

# **Sikkert arbejde med Krom 6 (SAM-Krom)**

**Slutrapport til Arbejds miljøforskningsfonden**

**Projektnr.: 48-2019-03 og 46-2020-09**

**Anne Thoustrup Saber, Pete Kines og Ulla Vogel**

## Slutrapport

Titel	Sikkert arbejde med Krom 6 (SAM-Krom)
Forfattere	Anne Thoustrup Saber, Pete Kines og Ulla Vogel
Udgiver	Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA)
Udgivet	31. januar 2025
Finansiel støtte	Arbejdsmiljøforskningsfonden (Projektnr./sagsnr.: 48-2019-03/20195100337 og 46-2020-09/20205100706)
Bedes citeret	Anne Thoustrup Saber, Pete Kines og Ulla Vogel (2025). Sikkert arbejde med Krom 6 (SAM-Krom). Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.
ISBN	978-87-7904-435-7
Internet udgave	nfa.dk

### **Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø**

Lersø Parkallé 105  
2100 København Ø  
Tlf.: 39165200  
Fax: 39165201  
e-post: [nfa@nfa.dk](mailto:nfa@nfa.dk)  
Hjemmeside: [nfa.dk](http://nfa.dk)

# Forord

Arbejdsmiljøforskningsfonden (AMFF) bevilgede i 2019 2.999.460 kroner til projektet 'Sikkert Arbejde Med Krom 6' med akronymet 'SAM-Krom'. Projektet fik i 2020 tildelt en tillægsbevilling på 789.793 kr. SAM-krom hovedprojekt og tillægsansøgningen afrapporteres som ét projekt i nærværende rapport.

Hovedformålet med projektet var at vurdere erhvervsmæssig udsættelse for krom-6 og undersøge de forebyggende tiltag på danske arbejdspladser.

Vi vil gerne takke interessentgruppen, som bestod af repræsentanter fra CO-industri, Dansk Industri, Fagbevægelsens Hovedorganisation (FH), 3F, Dansk Arbejdsgiverforening (DA), Dansk Metal, Arbejdsmedicinsk klinik - Bispebjerg Hospital, Dansk Svejseteknisk Landsforening, ATV SEMAPP (Akademiet for de Tekniske Videnskaber - Selskabet for Maskinteknisk Proces- og Produktionsteknik), Københavns Universitet, Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen for deres støtte, gode diskussioner og for at hjælpe med at skabe kontakt til virksomheder og at formidle vores resultater til branchen. Desuden vil vi gerne takke de deltagende virksomheder og disses medarbejdere for at deltage i vores studie.

Vi vil også gerne takke SAM-Krom projektgruppen, som har bidraget på forskellig vis herunder udførelsen af feltmålinger, foretaget laboratorieanalyser med mere. Tak til Frans Christensen (fra COWI), Karsten Fuglsang, Marcus Levin, Ismo Koponen og Christina Andersen (fra Force Technology), Katrin Löschner og Lucas Givélet (fra DTU Fødevareinstituttet), Niels Ebbehøj og Tanja Carøe (fra Hølbæk Sygehus) og Anja Julie Huusom (fra Bispebjerg Hospital).

Vi vil ydermere takke Karin Broberg og hele projektgruppen bag vores svenske søsterprojekt SafeChrom for gode diskussioner, fælles artikler og vidensdeling.

Endelig en stor tak til NFAs teknikere, som har stået for indsamling af de biologiske prøver analyser og prøveforsendelse. Tak til Anne Abildtrup, Noor Irmam og Ulla Tegner.

Projektet blev igangsat den 1. november 2019 og sluttede den 31. oktober 2024. Projektet var oprindeligt planlagt til at vare 3 år men blev forlænget med 2 år p.g.a. COVID-19 pandemien. Projektlederrollen blev de første 2 år varetaget af COWI og blev overdraget til NFA fra oktober 2021 i forbindelse med, at COWI trådte ud af projektet.

God læselyst!

Anne Thoustrup Saber (seniorforsker og projektleder, Kemisk Arbejdsmiljø),  
Pete Kines (seniorforsker, Sikkerhedskultur og Arbejdsulykker) og  
Ulla Vogel (professor, Kemisk Arbejdsmiljø)

Januar, 2025

# Indhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Indhold</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammenfatning</b> .....	<b>5</b>
<b>Summary</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Indledning</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Formål</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Fremgangsmåde og diskussion af resultater</b> .....	<b>10</b>
3.1. Kortlægning af eksisterende viden om udsættelse for krom-6 i Danmark (fase 1) .....	10
3.2. Pilotstudie – eksponeringsmålinger (fase 2) .....	12
3.3. Hovedstudie: Biomonitoring, eksponering og observationer (fase 3) .....	13
3.4. Vejledningsmateriale og øvrig formidling (fase 4) .....	14
3.4.1 Faktaark .....	14
3.4.2 NFAs app Safety Observer 3.0 .....	14
3.4.3 Formidling til deltagende virksomheder og erhvervsskole .....	15
3.4.4 Formidling til politiske beslutningstagere og myndigheder .....	15
3.4.5 Koordineret formidling ved offentliggørelse af videnskabelig artikel .....	15
3.5. Samarbejdet med det svenske søsterprojekt SafeChrom .....	16
<b>4. Konklusioner</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Perspektivering</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Publikationer og produkter fra projektet</b> .....	<b>18</b>
5.1. Peer reviewede accepterede videnskabelige artikler .....	18
5.2. Konferencebidrag .....	19
5.3. Populærvidenskabelig formidling .....	19
5.5. Rapporter .....	19

# Sammenfatning

Formålet med projektet var at vurdere erhvervsmæssig udsættelse for krom-6 og undersøge de forebyggende tiltag på arbejdspladser i Danmark.

Kortlægningen viser, at arbejdstagere i Danmark kan blive eksponeret for krom-6 gennem luftvejene i tre hovedscenarier:

1. Ved tilsigtet brug af krom-6-forbindelser ved produktionen af produkter.
2. Ved håndtering af produkter, der indeholder krom-6, herunder vedligeholdelse og bortskaffelse.
3. Ved bearbejdning af materialer, som indeholder metallisk krom og krom-3, i processer, der fører til dannelse af krom-6.

Det blev konstateret, at der ikke foregår produktion af krom-6-forbindelser i Danmark.

