

MAJ 2020

SIKKERT ARBEJDE MED KROM 6 (SAM-KROM)

# KORTLÆGNING AF EKSISTERENDE VIDEN OM UDSÆTTELSE FOR KROM 6 I DANMARK

SAM-KROM FASE 1 RAPPORT





MAJ 2020

SIKKERT ARBEJDE MED KROM 6 (SAM-KROM)

ADRESSE COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00  
FAX +45 56 40 99 99  
WWW cowi.dk

# KORTLÆGNING AF EKSISTERENDE VIDEN OM UDSÆTTELSE FOR KROM 6 I DANMARK

SAM-KROM FASE 1 RAPPORT

UDARBEJDET AF:

SARA HØJRIIS, CARSTEN LASSEN OG FRANS CHRISTENSEN, COWI A/S

MED BIDRAG FRA: KARSTEN FUGLSANG OG ISMO KOPONEN, FORCE TECHNOLOGY

*Ansvarsfraskrivelse: Vurderingerne i denne rapport er baseret på den viden, som var tilgængelig for COWI A/S på det tidspunkt rapporten blev skrevet. Rapporten er udarbejdet som fase 1 af forskningsprojektet SAM-KROM og er skrevet med henblik på at danne baggrund for de efterfølgende faser af projektet. COWI påtager sig intet ansvar for tredje parts brug af nærværende rapport.*

PROJEKTNR.

A123410

DOKUMENTNR.

02

VERSION

01

UDGIVELSESDATO

4. maj 2020

BESKRIVELSE

Fase 1 Delrapport, SAM-Krom

UDARBEJDET

CRL/SAHJ

KONTROLLERET

FMCH

GODKENDT

CRL

# Forord

Arbejdsmiljøforskningsfonden indkaldte i 2019 ansøgninger til et projekt til at belyse forekomsten af krom 6 i arbejdsmiljøet. Motivation i indkaldelsen var følgende: *"I forlængelse af den seneste tids drøftelse af risikoen for udsættelse for chrom 6 i arbejdsmiljøet, og det igangværende arbejde med at fastsætte en eventuel ny grænseværdi for chrom 6, har der været et ønske om at undersøge, om de forebyggende foranstaltninger med henblik på at minimere de ansattes udsættelse for chrom 6 er tilstrækkeligt effektive."*

Projektet "Sikkert Arbejde Med Krom 6 (SAM-Krom)" blev i efteråret 2019 tildelt midler til at gennemføre disse undersøgelser. Projektet gennemføres i et samarbejde mellem COWI, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA), FORCE Technology og DTU Foods.

Projektets aktiviteter er 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.

Projektet følges af en interessentgruppe, som på tidspunktet for færdiggørelse af denne rapport består af repræsentanter fra: CO-industri, Dansk Industri, Fagbevægelsens Hovedorganisation (FHO), 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), Arbejdstilsynet, Miljøstyrelsen, samt en række virksomheder.

Nærværende rapport er resultatet af projektets Fase 1.

# INDHOLD

Forord	4
Forkortelser og enheder	8
Sammenfatning	9
1 Indledning	12
1.1 Undersøgelsens baggrund, formål og metode	12
1.1.1 Baggrund	12
1.1.2 Formål	12
1.1.3 Metode	12
2 Eksponeringsniveauer og antal udsatte arbejdstagere i andre lande	14
2.1 Nationale opgørelser af eksponeringsniveauer	15
2.1.1 Frankrig	15
2.1.2 Italien	17
2.1.3 Tyskland	18
2.2 Andre målinger	20
2.2.1 Svejsning og skæreprocesser	21
2.2.2 Termisk sprøjtning	25
2.2.3 Galvaniske processer	26
2.3 Antal udsatte arbejdstagere	27
3 Krom 6 på danske arbejdspladser	29
3.1 Processer på danske arbejdspladser	29
3.2 Brug af krom 6-forbindelser i Danmark	30
4 Galvaniske processer	33
4.1 Processer	33
4.1.1 Kromatering	33

4.1.2	Glansforkromning	34
4.1.3	Hårdforkromning	34
4.1.4	Andre processer	34
4.1.5	Identificerede eksponeringsscenarier, samt anvendte risikoforanstaltninger og anvendte værnemidler	35
4.2	Eksponeringsniveauer i danske virksomheder	36
4.3	Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere	37
4.4	Alternativer	38
5	Bearbejdning af legeret stål (herunder rustfrit stål)	41
5.1	Svejsning, termiske skæring og slibning	42
5.1.1	Værnemidler og andre risikoforanstaltninger.	44
5.1.2	Eksponeringsniveauer i danske virksomheder	45
5.1.3	Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere	45
5.2	Støbning i rustfrit stål	46
5.2.1	Identificerede eksponeringsscenarier, samt anvendte risikoforanstaltninger og anvendte værnemidler	46
5.2.2	Eksponeringsniveauer	46
5.2.3	Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere	46
5.3	Termisk sprøjtning	47
5.3.1	Værnemidler og andre risikoforanstaltninger	48
5.3.2	Eksponeringsniveauer og risikoforanstaltninger	48
5.3.3	Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere	48
5.4	Bejdsning og elektroplering af rustfrit stål	49
5.5	Alternativer	49
6	Maling/lak	51
6.1	Processer	51
6.2	Eksponeringsniveauer og risikoforanstaltninger	53
6.3	Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere	53
6.4	Alternativer	54
7	Andre processer	55
7.1	Eksponeringsniveauer	55
7.2	Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere	55
7.3	Historiske anvendelser af krom 6	55

8	Referencer	57
	Bilag 1 Krom 6-forbindelser opført på Bilag 1 til kræftbekendtgørelsen	60
	Bilag 2 Krom 6-forbindelser på listen over godkendelsespligtige stoffer under REACH	64
	Bilag 3 Kildestyrke ved forskellige svejsetyper	66

## Forkortelser og enheder

AM	Aritmetisk middelværdi
CSR	Kemiske sikkerhedsrapport (chemical safety report)
DL	Detektionsgrænse (detection limit)
EU	Den Europæiske Union
GM	Geometrisk middelværdi
HVOF	High Velocity Oxygen Fuel: Termisk sprøjteproces med oxygenbrændstof ved høj hastighed
IFA	Institut für Arbeitsschutz
LOQ	Kvantifikationsgrænse (limit of quantification)
MEGA	Tysk database (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz)
NFA	Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø
P75, m.fl.	Angiver fraktilen i en fordeling - her 75% fraktilen; der anvendes tilsvarende P25, P90 og P95 i rapporten
REACH	EU's kemikalieforskrift (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical Substances)
Sam-Krom	Projektet Sikker Arbejde Med Krom 6
SIREP	Italiensk register af arbejdsmæssig eksponering for kræftfremkaldende stoffer
UC62	Kodesystem anvendt af de nordiske produktregistre

### **Svejsereprocesser:**

FCAW	Flux-cored lysbue svejsning (lysbue svejsning med vægeelektrode)
GMAW	Gas-Metal lysbue svejsning
MAG	Metal-Aktiv gas lysbue svejsning
MIG	Metal-Inaktiv gas lysbue svejsning
MMA	Manuel metal lysbue svejsning
PAW	Plasma lysbue svejsning
SAW	Neddykket (submerged) lysbue svejsning (pulversvejsning)
SMAW	Shielded Metal lysbue svejsning (lysbue svejsning med beklædte elektroder)
TIG	Tungsten-Inaktiv gas lysbue svejsning



## Sammenfatning

Nærværende kortlægning udgør Fase 1 i projektet "Sikkert Arbejde Med Krom 6" (Sam-Krom). Kortlægningen er blevet udarbejdet ved gennemgang af foreliggende litteratur og bidrag fra brancheorganisationer, virksomheder og vidensinstitutioner.

Rapporten indeholder et overblik over relevante processer, hvor arbejdstagere potentielt kan eksponeres for krom 6 (hexavalent krom eller Cr(VI)) i arbejdsmiljøet, samt estimater over antal arbejdstagere i Danmark, som arbejder med disse processer.

Under kortlægningen har det ikke været muligt at få repræsentative måledata for de identificerede processer i den danske industri. Der er fundet nogle få måledata fra den galvaniske industri, men grundet det lille antal, kan det ikke vurderes, i hvilken grad de er repræsentative. Kortlægningen omfatter derfor også en gennemgang af undersøgelser af eksponering for krom 6 i andre europæiske lande. Denne gennemgang har også været anvendt til at identificere, i hvilke danske brancher og processer, der vil kunne forventes eksponering for krom 6.

I Danmark kan arbejdstagere blive luftvejseksponeret for krom 6 i tre overordnede scenarier:

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

Der foregår ikke produktion af krom 6 forbindelser i Danmark.

En sammenfatning af kortlægningens resultater, hvad angår antal virksomheder og arbejdstagere, anvendte værnemidler, identificerede muligheder for eksponeringsreduktioner og målte eksponeringsniveauer i Danmark fremgår af Tabel 0.1. De typiske risikoforanstaltninger og værnemidler er beskrevet overordnet på baggrund af oplysninger fra brancherne. I projektets fase 3 "målinger og observationer" vil der indsamles mere detaljerede oplysninger om anvendte risikoforanstaltninger.

Svejsning, termisk skæring og slibning i rustfrit stål topper klart listen med anslået 5.000-20.000 arbejdstagere, der potentielt kan eksponeres for krom 6. Bearbejdning af rustfrit stål ved svejsning, termisk skæring og slibning sker indenfor en bred vifte af virksomheder. Vi vurderer, at den største industrielle sektor er produktion af procestekniske løsninger til fødevarerindustrien. Disse virksomheder aftager op til 70% af rustfrit stål fra danske stålgrossister. Andre processer, hvor der indgår rustfrit stål, og krom 6 kan dannes, er termisk sprøjtning og støbning. Det samlede antal potentielt eksponerede arbejdstagere ved disse processer anslås til 136-546. Der er ikke fundet danske måledata, men målinger i udlandet viser, at der kan være betydelige eksponeringskoncentrationer ved nogle typer af svejse- og skæreprocesser. Udenlandske målinger viser desuden potentielt meget høje eksponeringsniveauer ved termisk sprøjtning, men det er usikkert om arbejdstagere faktisk vil kunne blive udsat for disse niveauer, da processerne typisk foregår i kabiner. Det er uklart ud fra litteraturen, om støbning kan give anledning til væsentlige eksponeringsniveauer. For alle processerne gælder det, at der ikke umiddelbart er gode alternativer til rustfrit stål. Derimod er der mulighed for at reducere eksponeringen for arbejdstagere ved modifikation og optimering af relevante processer.

Anvendelse af krom 6 til produktionsprocesser foregår primært i den galvaniske sektor og i "andre processer". Der er identificeret tre galvaniske processer, hvor krom 6 anvendes i processen: Hårdforkromning, glansforkromning og kromatering. Det samlede antal medarbejdere, der kan eksponeres for krom 6 ved de tre galvaniske processer, anslås at være i intervallet 85-329. Danske målinger har vist eksponeringskoncentrationer ved galvaniske processer på op til 2,9 µg/m<sup>3</sup>, men der er kun få måledata tilgængelige. Udenlandske måledata sammenfattet i ansøgninger om godkendelse af kromtrioxid under REACH viser for de tre processer næsten samme gennemsnitlige eksponeringsniveauer, og niveauerne er meget godt i overensstemmelse med de få danske måledata. For flere af processerne er der over den seneste årrække sket en udfasning af krom 6 til fordel for krom 3. På nuværende tidspunkt kan krom 3 anvendes i langt de fleste glansforkromnings- og kromateringsprocesser. Ved anvendelse af krom 3 er der dog mindre afvigelser i farvenuancer og korrosionsbeskyttelse sammenlignet med anvendelse af krom 6. På nuværende tidspunkt kan brugen af krom 6 ved hårdforkromningsprocessen ikke substitueres med et andet stof, og der er ikke fundet teknologiske alternativer. Der er under REACH blevet tildelt godkendelse af brugen af kromtrioxid til alle de tre galvaniske processer.

Anvendelse og fjernelse af maling med kromatholdige malinger og lakker vurderes primært at kunne foregå i forbindelse med vedligeholdelse af køretøjer, men er inden for projektets rammer ikke undersøgt i detaljer. Anvendelse af blykromater til vedligeholdelse af køretøjer har haft en undtagelse i blybekendtgørelsen, og det er et mindre forbrug registreret i Produktregistret til dette formål. De to vigtigste blykromater har for nylig opnået godkendelse under REACH og kan i dag anvendes bredere end hidtil tilladt i Danmark. Der er kun identificeret én autolak i handelen, men det har inden for rammerne af denne undersøgelse ikke været muligt nærmere at undersøge omfanget af brugen af blykromater. Der har indtil for nylig været brug af dizinkkaliumdikromat<sup>1</sup> til priming i autobranschen, men denne anvendelse er ikke længere tilladt, da der ikke er ansøgt om godkendelse under REACH for anvendelsen. Der vil kunne være en mulig eksponering for kromater ved slibning på overflader behandlet med kromatholdige malinger/primere, men omfanget vurderes at være meget begrænset og er ikke undersøgt nærmere. "Andre processer" dækker over enkeltstående processer, som er identificerede i få virksomheder i Danmark. Disse processer er ikke beskrevet i nærværende kortlægning, da antallet af virksomheder er så få, at processerne ikke kan beskrives, uden at videregive oplysninger, der kan henføres til de enkelte virksomheder.

Tabel 0.1 Sammenfatning af antal virksomheder, antal arbejdstagere, identificerede muligheder for reduktion og eksponeringsniveauer i Danmark.

Proces	Antal virksomheder	Antal udsatte arbejdstagere *	Muligheder for reduktion af luftvejseksposering	Typiske risikoforanstaltninger og værnemidler - luftvejseksposering **	Eksponeringsniveau i DK
Kromatering	7-10 *****	70-270	Substitution af krom 6 til krom 3	Procesudsugning og støvmaske ved håndtering af kromtrioxidflager 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		

<sup>1</sup> Dette navn anvendes i det danske produktregister for CAS nr. 11103-86-9. REACH registreringsnavn er kaliumhydroxyoctaoxidizinkatedikromat(1-)

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	Lokalsugning, 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.

### Resultaternes anvendelse i den videre proces

Resultaterne af kortlægningen har dannet baggrund for udvælgelse af brancher og processer, som undersøges nærmere i de næste faser af projektet. Selve udvælgelsesprocessen vil blive dokumenteret i rapporterne fra de efterfølgende faser.

# 1 Indledning

## 1.1 Undersøgelsens baggrund, formål og metode

### 1.1.1 Baggrund

Nærværende kortlægning er Fase 1 i projektet "Sikkert Arbejde Med Krom 6" (Sam-Krom). Fase 1 omfatter en kortlægning af eksisterende tilgængelig viden om eksponeringen for krom 6 (hexavalent krom) af arbejdstagere i Danmark. Dette omfatter kortlægning af virksomheder, hvor potentiel eksponering kan forekomme, mulige eksponeringsniveauer og estimering af antallet af arbejdstagere i Danmark som kan eksponeres for krom 6. Den viden der indsamles ved kortlægningen skal efterfølgende anvendes til at prioritere, hvor der skal foretages målinger (stationære og personbårne) af krom 6 i luft i arbejdsmiljøet, som skal sammenholdes med empiriske observationer og resultater af biomonitering af krom 6 i eksponeredes blod. Slutresultatet af Sam-Krom bliver anvisninger af muligheder for substitution, gode arbejdsmetoder og andre forebyggende foranstaltninger med henblik på at reducere udsættelsen af arbejdstagere.

### 1.1.2 Formål

Kortlægningen har til formål at give et overblik over: virksomhedstyper, processer, eksponeringsniveauer, andel/antal af medarbejdere, som er udsatte for krom 6, anvendte værnemidler og andre risikoforanstaltninger samt viden om alternativer. Resultaterne anvendes til at prioritere projektets videre aktiviteter og fokus, herunder endeligt valg af processer, brancher og virksomheder. Denne udvælgelse sker i dialog med projektets interessentgruppe.

### 1.1.3 Metode

Kortlægningen er indledt med en gennemgang af den foreliggende litteratur om krom 6 eksponering og alternativer til krom 6. Relevante kilder til litteratur er fundet via:

- > en undersøgelse for Europakommissionen vedrørende krom 6 eksponering ved svejsning, plasmaskæring og lignende processer (Warming et al., 2018),
- > et notat fra NFA (Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø) om krom 6 eksponeringsniveauer i arbejdsmiljøet udarbejdet til Beseftigelsesudvalget i Folketinget i 2018 (Jensen, 2019),
- > en litteratursøgning med brug af databaserne Scopus og PubMed, og
- > ansøgninger om godkendelse (autorisation) under REACH for en række krom 6-forbindelser.

Det er endvidere undersøgt, om den seneste vurdering fra det internationale agentur for kræftstudier (IARC, 2016) eller en anbefaling fra EUs videnskabelige komite vedrørende etablering af grænseværdier i arbejdsmiljøet (SCOEL, 2017) giver oversigter over eksponeringsniveauer; men det gør de ikke.

Der er en række krom 6-forbindelser, som er omfattet af krav om godkendelse under REACH. Stofferne er angivet i bilag B, der også indeholder en kort beskrivelse af de godkendte anvendelser. For

en række af stofferne er der ud over de nævnte processer en del meget specialiserede industrielle anvendelser, som ikke er omtalt i bilaget.

For at kunne anvende den foreliggende viden til en kortlægning af den nuværende eksponeringsrisiko for krom 6, er den indsamlede viden sat i relation til nationale forhold ved:

- > Sammenfatning af eksisterende viden om danske forhold, herunder in-house viden hos FORCE Technology/Svejsecentralen.
- > Søgning i SPIN databasen med ikke-fortrolige informationer fra det danske Produktregister.
- > Identifikation og dialog med en række danske virksomheder.
- > Dialog med relevante brancheforeninger og fagforbund, herunder inviterede til interessentgruppen tilknyttet SAM-Krom projektet.

## 2 Eksponeringsniveauer og antal udsatte arbejdstagere i andre lande

Da der findes meget begrænsede tilgængelige målinger af krom 6 i arbejdsmiljøet i Danmark, er der foretaget en søgning efter udenlandske målinger. Formålet med dette afsnit er dels at pege på, i hvilke brancher og ved hvilke processer, der er målt krom 6 i arbejdsmiljøet, dels at indikere ved hvilke processer der vil kunne forventes relativt høje niveauer af krom 6 i arbejdsmiljøet.

