringen af brandbilen ændret, og dieseludstødning blev ledt væk fra området. Derudover blev der indført forbedrede hygiejnetiltag, herunder bedre adgang til håndvask og bad samt mere systematisk håndtering af forurenede udstyr.

### Dokumenteret effekt af ændringer

Effekten af disse tiltag blev undersøgt i de efterfølgende projekter Biobrand 2 og 3 i perioden 2021-2024. Her blev der gennemført nye målinger under tilsvarende forhold som i det første Biobrand-studie [8].

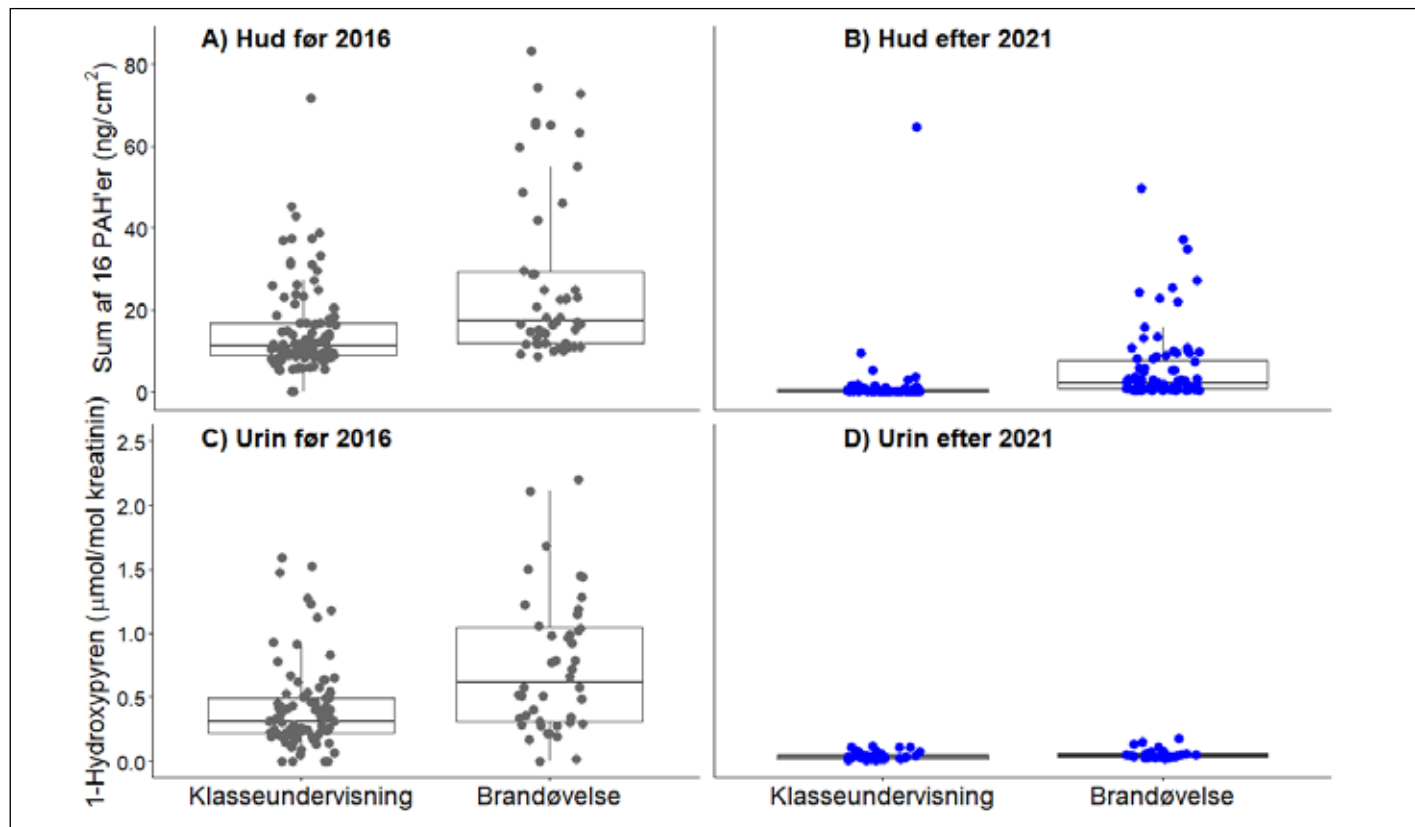
Resultaterne viste en tydelig reduktion i eksponeringen.

Partikelmålinger dokumenterede lavere koncentrationer i briefingområderne (figur 2), og analyser af hudafføringsprøver viste mindre forurening med PAH'er efter øvelser (figur 3) [8]. Samtidig var de interne niveauer af tjærestoffer, målt som metabolitten 1-hydroxypyren i urin, reduceret i forhold til de tidligere målinger (figur 3) [5,6]. Det skal dog bemærkes, at der ikke er brugt samme analysemetoder i de to studier, så tallene er ikke helt sammenlignelige.