Biomoniteringsdelen af SAM-Krom blev koordineret med det svenske projekt SafeChrom. SAM-Krom-biomoniteringsundersøgelsen med i alt 60 deltagere viser, at 5 ud af 24 luftmålinger i indåndingszonen fra medarbejdere med mulig krom-6-udsættelse var højere end den på måletidspunktet gældende danske grænseværdi på  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i den målte tidsperiode. Seks ud af 8 luftmålinger i indåndingszonen fra elever under undervisning i elektrode-svejsning (Manual Metal Arc (MMA)svejsning) i rustfrit stål på den tekniske erhvervsskole var højere end grænseværdien i den målte tidsperiode. Resultaterne viser, at hårdforkromere i Danmark er erhvervsmæssigt eksponerede for krom-6. Dette fremgår af relativt høje niveauer af krom i urin, krom i røde blodceller og øgede niveauer af mikrokerner. Kromniveauerne i urin oversteg den franske biologiske grænseværdi på  $2.5 \mu\text{g}/\text{L}$ , hvilket antyder, at der også kan være andre eksponeringsveje end indånding.

For svejsere blev der ikke observeret statistisk signifikante stigninger i kromniveauer sammenlignet med interne kontroller i virksomhederne. Dog viste urinprøver fra svejsere niveauer, der var på linje med resultaterne fra det europæiske projekt HBM4EU og højere end niveauerne i det svenske SafeChrom.

Ved de planlagte besøg blev der generelt observeret en høj grad af effektiv brug af forebyggende tiltag i forbindelse med hårdforkromning. Dette inkluderede brug af tekniske hjælpemidler som ventilation, plastikkugler og afdækninger samt personlige værnemidler. Til gengæld var den effektive brug af forebyggende tiltag ved svejsning i rustfrit stål lavere.

Biomarkører for eksponering, der afspejler både nylig eksponering (krom i urin) og eksponering inden for de seneste fire måneder (krom i røde blodceller), indikerer variationer i brugen af forebyggende tiltag såsom tekniske hjælpemidler og personlige værnemidler.

Projektet har resulteret i foreløbig 4 publicerede videnskabelige artikler med peer-review, 1 offentligt tilgængelig rapport, et fakta-ark og andre formidlingsaktiviteter. Derudover indeholder NFAs gratis Safety Observer App nu et modul tilpasset

systematiske sikkerhedsrunderinger ved krom-6 eksponering. Herudover er yderligere 2 videnskabelige artikler under udarbejdelse.

Beskæftigelsesministeren orienterede Folketingets Beskæftigelsesudvalg om resultaterne fra SAM-Krom-projektet, og resultaterne indgik i grundlaget for den nye danske grænseværdi for krom-6. Den nye grænseværdi på 0,25 µg/m<sup>3</sup> trådte i kraft den 1. januar 2025.

# Summary

The purpose of the project was to assess occupational exposure to chromium-6 and evaluate preventive measures in workplaces in Denmark.

The study shows that workers in Denmark may be exposed to chromium-6 through the airways in three main scenarios:

1. During intentional use of chromium-6 compounds in the production of products.
2. During handling of products containing chromium-6, including maintenance and disposal.
3. During processing of materials containing metallic chromium and chromium-3 in processes that result in the formation of chromium-6.

It was established that there is no production of chromium-6 compounds in Denmark.

The biomonitoring component of the SAM-Krom project was coordinated with the Swedish project SafeChrom. The SAM-Krom biomonitoring study, which included a total of 60 participants, revealed that 5 out of 24 air measurements in the breathing zone of workers with potential chromium-6 exposure exceeded the Danish occupational exposure limit of 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  applicable at the time, during the measured period. Additionally, 6 out of 8 air measurements in the breathing zone of students during manual metal arc (MMA) welding of stainless steel at technical vocational schools also exceeded the limit in the measured period.

The results indicate that chrome platers in Denmark are exposed to chromium-6. This is evidenced by relatively high levels of chromium in urine, chromium in red blood cells, and increased levels of micronuclei. Chromium levels in urine exceeded the French biological exposure limit of 2.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ , suggesting that exposure pathways other than inhalation may also be present.

For welders, no statistically significant increases in chromium levels were observed compared to internal controls within the companies. However, urine samples from welders showed levels consistent with results from the European HBM4EU project and higher than levels in the Swedish SafeChrom project.

During planned site visits, a high degree of effective use of preventive measures was generally observed in connection with chrome plating. These measures included the use of technical aids such as ventilation, plastic balls, and coverings, as well as personal protective equipment. Conversely, the effective use of preventive measures during welding of stainless steel was lower.

Biomarkers for exposure, reflecting both recent exposure (chromium in urine) and exposure within the past four months (chromium in red blood cells), indicate variations in compliance with occupational safety and health prevention measures.

The project has so far resulted in four published peer-reviewed scientific articles, one public available report, a fact sheet, and other dissemination activities. Moreover, NFA's

free Safety Observer App now includes a module tailored to carrying out systematic safety rounds for chromium-6 exposure. In addition, two more scientific articles are currently in preparation.

The Minister of Employment informed the Danish Parliament's Employment Committee about the findings of the SAM-Krom project, and the results contributed to the foundation for the new Danish occupational exposure limit for chromium-6. The new limit of 0.25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  came into effect on January 1, 2025.



# 1. Indledning

Eksposering for krom-6 øger risikoen for lungekræft (IARC, 2012), men der er meget begrænset kendskab til den nuværende eksposering for krom-6 på arbejdspladser i Danmark. Eksposering for krom-6 kan forekomme i forskellige industrielle processer, såsom krombelægning og svejsning af rustfrit stål. De primære veje for erhvervsmæssig eksposering for krom-6 er indånding og kontakt med huden (IARC, 2012). Derudover kan hånd-til-mund-eksposering resultere i eksposering for mave-tarmkanalen.

I Den Europæiske Union (EU) er erhvervsmæssig eksposering for krom-6 reguleret både på europæisk niveau og gennem nationale grænseværdier for erhvervsmæssig eksposering i nogle medlemsstater. Den nuværende EU-grænseværdi for krom-6 er  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som netop er blevet reduceret til  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2025 (EU, 2019). Sverige har en grænseværdi på  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , og Frankrig, Nederlandene (Viegas et al., 2022) og Danmark implementerede i 2020 en grænseværdi på  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Beskæftigelsesministeriet, 2020). Den danske grænseværdi er netop pr. 1. januar 2025 blevet yderligere sænket til  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Beskæftigelsesministeriet, 2024).