***De fleste undersøgelser er flere år gamle og koncentrationerne kan derfor meget vel være højere end de niveauer, der kan findes i arbejdsmiljøet i Danmark i dag. Det skal derfor bemærkes, at de målte niveauer og de nævnte processer ikke i alle tilfælde er relevante for danske forhold.***

Proces- og målebetingelser er kun kort sammenfattet i nærværende gennemgang, og der henvises til de originale artikler og rapporter for yderligere detaljer. For processer, som vil undersøges nærmere i projektets følgende faser, vil der foretages en detaljeret sammenligning med nyere målinger af tilsvarende processer, som er rapporteret i litteraturen.

De forskellige kilder benytter forskellige statistiske parametre til beskrivelse af datasættene. Da det ikke uden kendskab til alle data, der indgår i datasættene, er muligt at omregne disse parametre, er der ikke gjort forsøg på at fortage sådanne omregninger. Følgende parametre anvendes:

- > **Median.** Den midterste værdi i det sorterede datasæt. Betegnes også 50% fraktilen eller P50.
- > **Aritmetisk middelværdi (AM).** Gennemsnit, beregnes som summen af alle målinger divideret med antallet. Der kan være forskel på, hvordan værdier under detektionsgrænsen indgår i AM.
- > **Geometrisk middelværdi (GM).** Den geometriske middelværdi af 'n' måleværdier er den n'te rod af værdiernes produkt. Bruges ofte ved beskrivelser af datasæt, som forventes at være log-normalt fordelte. Der kan være forskel på, hvordan værdier under detektionsgrænsen indgår i GM. GM er i en log-normalfordeling lig med medianen. I datasæt som kan antages at være log-normaltfordelte vil GM være noget lavere end AM, da fordelings "hale" af høje værdier har mindre indflydelse på GM. Er her udeladt hvis datasættet indeholder AM.
- > **P90.** 90% fraktilen i datasættet. 10% af målingerne vil ligge over P90.
- > **P95.** 95% fraktilen i datasættet. 5% af målingerne vil ligge over P95.
- > **Min, max.** Højeste og laveste målte værdi.
- > **n:** antal målinger i målesættet. I nogle tilfælde repræsenterer n antal personer, hvor hver enkelt person kan være repræsenteret af et gennemsnit af flere målinger.
- > **Kvantifikationsgrænse (LOQ) og detektionsgrænse (DL)** anvendes i forskellige undersøgelser til at angive den værdi, hvorunder koncentrationen ikke kan kvantificeres. Undersøgelser, der angiver kvantifikationsgrænse regner sædvanligvis med at detektionsgrænsen angiver den værdi, hvor under det ikke kan bestemmes om stoffet er til stede i prøven.

Der er i mange af tabellerne for overskuelighedens skyld udeladt en eller flere af de statistiske parametre. Der henvises til de citerede publikationer, hvis der ønskes en nærmere beskrivelse af datasættene.

## 2.1 Nationale opgørelser af eksponeringsniveauer

Der er fundet fire brede nationale opgørelser af målinger af krom 6 på tværs af sektorer. Opgørelserne er baseret på en målekampagne i Frankrig (Vincent et al., 2015), nationale databaser i Italien (Scarcelli et al., 2012) og USA (Blade et al., 2007) samt den tyske MEGA database (Pesch et al., 2015). Kilderne beskrives nærmere i det følgende. Der vil her fokuseres på de tre europæiske opgørelser, som er af nyere dato.

### 2.1.1 Frankrig

Den franske undersøgelse, som også er omtalt af Jensen (2019) bygger på data fra en målekampagne omfattende 741 målinger i 99 virksomheder (Vincent et al., 2015). Målingerne omfattede den inhalérbare støvfraktion og der blev taget målinger med både personligt og stationært udstyr. Der er ved præsentationen af resultaterne ikke skelnet mellem målinger med personligt og stationært udstyr. Målingerne repræsenterer et 8-timers vægtet gennemsnit.

Ud af de 741 målinger kunne 556 målinger anvendes til at beregne en 8-timers eksponering for krom 6. Resultaterne fra disse målinger er sammenfattet i Tabel 2.1.

Resultaterne er vist med de højeste gennemsnitskoncentrationer øverst i tabellen.

De højeste måleresultater blev fundet ved maling af fly. Et datasæt, der viser resultaterne opdelt på arbejdsfunktioner (Tabel 2.2), viser, at meget høje koncentrationer er fundet med spraymaling. Høje eksponeringer ved maling af fly med kromatholdige primere er også fundet i en række andre undersøgelser (fx Bennett et al., 2016).

Fremstilling af maling med krom 6-holdige forbindelser (pigmenter og korrosionshæmmere) resulterer også i meget høje koncentrationer. Arbejdsfunktioner med høje eksponeringskoncentrationer er angivet som brug af mixere og knusemaskiner (Tabel 2.2), som formentlig er knyttet til håndteringen af pigmenterne til maling. I Danmark er det almindeligt ved produktion af maling at anvende pasta som råvarer, hvorved eksponeringen vil være langt lavere (omtales i kapitel 6).

Der er fundet relativt høje koncentrationer ved fremstilling af rustfrit stål og andre ferro-krom legeringer og ved metalsmelting. Det er uklart, om der med "smelting" menes støbning (som normalt omtales casting eller foundry) eller smelteprocesser i forbindelse med basisfremstilling af metaller.

Termisk sprøjtning og flamme-svejsning og -skæring resulterer ligeledes i relativt høje koncentrationer, som omtales yderligere i næste afsnit.

Af de galvaniske processer sås de højeste koncentrationer ved hårdforkromning med en middelværdi på  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  med 33% af målingerne over  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens middelværdierne ved anden forkromning var  $0,28$  med kun 1% af målingerne over  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabel 2.1 Krom 6 eksponeringsniveauer i inhalérbart støv i forskellige sektorer i Frankrig 2010–2013. Værdierne repræsenterer 8-timers gennemsnit. (Vincent et al., 2015)

Erhvervssektor	n	Gennemsnit, AM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Min-max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% af målinger $>1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Maling af fly	77	82,30	<0,02-896	58,4
Fremstilling af maling	8	47,23	0,10-365	50
Fremstilling af rustfrit stål og andre ferro-krom legeringer	10	7,86	0,02-18,74	80
Sprøjtning med varmt metal (HVOF/lysbue plasma sprøjtning)	8	7,01	1,82-15,34	100
Metalsmeltning	30	3,08	<0,02-45,26	6,7
Fremstilling af metal	99	2,53	<0,02-97,43	21,2
Hårdforkromning	97	1,60	<0,03-22,81	33
Flamme-svejsning og -skæring	10	1,46	<0,02-6,40	20
Træbehandling	16	1,26	<0,05-4,87	43,7
Ildfaste materialer	28	0,72	<0,02-7,73	25
Forkromning	90	0,28	<0,02-1,71	1,1
Fremstilling af cement	42	0,19	<0,02-1,54	4,8
Garvning af læder	37	0,18	<0,02-1,27	2,7
Fremstilling af keramik	3	0,08	-	-
Glasproduktion	1	<LoQ		-

AM: aritmetisk middelværdi

Samme datasæt opdelt på specifikke arbejdsopgaver er vist i nedenstående tabel. Resultaterne er vist med de højeste gennemsnitskoncentrationer øverst i tabellen. For mange af arbejdsopgaverne er det vanskeligt at pege på, i hvilken sammenhæng opgaven foregår, da sektoren ikke er opgivet.

Tabel 2.2 Krom 6 eksponeringsniveauer i inhalérbart støv ved specifikke arbejdsopgaver i Frankrig 2010–2013. Værdierne repræsenterer 8-timers gennemsnit. (Vincent et al., 2015)

Arbejdsopgave	n	Gennemsnit, AM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Min-max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% af målinger $>1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Spraymaling	45	135,50	<0,02 - 896	75,6
Brug af knusemølle og miksere	38	10,82	<0,02 - 365	23,7
Sandslibning (manuel)	36	6,51	<0,05 - 82,4	33,3
Brug af ovne (andet end smelteovne)	26	4,02	<0,02 - 45,26	19,2



Arbejdsopgave	n	Gennemsnit, AM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Min-max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% af målinger $>1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Brug af smelteovne	24	3,34	<0,02 - 18,74	37,5
TIG, MAG, lysbue svejsning	104	2,81	<0,02 - 97,43	25
Vacuumimprægnering af træ	16	1,26	<0,05 - 4,87	44
Bearbejdning med termisk slibning	14	1,02	<0,02 - 6,4	14,3
Elektroplettering	184	0,94	<0,02 - 22,81	19,6
Manuel pakning	4	0,32	<0,09 - 0,85	0
Mekaniseret transport og håndtering	15	0,26	<0,02 - 1,54	13,3
Garvning af skind	37	0,18	<0,02 - 1,27	2,7
Laboratorieanalyser	6	0,14	<0,05 - 0,33	0
Emaljering	3	0,075	ingen data	ingen data
Vedligeholdelse	4	0,07	<0,02 - 0,13	0

AM: aritmetisk middelværdi

## 2.1.2 Italien

Scarcelli et al. (2012) har gennemgået omkring 8.400 målinger af eksponering for krom 6 i arbejdsmiljøet i Italien, som er samlet i det italienske informationssystem for eksponering i arbejdsmiljøet, SIREP. Data er fra perioden 1996-2009. Data er så gamle, at de næppe giver et retvisende indtryk af nuværende niveauer, men resultaterne kan pege på, hvor der potentielt sker eksponering.

Der er i Italien krav om, at arbejdsgiverne foretager målinger hvert 3. år og resultaterne sendes til SIREP. Målingerne er taget med både personligt og stationært udstyr, og der er ved sammenfatningen af resultaterne ikke skelnet mellem målinger med personligt og stationært udstyr. Målingerne er foretaget over et fuldt skifte. Data er kun behandlet for sektorer og beskæftigelsesgrupper med mere end 50 målinger. Sektoropdelingen ved præsentationen af resultaterne er så brede, at det er svært at fastslå, hvilke arbejdsfunktioner der er tale om. Det er derfor valgt at vise data opdelt på beskæftigelsesgrupper i nedenstående tabel.

Resultaterne er vist med de højeste gennemsnitskoncentrationer øverst i tabellen.

For mange af grupperne er det vanskeligt at bestemme den præcise arbejdsfunktion. De to grupper med flest målinger er "Operatører af maskiner til metalbehandling og -belægning", som må formodes at være beskæftigede med tilknytning til galvaniske processer og "svejsere og medarbejdere, der foretager skærebrænding". Flere af beskæftigelsesgrupperne er knyttet til den kemiske industri og ikke relevante i dansk sammenhæng. Tømrere og snedkere har formentlig været eksponeret i forbindelse med arbejde med kromatholdige træbeskyttelsesmidler, mens malere er udsatte ved brug af eller fjernelse af maling med kromatholdige pigmenter.

Tabel 2.3 krom 6 eksponeringsniveauer i arbejdsmiljøet i forskellige beskæftigelsesgrupper i Italien 1996-2009. Værdierne repræsenterer 8-timers gennemsnit (Scarcelli et al., 2012)

Beskæftigelsesgruppe	n	Gennemsnit (AM) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Max $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Konstruktion af metalstrukturer	101	82,91	0,150	1000
Kemikere	102	47,76	0,011	500
Operatører af maskiner til metalbehandling og -belægning	3.652	34,24	0,001	1000
Tømrere og snedkere	68	26,87	0,500	300
Malere og tilsvarende funktioner	366	22,29	0,000	500
Svejsere og medarbejdere, der foretager skærebrænding	1052	21,54	0,001	910
Kemiske og fysiske videnskabelige assistenter	258	19,11	0,005	500
Mekanikere og montører af fly	55	18,03	0,450	50
Operatører af kemiske procesanlæg (ikke andetsteds klassificeret)	436	11,38	0,006	390
Medarbejdere i fremstillingsvirksomheder	266	9,79	0,010	940
Operatører af glas- og keramikovne og tilknyttede medarbejdere	97	3,53	0,460	290
Operatører af valseværker, smeltning og støbning af metal	79	2,64	0,100	4
Mekanikere og montører af landbrugs- og industri-maskiner	206	1,99	0,050	100
Operatører af smelteovne til malm og metal	53	1,78	0,100	10
Mekanikere og montører af motoriserede køretøjer	157	1,67	0,004	40
Værktøjsoperatører	80	0,85	0,100	10
Montører af mekaniske maskiner	53	0,08	0,050	1
Andre beskæftigelsesgrupper	1.350	-	-	-

### 2.1.3 Tyskland

Der foreligger en hel del data om erhvervmæssig eksponering for krom 6 i den tyske MEGA database, som er en database med data vedrørende eksponering for farlige stoffer i arbejdsmiljøet (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz). Databasen håndteres af Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) og er således knyttet til den tyske arbejdsskadeforsikring<sup>2</sup>. Dataene er ikke offentligt tilgængelige, men der udtrækkes i et vist omfang datasæt til videnskabelige undersøgelser, som offentliggøres. Data skal fortolkes med forsigtighed, fordi de ofte er knyttet til arbejdsskade-sager, og derfor kan have en tendens til, at repræsentere arbejdssteder med relativ høj eksponering. Resultaterne kan dog stadig være med

<sup>2</sup> Søgning på publikationer på basis af databasen kan foretages på: <https://www.dguv.de/ifa/ge-stis/expositionsdatenbank-mega/index-2.jsp>

til at pege på, hvilke processer der må forventes at kunne give anledning til relativt høje koncentrationer.

Pesch et al. (2015) har analyseret 3.695 personlige målinger af krom 6 i den inhalerbare fraktion af partikler i røg fra svejsning og andre metalbearbejdningsprocesser fra perioden 1994 - 2009. Der findes dog ingen detaljerede oplysninger om, hvordan undersøgelsespopulationen er blevet valgt, og der kan være en tendens til, at arbejdssteder med høje koncentrationer er overrepræsenteret. Resultaterne er også omtalt af Jensen (2019).

Ved målingerne blev opsamling foretaget på kvarts-fiber filtre, og i de fleste tilfælde foregik opsamlingen over 2 timer. Data regnes dog at repræsentere et gennemsnit over en hel arbejdsdag.

Pesch et al. (2015) rapporterer koncentrationerne som median, beregnet (modelleret) median, P75, P90 og P95 værdier (Tabel 2.4). Den modellerede median anvendes, hvor medianen er under detektionsgrænsen dvs. halvdelen af målingerne var under detektionsgrænsen.

Generelt var ca. 2/3 af målingerne under detektionsgrænsen, og målingerne indikerer lave median-koncentrationer, men relativt høje 95% fraktiler langt over 5 µg/m<sup>3</sup> for mange af processerne. Som det også konkluderes af Jensen (2019), viser resultaterne, at der kan være væsentlig eksponering for krom 6 i alle de præsenterede erhverv. De højeste krom 6 eksponeringer er fundet for spraymaling, men høje eksponeringsniveauer er også rapporteret i den kemiske industri, støberier, ved termisk sprøjtning, metalskæring, og nogle former for svejsning. Resultaterne viser, at eksponeringskoncentrationerne ved TIG- og plasma-svejsning i disse undersøgelser er relativt lave.

Tabel 2.4 Fordeling af målinger med personbåret udstyr fra den tyske MEGA database, 1994-2009. Målingerne repræsenterer arbejdsfunktioner med forventede høje koncentrationer (Pesch et al., 2015)

Erhverv	n	% <LOQ	Median µg/m <sup>3</sup> *	Median af modellerede data**µg/m <sup>3</sup>	P90 (µg/m <sup>3</sup> )	P95 (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Svejsere, samlet:</b>	1.898	61	<LOQ	2,84	28,08	67,60
Gas-Metal lysbue svejsning (GMAW)	616	47	3,64	3,64	23,92	43,68
Flux-cored lysbue svejsning (FCAW)	25	44	5,72	5,72	57,20	62,40
Tungsten-Inaktiv gas lysbue svejsning (TIG)	581	88	<LOQ	0,20	5,20	6,76
Manuel metal lysbue svejsning (MMA)	279	34	6,76	6,76	145,61	348,41
Laser svejsning	23	96	<LOQ	0,07	<LOQ	<LOQ
Ikke-specificerede svejsemetoder	374	64	<LOQ	1,37	36,92	79,04
Metalskærer	115	60	<LOQ	1,52	32,24	67,60
Termisk sprøjtning	35	55	<LOQ	2,31	45,24	119,60

Erhverv	n	% <LOQ	Me- dian µg/m <sup>3</sup> *	Median af modellerede data**µg/ m <sup>3</sup>	P90 (µg/m <sup>3</sup> )	P95 (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Galvaniske processer, sam- let:</b>	749	73	<LOQ	1,70	8,32	16,68
<i>Hårdforkromning</i>	202	43	3,12	3,12	19,76	33,80
<i>Andre - ikke-specificerede galvaniske processer</i>	547	84	<LOQ	0,31	5,20	9,36
Støberiarbejdere	24	88	<LOQ	0,28	11,96	83,20
Metalarbejdere	366	84	<LOQ	0,36	9,36	148,72
Arbejdstagere i kemisk industri	70	50	<LOQ	4,19	57,20	156,01
Spraymalere	110	43	10,92	10,92	397,82	884,04
Andre	292	85	<LOQ	0,34	10,40	21,84

\* Median af faktiske målinger

\*\* Median af modellerede data, hvor målinger under detektionsgrænsen tillægges en værdi på basis af en modellering. P90 og P95 repræsenterer de beregnede 90% og 95% fraktiler.

Udviklingen i koncentrationerne af målinger af krom 6 i alle processer, som rapporteret til MEGA databasen, er vist i Tabel 2.5. Der ses stort set ingen ændringer i procentdelen af målinger under detektionsgrænsen eller i medianværdierne. Der ses en vis mindskelse i P90 og P95 værdierne. Det er ikke rapporteret, i hvilken grad svejserne har anvendt personlige værnemidler, og den faktiske eksponering kan godt være faldet mere markant gennem øget brug af mere effektive personlige værnemidler.