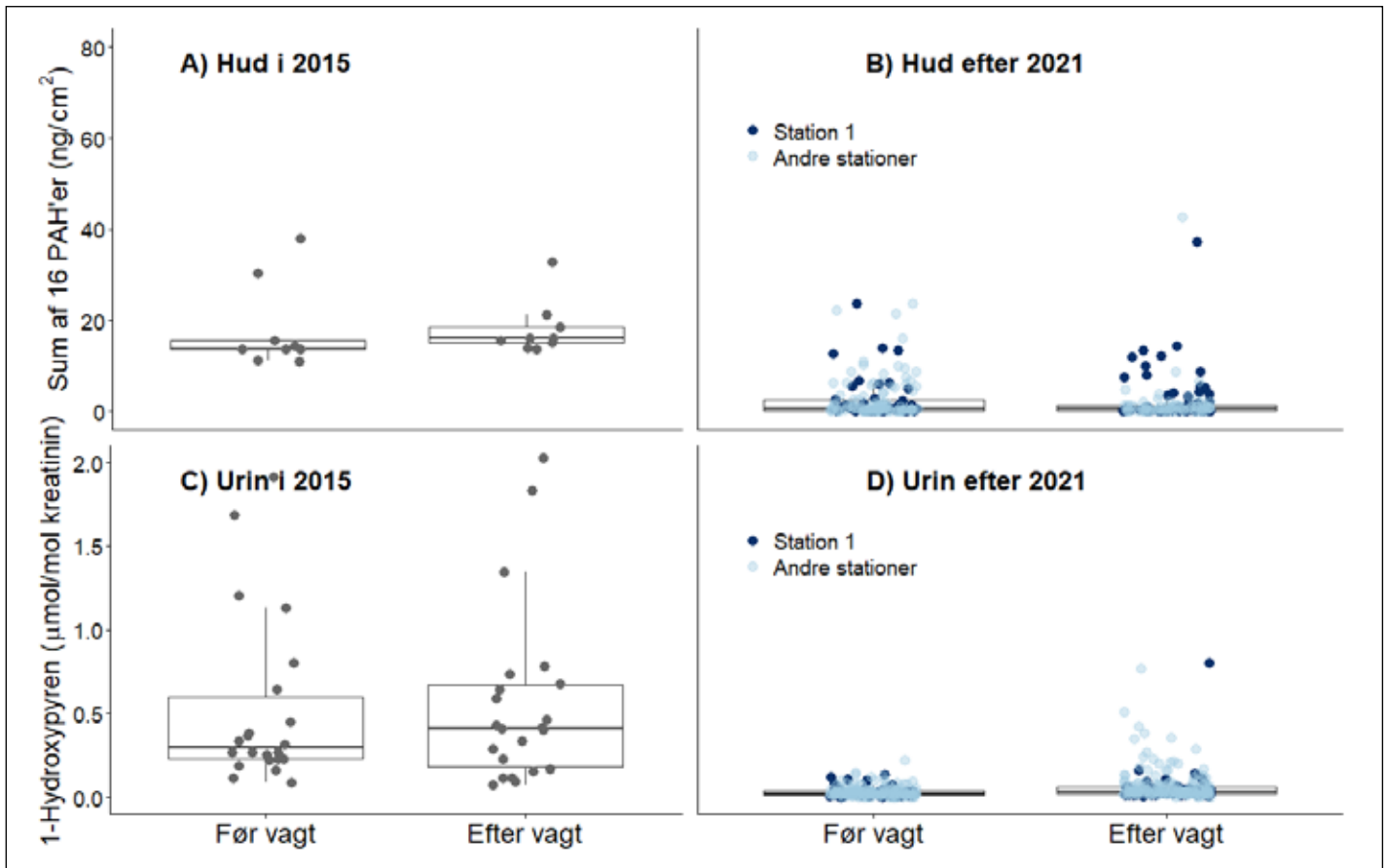
Også på brandstationer blev der observeret forbedringer [7,9]. Her viste målinger før og efter et vagtdøgn lavere niveauer af både hudforurening og PAH-metabolitter (figur 4) [9]. I denne periode var der indført flere forebyggende tiltag, herunder bedre adskillelse mellem rent og forurenede udstyr samt øget fokus på bad og rengøring efter indsats.