Krom i urinen bruges ofte som en biomarkør for intern eksposering for krom-6 (Verdonck et al., 2021). Ud over reguleringen af luftbåren eksposering for krom-6 har nogle europæiske lande også implementeret biologiske grænseværdier for erhvervsmæssig eksposering ved hjælp af krom i urin som biomarkør for krom-6. Frankrig og Finland har implementeret biologiske grænseværdier på henholdsvis  $2,5 \mu\text{g}/\text{L}$  og  $10 \mu\text{g}/\text{L}$ , svarende til deres grænseværdier på  $1$  og  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dog afspejler krom i urinen både eksposering for krom-6 og krom-3.

Kromindholdet i de røde blodlegemer er blevet brugt som en specifik markør for krom-6-eksposering, da kun krom-6 og ikke krom-3 kan krydse membranen på de røde blodlegemer (erytrocytter). Indholdet af krom i røde blodlegemer afspejler den akkumulerede eksposering over de foregående 4 måneder, svarende til deres levetid (Ndaw et al., 2022).

Foruden biomarkører for intern eksposering kan nogle tidlige biologiske effekter også vurderes fra de samme humane prøver, dvs. blod. Mikrokerner i forstadier til modne røde blodlegemer (perifere blodretikulocytter) afspejler genotoksicitet i knoglemarven cirka tre dage før prøvetagning (Abramsson-Zetterberg et al., 2000).

'Sikkert Arbejde Med Krom 6' (SAM-Krom) projektet blev igangsat som svar på bekymringer i Danmark om risikoen for erhvervsmæssig eksposering for krom-6 i arbejdsmiljøet. Projektets overordnede formål var at vurdere erhvervsmæssig eksposering for krom-6 og om forebyggende tiltag, der sigter mod at minimere arbejdstagernes eksposering for krom-6, var til stede.

## 2. Formål

Formålet med SAM-Krom projektet var at vurdere den erhvervsmæssige udsættelse for krom-6 og undersøge de forebyggende tiltag på danske arbejdspladser.

## 3. Fremgangsmåde og diskussion af resultater

Projektets aktiviteter var følgende:

Fase 1: Kortlægning af eksisterende viden om udsættelse for krom-6.

Fase 2: Planlægning af målinger og observationsstudie, herunder pilotstudie med luftmålinger og observationer på et begrænset antal virksomheder.

Fase 3: Luftmålinger, biomonitering og observationsstudie på en række danske virksomheder.

Fase 4: Udarbejdelse af vejledningsmateriale og formidling af projektets resultater.

Projektgruppen har løbende afholdt møder med projektets interessentgruppe for at diskutere de opnåede resultater og projektets videre aktiviteter. Desuden har interessentgruppen kommenteret på udkast til projektets fase 1 og fase 2 rapport, og kommentarerne er blevet adresseret i de endelige rapporter (Højriis et al., 2020; Koponen et al., 2021).

### 3.1. Kortlægning af eksisterende viden om udsættelse for krom-6 i Danmark (fase 1)

Første fase i projektet var at foretage en kortlægning af den eksisterende viden om udsættelse for krom-6 i Danmark. Kortlægningen blev udarbejdet ved at foretage en gennemgang af den foreliggende litteratur samt bidrag fra brancheorganisationer, virksomheder og vidensinstitutioner. Den indeholder et overblik over relevante processer, hvor arbejdstagere potentielt kan eksponeres for krom-6 i arbejdsmiljøet, samt estimer over antal arbejdstagere i Danmark, som arbejder med disse processer.

Resultaterne fra kortlægningen er beskrevet kortfattet herunder. For en mere detaljeret gennemgang af resultaterne fra kortlægningen henvises til rapporten (Højriis et al., 2020).

Kortlægningen viste, at arbejdstagere i Danmark kan blive eksponeret for krom-6 via luftvejene i tre overordnede scenarier:

- 1) Ved tilsigtet brug af krom-6-forbindelser ved produktion af produkter.
- 2) Ved håndtering af produkter indeholdende krom-6, herunder vedligeholdelse og bortskaffelse af produkter.
- 3) Ved bearbejdning af materialer, som indeholder metallisk krom og krom-3, med processer som fører til dannelse af krom-6.

Der foregår ikke produktion af krom-6-forbindelser i Danmark. I rapportens Tabel 0.1, som er gengivet nedenfor i Tabel 1, findes en sammenfatning af kortlægningens

resultater, hvad angår antal virksomheder og arbejdstagere, anvendte værnemidler, identificerede muligheder for eksponeringsreduktioner og målte eksponeringsniveauer af krom-6 i Danmark. De typiske risikoforanstaltninger og værnemidler er beskrevet overordnet på baggrund af oplysninger fra brancherne.

**Table 1.** Sammenfatning af antal virksomheder, antal arbejdstagere, identificerede muligheder for reduktion og eksponeringsniveauer af krom-6 i Danmark (fra Fase 1 rapport)(Højriis et al., 2020)

Proces	Antal virksomheder	Antal udsatte arbejdstagere *	Muligheder for reduktion af luftvejseksponering	Typiske risikoforanstaltninger og værnemidler - luftvejseksponering **	Eksponeringsniveau i DK
Kromatering	7-10 *****	70-270	Substitution af krom 6 til krom 3	Procesudsugning og støvmaske ved håndtering af kromtrioxid-flager og maske ved håndtering af kromkoncentrat  (overdækning af kar)	Stationære målestationer: 0,12-2,0 µg/m <sup>3</sup>  Målinger med personbåret udstyr: < 0,2-2,9 µg/m <sup>3</sup>
Glansforkromning	3-5 *****	5-10	Substitution af krom 6 til krom 3		
Hårdforkromning	5-7 *****	10-49	Optimering af PVM og automatisering af processer		
Proces	Antal virksomheder	Antal udsatte arbejdstagere *	Muligheder for reduktion af luftvejseksponering	Typiske risikoforanstaltninger og værnemidler - luftvejseksponering **	Eksponeringsniveau i DK
Svejsning, termisk skæring og slibning (i rustfrit stål)	500-2.000	5.000-20.000	Optimering af PVM og automatisering af processer	Lokaludsug, procesudsugning  (Friskluftforsyning, masker med kulfilter) ****	ingen data
Støbning (i rustfrit stål)	3	36-96	Optimering af PVM og automatisering af processer	(Procesudsugning og friskluftforsyning)	ingen data
Termisk sprøjtning***	100-150	100-450	Optimering af PVM og automatisering af processer	Procesudsugning (masker med friskluftforsyning)	ingen data
Maling	10-100	50-500	Substitution af krom 6 til andre pigmenter	Procesudsugning, masker med friskluftforsyning	ingen data
Andre	< 6	30-150	Detaljer er fortrolige	(Procesudsugning, lukkede og/eller afskærmede procesanlæg, og andre værnemidler fx i form af masker)	ingen data
I alt (afrundet)	630-2.280	10.300-21.500			

\*Dette tal er et estimat for, hvor mange som kan blive udsat for krom-6 i kortere eller længere tid i løbet af en arbejdsdag. Der vil være nogle arbejdstagere, som arbejder mindre end 7-8 timer om dagen ved den givne proces, men der vil også kunne ske eksponering, hvis andre i lokalet udfører arbejdsprocesser, som emitterer krom-6.