Tabel 2.5 Udvikling i målinger med personbåret udstyr ved svejsning, skæring, mm. i MEGA databasen, 1994-2009, fordelt på år for måling (Pesch et al., 2015 som citeret af Warming et al., 2018)

Tidspunkt for måling (år)	n	% <LOQ	Median (µg/m <sup>3</sup> )	Median med mo- dellerede data (µg/m <sup>3</sup> )	P75 (µg/m <sup>3</sup> )	P90 (µg/m <sup>3</sup> )	P95 (µg/m <sup>3</sup> )
1994-1997	981	68	<LOQ	0,94	5,72	30,68	83,20
1998-2001	1.111	66	<LOQ	0,76	6,76	23,40	51,48
2002-2005	908	69	<LOQ	0,96	4,68	16,64	41,08
2006-2009	659	66	<LOQ	0,95	5,04	19,76	62,40

## 2.2 Andre målinger

Der foreligger mange målinger af krom 6 eksponering ved svejsning, plasmaskæring og lignende processer. Målingerne er sammenfattet i en undersøgelse for Europakommissionen i tilknytning til etableringen af en europæisk grænseværdi for krom 6 i arbejdsmiljøet (Warming et al., 2017).

### 2.2.1 Svejsning og skæreprocesser

I det følgende sammenfattes resultater af målinger af eksponeringsniveauer ved svejsning og skæreprocesser som er beskrevet i litteraturen. Resultaterne vedrører eksponeringsniveauer, som ikke nødvendigvis reflekterer kildestyrken ved de pågældende processer. Kildestyrken er generelt ikke specifikt angivet. Data vedrørende kildestyrke ved forskellige svejseprocesser er tilføjet i bilag 3.

Formålet med beskrivelsen er at pege på, hvilke processer det kunne være mest relevant at undersøge i projektets næste faser, og hvilke niveauer der er fundet. For detaljer vedrørende rammebetingelser for målingerne henvises til de originale artikler og rapporter.

Et mindre, nyere studie af Pesch et al. (2018) har foretaget målinger med personbåret udstyr af krom 6 eksponering af 50 svejsere i perioden 2013-2015. Resultaterne er også omtalt af Jensen (2019). Der blev i undersøgelsen opsamlet respirabelt støv på filtre inde i svejsernes hjelme. 43 målinger var af 4 timers varighed, mens 7 var af 3 til 4 timers varighed. Der blev målt under svejsning og under sjakskifte. 24 svejsere anvendte elektroder med højt krom indhold (rustfrit stål) og 26 svejsere elektroder med lavt krom-indhold (carbonstål). Det blev noteret, om der blev anvendt lokaludsug, og om den var effektiv. Kvantifikationsgrænsen (LOQ) for krom 6 i luftmålingerne varierede fra 0,37 til 0,43 µg/m<sup>3</sup>. I undersøgelsen blev der desuden målt total-krom (Cr) i urin fra svejsere.

Tabel 2.6 viser en oversigt over eksponeringsniveauer for respirabelt svejserøg, krom 6 og Cr ved svejsning med forskellige svejsemetoder. Der er desuden angivet, i hvilken grad der blev anvendt rustfrit stål i elektrodematerialet og om der var effektivt lokaludsug. Der er i dette datasæt ikke de store forskelle mellem metoderne.

En enkelt måling, hvor der blev anvendt SMAW, viste meget høje koncentrationer. Det angives af forfatterne, at dette formentlig skyldes, at svejseren havde hovedet meget tæt på svejsestedet.

Forfatterne konkluderer, at der ikke ses nogen klar sammenhæng mellem krom 6 eksponeringskoncentrationer, svejsemetode, effektiv lokaludsug eller elektrode-materiale for de 43 svejsere, der anvendte GMAW eller TIG.

Tabel 2.6 Eksponeringsniveauer for respirabelt svejserøg, krom 6 og total-krom (Cr) ved svejsning med forskellige svejsemetoder, Tyskland 2013-2016 (Pesch et al., 2018).

Svejsemetode	n	n, opdelt på elektrode-materiale og (effektiv lokaludsug)		Respirabelt svejserøg mg/m <sup>3</sup>	Krom 6 µg/m <sup>3</sup>		Total-krom µg/m <sup>3</sup>	
		Carbon stål	Rustfrit stål		Median	P25 - P75	Median	P25 - P75
Gas-Metal lysbue svejsning (GMAW)	24	20 (7)	4 (4)	1,06	0,24	0,11-0,44	3,3	1,10-7,50
Tungsten-Inert Gas lysbue svejsning (TIG)	19	5 (4)	14 (5)	0,35	0,23	0,10-0,52	1,44	0,52-3,70
Shielded Metal-lysbue Svejsning (SMAW)	3	0	3 (2)	0,25	0,04	0,02-180	0,78	0,63-220

Svejsemetode	n	n, opdelt på elektrode-materiale og (effektiv lokaludsug)		Respirabelt svejserøg mg/m <sup>3</sup>	Krom 6 µg/m <sup>3</sup>		Total-krom µg/m <sup>3</sup>	
		Carbon stål	Rustfrit stål		Median	P25 - P75	Median	P25 - P75
Diverse	4	1 (1)	3 (3)	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Alle	50	26 (12)	24 (14)	0,60	0,23	0,10-0,50	1,94	0,75-5,34

i.a. Ikke angivet i artiklen.

En kortlægning af eksponering for krom 6 fra svejsning i rustfrit stål blev gennemført af det britiske Health and Safety Executive (HSE, 2010). Kortlægningen identificerede 150 virksomheder, som udfører svejsning, og af disse var der 52 virksomheder, som udførte svejsning i rustfrit stål og ville medvirke i undersøgelsen.

Hos en række af disse virksomheder blev der udført målinger. Målingerne blev udført med personbåret udstyr placeret inde i visiret. Det angives, at prøver blev udtaget over tilstrækkeligt lange perioder til at blive betragtet som repræsentative for eksponeringerne for et fuldt skifte (8-timers gennemsnit).

Resultaterne fra måleprogrammet er vist i Tabel 2.7. Undersøgelsen konkluderede bl.a. (HSE, 2010):

- > 92% af virksomhederne udførte TIG svejsning og ved mindst 75% af svejsningen i rustfrit stål blev der benyttet TIG, som er mindre kritisk, hvad angår krom 6 eksponering end andre metoder.
- > 59% af virksomhederne rapporterede nogen brug af MMA svejsning, men MMA repræsenterede kun 15% af den totale svejsning i rustfrit stål.
- > 90% af virksomhederne rapporterede om nogen brug af MIG-svejsning, fire af disse virksomheder rapporterede, at MIG udgjorde mere end 75% af den samlede svejsning i rustfrit stål.
- > 8% af virksomhederne rapporterede brug af FCAW, kun et firma rapporterede, at denne metode udgjorde mere end 75% af deres samlede arbejde i rustfrit stål.
- > Det gennemsnitlige antal ansatte, der potentielt blev udsat for svejserøg i rustfrit stål, var 6, med et interval på 1 - 25 medarbejdere.
- > 48 virksomheder rapporterede om, hvorvidt de anvendte lokal udsugning, og af disse rapporterede 69%, at de anvendte en form for lokal udsugning, mens de øvrige ikke anvendte lokal udsugning.
- > Overtrædelser af arbejdsmiljømæssige grænseværdier var sjældne, selv hvor strategier for eksponeringskontrol blev vurderet at være utilstrækkelige.

- > En betydelig del af de steder, hvor der blev foretaget svejsning i rustfrit stål, havde passende begrænsningsforanstaltninger, men af forskellige grunde blev disse ikke brugt eller brugt forkert.

Tabel 2.7 Eksposering for krom 6 i britiske virksomheder, der udfører svejsning i rustfrit stål; målinger med personbåret udstyr, 8-timer gennemsnit (fra HSE, 2010).

Proces	n	Min- max µg/m <sup>3</sup>	Lokal ventilation /åndedrætsværn
85% MIG, 15% TIG	7	1,2 - 7,5	Ja/Ja
85% MIG, 15% TIG	8	<1 - 27	Ja/Ja
85% MIG, 15% TIG	8	<1 - 1,3	Ja/Ja
FCAW	8	<1 - 1,3	Nej/Ja
TIG	8	<1	Nej/Nej
90% TIG, 10% MMA	6	<1 - 2	Nej/Ja
85% TIG, 15% FCAW	8	2 - 5	Nej/Nej
TIG	1	3	Nej/Nej
TIG	2	<2	Ja/Ja
TIG	1	<2	Ja/Nej

Et datasæt fra USA omfattende 181 målinger analyseret for krom 6 fra årene 2006–2008 er rapporteret af Meeker et al. (2010). Der blev i undersøgelsen anvendt personbåret udstyr i indåndingszonen. Blandt disse 181 prøver var 66% af prøverne over detektionsgrænsen som varierede fra 0,1 til 0,2 µg/m<sup>3</sup>. Samlet var 8,8% af prøverne højere end den amerikanske grænseværdi for krom 6 på 5 µg/m<sup>3</sup>. Der sås en klar sammenhæng mellem eksponeringskoncentrationer og brug af lokaludsug med medianværdier på 0,70 og 0,13 µg/m<sup>3</sup> henh. uden og med lokaludsug. Der sås ligeledes markant højere eksponeringsniveauer ved med brug af rustfrit stål sammenlignet med lavlegeret stål.

Tabel 2.8 Krom 6 eksponeringsniveauer (µg/m<sup>3</sup>) ved forskellige svejseprocesser, materialer og med og uden lokal ventilation. Målinger med personbåret udstyr i indåndingszonen (Meeker et al., 2010)

Variabel	n	Median * µg/m <sup>3</sup>	P75 * µg/m <sup>3</sup>	Max * µg/m <sup>3</sup>
Materiale				
Rustfrit stål/Inconel	75	0,60	4,0	426
Lav-legeret stål/andre materialer	49	<DL*	0,6	2,20
Proces (kun rustfrit stål/Inconel)	75			
MMA	30	5,00	18,0	107
MIG	22	0,70	1,2	2,20

Variabel	n	Median *	P75 *	Max *
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
TIG	21	<LOD	<LOD	0,40
PAW	1	426		426
SAW	1	<LOD		-
Lokaludsug (kun rustfrit stål/Inconel)	75			
Nej	69	0,70	4,0	426
Ja	6	0,13	0,6	2,20

\* For prøver <DL, varierede detektionsgrænsen mellem 0,1 and 0,2 µg/m<sup>3</sup>.

\*\* Inconel er en særlig type rustfrit stål til ekstreme miljøer.

En tysk undersøgelse har på basis af tyske MEGA data sammenlignet eksponeringskoncentrationer med og uden brug af lokaludsug (IFA, 2012). Resultaterne er vist i Tabel 2.9. Resultaterne er ikke entydige, da der for nogle processer som forventet ses et fald i koncentrationen, når der bruges lokaludsug, men i andre processer ses det modsatte. Der er som nævnt tale om udtræk fra den tyske MEGA database, som omfatter 4.583 målinger, heraf 2.375 med personbåret udstyr. Af målingerne med stationært udstyr var 2.208 over detektionsgrænsen. Det angives, at eksponeringstiden for langt de fleste målinger er mere end 6 timer, og alle resultater er angivet som 8-timers gennemsnit. Detaljer vedrørende de enkelte målinger fremgår ikke.

Tabel 2.9 Sammenligning af eksponeringskoncentrationer med og uden lokaludsug (IFA, 2012 som citeret i Warming et al., 2018). Omfatter både målinger med personbåret og stationært udstyr. Repræsenterer 8-timers gennemsnit.

Proces	Lokal ventilation			Uden lokal ventilation			Koncentrationer med/uden lokal ventilation * (baseret på GM)
	n	n <DL	GM µg/m <sup>3</sup>	n	n <DL	GM µg/m <sup>3</sup>	
Svejsning uden nærmere beskrivelse	35	24	1,9	14	6	2,1	90%
MMA med coatede elektroder	38	33	4,7	12	1	11,5	41%
MAG	269	141	2,3	92	44	2,8	82%
MIG	70	38	2,8	24	11	2,1	133%
PAW	19	15	0,8	19	12	0,7	114%
Termisk skæring	143	102	1,3	25	18	2,4	54%
Samlet for alle processer	574	353 (61%)		186	92 (49%)		

\* Beskriver forholdet mellem koncentrationerne henh. med og uden lokaludsug.

En undersøgelse af Emmerling et al. (1989) har set på forholdet mellem krom 6 og total-Cr koncentrationen ved forskellige svejsemetoder. Resultaterne omfatter 210 arbejdstagere, der udførte svejsning i rustfrit stål ved 29 virksomheder. Målebetingelser i de enkelte virksomheder er ikke beskrevet. Resultaterne er vist i Tabel 2.10. En stor andel af krom i svejserøg fra MMA svejsning kan



forventes at være hexavalent (15 – 88%), mens andelen er mindre for TIG og MAG svejsning (henholdsvis 7 - 40% og 2 – 17%). Der ses store forskelle i forholdet mellem total Cr og krom 6 koncentrationerne mellem de forskellige svejseprocesser.

Tabel 2.10 Eksposteringskoncentrationer ved målinger med personbåret udstyr fra perioden 1985 – 1988 (omregnet af Warming et al., 2018 fra Emmerling et al., 1989).

Process	n	Respirabelt støv mg/m <sup>3</sup>		Total Cr µg/m <sup>3</sup>		Krom 6 µg/m <sup>3</sup>		Krom 6/total Cr	
		Me- dian	68% in- terval	Me- dian	68% in- terval	Me- dian	68% in- terval	Me- dian*	68% in- terval
MMA med coatede elektroder	61	2,7	1,4 - 9,2	118,6	30,9 - 456	18,1	2,3 - 186,6	48%	15 - 88%
MAG	46	5,3	1,6 - 8,2	358,6	83,5 - 1.260	8,3	0,8 - 32,5	5%	2 - 17%
TIG	16	1,5	0,7 - 2,4	26,5	6,7 - 61,6	1,5	n.d. - 6,0	19%	7 - 40%

\* Medianværdi i det datasæt man får, når man for hver måling beregner krom 6/total Cr. Er ikke regnet som forholdet mellem de to angivne medianværdier.

Eksposteringsniveauer for krom 6 ved skæreprocesser fra MEGA databasen for perioden 2000-2009 er vist i nedenstående tabel baseret på en opgørelse fra IFA (2012). Datasættet er beskrevet ovenfor.

Tabel 2.11 Eksposteringsniveauer for krom 6 ved skæreprocesser fra perioden 2000-2009 (omregnet af Warming et al., 2018 fra IFA, 2012). Omfatter både målinger med personbåret og stationært udstyr. Repræsenterer 8-timers gennemsnit.

Type måling	n	n <LOQ*	AM µg/m <sup>3</sup>	P90 µg/m <sup>3</sup>	P95 µg/m <sup>3</sup>
Personlig	79	71%	10,7	27,6	45,2
Stationær	94	71%	2,1	1,8	3,8

## 2.2.2 Termisk sprøjtning

En undersøgelse fra to tyske forskningsinstitutioner har udviklet metoder til måling af krom 6 og andre stoffer fra termisk sprøjtning (IGF, 2014). Resultater af målinger foretaget af koncentrationer i sprøjtekabinerne som led i undersøgelsen er vist i Tabel 2.12. Resultater fra eksperimentelle kabiner er udeladt her. Plasma- og bue-sprøjtning resulterede i de højeste koncentrationer. Det skal bemærkes, at målingerne viser koncentrationerne inde i kabinerne og ikke repræsenterer eksposering af arbejdstagerne. I nogle tilfælde kan termisk sprøjtning foregå uden for kabiner og i disse tilfælde vil lokal ventilation og personlige værnemidler anvendes (Warming et al., 2018).

Tabel 2.12 Målte koncentrationer ved forskellige typer af termisk sprøjtning i industrielle sprøjtnekabiner (fra IGF, 2014 som citeret af Warming et al., 2018).

Proces	Koncentration af krom 6 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Koncentration af Cr(total) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Spray materiale	Tilførselsrate (g/min)	Udsugning ( $\text{m}^3/\text{t}$ )
Plasma-sprøjtning	2.500	5.800	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30	9.300
Plasma-sprøjtning	300	400	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60	15.000
HVOF **	400	33.300	CrC-NiCr*	80	15.000
Flamme-sprøjtning	200	400	SF20*	70	8.000
Plasma-sprøjtning	600	4.500	NiCr 80/20	50	8.600
Plasma-sprøjtning	-	100	NiCr 75/25	60	15.000
HVOF **	-	100	WC-CrCNI*	60	15.000
HVOF **	600	4.000	WC-CoCr*	100	15.000

\* Cr indhold ikke rapporteret.

\*\* HVOF: High Velocity Oxygen Fuel = Oxygenbrændstof ved høj hastighed

IFA (2012) sammenfatter resultater fra MEGA databasen for termisk sprøjtning opdelt på målinger med henholdsvis personbåret og stationært udstyr fra perioden 2000 - 2009 (Tabel 2.13). Målingerne med personbåret udstyr var væsentlig højere end de stationære målinger, men for begge typer målinger var P90 værdierne væsentligt over 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabel 2.13 Målinger af eksponering for krom 6 ved termisk sprøjtning i Tyskland (process ikke specificeret) fra perioden 2000 - 2009 (IFA, 2012 som citeret af Warming et al., 2018)

Type måling	n	n <DL	AM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Median ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	P90 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	P95 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Personlig	25	36%	323	37	832	1.027
Stationær	44	20%	11	0,8	24	45

### 2.2.3 Galvaniske processer

Der foreligger en række ansøgninger om godkendelse af brug af kromtrioxid under REACH. Der er ingen ansøgninger fra danske virksomheder, som i stedet er dækket af ansøgninger fra leverandører af kromtrioxid, som ansøger på vegne af deres kunder længere nede i produktkæden.

Ansøgningerne indeholder oplysninger om eksponeringsforhold og koncentrationer ved de forskellige led i processen. For mange af processerne er de angivne koncentrationer dog modellerede. Ansøgningerne indeholder for flere af processerne sammenfatninger af måledata i den kemiske sikkerhedsrapport (CSR). De nærmere detaljer om, hvorledes målingerne er foretaget, fremgår ikke. Data med måledata fra tre ansøgninger er sammenfattet i nedenstående tabel. Data stammer generelt fra en række virksomheder i flere lande.

Tabel 2.14 Målinger af eksponering for krom 6 ved galvaniske processer, samlede resultater for alle undersøgte arbejdsfunktioner i ansøgninger om godkendelse under REACH. Tabellen indeholder udelukkende måledata og ikke modellerede data.