### Betydning for arbejdsmiljøet

Biobrand-projekterne illustrerer, hvordan forskning kan omsættes til konkrete forbedringer i arbejdsmiljøet. Studierne har identificeret centrale eksponeringskilder relateret til indretning af øvelsesområder, håndtering af dieseludstødning og mangelfulde hygiejnefaciliteter. Når



Figur 3. Måling af tjærestoffer på huden og tjærestofmetabolitten 1-hydroxypyren i urin hos værnepligtige før og efter brandøvelser hhv. før 2016 og efter 2021. Øverst: Samlet indhold af 16 forskellige tjærestoffer (PAH'er) i hudafføringsprøver indsamlet efter klasseundervisning og i slutningen af en brandøvelse: A) før 2016 og B) efter 2021. Nederst: Indhold af PAH-metabolitten 1-hydroxypyren i urinprøver efter en dag med klasseundervisning og efter en dag med brandøvelse: C) før 2016 og D) efter 2021. Tilpasset fra [8].



Figur 4. Måling af tjærestoffer på huden og tjærestofmetabolitten 1-hydroxypyren i urin hos brandfolk før og efter et vagtdøgn hhv. før 2015 og efter 2021. Øverst: Samlet indhold af 16 forskellige tjærestoffer (PAH'er) i hudafføringsprøver indsamlet før og efter en vagtdøgn: A) fra 2015 og B) efter 2021. Brandstationen, som deltog i 2015, er kaldt Station 1 i 2021. Nederst: Indhold af PAH-metabolitten 1-hydroxypyren i urinprøver før og efter en vagtdøgn: C) fra 2015 og D) efter 2021. Brandstationen, som deltog i 2015, er kaldt Station 1 i 2021. Baseret på data fra [9].

denne viden kombineres med tæt samarbejde mellem forskere og praktikere, kan den omsættes til effektive forebyggende tiltag [8].

Resultaterne har også haft betydning uden for forskningsprojekterne. Blandt andet blev de drøftet i Erhvervs-sygdomsudvalget i relation til kræftforekomst blandt brandfolk. Desuden gennemførte Arbejdstilsynet i 2019 en kampagne om reduktion af sodekspone-ring, hvor hurtig badning efter indsats blev fremhævet som et centralt forebyg-gende tiltag.

## Konklusion

Samlet viser projekterne, at eksponeringen for skadelige stoffer under brandøvelser og beredskabsarbejde kan reduceres markant gennem relativt enkle ændringer i praksis. Erfaringerne understreger betydningen af systematisk forskning og et tæt samarbejde mellem forskningsinstitutioner og beredskabs-sektoren for at forbedre det kemiske arbejdsmiljø.

E-mail:  
Ulla Vogel: ubv@nfa.dk

## Kilder

- IARC, "Occupational Exposure as a Firefighter" in "IARC Monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans", World Health Organization – International Agency for Research on Cancer, 9789283201311, 2023, vol. 132. [Online]. Available: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Occupational-Exposure-As-A-Firefighter-2023>.
- IARC, "Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures" in "IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum", World Health Organization – International Agency for Research on Cancer, 2010, vol. 92.
- M.H.G. Andersen et al., "Association between polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and peripheral blood mononuclear cell DNA damage in human volunteers during fire extinction exercises" (in English), *Mutagenesis*, vol. 33, no. 1, pp. 105-115, Feb 24 2018, doi: 10.1093/mutage/gex021.
- M.H.G. Andersen et al., "Cardiovascular health effects following exposure of human volunteers during fire extinction exercises". *Environ Health*, vol. 16, no. 1, p. 96, Sep 6 2017, doi: 10.1186/s12940-017-0303-8.
- M. Frederiksen, S.P. Jensen, M.H.G. Andersen, U. Vogel, and A.T. Saber, "Online SPE-LC-MS-MS method for eight hydroxylated metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine and determination of optimal sampling time after firefighter training" (in English), *Toxicology letters*, vol. 400, pp. 9-15, Oct 2024, doi: 10.1016/j.toxlet.2024.07.005.
- J. Grunfeld, P. Møller, U. Vogel, S.P. Jensen, V. Kofoed-Sørensen, and M.H.G. Andersen, "Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure in Trainee Firefighters Using PAH CALUX Bioassay", *Toxics*, vol. 12, no. 11, Nov 18 2024, doi: 10.3390/toxics12110825.
- M.H.G. Andersen et al., "Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon exposure, lung function, systemic inflammation, and genotoxicity in peripheral blood mononuclear cells from firefighters before and after a work shift". *Environ Mol Mutagen*, May 15 2018, doi: 10.1002/em.22193.
- M.H.G. Andersen, A.T. Saber, M. Frederiksen, E.-C. Nørskov, O.H. Sørensen, and U. Vogel, "Practical impact of research on firefighters: Reduced exposure levels through changes in firefighting training", *Societal Impacts*, vol. 7, p. 100166, 2026/06/01/ 2026, doi: <https://doi.org/10.1016/j.socimp.2026.100166>.
- A.T. Saber et al., "Effects of Different Interventions Aimed at Reducing Dermal and Internal Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure Among Firefighters", *J Xenobiot*, vol. 15, no. 5, Sep 16 2025, doi: 10.3390/jox15050150.