\*\* ( ): Ikke anvendt i alle adspurgte virksomheder

\*\*\* Termisk sprøjtning er en proces, som anvendes til at påføre et ydre metallisk lag på et emne.

\*\*\*\* Kulfitre beskytter ikke mod krom-6, men anvendes til beskyttelse mod andre stoffer.

\*\*\*\*\* Processerne vil i begrænset omfang også kunne foregå i små afdelinger af større virksomheder. Antallet af disse er ikke opgjort.

Som det fremgår af Tabel 1 udgør svejsning, termisk skæring og slibning i rustfrit stål den største gruppe med potentiel krom-6 eksponering med et anslået antal arbejdstagere på 5.000-20.000 fordelt på 500-2.000 virksomheder.

Hårdforkromning, glansforkromning og kromatering er tre galvaniske processer, hvor krom-6 anvendes i processen. For disse type processer anslås det samlede antal medarbejdere, der kan eksponeres for krom-6, at være i intervallet 85-329 fordelt på 15-22 virksomheder. Mens der ved glansforkromning og kromatering er mulighed for at substituere krom-6 med krom-3, er det på nuværende tidspunkt ikke muligt at substituere krom 6 ved hårdforkromningsprocessen med et andet stof. Det anslås at antallet af ansatte i hårdforkromningsbranchen udgøres af 10-49 medarbejdere fordelt på 5-7 virksomheder.

Desuden er der i Tabel 1 estimater for processerne støbning, termisk sprøjtning og maling.

Der blev ikke identificeret danske eksponeringsdata for nogen af processerne ved kortlægningen på nær galvaniseringsprocesserne, hvor der blev identificeret ganske få måledata.

## **3.2. Pilotstudie – eksponeringsmålinger (fase 2)**

Der blev i projektets anden fase udført målinger af luftbåren krom-6 og total-krom på en række danske virksomheder. Formålet var at komme med anbefalinger til målingerne i hovedstudiet (fase 3).

Virksomheder og processer blev udvalgt således, at de opfyldte følgende kriterier:

Arbejdet indebærer særlig risiko eksponering over for krom-6 og:

1. arbejdet er udbredt på et større antal danske arbejdspladser, eller
2. eksponering forekommer tilbagevendende for de involverede arbejdere.

Valg af processer blev endvidere støttet af gruppens interessentgruppe på møde afholdt 6. februar 2020.

Nedenfor beskrives hovedresultaterne. En mere detaljeret beskrivelse findes i fase 2 rapporten, som er fortrolig af hensyn til de medvirkende virksomheder (Koponen et al., 2021).

Målingerne i pilotstudiet er udført for krom-6 og total-krom på 4 forskellige virksomheder, hvor ventilations- og arbejdspladsforholdene varierede sådan, at de på de givne måledage var repræsentative for de givne procesbetingelser. Målingerne i pilotstudiet er gennemført i form af 17 stationære målinger, dels i form af near-field målinger (tæt på kilden) og dels i form af far-field målinger (tæt på arbejdsplads, som er i samme lokale men ikke tæt på/direkte påvirket af kilden).

Yderligere detaljer vedrørende målingerne kan findes i den videnskabelige artikel (Saber et al., 2024).

På baggrund af fase 2 resultaterne anbefaledes det at udvælge virksomheder til fase 3 på følgende måde:

*"Resultaterne af målingerne indikerer, at den nye grænseværdi for krom-6 på 0,001 mg/m<sup>3</sup> på de givne virksomheder og under de givne forhold vil kunne overholdes i forbindelse med TIG svejsning, MAG svejsning, hårdforkromning og termisk sprøjtning. En nærmere vurdering afventer dog de personbårne målinger, som skal udføres under fase 3.*

*I fase 3 skal der udføres såvel biomonitering som luftmåling på udvalgte arbejdspladser. Med hensyn til valg af svejsevirkomheder anbefales det, at der i fase 3 fokuseres på MAG svejsning, og – i det omfang der er muligt – MMA. TIG svejsning anbefales udeladt i fase 3, da målingerne på TIG svejsning i fase 2 har bekræftet den antagelse, at TIG svejsning ikke medfører kraftig eksponering for krom 6." (Koponen et al., 2021).*

### **3.3. Hovedstudie: Biomonitering, eksponering og observationer (fase 3)**

Formålet med projektets hovedstudie (fase 3) var at udføre et biomoniteringsstudie på deltagere med ansættelse i metalindustrien (fordelt på deltagere uden krom-6 udsættelse og deltagere med potentiel krom-6 udsættelse) sammenholdt med eksponeringsmålinger og observationer af forebyggende tiltag på de deltagende virksomheder.

Deltagerne blev rekrutteret fra seks geografisk spredte virksomheder i Danmark inden for brancherne 'Fremstilling og forarbejdning af metalprodukter' og 'Hårdforkromning', samt en teknisk erhvervsskole. I alt 60 personer deltog i projektet, heraf 28 arbejdere og 8 lærlinge med potentiel krom-6 eksponering, og 24 var interne kontrolpersoner fra virksomhederne eller erhvervsskolen.

Vi målte krom-6 i luften, hvor der blev udført arbejde med krom-6. Målingerne blev både foretaget i indåndingszonen og ved stationære målinger passende steder i virksomhederne. Derudover foretog vi biologiske målinger på medarbejderne fra virksomhederne (blod og urin samt en biomarkør for kræftfremkaldende påvirkning (mikrokerner)).

Resultaterne er beskrevet i detaljer i den videnskabelige artikel (Saber et al., 2024). De vigtigste konklusioner er sammenfattet herunder.