Proces	n	AM µg/m <sup>3</sup>	GM µg/m <sup>3</sup>	P90 µg/m <sup>3</sup>	Kilde
Glansforkromning	40	0,81	0,27	1,53	<a href="https://echa.europa.eu/documents/10162/dd671871-2af0-4ce5-94ba-6dadcd1c25fbc">https://echa.europa.eu/documents/10162/dd671871-2af0-4ce5-94ba-6dadcd1c25fbc</a>
Hårdforkromning	110	1,55	0,41	1,51	<a href="https://echa.europa.eu/documents/10162/76288bc3-44b9-4117-9dbc-da4005b2badf">https://echa.europa.eu/documents/10162/76288bc3-44b9-4117-9dbc-da4005b2badf</a>
Passivering	40	0,60	0,33	1,25	<a href="https://echa.europa.eu/documents/10162/b953b716-cc4c-4519-92a7-698c4e01263d">https://echa.europa.eu/documents/10162/b953b716-cc4c-4519-92a7-698c4e01263d</a>

## 2.3 Antal udsatte arbejdstagere

Der er ikke fundet nyere opgørelser af antal eksponerede for krom 6 i EU opdelt på sektorer og funktioner.

Warming et al. (2018) anslår på basis af oplysninger fra den europæiske svejse association (EWA), at der samlet i EU er noget der svarer til ca. 31.000 arbejdstagere (omregnet til fuldtidsstillinger), der arbejder med svejsning i rustfrit stål, ca. 5.000 involveret i termisk skæring og 15.000 involveret i termisk sprøjtning med rustfrit stål (se Tabel 2.13). I realiteten er der mange arbejdstagere der kun arbejder en del af tiden med rustfrit stål, og det samlede antal, som fra tid til anden arbejder med rustfrit stål, vil derfor være betydeligt højere. De 31.000 fuldtidsstillinger, der arbejder med rustfrit stål, svarer til 3,0-4,8% af det samlede antal svejsere i EU (647.000- 1.050.000 fuldtidsstillinger) (Warming et al., 2018).

Tabel 2.15 Anslået antal arbejdstagere (omregnet til fuldtidsstillinger) der arbejder med svejsning, skæring og termisk sprøjtning i rustfrit stål i EU (Warming et al., 2018).

Proces	Underproces	Antal fuldtidsstillinger
Svejsning i rustfrit stål (baseret på oplysninger fra European Welding Association, EWA)	SMAW/MMA	8.000
	GMAW <sup>1</sup>	13.000
	FCAW <sup>1</sup>	4.000
	TIG	5.000
	SAW <sup>2</sup>	1.000
	Total	31.000
Termisk skæring i rustfrit stål		5.100
Termisk sprøjtning med rustfrit stål		15.000

<sup>1</sup> GMAW og FCAW omfatter en væsentlig andel af automatiserede svejsestationer med begrænset eksponering til svejserøg.

<sup>2</sup> Der er med SAW ingen eksponering for svejserøg

En ansøgning om godkendelse til brug af kromtrioxid til hårdforkromning (eng: functional chrome plating) under REACH, fra en række leverandører af kromtrioxid til galvanobranchen anslår, at der i EU er 1,167 virksomheder, der udfører hårdforkromning, og det samlede antal arbejdstagere involveret i denne aktivitet er ca. 35.000 <sup>3</sup>. Det fremgår ikke, hvor mange af de 35.000 arbejdstagere der potentielt er eksponerede for krom 6.

En ansøgning fra syv små virksomheder i Finland angiver, at der samlet i de syv virksomheder er 37 medarbejdere, der kan være udsatte for krom 6, ud af en samlet arbejdsstyrke på 46. <sup>4</sup>

En ansøgning om godkendelse til at anvende glansforkromning (eng: functionel plating with decorative character) fra en række leverandører af kromtrioxid til galvanobranchen anslår, at der er 750-1.500 virksomheder i EU, der udfører denne proces. Det samlede antal arbejdstagere i virksomhederne, som potentielt er eksponerede, er i ansøgningen anslået til ca. 62.000 <sup>5</sup>. Af disse anslås det i ansøgningen, at ca. 16.000 kan være eksponeret for krom 6 i mere end 1 time om dagen.

---

<sup>3</sup> <https://echa.europa.eu/documents/10162/f33c6bb0-9d53-4a43-9061-08efa8026724>

<sup>4</sup> <https://echa.europa.eu/documents/10162/20e1f807-803e-456f-818b-6e02d0025a3d>

<sup>5</sup> <https://echa.europa.eu/documents/10162/87a5372e-7208-432e-b050-e0c1b0480913>

## 3 Krom 6 på danske arbejdspladser

Da krom 6-forbindelser er kræftfremkaldende, er arbejdsmiljøer og -processer hvor der er risiko for udsættelse for disse reguleret særligt restriktivt. Krom 6-forbindelser er omfattet af reglerne i Bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftbegrænsningen ved arbejde med stoffer og materialer (Kræftbekendtgørelsen). Omfattede krom 6-forbindelser fremgår af Bilag A til denne rapport. Dermed er arbejdsmiljøer, hvori krom 6 anvendes eller dannes, underlagt de strengeste regler om beskyttelse af de ansatte. Arbejdsgiveren er altid forpligtet til at sikre medarbejdere mod unødigt påvirkning af krom 6-forbindelserne. I Danmark er der fastsat en grænseværdi på  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kromsyre og kromater, beregnet som Cr. For strontiumkromat er den dog  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Grænseværdien repræsenterer et gennemsnit for en hel arbejdsdag. Grænseværdi på  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er i øjeblikket under revision og forventes fra 1. juli 2020 at blive  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>6</sup>

Arbejdstilsynet vurderer, at der ingen øget sundhedsrisiko er ved krom 6 i arbejdsmiljøet, hvis medarbejderne er korrekt beskyttet (AT, 2020).

På Europæisk niveau, er krom 6-forbindelser reguleret i Direktiv 98/24/EC (Kemisk Agens direktivet), ifølge Artikel 2(b), Direktiv 2004/37/EC (Kræftdirektivet), ifølge Artikel 2(a) og (b), samt REACH, Annex XIV (godkendelseslisten). Hertil er kromindholdet begrænset i cement og lædervarer ved opførelse på Listen over anvendelsesbegrænsninger under REACH, Annex XVII.

Eksponering af arbejdstagere for krom 6 sker primært ved inhalation af fx støv og dampe, samt ved hudkontakt. Ved eksponering kan krom 6 resultere i bl.a. astma, allergi, hud- og luftvejsirritation, samt lungekræft. Nærværende kortlægning fokuserer på inhalation, da denne eksponeringsvej kan resultere i den mest kritiske effekt ved langtidsudsættelse ifølge Det Videnskabelig Udvalg vedrørende Grænseværdier for Erhvervsmæssig Eksponering i EU, SCOEL (Jensen, 2019).

Nedenfor er angivet, hvilke overordnede processer som kan medføre luftvejseksponering for krom 6:

- > Produktion af krom 6-forbindelser.
- > Tilsigtet brug af krom 6-forbindelser ved produktion af produkter.
- > Håndtering af produkter indeholdende krom 6, herunder vedligeholdelse og bortskaffelse af produkter.
- > Bearbejdning af materialer, som indeholder andre former for krom, fx metallisk krom og krom 3 (trivalent krom), med processer, som fører til dannelse af krom 6.

Der foregår ikke tilsigtet produktion af krom 6-forbindelser i Danmark.

### 3.1 Processer på danske arbejdspladser

For at identificere, hvor arbejdstagere på det danske arbejdsmarked potentielt kan blive eksponeret for krom 6, er relevante brancheforeninger og fagforeninger i Danmark blevet adspurgt om

---

<sup>6</sup> <https://bm.dk/nyheder-presse/pressemeddelelser/2020/02/grænseværdi-for-chrom-6-i-arbejds-miljøet-skaerpes/>

kendskab til industri og virksomheder, hvor brugen af krom 6 er kendt, samt kendskab til industri og virksomheder, hvor krom 6 dannes under proces. Som led i kortlægningen i kapitel 2 er litteraturen blevet gennemset for at identificere relevante industrisektorer og processer, hvor arbejdstagere kan blive eksponeret for krom 6.

Overordnet vurderer vi, at der potentielt kan forekomme eksponering for krom 6 af arbejdstagere i Danmark i følgende industriprocesser:

- > Galvaniske processer: kromatering, glansforkromning, hårdforkromning. Galvaniske processer er overfladebelægningsprocesser, hvor et grundmateriale af metal, plast eller keramik påføres et eller flere overfladelag af metal eller metalkomponenter. Galvaniske processer bruges til at optimere funktionalitet og/eller udseende.
- > Termiske processer med stål indeholdende krom: svejsning, termisk skæring, slibning og støbning. Når stål, indeholdende krom, opvarmes til smeltepunktet, sker der en mindre fordampning fra det smeltede stål. Ved fordampning af metallisk krom kan det oxideres, og derved kan der dannes krom 6.
- > Termisk sprøjtning. Termisk sprøjtning er en proces indenfor overfladeteknologi, som påfører et ydre lag på et emne. Hermed kan overfladens funktionelle egenskaber for emnets overflade tilpasses, samt fornyes. Komponenterne i det tilførte lag kan variere meget, hvilket gør at processen kan anvendes i bred variation: påføring af metaller, legeringer, keramik og plast.
- > Maling og fjernelse af maling: Krom 6-forbindelser har traditionelt været anvendt til to formål i maling: som pigmenter, primært blykromater, og som korrosionsbeskyttelse, hvor der primært er anvendt zinkkromater.
- > Andre. Foruden ovenstående typiske anvendelser, forekommer krom 6 også i arbejdsmiljøet i meget få og specifikke miljøer og anvendelser. Disse vil ikke blive specifikt beskrevet, da dette vil kunne fremhæve den enkelte specifikke virksomhed. Arbejdsmiljøer, hvor krom 6 forekommer i disse specifikke processer, vil blive beskrevet i overordnede træk.

Det er i dialog med branchen og ved søgning på internettet ikke fundet relevant at inkludere garvning af læder, imprægnering af træ eller produktion af cement. Desuden vurderer vi, at der ikke produceres krom 6-forbindelser i Danmark.

## 3.2 Brug af krom 6-forbindelser i Danmark

Der er foretaget en søgning på krom 6-forbindelser i SPIN databasen, som indeholder ikke-fortrolige oplysninger fra Produktregistret i Danmark og produktregistrene i de øvrige lande i Norden<sup>7</sup>. Produktregistret indeholder oplysninger om stoffer i kemiske blandinger anvendt til professionelt brug i Danmark. På basis af oplysningerne om import, produktion og eksport angives i SPIN databasen en mængde forbrugt med blandinger i Danmark. Dataene er i databasen angivet med én værdi, men i realiteten er der en væsentlig usikkerhed på mængderne. Mængder af producerede, importerede og eksporterede blandinger opdateres løbende (typisk hvert eller hvert andet år), men

---

<sup>7</sup> <http://spin2000.net/>

sammensætningsoplysninger opdateres ikke så ofte, og der kan derfor, for stoffer som er blevet udfaset, godt fremgå et forbrug en årrække efter forbruget faktisk er ophørt.

Søgningen har omfattet 187 stoffer i SPIN med tekststrengen "chromate" samt alle kromater på Kræftlisten (Bilag 1) og listen over godkendelsespligtige stoffer (Bilag 2).

Som det fremgår af nedenstående Tabel 3.1, er det samlede forbrug af krom 6-forbindelser faldet fra 1.060 tons i år 2000 til 160 t/år i 2017. De mængdemæssigt største fald er for pigmenterne C.I. Pigment Yellow 34, C.I. Pigment Red 104, bly(II)kromat samt for krom(VI)trioxid. De tre pigmenter har været delvist anvendelsesbegrænsede gennem blybekendtgørelsen. Dette forbud er nu ophævet for en række anvendelsesområder af pigmenterne, som har fået tildelt godkendelse under REACH (se bilag C). Desuden indeholder blybekendtgørelsen generelle undtagelser for en række anvendelsesområder (fx glasur på tegl eller højfleksible kabler), hvor pigmenter og andre blyforbindelser kan anvendes.

Det samlede registrerede forbrug af de tre blykromat pigmenter i 2017 er angivet til 33 tons. For 2,4 tons af disse er det angivet, at pigmenterne anvendes i maling/lak, mens anvendelsen ikke angives for den øvrige mængde. Det skyldes formentlig, at antallet af anmeldere for disse anvendelser er under 3, så oplysning om anvendelse er fortrolig. Tidligere massestrømsanalyser for henh. krom og bly har angivet, at disse pigmenter især blev anvendt i plast. Miljø- og Fødevareministeriet er i følge en redegørelse til Folketinget bekendt med én dansk virksomhed, der anvender blykromater til produktion af præblandinger af farvet plastgranulat til eksport.<sup>8</sup>

Det samlede registrerede forbrug af kromtrioxid i 2017 er angivet til 127 tons. Heraf er det specifikt angivet, at 5 tons anvendes til overfladebehandling, mens 3,1 tons anvendes til elektroplating. Igen kan de manglende oplysninger om anvendelse skyldes, at antallet af registrerende virksomheder (importører) er mindre end 3.

Der er kun registreret et forbrug på 0,2 tons i 2017 af stoffer, der indeholder både zink og krom (dizinkkaliumdikromat), hvilket er overraskende, da zink/krom forbindelser er oplyst at anvendes til overfladebehandlingsprocesser.

For år 2000 er kun de samlede mængder og mængderne anvendt til maling specifikt nævnt i tabellen. Mængderne anvendt til maling indgår i en senere diskussion af mulighederne for eksponering for krom 6 ved fjernelse af maling i dag. Der er set et fald i mængderne oplyst at blive anvendt i maling fra 66 tons i 2000 til 2,6 tons i 2017. De øvrige anvendelser i 2000 vurderes ikke at kunne give anledning til eksponering for krom 6 i dag, og de specifikke mængder er derfor ikke angivet.

Tabel 3.1 Forbrug i Danmark af krom 6-forbindelser registreret i SPIN databasen.

Stofnavn	CAS Nr	Samlet forbrug i 2017 t/år	Fordeling i 2017, UC62 koder* t/år	Forbrug i år 2000 t/år
C.I. Pigment Yellow 34	1344-37-2	17	Maling/lak: 0,8	173 (maling/lak: 0)
Bly(II)kromat	7758-97-6	0	-	42 (maling/lak: 7)

<sup>8</sup> <https://www.ft.dk/samling/20161/almdel/mof/bilag/231/1718029.pdf>

Stofnavn	CAS Nr	Samlet forbrug i 2017 t/år	Fordeling i 2017, UC62 koder* t/år	Forbrug i år 2000 t/år
Blykromatmolybdatsulfat rød (C.I. Pigment Red 104)	12656-85-8	16	Maling/lak: 1,6	162 (maling/lak: 58)
Dizinkkaliumdichromat **	11103-86-9	0,2	Maling/lak: 0,2	0
Krom(VI)trioxid	1333-82-0	127	Overfladebehandling: 5,0 Electroplating agents: 3,1	683
Dinatriumdikromat	10588-01-9	<0,05	-	1,0
Zinkkromat	13530-65-9	0	-	1,0 (maling/lak: 0,7)
Zinc kromat hydroxid	49663-84-5	0	-	<0,05
<b>I alt</b>		<b>160</b>		<b>1.061</b>

\* UC62 koder er anvendelses-koder, som bruges på tværs af produktregistre i Norden.

\*\* Navn anvendt i produktregistret for CAS nr. 11103-86-9. REACH registreringsnavn er *kaliumhydroxyoctaoxidizinkatedikromat(1-)* og bruttoformlen er Cr<sub>2</sub>HKO<sub>9</sub>Zn<sub>2</sub>.



## 4 Galvaniske processer

Galvanoindustrien i Danmark beskæftiger sig med overfladebelægningsprocesser, hvor et grundmateriale af metal, plast eller keramik påføres et eller flere overfladelag af metal eller metalkomponenter. Nærværende projekt omhandler krom 6, og derfor vil fokus vedrørende processer i den danske galvano-industri være på overfladebelægningsprocesser, hvor krom 6-forbindelser anvendes: hårdforkromning, glansforkromning og kromatering.

Processerne udføres i traditionelle anlæg ved nedsænkning af emnerne i åbne kar. Hver proces har sit kar. Emnerne sænkes ned i karrene ved hjælp af et kranbaseret transportsystem. I karrene sker der en udfældning af krom på overfladen af emnet. For at denne udfældning kan ske indeholder proceskarrene en opløsning med bl.a. krom 6-forbindelser.

Nedenfor beskrives de tre relevante galvanoprocesser, hvor krom 6 anvendes, og som anvendes i den danske galvanoindustri. Ydermere fremgår et estimat på antal virksomheder i Danmark, hvor disse overfladebelægningsprocesser foretages, samt antal arbejdstagere i Danmark som potentielt kan blive eksponeret for krom 6 i forbindelse med disse processer.

Som nævnt i afsnit 2.2.3 er anvendelse af kromtrioxid i disse processer underlagt godkendelsesordningen under kemikalielovgivningen (REACH).

### 4.1 Processer

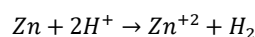
#### 4.1.1 Kromatering

Kromatering er også kendt under betegnelsen "passivering". I fagsprog bruges betegnelsen "kromatering" ofte ved anvendelse af krom 6 i kromatering/passiverings processen, mens betegnelsen "passivering" anvendes ved brug af krom 3. I nærværende rapport, vil anvendelse af disse betegnelser følge fagsproget. Vi vurderer, at brug af krom 3 ved passivering ikke medfører potentiel eksponering af arbejdstagere for krom 6, hvorfor følgende gennemgang primært fokuserer på kromatering.

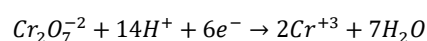
Kromatering øger emnets korrosionsbestandighed, og kan også anvendes til at øge senere vedhæftning af lak og maling til visse metalemner. Emnerne kan fx være aluminium, cadmium, kobber og stål, som er forzinket.

Kromatering er en kemisk overfladebehandling af metalemner. Processen foregår ved, at et forzinket emne nedsænkes i et procesbad, oftest bestående af krom 6, svovlsyre, salpetersyre, eddikesyre, flusssyre og salte af disse syrer (Dahl og Haslund, 1991). Temperaturen kan variere fra stuetemperatur til 90°C. Under kromateringsprocessen forløber følgende kemiske processer:

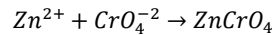
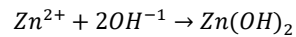
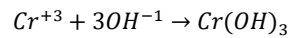
Syreopløsning af zink på zinkoverfladen:



Reducering af krom 6 til krom 3:



Da der sker et forbrug af brintioner ved zinkoverfladen, vil zink og krom begge udfældes som hydroxider, og der dannes zinkkromat:



(Dahl og Haslund, 1991)

Herved dannes der på metallets overflade et konversionslag, bestående af zinkhydroxid, kromhydroxid og zinkkromat. Dette lag kan være transparent, grønligt, gulligt eller sort, afhængig af bades sammensætning og temperatur.