Resultaterne viser, at:

- 5 ud af 24 luftmålinger i indåndingszonen fra medarbejdere med mulig krom-6-udsættelse var højere end den på måletidspunktet gældende danske grænseværdi på 1 µg/m<sup>3</sup> i den målte tidsperiode (ved den gældende

grænseværdi på 0,25 µg/m<sup>3</sup> fra 1. januar 2025 var 14 ud af 24 målinger over grænseværdien).

- 6 ud af 8 luftmålinger i indåndingszonen fra elever under undervisning i MMA-svejsning i rustfrit stål på den tekniske erhvervsskole var højere end den på måletidspunktet gældende danske grænseværdi på 1 µg/m<sup>3</sup> i den målte tidsperiode (ved den netop indførte grænseværdi på 0,25 µg/m<sup>3</sup> fra 1. januar 2025 var 8 ud af 8 målinger over grænseværdien).
- På hårdforkromningsvirksomhederne havde de medarbejdere, som arbejdede med krom-6, forhøjede niveauer af krom i urin og blod og forhøjede niveauer af en biomarkør for kræftfremkaldende påvirkning. Det er udtryk for, at de var erhvervsmæssigt eksponeret for krom-6 – og at evt. forebyggende tiltag ikke har været tilstrækkelige (fx ventilation, åndedrætsværne, arbejdstøj) i den foregående arbejdsperiode (op til 4 måneder).
- På virksomheder i branchen 'Fremstilling og forarbejdning af metalprodukter' havde de medarbejdere, som arbejdede med krom-6, ikke forhøjede niveauer af krom i urin og blod og ikke forhøjede niveauer af en biomarkør for kræftfremkaldende påvirkning – og kan have haft gavn af evt. forebyggende tiltag i den foregående arbejdsperiode (op til 4 måneder).
- Der under de annoncerede besøg på virksomhederne var en relativ høj grad af forebyggende tiltag mod udsættelse for krom-6 i begge brancher, fx ved effektivt brug af tekniske hjælpemidler og personlige værnemidler.

### **3.4. Vejledningsmateriale og øvrig formidling (fase 4)**

Vi drøftede ønsker til vejledningsmateriale på baggrund af projektets resultater ved interessentgruppemøder - afholdt løbende i projektets levetid.

Ved interessentgruppemødet den 22. marts 2023 var der enighed om, at projektets resultater og konklusioner skulle præsenteres i et NFA faktaark, hvori der beskrives måleresultater og under hvilke forudsætninger, de er udført, samt de konklusioner der kan udtrages vedrørende forebyggende tiltag. Desuden var der ønske om, at en 'Krom-6 sikkerhed' skabelon til sikkerhedsrunderinger gøres tilgængelig i NFAs app Safety Observer 3.0 ([nfa.dk/safetyobserver](https://nfa.dk/safetyobserver)).

#### **3.4.1 Faktaark**

Vi har udarbejdet et NFA-faktaark indeholdende biomoniterinstudiets vigtigste konklusioner og en række metoder, som virksomhederne kan bruge for at mindske udsættelsen for krom-6. Faktaarket kan downloades her:

<https://bm.dk/media/p13ggmqw/nfa-faktaark-om-resultater-fra-sam-krom-biomoniteringsstudie.pdf>

#### **3.4.2 NFAs app Safety Observer 3.0**

Et skabelon omhandlende sikkerhedsrundering ifm. arbejde med krom-6 er blevet tilgængeligt i NFAs gratis Safety Observer app (<https://nfa.dk/safetyobserver>).

Skabelonen omhandler systematiske registrering af 24 observationspunkter omhandlede 6 temaer: 1) Tekniske hjælpemidler, maskiner og værktøjer; 2) Fysiske forhold for at arbejde med krom-6; 3) Orden og ryddelighed; 4) Personlige værnemidler; 5) Velfærdsforanstaltninger; og 6) Førstehjælp.

### **3.4.3 Formidling til deltagende virksomheder og erhvervsskole**

Da resultaterne fra biomoniteringsstudiet forelå, afholdt vi præsentationer ved fysiske og/eller onlinemøder for de deltagende hårdforkromningsvirksomheder og deres ansatte i februar 2024. Ved disse møder kunne deltagerne spørge ind til resultaterne, og der deltog en arbejdsmediciner tilknyttet projektet for at kunne svare på lægelige spørgsmål relateret til undersøgelsens resultater. Desuden sendte vi skriftlig information om gennemsnitsresultater for den enkelte virksomhed til deltagerne i e-boks. De deltagere, som ønskede det, fik herefter mulighed for at få tilsendt deres individuelle resultater via e-boks.

I forbindelse med udgivelsen af den videnskabelige artikel i september 2024, fik alle deltagere fra biomoniteringsstudiet tilsendt faktaarket beskrevet i afsnit 3.4.1.

Desuden har vi besøgt den deltagende tekniske erhvervsskole for at præsentere resultaterne og diskutere mulige tiltag for at øge sikkerheden ved opgaver med mulig krom-6 eksponering.

### **3.4.4 Formidling til politiske beslutningstagere og myndigheder**

Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen blev som interessentgruppens andre medlemmer løbende orienteret i forbindelse med afholdelsen af interessentgruppemøder. Derudover blev Arbejdstilsynet og Beskæftigelsesministeriet orienteret om projektets resultater via orienteringssager. Desuden orienterede Beskæftigelsesministeren Folketingets Beskæftigelsesudvalg om fundene i forbindelse med publiceringen af den videnskabelige artikel.

### **3.4.5 Koordineret formidling ved offentliggørelse af videnskabelig artikel**

I forbindelse med publiceringen af den første videnskabelige artikel indeholdende hovedresultaterne i SAM-Krom projektet, havde vi en koordineret formidling den 23.-24. september 2024, som bestod af følgende (flere af elementerne er allerede beskrevet ovenfor):

- Videnskabelig artikel om SAM-Krom blev publiceret 23-09-2024 kl. 8:00: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2024.114444>
- NFA faktaark udgivet den 23-09-2024 - : <https://bm.dk/media/p13ggmqw/nfa-faktaark-om-resultater-fra-sam-krom-biomoniteringsstudie.pdf>

- Skabelonen om 'Krom-6 sikkerhed' til systematiske sikkerhedsrunderinger med NFAs gratis Safety Observer app blev udgivet 23-09-2024 (<https://nfa.dk/safetyobserver>)
- Information om projektets resultater (faktaark) sendt i e-boks til deltagerne i projektet 23-09-2024, kl. 8:15
- Folketingets Beskæftigelsesudvalg blev orienteret d. 23-09-2024
- SAM-Krom interessentgruppemøde på NFA d. 23-09-2024 kl. 9:00-11:00
- NFA-hjemmeside nyhed d. 24-09-2024: [Forskere undersøger udsættelse for krom-6 på danske arbejds-pladser \(nfa.dk\)](#)

### **3.5. Samarbejdet med det svenske søsterprojekt SafeChrom**

Der har været en stærk synergi mellem SAM-Krom projektet og det svenske søsterprojekt SafeChrom. Vi har bl.a. publiceret 4 artikler med forfattere fra begge projekter, 1 artikel er indsendt til tidsskrift, mens mindst 2 yderligere fælles artikler er planlagt (se rapportens afsnit 5.1. og 5.2).