#### 4.1.2 Glansforkromning

Glansforkromningen kendes også under andre betegnelser såsom "skønhedsforkromning" og "dekorativ forkromning". Glansforkromningsprocessen resulterer i en blank, dekorativ overflade. Glansforkromningen har to primære funktioner: at skabe en dekorativ overflade og en øgning af korrosionsbestandigheden. Processen kan fx anvendes på jern, stål og andet metallisk grundmateriale, og processen anvendes typisk til emner indenfor VVS, fx armatur og kroge til badeværelser.

Forkromningsprocessen foregår i proceskar, typisk indeholdende kromtrioxid, demineraliseret vand og glansmidler. Proceskarrene har en temperatur på ca. 40°C. Metalemner, som allerede er forniklet, nedsænkes i proceskarrene, hvori der er blyanoder. En ensrettet strøm mellem emnet og blyanoderne udfælder den eksisterende krom 6 på emnet som metallisk krom. Da der ved glansforkromning typisk påføres meget tynde kromlag, tager forkromningsprocessen kun kort tid. Det anslås, at der påføres et kromlag på ca. 0,2-0,4 µm per minut.

#### 4.1.3 Hårdforkromning

Hårdforkromning anvendes til styrkelse af overflader, fx til maskindele/flader som udsættes for et stort slid i bl.a. gearkasser til vindmøller, stempler til kraner o.lign., hvor der er et højt maskinelt tryk og slitage. I sådanne anvendelser har hårdforkromningsoverfladen en optimal overflade med mange mindre revner, hvori der kan ligge olie, som mindsker friktion og slitage.

Processen for hårdforkromning er den samme som for glansforkromning. I proceskarrene anvendes den samme fordeling imellem demineraliseret vand og kromtrioxid, men der anvendes ikke glansmidler. Emner som hårdforkromes, får et meget tykkere lag krom på overfladen end der opnås ved glansforkromning. Derfor er procestiden for emnerne i karrene længere. Alt efter produktionsmetode udfældes der mellem ca. 10-40 µm per time (typisk 20 µm).

#### 4.1.4 Andre processer

Der skal måske inkluderes en fjerde proces: kromsyre anodisering, som er en overfladebehandling af aluminium, hvor krom 6 indgår. Overfladebelægningen giver en bedre hæftning af maling samt øget korrosionsbestandighed. Det har inden for projektets rammer ikke været muligt at undersøge

denne proces nærmere, men vi vurderer ud fra de foreliggende oplysninger, at processen formentlig ikke er særlig udbredt.

#### 4.1.5 Identificerede eksponeringsscenarier, samt anvendte risikoforanstaltninger og anvendte værnemidler

Gennem dialog med virksomheder er der identificeret flere potentielle eksponeringsscenarier, hvor luftvejseksposering for krom 6 af arbejdstagere kan forekomme i danske overfladebehandlingsvirksomheder.

**Proceshal:** I danske virksomheder udføres galvaniske processer med krom 6 i proceshaller, som i nogle virksomheder er adskilt fra resten af produktionen, og i andre virksomheder foregår i en større proceshal med flere forskellige proceskar/galvaniske processer.

Udsugning. I de adspurgte virksomheder var der procesudsugning over proceskarrene i proceshallerne. Metode og anvendelse af procesudsugning varierede meget mellem virksomhederne. I én adspurgt virksomhed, som udførte kromatering, anvendtes kun procesudsugning, når proceskarrene blev anvendt. I andre virksomheder var procesudsugningen over karrene tændte konstant på lavt niveau og opjusteret under anvendelse af kar.

I en anden adspurgt virksomhed var udsugningen en luftstrøm: i den ene ende af karret blev luft tilført, og i den anden blev der suget luft ud. Udluftningen var altid tændt og opjusteret ved anvendelse af karrene.

**Proceskar:** Overordnet for de tre relevante galvaniske processer, anvendes proceskar med krom 6 i varierende koncentrationer afhængig af processen.

Risikoforanstaltning: Nogle virksomheder sørgede for, at proceskarrene altid var overdækket, andre anvendte ikke overdækning. Overdækning af karrene sker med brug af forskellige metoder blandt virksomheder, fx kugledækning, som består af flydende kugler i karrene.

**Arbejdsopgaver i proceshal:** I proceshallerne, hvor proceskarrene er opstillet, foregår alle trin i processen: opblanding af kar, klargøring af emner (ophænges på stativ), nedsenkning af emner i proceskar (ved brug af et stativ og kran).

Kromopløsningerne blandes direkte i proceskarrene. Dette er uafhængigt af om krom 6 tilføres ved brug af kromtrioxid-flager eller et kromkoncentrat. Afhængigt af, hvilken proces virksomhederne udfører, og dermed hvor højt et kromindhold proceskarrene skal indeholde, anvendes kromtrioxid tørflager og krom-trioxid-opløsning, til hhv. høje og lavere opløsninger. Nogle virksomheder tilfører nyt kromkoncentrat i mindre mængder ugentligt. Dette gøres manuelt.

Alt afhængig af, hvilken proces der anvendes, varierer hyppigheden for tømning af karrene fra 3-4 gange årlig til yderst sjældent (ca. hvert andet år).

##### Risikoforanstaltninger:

Ved opblanding af kar anvendes oftest masker, briller og forklæde.

Ved anvendelse af kromtrioxidflager anvendes typisk en støvmaske for at hindre eksponering ved inhalation.

Ved håndtering af koncentrat anvendes masker, kemi-handsker og briller. Det har ikke været

muligt at få oplysninger om, hvilke masker der typisk anvendes.

Ved ugentlig tilførsel af kromtrioxid-flager eller kromkoncentrat til proceskar anvendes typisk handsker og briller.

Ved arbejde i kar, efter tømning, anvendes typisk kemimaske med kulfilter<sup>9</sup> og heldragt. Ved reparation af kar hyres specialister. Dette forekommer dog meget sjældent (hvert 2. år).

Ved klargøring af emner og nedsækning af emner, anvendes der oftest ikke værnemidler, som beskytter mod luftvejseksposering. De fleste virksomheder fremhæver, at der er udsugning, og at dette forventes at være tilstrækkeligt. Ydermere havde de adspurgte virksomheder forskellige placeringer af ophængs-arbejdsstationerne i forhold til proceskarrene. Afstanden varierede fra 1 til 10 m fra proceskarrene.

Efter endt proces, bliver emnerne skyllet, og i nogle tilfælde "afgiftet" ved brug af natriumsulfit. Emner bliver herefter taget ned fra stativet af medarbejderne. Her anvendes varierende værnemidler, dog typisk ikke værnemidler, som beskytter mod luftvejseksposering. Nogle virksomheder anvender værnemidler bestående af handsker og forklæder, mens andre ikke anvender værnemidler.

Det er relevant at notere, at der efter udført forkromningsproces ikke forekommer krom 6 på overfladen af emnerne, da der udfældes Cr(0) (metallisk krom) på overfladen af emnerne. På dette punkt afskilles forkromningsprocessen sig fra kromatering. Ved kromatering kan der stadig forekomme krom 6 på emnernes overflade.

I de adspurgte virksomheder blev der kun anvendt værnemidler, som beskytter mod luftvejseksposering, ved opblanding af procesvæskerne. Nogle virksomheder anvendte slet ingen personlige værnemidler til de øvrige processer, mens andre stillede krav til brugen af briller, samt handsker og forklæde godkendt til kemihåndtering ved nedtagning af emner.

I flere af de adspurgte virksomheder var glansforkromningsprocessen automatiseret. I disse tilfælde arbejder medarbejderne i rum, som er adskilt fra proceskarrene. Dermed er der ikke medarbejdere, der arbejder nær proceskarrene på daglig basis. Proceskarrene tilses dog ugentligt af en ansat, som justerer procesopløsningen. Vi vurderer, at glansforkromning stadig forekommer manuelt i mindre virksomheder. Processen foregår på nogle virksomheder kun i nattetimerne, når medarbejderne er gået hjem.

## 4.2 Eksponeeringsniveauer i danske virksomheder

Flere adspurgte virksomheder har ikke måledata for deres virksomhed, da der ikke er stillet krav om det. Nogle få proaktive virksomheder har videregivet måledata fra egne processer / egen virksomhed. Disse resultater inkluderer både stationære målinger ved karrene, samt målinger med personbåret udstyr på medarbejdere, som arbejder med galvaniseringsprocesser, hvor krom 6 anvendes.

Målingerne modtaget fra danske virksomheder er fra flere forskellige galvaniske processer, hvor krom 6 indgår. Resultaterne er samlet i en pulje, så resultaterne ikke kan henføres til de enkelte virksomheder.

---

<sup>9</sup> Kulfiltre anvendes af andre årsager, men beskytter ikke mod krom 6.

- > Stationære målestationer: 0,12-2,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > Målinger med personbåret udstyr: < 0,2-2,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

Det fremgår af ovenstående, at måleværdierne ligger under den nugældende grænseværdi på 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , men i visse tilfælde over den grænseværdi som forventes at træde i kraft 1. juli 2020. Det skal noteres, at modtagne måledata vurderes ikke at være repræsentative for eksponering af arbejdstagere for krom 6 på det danske arbejdsmarked. Dette skyldes dels, at der i nærværende kortlægning er modtaget få måledata, dels at der er en mulighed for, at virksomheder hvor der er målt høje værdier for krom 6 (tæt på eller højere end den nuværende danske grænseværdi, 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) er tøvende og/eller afvisende for at dele deres måledata. Desuden må det forventes, at de virksomheder, der har foretaget målinger, også er de virksomheder, som er mest opmærksomme på problematikken.

### 4.3 Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere

Nedenfor fremgår en vurdering af antal danske virksomheder, der på nuværende tidspunkt udfører de tre galvaniske processer, samt antallet af ansatte i disse virksomheder, som potentielt er eksponeret for krom 6 via deres arbejdsmiljø. Disse estimater er opnået ved dialog med relevante brancheforeninger og virksomheder.

#### **Kromatering**

I Danmark bruges kromaterede metalemner i mange industrisektorer, og branchen oplyser, at det er metalemner til bl.a. skruer, bildele og bygningskomponenter fx beslag.

Vi anslår, at der i Danmark er 7-10 virksomheder som laver kromatering på metalemner, hvoraf den største virksomhed har ca. 100 ansatte. Af disse 7-10 virksomheder har flere virksomheder helt eller delvist substitueret kromatering (baseret på krom 6) med passivering (baseret på krom 3), og flere af disse virksomheder udfører andre overfladebehandlinger, hvor krom 6 ikke indgår. Hertil vurderer vi, at flere mindre virksomheder har en særskilt kromateringsafdeling, hvor de kromaterer egne metalemner. Branchen vurderer dog, at antallet af disse er få, og at langt de fleste har udliciteret kromateringsprocessen. Det har ikke været muligt at udarbejde et estimat på antal mindre virksomheder, med en særskilt kromateringsafdeling til egne emner. Disse virksomheder er derfor ikke medregnet i følgende estimater.

**Potentielt eksponerede arbejdstagere.** Vi anslår, at der i de større virksomheder arbejder mellem 5 og 9 ansatte per holdskifte (3 per døgn) med kromatering. Dvs. at der arbejder 10-27 ansatte på de største virksomheder i Danmark. Det estimeres derfor, at der i alt er 70-270 arbejdstagere i Danmark, som arbejder med kromateringsprocessen af emner. Tallet dækker over det samlede antal, der kan være udsatte i kortere eller længere tid. I nogle virksomheder foregår kromatering ikke i isolerede proceshaller, og i disse virksomheder vil andre medarbejdere derfor også kunne blive eksponeret for krom 6 i mindre omfang.

#### **Glansforkromning**

Ved kontakt til virksomheder, som udfører glansforkromning, blev det vurderet, at 5-10 virksomheder i Danmark udfører glansforkromning med krom 6. Flere virksomheder vurderes at have

substitueret brugen af krom 6 med krom 3 helt eller delvist. Dog vurderes det her, at over halvdelen, dvs. 3-5 virksomheder, stadig bruger krom 6 i størstedelen af produktionen.

**Potentielt eksponerede arbejdstagere.** Det vurderes her, at den produktion af emner med glansforkromning kun giver anledning til eksponering af enkelte arbejdstagere. Denne vurdering er baseret på, at der typisk anvendes en automatiseret, isoleret glansforkromningsproces, hvor arbejdstagere ikke arbejder i arbejdsmiljøer, hvor der kan forekomme krom 6. En enkelt medarbejder på hver af disse virksomheder korrigerer dog proceskarrenes sammensætning. Denne proces vurderes at vare maksimalt én dag per uge for én enkelt ansat per virksomhed. Dette udgør 5-10 ansatte i Danmark.

Hertil vurderes det, at enkelte få virksomheder udfører manuel glansforkromning. Dette arbejde udføres på mindre virksomheder, hvor flere galvanoprocesser kan forekomme i samme proceshal. Herved kan flere ansatte, end de som arbejder direkte med glansforkromningen, potentielt være eksponeret for krom 6. Det har ikke været muligt at få kontakt til en mindre virksomhed, som udfører manuel glansforkromning. Der er derfor ikke foretaget et estimat over antallet af potentielt eksponerede medarbejdere i disse virksomheder.

### Hårdforkromning

Virksomhederne beretter, at størstedelen af hårdforkromning, som førhen forekom i Danmark, er blevet udliciteret til udlandet. Da der er et nationalt behov for forkromning, til fx gearkasser i vindmølleproduktion, udføres hårdforkromning stadig i Danmark i mindre omfang. Det anslås, at der på nuværende tidspunkt er 5-7 virksomheder i Danmark, der udfører hårdforkromning. Det samlede antal ansatte vurderes her at være maksimalt 100.

**Potentielt eksponerede arbejdstagere.** Vi anslår, at der i de større virksomheder, som laver hårdforkromning, arbejder 2-7 mand fuldtids med hårdforkromning. Med antagelse om, at der i Danmark er 5-7 virksomheder, som laver hårdforkromning, estimeres det, at mellem 10 og 49 ansatte i Danmark arbejder med hårdforkromning i arbejdsmiljøer, hvor de potentielt kan blive eksponeret for krom 6. Der vil være nogle arbejdstagere, som arbejder mindre end 7-8 timer om dagen ved den givne proces. De virksomheder, som er blevet adspurgt, har udført hårdforkromning i aflukkede haller, og det vurderes generelt, at eksponering af andre ansatte i virksomhederne er minimal.

## 4.4 Alternativer

### Alternativer til brugen af krom 6-forbindelser i kromatering

Som alternativ til at bruge krom 6 i kromatering, kan der anvendes krom 3 i langt de fleste kromateringsprocesser bl.a. sort-, blå- og kromit-passivering. I få kromateringsprocesser kan anvendelse af krom 6 dog ikke substitueres med krom 3, bl.a. til nogle specifikke sort-kromateringer. Mht. den tekniske forskel i korrosionsbestandigheden for emnet, har virksomhederne forskellige opfattelser af brugen af passivering (baseret på krom 3) sammenholdt med kromatering (med krom 6). Nogle virksomheder beretter at passivering både medfører en visuel og en teknisk ændring på emnet, som består af en farveforskel og mindre korrosionsbestandighed ved passivering. Andre virksomheder beretter, at det udelukkende er farven, der ikke kan opnås ved passivering, og at korrosionsbestandigheden ved passivering på nuværende tidspunkt er udviklet til at kunne matche kromateringprocessen.

Anvendelsen af passiveringsprocesser og kromateringsprocesser varierer i de danske virksomheder. Der er i Danmark både virksomheder, som delvist har skiftet fra kromatering til passivering, og virksomheder, som udelukkende anvender kromatering. Flere adspurgte virksomheder gav udtryk for at være omstillingsparate i forhold til at substituere krom 6 med krom 3. En enkelt adspurgt virksomhed berettede også, at deres virksomhed har advokeret for brugen af passivering frem for kromatering, og at virksomheden til dels har kunnet skifte fra kromateringsprocesser til passiveringsprocesser i egenproduktionen.

Den generelle opfattelse i galvano-industrien er dog, at brugen af passivering som alternativ til kromatering ikke er udbredt i danske virksomheder. Dog vurderer branchen, at anvendelsen af kromatering er faldende, og branchen forventer en kontinuerlig nedgang af kromateringsprocessen og en tilsvarende vækst i passivering.

### **Alternativer til brugen af krom 6-forbindelser i glansforkromning**

Krom 3 kan anvendes som alternativ til krom 6 til glansforkromning. Anvendelsen af krom 3 til glansforkromning bliver af branchen vurderet at være et meget brugbart alternativ. Dog kan der forekomme en mindre ændring i udseendet og et mindre fald i korrosionsbestandigheden.

De adspurgte virksomheder vurderer dog, at der primært bruges krom 6 til glansforkromning i Danmark.

### **Alternativer til brugen af krom 6-forbindelser i hårdforkromning**

Hårdforkromning bruges på metalliske overflader for at styrke overfladen og øge modstandsdygtigheden (fx ved højt mekanisk slid), at tilføre en høj korrosionsbeskyttelse, samt at resultere i en lav friktionskoefficient. Denne kombination af egenskaber er nødvendig i eksempelvis nogle typer af motorer.

En række krom 6-forbindelser er reguleret under REACH, og brugen heraf kræver godkendelse. Der er indsendt flere ansøgninger om godkendelse til at anvende kromtrioxid til hårdforkromning. I en af ansøgningerne, indsendt af en lang række leverandører til galvano-industrien, er der gennemgået 12 forskellige alternativer til hårdforkromning (ECHA, 2020). Ansøgningen angiver, at der i EU er 1.167 virksomheder der udfører denne type overfladebelægning som samlet anvender 6,000 t/år af kromtrioxid. Denne analyse gennemgår bl.a. brugen af nikkel, krom 3 og plasmaprøjtning, og viser, at der på nuværende tidspunkt ikke kan findes alternativer, som giver de sammen nødvendige og kritiske egenskaber<sup>10</sup>. Anvendelse af krom 3 i hårdforkromning er i følge ansøgningen undersøgt, og denne substitution kan på nuværende tidspunkt ikke anvendes til at give overfladen de afgørende egenskaber. Der udføres på nuværende tidspunkt test for at udvikle brugen af krom 3 ved hårdforkromning og gøre den anvendelig, men på nuværende tidspunkt kan krom 3 ikke anvendes som alternativ til krom 6.