I den svenske SafeChrom undersøgelse er der foretaget luftmålinger af krom-6 eksponering blandt 113 medarbejdere på 14 virksomheder fordelt over hele Sverige inden for brancherne 'fremstilling og forarbejdning af metalprodukter', 'stålproduktion' og 'hårdforkromning'. I studiet indgår også 72 medarbejdere på kontrolvirksomheder uden udsættelse for krom-6. Nedenfor er en kortfattet gennemgang af studiet, mens en detaljeret gennemgang kan læses i den videnskabelige artikel (Jiang et al., 2024).

Hovedkonklusionerne viser bl.a., at nogle medarbejdere på svenske arbejdspladser var udsat for niveauer af krom-6, som lå over både den danske og svenske grænseværdi. 19 pct. af medarbejderne var udsat for luftkoncentrationer, der var højere end den danske grænseværdi på  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som var gældende på måletidspunktet, og 7 pct. var udsat for luftkoncentrationer, der var højere end den svenske grænseværdi ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Den svenske grænseværdi på  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er 5 gange højere end den gældende danske grænseværdi ved projektets eksponeringsmålinger ( $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 37 % af målingerne overskred den nyimplementerede grænseværdi for krom-6 i Danmark ( $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Medarbejdere, som arbejdede i lokaler uden tilstrækkelig lokal ventilation var udsat for højere krom-6 koncentrationer i indåndingszonen og havde højere niveauer af krom i urin og krom-6 i blodceller sammenlignet med medarbejdere, som arbejdede i lokaler med tilstrækkelig ventilation. Tilstrækkelig ventilation var defineret som ventilationsforhold, som gjorde at brugen af personlige værnemidler ikke var påkrævet.



## 4. Konklusioner

Kortlægningen viser, at arbejdstagere i Danmark kan blive eksponeret for krom-6 gennem luftvejene i tre hovedscenarier:

4. Ved tilsigtet brug af krom-6-forbindelser ved produktionen af produkter.
5. Ved håndtering af produkter, der indeholder krom-6, herunder vedligeholdelse og bortskaffelse.
6. Ved bearbejdning af materialer, som indeholder metallisk krom og krom-3, i processer, der fører til dannelse af krom-6.

Det blev konstateret, at der ikke foregår produktion af krom-6-forbindelser i Danmark.

SAM-Krom-biomoniteringsundersøgelsen viser, at hårdforkromere i Danmark er erhvervsmæssigt eksponerede for krom-6. Dette fremgår af relativt høje niveauer af krom i urin, krom i røde blodceller og øgede niveauer af mikrokerner. Kromniveauerne i urin oversteg den franske biologiske grænseværdi på 2.5 µg/L, hvilket antyder, at der også kan være andre eksponeringsveje end indånding.

For svejsere blev der ikke observeret statistisk signifikante stigninger i kromniveauer sammenlignet med interne kontroller i virksomhederne. Dog viste urinprøver fra svejsere niveauer, der var på linje med resultaterne fra det europæiske projekt HBM4EU og højere end niveauerne i det svenske SafeChrom.

Ved de planlagte besøg blev der generelt observeret en høj grad af effektiv brug af forebyggende tiltag i forbindelse med hårdforkromning. Dette inkluderede brug af tekniske hjælpemidler som ventilation, plastikkugler og afdækninger samt personlige værnemidler. Til gengæld var den effektive brug af forebyggende tiltag ved svejsning i rustfrit stål lavere.

Biomarkører for eksponering, der afspejler både nylig eksponering (krom i urin) og eksponering inden for de seneste fire måneder (krom i røde blodceller), indikerer variationer i overholdelsen af sikkerhedsforanstaltninger.

## 5. Perspektivering

Projektet SAM-Krom blev igangsat grundet et stort fokus på krom-6 eksponering og potentielle helbredseffekter på danske arbejdspladser. I starten af projektets levetid blev en ny grænseværdi på 1 µg/m<sup>3</sup> fastsat (Beskæftigelsesministeriet, 2020). Ved sammenligning blev det besluttet, at grænseværdien efter 4 år skulle sænkes yderligere til 0,25 µg/m<sup>3</sup>, medmindre der skulle være tekniske, økonomiske eller kontroltekniske hensyn, der gjorde, at dette ikke var muligt. Den danske grænseværdi er netop her kort efter projektets afslutning blevet sænket til 0,25 µg/m<sup>3</sup> gældende fra 1. januar 2025 (Beskæftigelsesministeriet, 2024).

Vores resultater viste, at 5 ud af 24 (21 %) luftmålinger foretaget i medarbejdernes indåndingszone i den målte periode oversteg grænseværdien på 1 µg/m<sup>3</sup>. Derudover lå

14 af de 24 målinger (58 %) over den nye grænseværdi på 0,25 µg/m<sup>3</sup>, som trådte i kraft den 1. januar 2025. SAM-Krom projektet bidrog med viden om eksponeringsniveauer, og denne viden indgik i beslutningsgrundlaget for revisionen af grænseværdien for krom-6.

Resultaterne fra observationsdelen af studiet understreger behovet for et mere konsekvent fokus på forebyggende tiltag (fx tekniske hjælpemidler, personlige værnemidler). En indsats i overensstemmelse med de højeste niveauer i kontrolhierarkiet, såsom substitution af krom-6 og automatisering, vil sandsynligvis kunne reducere erhvervsmæssig eksponering for krom-6. Krom-6 skabelon i NFAs Safety Observer app gør det nemmere for virksomhedernes sikkerhedsorganisationer at implementere og håndhæve brug af forebyggende tiltag.

Samarbejdet med det svenske projekt SafeChrom har givet vigtig viden om forskelle i sikkerhedskultur, og vi forventer at analyserne af de samlede kohorter vil give mere viden om arbejdsmiljøeksponeringer.

## 5. Publikationer og produkter fra projektet

### 5.1. Peer reviewede accepterede videnskabelige artikler

Saber, A.T., Levin, M., Kines, P., Aimonen, K., Givelet, L., Andersen, C., Huusom, A.J., Caroe, T., Ebbehøj, N.E., Christensen, F.M., Jiang, Z., Lundh, T., Tinnerberg, H., Albin, M., Engfeldt, M., Broberg, K., Catalan, J., Loeschner, K., Fuglsang, K., Vogel, U., 2024. The SAM-Krom biomonitoring study shows occupational exposure to hexavalent chromium and increased genotoxicity in Denmark. *Int J Hyg Environ Health*, 114444.

Jiang, Z., Schenk, L., Assarsson, E., Albin, M., Bertilsson, H., Dock, E., Hagberg, J., Karlsson, L.E., Kines, P., Kraus, A.M., Ljunggren, S., Lundh, T., Modig, L., Moller, R., Pineda, D., Ricklund, N., Saber, A.T., Storsjö, T., Amir, E.T., Tinnerberg, H., Tondel, M., Vogel, U., Wiebert, P., Broberg, K., Engfeldt, M., 2024b. Hexavalent chromium still a concern in Sweden - Evidence from a cross-sectional study within the SafeChrom project. *Int J Hyg Environ Health* 256, 114298.

Jiang, Z., Person, R., Lundh, T., Pineda, D., Engfeldt, M., Kraus, A.M., Hagberg, J., Ricklund, N., Vogel, U., Saber, A.T., Tondel, M., Albin, M., Broberg, K., SafeChrom Project, T., 2024a. Circulating lung-cancer-related non-coding RNAs are associated with occupational exposure to hexavalent chromium - A cross-sectional study within the SafeChrom project. *Environment international* 190, 108874.

Jiang, Z., Pan, M., Liu, Y., Lundh, T., Pineda, D., Schenk, L., Saber, A.T., Vogel, U., Ljunggren, S., Ricklund, N., Engfeldt, M., Kraus, A.M., Broberg, K., SafeChrom Project Team, 2025. Integrative analyses of circulating microRNA expression profile in

hexavalent chromium exposed workers - a cross-sectional study within the SafeChrom project Journal of Hazardous Materials (in press)

## 5.2. Konferencebidrag

Præsentation af SAM-Krom projektet ved HBM4EU Nordic Workshop, 24. maj 2021, København. Titel: The Danish Chromium (VI) study and other ongoing NRCWE activities related to HBM4EU. Anne Thoustrup Saber, Maria Helena Guerra Andersen, Marie Frederiksen, Karin Sørig Hougaard og Ulla Vogel

## 5.3. Populærvidenskabelig formidling

Populærvidenskabelig artikel: Planlagt indsendelse til Miljø og Sundhed i april 2025 (kommende deadline). Tentativ titel: Resultater fra biomonitoringsstudiet SAM-Krom

Den videnskabelige publikation blevet formidlet på det sociale medie LinkedIn (september 2024). Profil tilhørende NFAs professor Ulla Vogel.

Projektet har været medvirkende til en ny sænket grænseværdi for krom-6 i Danmark fra d. 1. januar 2025. Dette er formidlet på det sociale medie LinkedIn (januar 2025). Profil tilhørende NFAs professor Ulla Vogel.

Presseomtale i Chemical Watch (11. oktober 2024): [Worker exposure to chromium high despite safety measures, Danish study finds](#)

## 5.5. Rapporter

### Fase 1 rapport: Kortlægning

Kortlægning af eksisterende viden om udsættelse for krom 6 i Danmark SAM-Krom. Udarbejdet af: Sara Højriis, Carsten Lassen og Frans Christensen, COWI a/s med bidrag fra: Karsten Fuglsang og Ismo Koponen, Force Technology. Maj 2020 (tilgængelig på AMFFs hjemmeside på linket:

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjh mL-O7veKAxU5VPEDHUEuNKgQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Famff.dk%2Fmedia%2F13783%2Fsam-krom\\_delrapport\\_fase-1\\_kortlaegning-af-krom-6.pdf&usq=AOvVaw3pEoCD250Xh-nUGlpbEXLL&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjh mL-O7veKAxU5VPEDHUEuNKgQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Famff.dk%2Fmedia%2F13783%2Fsam-krom_delrapport_fase-1_kortlaegning-af-krom-6.pdf&usq=AOvVaw3pEoCD250Xh-nUGlpbEXLL&opi=89978449)

**Fase 2 rapport.** Pilotmålinger. Udarbejdet af: Ismo Koponen, Karsten Fuglsang, Force Technology med bidrag fra: Frans Christensen, COWI A/S (konfidentiel rapport som

indeholder sammenskrivningen af måleresultaterne fra SAM-Krom projektets pilotstudie (fase 2)(konfidentiel)

**Fase 3 rapport** er efter aftale med AMFF erstattet af den videnskabelige artikel (som også er nævnt i 5.1):

Saber, A.T., Levin, M., Kines, P., Aimonen, K., Givelet, L., Andersen, C., Huusom, A.J., Caroe, T., Ebbehøj, N.E., Christensen, F.M., Jiang, Z., Lundh, T., Tinnerberg, H., Albin, M., Engfeldt, M., Broberg, K., Catalan, J., Loeschner, K., Fuglsang, K., Vogel, U., 2024. The SAM-Krom biomonitoring study shows occupational exposure to hexavalent chromium and increased genotoxicity in Denmark. Int J Hyg Environ Health, 114444. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463924001251?via%3Dihub>

## 5.6 Vejledning

**NFA Faktaark:** SAM-Krom biomonitoringsstudie viser erhvervsmæssig udsættelse for krom-6 og tegn på kræftfremkaldende påvirkninger

[https://nfa.elsevierpure.com/ws/portalfiles/portal/47046003/NFA-Faktaark-Samkrom\\_2024.pdf](https://nfa.elsevierpure.com/ws/portalfiles/portal/47046003/NFA-Faktaark-Samkrom_2024.pdf) (23-09-2024)

**NFA app:** 'Krom-6 sikkerhed' skabelon i NFAs gratis Safety Observer app til brug ved systematiske sikkerhedsrunderinger (<https://nfa.dk/safetyobserver>)