I én af ansøgningerne for brug af krom 6 til hårdforkromning, vurderes det, at krom 6 ikke kan substitueres helt før 2029. Der er endnu ikke taget beslutning om, hvornår godkendelsen skal tages op til ny vurdering af de tekniske komiteer under kemikalielovgivningen (REACH), hvor der skal foreligge en fornyet alternativ-vurdering. En anden ansøgning fra en række finske virksomheder

---

<sup>10</sup> <https://echa.europa.eu/documents/10162/70ae9192-4c86-4e68-9021-0a90f7b56444>

indeholder en detaljeret beskrivelse og vurdering af 8 alternativer<sup>11</sup>. For denne ansøgning er der taget endelig stilling, og den godkendte anvendelse skal revurderes i 2024.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> <https://echa.europa.eu/documents/10162/20e1f807-803e-456f-818b-6e02d0025a3d>

<sup>12</sup> <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/26801/attachments/1/translations/en/renditions/native>



## 5 Bearbejdning af legeret stål (herunder rustfrit stål)

Der produceres ikke rustfrit stål i Danmark, men der arbejdes med rustfrit stål i mange brancher. Krom anvendes som legeringsmateriale til stål for at øge korrosionsbestandigheden.

Når emner af stålegeringer med krom udsættes for høje temperaturer, kan der fordampe krom fra emnet. Ved fordampning oxideres krom hurtigt til krom 6, hvorfor arbejdstagere, som arbejder med termiske processer og kromholdigt stål, potentielt kan blive eksponeret for krom 6. Nedenstående tabel angiver de forskellige ståltypers indholdskoncentrationer af forskellige legeringsmetaller inkl. krom, samt en vurdering af den potentielle eksponeringsrisiko ved termisk arbejde i den specifikke ståltipe.

Tabel 5.1 *Typers af stål og dets del-komponenter, samt anvendelsesområder. (Warming et al., 2018 ; IBAR, 2006)*

Type	Indhold	Potentiel eksponering af arbejdstagere ved termiske processer
Karbonstål (også kendt som sort stål og konstruktionsstål)	Jern Karbon, ca. 0,05-0,25%	Indeholder ikke krom, hvorfor det forventes at arbejdstagere ikke eksponeres for krom 6
U-legeret stål	Jern Mangan	Indeholder ikke krom, hvorfor det forventes at arbejdstagere ikke eksponeres for krom 6
Lavt-legeret stål	Jern Mangan < 5% legeringsmetaller (fx mangan, nikkel og/eller krom)	Indeholder krom, hvorfor det forventes at arbejdstagere potentielt kan blive eksponeret. Den potentielle eksponering vurderes til at være lav.
Rustfrit stål (høj-legeret stål)	Jern Mangan > 5% legeringsmetaller (fx mangan, nikkel og/eller krom)	Indeholder krom, hvorfor det forventes at arbejdstagere potentielt kan blive eksponeret. Termisk arbejde i rustfrit stål udleder betydelige mængder af krom 6. Den potentielle eksponering vurderes at være stor.

Vi vurderer, at arbejde med rustfrit stål vil kunne resultere i de højeste potentielle eksponeringskoncentrationer, og fokus vil i nærværende kortlægning derfor være på rustfrit stål.

### Rustfrit stål i Danmark

Det er blevet oplyst af en dansk grossist i rustfrit stål, at virksomheden importerer ca. 70.000 tons, som dækker 27-30% af det danske marked. Dvs. at det totale marked i Danmark, ud fra disse oplysninger, kan vurderes til at være 233.000-259.000 tons. Dette tal er dog ikke udtømmende for mængden af rustfrit stål, der bearbejdes i Danmark, da adspurgte virksomheder beretter, at de også importerer støbte emner fra udlandet, fx Sverige, Kina og Tyskland, som viderebearbejdes i Danmark.

Brancheforeninger og virksomheder vurderer, at virksomheder der leverer procesløsninger til fødevarerindustrien udgør den største del af de virksomheder, som bearbejder rustfrit stål ved brug af termiske processer.

Ud over dette er der en bred vifte af forskellige industrisektorer, hvor rustfrit stål bliver bearbejdet i et vist omfang fx skibsværfter, autoværksteder og produktion af militært udstyr.

## 5.1 Svejsning, termiske skæring og slibning

Rustfrit stål kan bearbejdes ved flere termiske processer. Der er i Danmark en stor industri, som laver procestekniske løsninger i rustfrit stål til fødevarerproduktionen og andre produktioner, som stiller krav til hygiejne, fx medicinalproduktionen.

Nedenfor beskrives svejsning, termisk skæring og slibning. De mest hyppigt anvendte metoder for hver svejsning og termisk skæring fremgår i Tabel 5.2.

**Svejsning:** Ved svejsning forstås typisk en proces hvor to eller flere emner af metal sammenføjes ved en sammensmeltning. Dog indbefatter svejsning også teknikker, hvor overfladen på et element ændres på et specifikt arbejdsområde, fx ved laser cladding, hvor et ydre metallisk lag påføres et metalemne (se Tabel 5.2 for mere info vedr. laser cladding). I en del svejsninger, bruges der ekstra materiale i selve sammensmeltningen. Dette kaldes for tilsatsmateriale eller svejsemetal. I denne rapport vil betegnelsen tilsatsmateriale blive anvendt. Det er tidligere vurderet at 95% af svejserrøgen stammer fra tilsatsmaterialet, og kun 5% fra emnet (Warming et al., 2018). Indholdet af svejserrøg ved svejsning kan derfor forudsiges primært fra tilsatsmaterialet/elektroden, samt den specifikke svejsemetode.

Arbejdstagere kan eksponeres for krom 6 fra svejsning og termiske processer, når emner, der bearbejdes, eller tilsatsmaterialet indeholder krom. Tilsatsmaterialet skal være tilpasset det materiale, man svejser i, og have tilnærmelsesvist samme smeltepunkt. Derfor må man forvente, at der bruges tilsatsmateriale med krom, når der svejses i materialer med krom.

I 2006 vurderede Dansk Metal, at de mest almindelige typer af stål der svejses i Danmark, er rustfrit stål og carbonstål (Dansk Metal, 2006).

**Termisk skæring:** Ved termisk skæring forstås oftest plasmaskæring, laserskæring og flammeskæring. Disse dækker over forskellige varmekilder, som anvendes til at skære i et metalemne. Da der ikke anvendes tilsatsmateriale til termisk skæring, kommer røgen, modsat svejsning med elektrode, udelukkende fra emnet. I større produktioner anvendes oftest en fuldautomatiseret lukket proces. Termisk skæring forekommer også som manuel proces i danske virksomheder.

**Slibning:** Slibning af legeringer med krom anvendes fx ved mindre tilretninger af emner af rustfrit stål. Slibning udføres oftest manuelt ved brug af en vinkelsliber. Krom 6 kan dannes, idet der ved slibning kan opstå høje temperaturer og dermed fordampning af krom i rustfrit stål. Ved polering er temperaturerne så lave, at der ikke i større grad vil dannes krom 6.

Tabel 5.2 De mest anvendte processer indenfor svejsning og termisk skæring. (IBAR 2006 ; Warming et al., 2018)

Proces	Røgdannelse (IBAR, 2006)	Andel i rustfrit stål i EU (Warming et al., 2018)	Anvendelse (Warming et al., 2018)	Krom 6 i svejserøg (Warming et al., 2018)	Andre problematiske stoffer
<b>Elektrodesvejsning.</b> Svejsning med beklædte elektroder. Betegnelse MMA (Manual Metal Arc) bruges også for elektrodesvejsning					
	XX(X)	10-29%	Svejsning med: Karbonstål Lav-legeret stål Rustfrit stål.	Svejserøg kan indeholde op til 16% krom, hvoraf 90% af disse kan være krom 6.	Nikkeloxider 1-3%. (X) nitrose gasser (X) kulilte
<b>MAG-svejsning (Metal-Aktiv-Gas).</b> Ved denne proces smelter selve elektroden og udgør derved også tilsatsmaterialet. Der anvendes en beskyttelsesgas, fx carbondioxid, som reagerer kemisk med svejsesømmen.					
	XX(X)	5-60%	Svejsning med: Lav-legeret stål Rustfrit stål.	Svejserøg kan indeholde op til 17% krom, primært krom 3.	Nikkeloxider < 5% (X) nitrose gasser (X) kulilte X(XX) ozon
<b>MIG-svejsning (Metal-Inert-Gas).</b> Ved denne proces smelter selve elektroden og udgør derved også tilsatsmaterialet. Der anvendes en beskyttelsesgas, typisk argon og helium, som ikke reagerer med svejsesømmen.					
	XX	5-60% udføres på rustfrit stål	Svejsning med: De fleste metaller	-	(X) nitrose gasser XXX(X) ozon
<b>FCAW-svejsning (Flux Cored Arc Welding).</b> Denne metode er en variant af MIG/MAG mht. nødvendigt udstyr. Tråden/tilsatsmaterialet der anvendes, varierer fra MIG/MAG metoderne, da tråden der anvendes ikke er massiv, men udformet som et tyndt rør med en indvendig kerne af pulver. Der anvendes i nogle tilfælde en beskyttelses, som tilføres eksternt eller internt i tilsatsmaterialet.					
	XX(X)*	5-60%	Svejsning med: Karbonstål Lav-legeret stål Rustfrit stål.	Afhængig af tilsatsmateriale og andre tekniske parametre, kan der frigives krom 6 i svejserrøg.	-
<b>TIG-svejsning (Tungsten-Inert-Gas).</b> Ved denne svejsemetode smelter elektron ikke. Tilsatsmaterialet kan tilføres ved siden af elektroden. Der anvendes en beskyttelsesgas, typisk argon og helium, som ikke reagerer med svejsesømmen.					
	-	> 50%	Anvendes fx på lav-legeret stål rustfrit stål	krom 6 vurderes ikke til at være en primær komponent i svejserøg	XX Ozon

Proces	Røgdannelse (IBAR, 2006)	Andel i rustfrit stål i EU (Warming et al., 2018)	Anvendelse (Warming et al., 2018)	Krom 6 i svejserøg (Warming et al., 2018)	Andre problematiske stoffer
<b>Lasersvejsning og laser-cladding.</b> Denne metode er en forholdsvis ny og kompleks metode. Kan anvendes til varmfølsomme emner, da temperaturen er væsentlig lavere end ved traditionelle svejsemetoder. Der er ikke behov for en opvarmning post-svejsning. Denne metode kan udføres med tilsatsmateriale, som påføres en overflade, hvilket kaldes laser-cladding. Processen er altid automatiseret.					
	X(X)	Ingen data	Anvendes fx til rustfrit stål	Krom kan udledes ved lasersvejsning/laser-cladding, hvoraf 5% er krom 6.	(X) nitrøse gasser (X) ozon
<b>Flammeskæring/oxy-brændstof-skæring.</b> Emnet skæres over af en flamme, som drives af acetylen (eller et andet brændstof) og ren ilt. Da der vil kunne ske en oxidation af stålet under skæringen, anvendes metoden ikke til rustfrit stål.					
	XX(X)	Ingen data		Da oxidation af stålet er en reaktion, der forekommer under skæringen, anvendes metoden ikke til rustfrit stål.	-
<b>Plasmaskæring.</b> Ved plasmaskæring anvendes en ioniseret gas, som leder elektricitet. Energien som anvendes under skæringen er elektricitet, og gassen, som anvendes, er typisk komprimeret luft. Det er en effektiv og hurtig metode at skære i rustfrit stål.					
	XX(X)	Ingen data		Krom 6 kan udledes	-

X: Relativ lav forureningsdannelse. Bidrager til den samlede forurening. XX: Betydelig forureningsdannelse  
XXX: Kraftig forureningsdannelse. XXXX: Meget kraftig forureningsdannelse. ( ): Variationsområde. -: fremgår ikke i gennemgået litteratur. \* Denne værdi ikke fremgår ikke af IBAR 2006. Ved FCAW kan der benyttes samme udstyr som ved MIG/MAG. Til forskel fra MIG/MAG, anvendes altid pulverfyldt elektrode ved FCAW. Anvendelse af pulverfyldt elektrode giver større røgdannelse end ved brug af en fast elektrode (Warming et al., 20108).

### 5.1.1 Værnemidler og andre risikoforanstaltninger.

Ifølge Arbejdstilsynets Bekendtgørelse nr. 1795 af d. 18. december 2015 (kræftbekendtgørelsen) om foranstaltninger til forebyggelse af kræftbetrothed ved arbejde med stoffer og materialer, er det lovpligtigt for en arbejdstager, som arbejder med svejsning og/eller termisk skæring, samt slibning i forbindelse hermed, at tage en uddannelse i arbejdsmiljø og sikkerhed. Formålet med denne uddannelse er, at arbejdstagere, som arbejder i et arbejdsmiljø, hvor der er risiko for eksponering for kræftfremkaldende stoffer, har kendskab til relevante arbejdsmiljøpåvirkninger, sundhedsrisici og foranstaltninger ved svejsning, termisk skæring og slibning, bl.a. luftforurening, sundhedsrisici og personlige værnemidler. Denne uddannelse betegnes typisk som "paragraf 17-uddannelsen".

Hertil er der krav om, at arbejdspladsen, hvor der svejses og/eller udføres termisk skæring i metal, skal være afgrænset fra andre arbejdspladser samt være markeret med passende advarsels- og sikkerhedsskiltning. Ydermere er der krav vedr. ventilation: svejsepladsen skal være velventileret. Den samlede luftforurening på arbejdspladsen skal være så lav som muligt, og grænseværdier skal overholdes. Den nuværende nationale grænseværdi for krom 6 er 5 µg/m<sup>3</sup>.

I Danmark vurderes det, at arbejdspladser har varierende krav til ansatte svejsere og brug af værnemidler. I nogle virksomheder anvendes en frisklufthjelm ved svejsning i rustfrit stål og i andre anvendes "kun" punktudsugning. I de adspurgte virksomheder var der kendskab til problematikken med svejserrøg og eksponering for problematiske stoffer herfra.

Ifølge Arbejdstilsynets vejledninger for "Maskinel plasmaskæring"<sup>13</sup> og "Manuel plasmaskæring"<sup>14</sup>, må manuelt plasmaudstyr kun betjenes af personale, der er instrueret i betjening af udstyret og instrueret i brug af de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger. Maskinelt plasmaudstyr må kun anvendes, når der i umiddelbar nærhed er en medarbejder, der er fortrolig med skæreudstyret.

### 5.1.2 Eksponeringsniveauer i danske virksomheder

Det er ikke fundet resultater af eksponeringsmålinger i danske virksomheder.

### 5.1.3 Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere

I den industri, hvor stålet bearbejdes, vurderer branchen at fødevareindustrien er den største aftager. Danske stålgrossister estimerer, at op til 70% af de solgte mængder af rustfrit stål anvendes til løsninger til fødevareindustrien. En mindre del, 10-12% af det rustfrie stål bruges i offshore vindmølleproduktionen, og de resterende 18-20% er til konstruktionsbranchen og lignende. En markant grossist i rustfrit stål informerede at de leverer rustfrit stål til 1.500-1.600 virksomheder. Det blev oplyst, at ca. 70% af disse virksomheder leverer til virksomheder inden for fødevareindustrien. Dette svarer til 1.050-1.120 virksomheder i Danmark, som leverer til fødevareindustrien. En anden branchekender vurderer, at der er over 100 større virksomheder og cirka 250 underleverandør. Informationer fra branchen giver et interval på 350-1.120 virksomheder – dette udelukkende til fødevareindustrien. Der foregår formentlig ikke termiske processer i alle virksomhederne. Det skal her ansås, at der vil være 500-2000 virksomheder, der i et vist omfang udfører svejsning, skæring eller slibning i rustfrit stål.

Foruden bearbejdning af rustfrit stål vurderes det, at arbejdstagere også arbejder med rustfrit stål ved montering, vedligeholdelse og nedtagning af maskiner i procesindustrien, samt opskæring hos skrothandlere. Skrottet rustfrit stål har en forholdsvis høj pris, svarende til ca. det halve af den oprindelige pris, og derfor er der en stor interesse for genbrug.

#### **Potentielt eksponerede arbejdstagere**

Antallet af arbejdstagere med gyldigt paragraf 17 certifikat til konstruktions svejsning (se afsnit 5.1.1) var marts 2020 19.919<sup>15</sup>. Herudover vil der være arbejdstagere, der svejser i andet; eksempelvis på biler og landbrugsmaskiner. Overordnet vurderes det, at der i Danmark er 110.000 arbejdstagere i metalindustrien, hvoraf 1/5-1/10 arbejder med rustfrit stål, svarende til 11.000-22.000 arbejdstagere. Af disse vurderes 5.000-20.000 at svejse eller udføre andre termiske processer i rustfrit stål. Intervallet dækker over det samlede antal, der kan være udsatte i kortere eller længere tid. 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. Sammenlignet med estimerne over antal eksponerede i EU som omtales i afsnit 2.3 er tallet meget stort. Det skyldes delvist at estimerne for EU er

<sup>13</sup> <https://at.dk/regler/at-vejledninger/maskinel-plasmaskaering-2-09-3/>

<sup>14</sup> <https://at.dk/regler/at-vejledninger/manuel-plasmaskaering-2-09-4/>

<sup>15</sup> Oplysning fra Industriens Uddannelser, marts 2020.

omregnet til fuldtidsstillinger, mens estimatet her vedrører samtlige arbejdstagere der i større eller mindre grad udfører termiske processer med rustfrit stål. Men det er også meget muligt, at forbruget af rustfrit stål i Danmark er relativt stort, fordi de sektorer, hvor der anvendes meget rustfrit stål - især fødevarerindustrien -, er relativt store i Danmark.

## 5.2 Støbning i rustfrit stål

De danske støberier modtager bl.a. rustfrit stål indkøbt fra skrothandlere. Ved støbning i rustfrit stål opvarmes råmaterialet i induktionsgryder til en temperatur på 1.500-1.600 °C. Når råmaterialet er smeltet, hældes det i støbeforme. For at optimere og justere råmaterialets egenskaber og komponenter, justeres disse under støberprocessen. Dette gøres ved, at der måles på legeringen, hvorefter koncentrationerne af legeringsmetallerne kan justeres til det ønskede.