## 5.7 Mundtlig formidling

Projektet SAM-Krom er blevet formidlet ved følgende lejligheder:

- Præsentation for Kemikaliekontoret i Miljøstyrelsen den 13. november 2019. Anne Thoustrup Saber præsenterede SAM-Krom projektet.
- Temamøde på NFA 19. september 2019: Anne Thoustrup Saber holdt oplægget "To nye projekter om partikler i arbejdsmiljøet"
- Konference om kemi for 80 undervisere på Industriens Uddannelse i Svendborg den 25. september, 2024: Pete Kines holdt oplægget "Sikkerhedskultur og kemisk arbejdsmiljø", som bl.a. indeholdt en beskrivelse af resultaterne fra SAM-Krom projektet
- Interessentgruppemøde: Præsentation og diskussion af SafeChrom resultater ved Karin Broberg, Anne Thoustrup Saber, Pete Kines og Ulla Vogel den 22. januar 2024
- Resultatgennemgang ved fysiske eller onlinemøder for de deltagende hårdforkromningsvirksomheder og medarbejdere februar/marts 2024 (Anne Thoustrup Saber, Pete Kines, Niels Ebbehøj, Tanja Carøe og Ulla Vogel)

- Interessentgruppemøde: Præsentation og diskussion af SAM-Krom resultater ved Anne Thoustrup Saber, Pete Kines og Ulla Vogel den 1. marts 2024
- Interessentgruppemøde: Præsentation og diskussion af SAM-Krom resultater ved Anne Thoustrup Saber, Pete Kines og Ulla Vogel den 23. september 2024
- Karin Broberg har formidlet resultaterne fra SAM-Krom til Arbetsmiljövärket 20. september 2023 og Arbets- och miljömedicinska vårmötet 30.-31. maj 2024

Desuden er følgende formidling planlagt

- Faglig fredag på Arbejds- og miljømedicinsk afdeling, Bispebjerg Hospital (Anne Thoustrup Saber og Ulla Vogel er inviteret til at holde præsentation den 9. maj 2025)
- Temamøde på NFA (1. halvår 2025)(deltagelse ved fysisk fremmøde eller via webinar)

## Referencer

Abramsson-Zetterberg, L., Zetterberg, G., Bergqvist, M., Grawe, J., 2000. Human cytogenetic biomonitoring using flow-cytometric analysis of micronuclei in transferrin-positive immature peripheral blood reticulocytes. *Environ Mol Mutagen* 36, 22-31.

Beskæftigelsesministeriet, 2020. The limit value for chromium 6 in the working environment is tightened [Grænseværdi for chrom 6 i arbejdsmiljøet skærpes]. Beskæftigelsesministeriet.

Beskæftigelsesministeriet, 2024. Bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer (kemiske agenser) i arbejdsmiljøet, BEK nr 1619 af 19/12/2024.

EU, 2019. Directive (EU) 2019/130 of the European Parliament and of the Council of 16 January 2019 amending Directive 2004/37/EC on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work (Text with EEA relevance.). European Parliament, Council of the European Union.

Højriis, S., Lassen, C., Christensen, F., 2020. Mapping of existing knowledge on exposure to chromium 6 in Denmark Kortlægning af eksisterende viden om udsættelse for krom 6 i Danmark, Sikker arbejde med krom 6. COWI, Lyngby.

IARC, 2012. Chromium (VI) compounds, Arsenic, metals, fibres and dusts. International Agency for Research on Cancer, Lyon, pp. 147-168.

Jiang, Z., Schenk, L., Assarsson, E., Albin, M., Bertilsson, H., Dock, E., Hagberg, J., Karlsson, L.E., Kines, P., Kraus, A.M., Ljunggren, S., Lundh, T., Modig, L., Moller, R., Pineda, D., Ricklund, N., Saber, A.T., Storsjö, T., Amir, E.T., Tinnerberg, H., Tondel, M., Vogel, U., Wiebert, P., Broberg, K., Engfeldt, M., 2024. Hexavalent chromium still a

concern in Sweden - Evidence from a cross-sectional study within the SafeChrom project. *Int J Hyg Environ Health* 256, 114298.

Koponen, I., Fuglsang, K., Christensen, F., 2021. Measurements of total chromium and chromium and 6 in the working environment at selected companies [Målinger af total-krom og krom 6 i arbejdsmiljøet på udvalgte virksomheder], Lyngby.

Ndaw, S., Leso, V., Bousoumah, R., Rémy, A., Bocca, B., Duca, R.C., Godderis, L., Hardy, E., Janasik, B., van Nieuwenhuysse, A., Pinhal, H., Poels, K., Porras, S.P., Ruggieri, F., Santonen, T., Santos, S.R., Scheepers, P.T.J., Silva, M.J., Verdonck, J., Viegas, S., Wasowicz, W., Iavicoli, I., 2022. HBM4EU Chromates study - Usefulness of measurement of blood chromium levels in the assessment of occupational Cr(VI) exposure. *Environmental research* 214, 113758.

Saber, A.T., Levin, M., Kines, P., Aimonen, K., Givélet, L., Andersen, C., Huusom, A.J., Caroe, T., Ebbehøj, N.E., Christensen, F.M., Jiang, Z., Lundh, T., Tinnerberg, H., Albin, M., Engfeldt, M., Broberg, K., Catalan, J., Loeschner, K., Fuglsang, K., Vogel, U., 2024. The SAM-Krom biomonitoring study shows occupational exposure to hexavalent chromium and increased genotoxicity in Denmark. *Int J Hyg Environ Health*, 114444.

Verdonck, J., Duca, R.C., Galea, K.S., Iavicoli, I., Poels, K., Toreyin, Z.N., Vanoirbeek, J., Godderis, L., 2021. Systematic review of biomonitoring data on occupational exposure to hexavalent chromium. *Int J Hyg Environ Health* 236, 113799.

Viegas, S., Martins, C., Bocca, B., Bousoumah, R., Duca, R.C., Galea, K.S., Godderis, L., Iavicoli, I., Janasik, B., Jones, K., Leese, E., Leso, V., Ndaw, S., van Nieuwenhuysse, A., Poels, K., Porras, S.P., Ruggieri, F., Silva, M.J., Verdonck, J., Wasowicz, W., Scheepers, P.T.J., Santonen, T., Hbm Eu Chromates Study, T., 2022. HBM4EU Chromates Study: Determinants of Exposure to Hexavalent Chromium in Plating, Welding and Other Occupational Settings. *Int J Environ Res Public Health* 19.