### 5.2.1 Identificerede eksponeringsscenarier, samt anvendte risikoforanstaltninger og anvendte værnemidler

Støbeprocessen foregår i større produktionshaller, hvor flere induktionsgryder står opstillet. Disse kan indeholde forskellige stållegeringer. Medarbejdere, som færdes i produktionshallen, hvor induktionsgryderne og selve støbeprocessen foregår, vurderes her potentielt at kunne være udsat for eksponering. Da der ikke anvendes krom 6-holdigt materiale vurderes det at arbejdsfunktioner, hvor eksponering for krom 6 kan forekomme, er begrænset. Den potentielle krom 6 eksponering af arbejdstagere i de danske støberier, er udelukkende fra smeltede legeringer, som indeholder krom. Vi vurderer derfor, at kun arbejde som varetages af arbejdstagere i produktionshallerne, vil kunne give anledning til eksponering for krom 6.

**Værnemidler og risikoforanstaltninger:** Det har ikke været muligt at få uddybende svar fra virksomheder, som støber i rustfrit stål. De begrænsede oplysninger, der er, tyder på, at støberier i Danmark benytter sig af en kraftig procesudsugning over gryderne i produktionshallen, og at personale, der færdes i proceshallerne, anvender friskluftforsyning, fx i form af turbofilter-masker.

### 5.2.2 Eksponeringsniveauer

Det er ikke fundet resultater af eksponeringsmålinger i danske virksomheder.

### 5.2.3 Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere

Antallet af støberier, som støber i rustfrit stål i Danmark, vurderes her at være 3 virksomheder i alt. Der er flere støberier i Danmark, som støber i andre former for stållegeringer. Støberierne, som støber i rustfrit stål, støber også i andre materialer, fx andre stållegeringer, hvor der også kan forekomme krom. Koncentrationen af krom i disse legeringer er dog væsentligt mindre end koncentrationerne i rustfrit stål.

Vi vurderer, at der på de danske virksomheder, der støber i rustfrit stål, arbejder mellem 12 og 32 medarbejdere i produktionshallerne, hvor rustfrit stål smeltes. Dette giver et estimat på i alt 36-96 arbejdstagere i Danmark, som potentielt kan være eksponeret for krom 6 ved støbning i rustfrit stål. 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.

## 5.3 Termisk sprøjtning

Termisk sprøjtning er en proces, som anvendes til at påføre et ydre metallisk lag på et emne. Hermed kan overfladens funktionelle egenskaber tilpasses eller fornyes. Komponenterne i det tilførte lag kan variere meget, og processen kan anvendes til at påføre en metallisk overflade til en række materialer: rene metaller, legeringer, keramik og plast.

Ved termisk sprøjtning opvarmes pulveret eller tråden, som skal pålægges emnet, til smeltetemperatur, hvorefter det sprøjtes på emnet. Overordnet skelnes der mellem kold og varm termisk sprøjtning. Ved en kold termisk sprøjtning bliver emnet ikke varmere end 150°C. Ved varm sprøjtning varmes emnet til 1.025 °C, hvorved den tilførte overflade hæftes bedre til emnet.

I den danske industri vurderes det, at processen er relevant for nærværende kortlægning, når processen påfører et metallisk lag indeholdende krom på et emnes overflade. Typisk udføres termisk sprøjtning på metalemner med påføring af et metallisk lag. Processen anvendes fx til at pålægge en ny overflade på slidte maskindele, pålægge et korrosionsbeskyttende lag samt gøre overfladen mere slidstærk. Det vurderes, at der kan forekomme krom i pulveret som påføres metalemnet. Da metalpulveret, og dermed krom, opvarmes til smeltetemperatur, kan der ved fordampning af krom under de rette forhold dannes krom 6.

Der bruges ikke krom 6 ved termisk sprøjtning. Arbejdstagere som arbejder med termisk sprøjtning eller i nærheden heraf, vurderes udelukkende at kunne blive eksponeret for krom 6, når der arbejdes med kromholdigt pulver til den termiske sprøjtning.

Termisk sprøjtning kan udføres ved brug af forskellige varmekilder. Følgende liste inkluderer de mest relevante processer identificeret i EU (Warming et al., 2018), samt hvorvidt disse er identificeret i den danske industri:

- > **Flammesprøjtning** (m. gas). Anvendes i den danske industri. I processen kan der anvendes både tråd og pulver som kilde til påføringen. Under processen dannes der både gas og partikler, hvoraf de specifikke stoffer afhænger af tilsatsmaterialet. Ved anvendelse af tilsatsmaterialer som indeholder krom, kan der potentielt blive dannet en blanding af forskellige krom-oxider og dermed krom 6.
- > **Buesprøjtning**. Ukendt om denne metode anvendes i den danske industri. Under processen dannes der mindre partikler, end ved brug af gasflamme. Denne forskel i partikelstørrelsen medfører, at der er en større fraktion af disse partikler, som kan indåndes.
- > **Plasma sprøjtning**. Anvendes i den danske industri. Denne metode udleder flere problematiske stoffer end flamme- og buesprøjtning, ved brug af de samme materialer. Dette skyldes, at sprøjteraten er meget højere end ved flamme- og buesprøjtning. Warming et al., (2018) angiver, at de fleste af disse processer foregår i lukkede systemer.
- > **High velocity oxy-fuel coating spraying (HVOF)**. Anvendes i den danske industri. Ved denne metode tilføres pulver, som sprøjtes på emnet med en hastighed på mere end 1.000 meter per sekund, ved brug af gas og en flamme på ca. 3.000°C. Der dannes en overflade, som bindes til overfladen af emnet. Vi vurderer, at processen i Danmark primært foregår i automatiserede aflukkede processer.

Termisk sprøjtning kan forekomme både manuelt, semiautomatiseret og fuldautomatiseret. Virksomheder, der udfører termisk sprøjtning, har i mindre grad givet bidrag til nærværende kortlægning, og vi vurderer derfor, at listen med arbejdsfunktioner med potentiel eksponering for krom 6 ikke er udtømmende.

### 5.3.1 Værnemidler og andre risikoforanstaltninger

Termisk belægning er en proces, hvor pulver og tråd bestående af forskellige metaller opvarmes til smeltetemperatur, og dermed giver anledning til udledning af problematiske gasarter og partikler. I følge branchen skal medarbejdere, der udfører arbejdet, have gennemført en "paragraf 17" uddannelse i henhold til kræftbekendtgørelsen. Denne uddannelse er lovpligtigt for en arbejdstager, som arbejder med svejsning og/eller termisk skæring og/eller slibning i tilknytning hertil. Denne uddannelse er dog ikke krævet i relation til termisk sprøjtning.

Termisk sprøjtning udføres med procesudsugning. Vi vurderer, at danske arbejdspladser har varierende krav og brug af værnemidler ved udførelse af termisk sprøjtning. Anvendelsen varierer fra visir og handsker, til masker med friskluftforsyning. Hertil blev det noteret, at udførelse af termisk sprøjtning kan forekomme i rum, hvor andre arbejdstagere udfører andre processer såsom svejsning. Disse medarbejdere anvender ikke yderligere personlige værnemidler end visir og handsker.

### 5.3.2 Eksponeringsniveauer og risikoforanstaltninger

Det er ikke fundet resultater af eksponeringsmålinger i danske virksomheder.

### 5.3.3 Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere

Vi vurderer, at der i Danmark er omkring 10 virksomheder som udfører termisk sprøjtning. I hver af disse virksomheder arbejder der mellem 1-3 medarbejdere med processen. Varigheden af arbejdet er varierende, og suppleret med andre processer såsom slibning.

Hertil vurderer vi, at industrien, som bearbejder rustfrit stål, leverer mange varierende specialprodukter til mange forskellige formål, og at der kan foregå termisk sprøjtning i mange af disse virksomheder. Fx tilbyder nogle af disse virksomheder reparation af deres installerede procesløsninger, hvor termisk sprøjtning også må forventes at udbydes. Det estimeres på den baggrund, at de større virksomheder, som leverer løsninger til fødevarerindustrien, potentielt kan have en mindre aktivitet med termisk sprøjtning.

Dermed anslår vi, at der kan være over 100 virksomheder, som udfører termisk sprøjtning i Danmark indenfor rustfrit stål bearbejdning, samt ca. 10 virksomheder som udfører termisk sprøjtning for eksterne virksomheder. Det samlede antal danske virksomheder som potentielt kan udføre termisk sprøjtning skal på den baggrund anslås til 100-150.

Antal arbejdstagere, som udfører termisk sprøjtning, er som minimum 1 person per virksomhed. Dermed anslår vi, at der kan være 100-450 arbejdstagere i Danmark som potentielt kan blive eksponeret for krom 6 ved termisk sprøjtning. Intervallet dækker over det samlede antal, der kan være udsatte i kortere eller længere tid. 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.



## 5.4 Bejdsning og elektroplering af rustfrit stål

For at fjerne anløbninger på overfladen og nedsætte ruheden af rustfrit stål, ikke mindst til fødevareresektoren, skal overfladen bejdses eller elektropleres.

En almindelig bejdsemetode er at udsætte overfladen for en stærk syre. På engelsk betegnes processen "pickling" og angives i en rapport fra the European Stainless Steel Development Association, at foregå med flere forskellige processer herunder nedsænkning i tank med syre, påsprøjtning, påsmøring af pasta eller, hvis det drejer sig om bejdsning af rør, at cirkulere syren gennem rørene.<sup>16</sup> Disse processer anvender ikke elektrolyse.

En anden overfladebehandlingsproces for rustfrit stål er elektroplering (Eng: "electropolishing"). Elektroplering er en galvanoteknisk proces, der foregår i et stærkt koncentreret syrebad, hvor emnet neddyppes, koblet anodisk ved hjælp af en ensretter. Processerne er beskrevet i en anden rapport fra European Stainless Steel Development Association<sup>17</sup>. Denne behandling af rustfrit stål giver en ensartet glansfuld overflade, høj korrosionsbestandighed og en lav overfladeruhed, som gør emnet meget let at rengøre.

Bejdsning foregår i følge oplysninger fra én virksomhed ved ca. 60 grader, hvor de kemiske reaktioner kan omdanne/oxidere en del af metallisk krom 0 til krom 6.

Der er i den internationale litteratur ikke fundet oplysninger om eksponering for krom 6 ved disse processer, og der er først sent i arbejdet med denne rapport indkommet oplysninger om at der muligvis vil kunne forekomme eksponering for krom 6. De fundne artikler og rapporter vedrører bortskaffelse af bade indeholdende krom 6 og krom 6 i spildevand.

En kontaktet virksomhed har oplyst at disse processer formentlig foregår 10-20 steder i Danmark og der er ca. 100 personer, som er beskæftiget med processerne. Dahl (2007) angiver, at der på daværende tidspunkt var 10 virksomheder, der udførte elektroplering, og 20 virksomheder, der udførte bejdsning af rustfrit stål.

Da der ikke fundet oplysninger, der tyder på, at der vil kunne være væsentlig eksponering for krom 6 fra processerne, er disse processer ikke nærmere undersøgt.

En tredje overfladebehandlingsproces for rustfrit stål, passivering, har til formål at styrke stålets naturlige, beskyttende oxidfilm, og opløse blotlagte indeslutninger og andre korrosionsmæssige svækkelser. Passiveringer beskrevet i kapitel 4 om galvaniske processer, da der anvendes krom 6 i processen.

## 5.5 Alternativer

Metallisk krom indgår i rustfrit stål og andre stållegeringer, og anvendes til at øge korrosionsbestandigheden af stålet. Anvendelse af metallisk krom i rustfrit stål og andre legeringer, er ikke

---

<sup>16</sup> [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro\\_Inox/Passivating\\_Pickling\\_EN.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Passivating_Pickling_EN.pdf)

<sup>17</sup> [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro\\_Inox/Electropolishing\\_EN.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_EN.pdf)

problematisk, hvad angår arbejdstageres eksponering for krom 6. Problematikken opstår, når termiske processer anvendes på kromholdige legeringer.

Anvendelsen af krom i legeringer giver egenskaber som er nødvendige ved brug af stålet. Vi vurderer, at substitution af krom i legeringer ikke er en mulighed. Derimod er der mulighed for at reducere eksponeringen for arbejdstagere ved modifikation og optimering af relevante processer, fx lasersvejsning, samt minimering af antallet af arbejdstagere som udfører af processen, hvilket fx ses ved stålgrossister som skærer i aflukkede anlæg.

## 6 Maling/lak

### 6.1 Processer

Eksponering for krom 6 i relation til maling/lak kan forekomme i forbindelse med produktion, brug og fjernelse af maling/lak, som indeholder krom 6-forbindelser.

**Forbrug af kromholdige pigmenter i maling.** Der er set et markant fald i forbruget af krom 6 i malinger i Danmark gennem de seneste årtier. Brugen af kromater i maling blev allerede i 2002 vurderet at være drastisk faldende i en massestrømsanalyse af krom og kromforbindelser (Hoffmann et al., 2002). På daværende tidspunkt anvendtes forskellige kromforbindelser som farvepigmenter i maling. Blykromater i røde og gule farver udgjorde den største mængde. Hertil anvendtes kromater af primært zink, men også natrium, kalium, strontium, ammonium og barium som rustbeskytter i maling. Den samlede mængde krom i maling og lakker blev opgjort til 1-69 tons Cr i 2002. En større del af de kromholdige pigmenter blev anvendt til andre formål som plast og glasurer. Krom 6-forbindelser blev i malinger primært anvendt i industrimalinger og lakker til konstruktioner i metal. Allerede i 2002, blev det dog fremhævet, at der fandtes og anvendtes alternativer til kromater, og at anvendelse af kromater som pigmenter i maling derfor var stærkt faldende.

Som det fremgår af afsnit 3.2, er forbruget af krom 6-holdige forbindelser, som specifikt er oplyst anvendes i maling, faldet fra 66 tons i 2000 til 2,6 tons i 2017. Heraf udgør blykromater 2,4 tons, og dizinkkaliumdikromat 0,2 tons. Blykromaterne anvendes som pigmenter, mens dizinkkaliumdikromat anvendes i korrosionsbeskyttende primere. Det fremgår ikke af SPIN databasen, om produkterne, hvori stofferne indgår, importeres eller produceres i Danmark. Det kan ikke afvises, at der kan være et forbrug af zinkkromat, som ikke er oplyst fordi antallet af virksomhederne, der har anmeldt til produktregistret, er mindre end 3 og mængder derfor er fortroliggjort i SPIN. Den seneste registrering er i 2012, hvor der var 4 kemiske produkter registreret som primere.

#### Produktion af maling/lak

I følge brancheorganisationen Danmarks Farve- og Limindustri bruges blykromaterne ikke til produktion af maling i Danmark. I følge organisationen er der et beskedent forbrug af zinkkromat til produktion af primere. Der er formentlig tale om dizinkkaliumdikromat, men som nævnt ovenfor kan der være et forbrug af zinkkromat som ikke er oplyst i SPIN. I følge brancheorganisationen regnes der ikke med at være eksponering via indånding for krom 6 ved produktionen. Ved produktion af maling i Danmark kommer pigmenter og andre ingredienser typisk som pastaer (Gottschalk et al., 2015), og der er således ikke nogen væsentlig udvikling af støv. Den potentielle eksponering via indånding for krom 6 ved produktion af maling i Danmark vurderes derfor at være lille, og området er ikke nærmere undersøgt.

Der er i Frankrig målt meget høje eksponeringskoncentrationer ved produktion af maling (afsnit 2.1.1), men dette vedrører, som det beskrives i undersøgelsen, formaling af pigmenter og anvendelse af disse som pulver i produktionen. En sådan proces foregår ikke i Danmark.

#### Anvendelse af maling/lak

Af tidligere opgørelser fremgår det, at blykromatholdige malinger primært har været anvendt på metal og primere med zinkkromater vil ligeledes anvendes på metal.

I følge brancheforeningen Danmarks Farve- og Limindustri kan der i dag være et mindre forbrug af kromholdige malingsprodukter i autobranschen. Ved en internet-søgning efter sikkerhedsdatablade på danske hjemmesider for produkter indeholdende blykromaterne og dizinkkaliumdikromat er der kun fundet få sikkerhedsdatablade, og disse var alle for henholdsvis autolakker og primere til køretøjer.

Det har med blybekendtgørelsen (BEK nr 856 af 05/09/2009) ikke være tilladt at anvende blykromatholdige lakker til nylakering, men forbuddet omfatter ikke produkter til reparation af eksisterende produkter. Hvis blykromatholdige lakker anvendes til reparationslakering kræver det, at der foretages en anmeldelse til den lokale Arbejdstilsynskreds jf. §51 i kræftbekendtgørelsen. Det har i følge blybekendtgørelsen ikke været tilladt at importere produkter malet med blykromatholdige malinger siden 2001. Der må derfor forventes at være et meget lille behov for reparationslakering med malinger med blykromater om noget. Anvendelse af blykromatholdige malinger til metaloverflader (herunder på biler og maskiner) er omfattet af de godkendelser, som under REACH er blevet tildelt til to blychromater<sup>18</sup>. De er dermed også tilladte at bruge i Danmark til både reparationsarbejder og en række andre anvendelser, der i Danmark hidtil har været forbudte. Det samlede forbrug af de to pigmenter registreret i Produktregistret som anvendt i maling er angivet til 2,4 t/år i 2017. For den største del af denne mængde er det ikke angivet, hvilke brancher pigmenterne anvendes i, men for det gule pigment (C.I. PIGMENT YELLOW 34) angives et forbrug på 0,1 t/år i 8 produkter i 2017 til reparation af køretøjer. De manglende oplysninger om det forbrug af det røde pigment i samme branche (C.I. PIGMENT RED 104) kan meget vel skyldes, at antallet af produkter er så lille, at data er fortrolige. Der er på danske leverandørers hjemmesider fundet ét eksempel på sikkerhedsdatablad på en maling/lak med de to pågældende pigmenter (samme sikkerhedsdatablad på to leverandørers hjemmesider). Der er tale om en autolak <sup>19</sup>.

Branchevejledning for autolakering angiver, at zinkkromatholdige produkter kun anvendes, hvis det er nødvendigt for at opnå tilstrækkelig vedhæftning på hård aluminium (I-Bar, 2007). I følge Produktregistret var der i 2017 registreret et forbrug af dizinkkaliumdichromat på 0,2 t/år i 6 produkter, som alt sammen var til maling/lak anvendt til reparation af køretøjer.

Der er søgt om godkendelse under REACH for dizinkkaliumdikromat i malinger, primere og fugemasser for anvendelse i fly og rumfartøjer<sup>20</sup>. Der foreligger endnu ikke en afgørelse, men det er anbefalet af komiteerne under ECHA at tildele en godkendelse for 7 år. Da der ikke er søgt om godkendelse til andre anvendelser må der regnes med, at de anvendelser af dette stof, der har været til andre formål, ikke længere er tilladte.

Der vil således kunne forekomme eksponering for blykromater i forbindelse med reparationslakering. Det har inden for rammerne af denne opgave ikke været muligt nærmere at undersøge omfanget. Brug af dizinkkaliumdikromat til priming i autobranschen er ikke længere tilladt, da der ikke er ansøgt om godkendelse under REACH for denne anvendelse.

---

<sup>18</sup> <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/18670/attachments/1/translations/en/renditions/native>

<sup>19</sup> <http://www.flauenskjold.dk/media/4310/pmaqua.pdf>

<sup>20</sup> [https://echa.europa.eu/da/applications-for-authorisation-previous-consultations/-/substance-rev/12466/term?\\_viewsubstances\\_WAR\\_echarevsubstanceportlet\\_SEARCH\\_CRITERIA\\_EC\\_NUMBER=234-329-8&\\_viewsubstances\\_WAR\\_echarevsubstanceportlet\\_DISS=true](https://echa.europa.eu/da/applications-for-authorisation-previous-consultations/-/substance-rev/12466/term?_viewsubstances_WAR_echarevsubstanceportlet_SEARCH_CRITERIA_EC_NUMBER=234-329-8&_viewsubstances_WAR_echarevsubstanceportlet_DISS=true)

Ifølge et malerfirma, som arbejder for danske skibsværfter, er påføring af skibsmaling med kromater udfaset for ca. 15 år siden.

### **Fjernelse af maling/lak**

Brugen af krom 6- forbindelser i maling er som nævnt faldet markant de seneste 20 år, men der vil stadig være mulighed for udsættelse ved fjernelse af maling med krom 6-forbindelser. Maling, der fjernes i dag ved vedligeholdelse af malede overflader og i forbindelse med nedrivning, vil typisk være påført for mange år siden.

Der vil også kunne ske en eksponering for krom 6-holdigt støv ved afslibning ved vedligeholdelse af køretøjer.

I forbindelse med større renoveringer og nedrivninger af bygninger foretages der en undersøgelse af materialer, der sammen med andre tungmetaller, PCB, mv. også omfatter krom. Det er typisk kun total-krom, der analyseres for og ikke specifikt krom 6. COWIs specialister i bygningsforurening og arbejdsmiljø i forbindelse med renoveringer og nedrivninger er blevet forespurgt om tilfælde, hvor der har været taget særlige forholdsregler, som har været betinget af krom 6 i materialerne, men har ikke kendskab til tilfælde. Det er oftest PCB eller andre tungmetaller, der er udslagsgivende for, hvilke forholdsregler der tages. Fjernelse af store malingsflader ved renoveringer og nedrivning foregår typisk med heldragt og åndedrætsværn med turbofilter og i lokaler med undertryk. Sammenholdt med, at bygningsmalinger ikke i større grad har indeholdt krom 6-holdige forbindelser, skal det her vurderes, at der ikke kan forventes større eksponeringer for krom 6 i denne branche. Eksponering til krom 6 ved renovering og nedrivning er derfor ikke nærmere undersøgt.

Der vil muligvis kunne være eksponering for krom 6 ved fjernelse af maling på skibsværfter, men det har indenfor projektets rammer ikke været muligt at undersøge dette nærmere.

## **6.2 Eksponeringsniveauer og risikoforanstaltninger**

Der er ikke fundet data, for eksponering til krom 6 ved produktion, brug eller fjernelse af krom-6 holdige malinger i Danmark.

Aktuelle risikoforanstaltninger er bl.a. beskrevet i vejledning fra I-BAR (2007) og vil ikke nærmere beskrives her. Der nævnes i vejledningen ikke særlige foranstaltninger ved arbejde med krom 6-holdige malinger ud over at anvendelse af blykromat skal anmeldes til Arbejdstilsynet.

## **6.3 Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere**

Der er 678 virksomheder med ca. 2.200 beskæftigede, som er registreret under branchekode 452020 "Karosseriværksteder og autolakererier"<sup>21</sup>. Af disse 2.200 beskæftigede vil kun en del kunne være beskæftiget med aktiviteter knyttet til afslibning og maling med kromatholdige malinger og primere. Med de relativt små mængder af kromatholdige malinger og primere, der bruges, vil det formentlig være sjældent, at den enkelte arbejdstager anvender disse. Det skal her groft anslås, at der kan være 10-100 virksomheder der anvender kromatholdige malinger og primere og at der vil kunne være 50-500 medarbejdere der potentielt kan være eksponerede for krom 6. Intervallet

---

<sup>21</sup> <https://estatistik.dk/branche/karosserivaerksteder-og-autolakererier/452020>

dækker over det samlede antal, der kan være udsatte i kortere eller længere tid. 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.

Der vil evt. være et mindre forbrug af kromatholdige malinger og primere til vedligeholdelse af fly bl.a. inden for militæret.

## 6.4 Alternativer

Der findes en lang række alternativer til blykromater, som har været forbudte at anvende i Danmark i mange år (bortset fra reparation).

I følge godkendelsesansøgning for dizinkkaliumdikromat findes der en række alternativer til dizinkkaliumdikromat, men disse er ikke effektive nok til kritiske anvendelser på fly og rumfartøjer. En række af de 8 alternativer, der angives i godkendelsesansøgningen, må derfor regnes at være brugbare til andre formål.

## 7 Andre processer

I tidligere afsnit af nærværende rapport er der beskrevet specifikke processer, hvor krom 6 anvendes eller dannes. Disse processer er alle identificerede i den danske industri, hvor de anvendes i flere virksomheder.

Ud over disse processer er der enkelte virksomheder i Danmark, som anvender krom 6, eller hvor krom 6 dannes i enkeltstående specifikke processer. Da bidragsgivere i form af virksomheder i nærværende rapport er anonyme, kan disse enkelte virksomheder og deres processer ikke beskrives.

Processer som forekommer i enkelte virksomheder i Danmark, og som potentielt kan give anledning til eksponering af krom 6 af arbejdstagere er derfor slået sammen i en pulje. Derfor vil nedenstående afsnit både inkludere processer, hvor krom 6 anvendes, og hvor krom 6 dannes.

Vi vurderer, at der i virksomheder, hvor enkeltstående processer kan medføre potentielt eksponering for krom 6 af arbejdstagere, primært forekommer luftvejseksponering fra pulver eller støv fra faste materialer.

### 7.1 Eksponeringsniveauer

Der foreligger målinger af krom 6 eksponeringen i nogle af virksomhederne, men disse kan ikke videregives her.

### 7.2 Antal virksomheder og potentielt eksponerede arbejdstagere

Vi vurderer, at der i Danmark er under 6 virksomheder, som anvender andre processer, som kan medføre potentiel eksponering af arbejdstagere for krom 6. I hver af disse virksomheder arbejder der mellem 6 og 30 arbejdstagere, som potentielt kan eksponeres for krom 6. Det skal her anslås, at der maksimalt er i alt 30-150 arbejdstagere, som arbejder med disse processer i Danmark. Intervalleret dækker over det samlede antal, der kan være udsatte i kortere eller længere tid. En del af disse arbejdstagere eksponeres potentielt for krom 6 nogle få gange hver måned, mens andre eksponeres dagligt. 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.

### 7.3 Historiske anvendelser af krom 6

Der er en række historiske anvendelser af krom 6, som vurderes ikke at give anledning til væsentlig eksponering i dag.

**Imprægneringsmidler.** Krom 6-holdige træimprægneringsmidler blev tidligere anvendt til trykimprægneret træ. Massestrømsanalyse for krom (Hoffman et al., 2002) angiver, at der i perioden 1998 til 2000 blev anvendt i gennemsnit 37 t/år af dikromat i træbeskyttelsesmidler. Anvendelsen ophørte omkring år 2000, men det kan ikke afvises, at der vil kunne ske en eksponering for krom 6 ved håndtering af trykimprægneret træ, som af Hoffman et al. (2002) angives at have en

funktionstid på 30-40 år. Der er ikke fundet data vedrørende mulig eksponering for krom 6 ved håndtering af trykimprægneret træ og der er ikke dykket yderligere ned i problemstillingen.



## 8 Referencer

AT (2020). Særligt for Kemisk arbejdsmiljø – Chrom 6. Arbejdstilsynet. Tilgået på: <https://at.dk/temaer/kemisk-arbejdsmiljoe/saerligt-for-kemisk-arbejdsmiljoe/chrom-6/>. D. 24-01-2020

Bennett JS, Marlow DA, Nourian F, Breay J, Hammond D. (2016). Hexavalent chromium and isocyanate exposures during military aircraft painting under crossflow ventilation. *J Occup Environ Hyg*;13(5):356-371.

Blade LM, Yencken MS, Wallace ME, Catalano JD, Khan A, Topmiller JL, Shulman SA, Martinez A, Crouch KG, Bennett JS. (2007). Hexavalent chromium exposures and exposure-control technologies in American enterprise: results of a NIOSH field research study. *J Occup Environ Hyg*;4(8):596-618.

Dahl F, Haslund O (1991). Genanvendelse af chromatæringsbade til zink og aluminium. Miljøprojekt nr. 27. Miljøstyrelsen.

Dahl F (2007). Miljørigtig overfladebehandling af metaller og plast. Gennemgang og kommentering af EU's referencdokument med BAT-anbefalinger for den metaloverfladebehandlerende industri. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 1 2007.

Dansk Metal. (2006). Svejsning og arbejdsmiljø. Miljø- og Socialsekretariatet.

Emmerling von G., Zschesche W, Schaller KH, Weltle D (1989). Arbeitsmedizinische Belastungs- und Beanspruchungsuntersuchungen von Edeltstahlschweissen. Institut für Arbeits- und Sozialmedizin und der Poliklinik für Berufskrankheiten der Universität Erlangen-Nürnberg.

ECHA. Analysis of Alternatives (AoA), as part of the Application for Authorisation (AfA) for the use of chromium trioxide in functional chrome plating of articles. Tilgået: [https://echa.europa.eu/da/applications-for-authorisation-previous-consultations/-/substance-rev/10110/term?viewsubstances\\_WAR\\_echarevsubstanceportlet\\_SEARCH\\_CRITERIA\\_EC\\_NUMBER=215-607-8&viewsubstances\\_WAR\\_echarevsubstanceportlet\\_DISS=true](https://echa.europa.eu/da/applications-for-authorisation-previous-consultations/-/substance-rev/10110/term?viewsubstances_WAR_echarevsubstanceportlet_SEARCH_CRITERIA_EC_NUMBER=215-607-8&viewsubstances_WAR_echarevsubstanceportlet_DISS=true). D. 18-01-2020

Fuglsang, K. et al (2011). Measurement of ultrafine particles in emissions from welding processes. 16th International Conference on Joining of Materials, 10-13 May 2011, Elsinore, Denmark.

Gottschalk F, Nowack B, Lassen C, J. Kjølholt J, Christensen F (2015). Nanomaterials in the Danish environment. Modelling exposure of the Danish environment to selected nanomaterials. Environmental project No. 1639. Miljøstyrelsen.

Hoffman H, Grinderslev M, Helweg C, Rasmussen JO (2002). Massestrømsanalyse af chrom og chromforbindelser. Miljøprojekt Nr. 738. Miljøstyrelsen.

HSE (2010). A small survey of exposure to stainless steel welding fume. Health and Safety Executive, Norwich.

I-BAR (2007). Autolakering. Branchevejledning og tjekliste. Industriens Branchemiljøråd.

IARC (2016). Chromium (VI) compounds. IARC Monograph 100 C. International Agency for Research on Cancer.

IFA (2012). MEGA-Auswertungen zur Erstellung REACH-Expositionsszenarien für Chrom(VI)-Verbindungen (2000 bis 2009) in Deutschland. Institute für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

IGF (2014). Entwicklung einer geeigneten Messmethode zur Untersuchung luftgetragener Gefahrstoffe beim Thermischen Spritzen, Bewertung der Anlagenemissionen und Ableitung von Richtlinien für den sicheren Betrieb. Industriellen Gemeinschaftsforschung, IGF-Nr.: 17.432, Surface Engineering Institute and the Institute of Hygiene and Environmental Medicine in Aachen, Germany.

IBAR (2006). Arbejds miljø ved svejsning - Gode løsninger. Arbejds miljø i Metal- og maskinindustrien. Industriens Branchearbejds miljøråd.

Jensen NA (2019). Chrom-6: Eksponeringsniveauer i arbejds miljøet. Det Nationale Forskningscenter for Arbejds miljø (NFA) for Beskæftigelsesudvalget. 2018-19. BEU Alm.del - Bilag 275.

Meeker JD, Susi P, Flynn MR (2010). Hexavalent chromium exposure and control in welding tasks. *J Occup Environ Hyg*; 7(11):607-615.

Nilsson NH, Malmgren-Hansen B, Christensen I, Lassen C (2009). Udvikling og anvendelse af screeningsmetoder til bestemmelse af krom(VI) og bromerede flammehæmmere i elektrisk og elektronisk udstyr. Miljøprojekt nr. 1291. Miljøstyrelsen.

NIOSH (2013) Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Hexavalent Chromium. National Institute for Occupational Safety and Health.

Pesch B, Lehnert M, Weiss T, Kendzia B, Menne E, Lotz A, Heinze E, Behrens T, Gabriel S, Schneider W, Brüning T. (2018). Exposure to hexavalent chromium in

welders: Results of the WELDOX II field study. *Ann Work Expo Health*; 62(3):351-361.

Pesch B, Kendzia B, Hauptmann KE, Van Gelder R, Stamm R, Hahn J-U, Zschiesche W, Behrens T, Weiss T, Siemiatycki J, Lavoué J, Jöckel K-H, Brüning T (2015). Airborne exposure to inhalable hexavalent chromium in welders and other occupations: estimates from the German MEGA database *International Journal of Hygiene and Environmental Health*; 218: 500-506.

Peters S, Vermeulen R, Portengen L, Olsson A, Kendzia B, Vincent R, Savary B, Lavoué J, Cavallo D, Cattaneo A, Mirabelli D, Plato N, Fevotte J, Pesch B, Brüning T, Straif K, Kromhout H. (2016). SYN-JEM: A quantitative job-exposure matrix for five lung carcinogens. *Ann Occup Hyg*; 60(7):795-811.

Scarselli A, Binazzi A, Marzio DD, Marinaccio A, Iavicoli S. (2012). Hexavalent chromium compounds in the workplace: assessing the extent and magnitude of occupational exposure in Italy. *J Occup Environ Hyg*; 9(6):398-407.

SCOEL (2017). Chromium VI compounds. Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. SCOEL/REC/386.

Vincent R, Gillet M, Goutet P, Guichard C, Hédouin-Langlet C, Frocaut AM, Lambert P, Leray F, Mardelle P, Dorotte M, Rousset D. (2015). Occupational exposure to chrome VI compounds in French companies: results of a national campaign to measure exposure (2010-2013). *Ann Occup Hyg*; 59(1):41-51.

Warming M, Lassen C, Christensen F, Kalberlah, F, Oltmanns J, Postle M, Vencovsky D (2018). Chromium(VI) in fumes from in welding, plasma cutting and similar processes, Third study on collecting most recent information for a certain number of substances with the view to analyse the health, socio-economic and environmental impacts in connection with possible amendments of Directive 2004/37/EC. COWI, RPA og FOBIC for Europakommissionen.

## Bilag 1 Krom 6-forbindelser opført på Bilag 1 til kræftbekendtgørelsen

Krom 6-forbindelser opført på Bilag 1, i Bekendtgørelse nr. 1795 af 18. dec. 2015 om foranstaltninger til forebyggelse af kræfttrisikoen ved arbejde med stoffer og materialer (kræftbekendtgørelsen).

	Chromforbindelser, hexavalente, herunder bl.a.:				
7789-09-5	Ammoniumdichromat	*	0,1	§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
			0,1	§ 5	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
				Se REACH forordning bilag XIV, nr. 20	Gælder fra 21. september 2017.
				§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§ 5	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV. Anden udsættelse.
10294-40-3	Bariumchromat		0,1		
1344-37-2	Blychromat	*	0,1	Se REACH bilag XIV, nr. 10-12	
7758-97-6			0,1	§ 20	Videnskabelig forskning og udvikling.
12656-85-8			0,1	§ 5	Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
1344-38-3	Blychromater, øvrige		0,1	§ 51	Reparationsmaling af biler, busser, skibe, fly, containere, entreprenørmaskiner, traktorer, kraner og lignende store konstruktioner.
18454-12-1				§ 5	Om- og nylakering af biler, busser, skibe, fly, containere, entreprenørmaskiner, traktorer, kraner og lignende store konstruktioner.
					Produktion af malevarer.
					Anvendelse af mærke- og signalfarver.
					Glasurer, emaljer og pigmenter på keramiske produkter, tegl, klinker m.m.
					Glasurer, emaljer og pigmenter på kunst og kunsthåndværk.
				§ 5	Trykfarver.
§§ 47-50	Produktion af plastgranulat, compounding o.lign.				
§§ 47-50	Anvendelse af plastgranulater, plastfolier o.lign.				
				§ 20	Laboratoriarbejde.
				§ 5	Anden anvendelse.
					Slibning, nedrivning, ophugning og anden udsættelse.
13765-19-0	Calciumchromat	*	0,1	§ 20	Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Rustbeskyttende maling, lim og fugemasse.
				§ 5	Anden anvendelse.
					Anden udsættelse.
24613-89-6	Chrom(III)chromat	*	0,1	§ 16, stk.2, § 51	Til 22. januar 2019: Galvaniske processer.
				§ 20	Til 22. januar 2019: Laboratoriarbejde.
			0,1	§§ 47-50	Til 22. januar 2019: Anden anvendelse.
				Se REACH bilag XIV, nr. 28.	Gælder fra 22. januar 2019.
				§ 20	Fra 22. november 2019: Videnskabelig forskning og udvikling
	0,1	§§ 47-50	Fra 22. november 2019: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.		
					Arbejde i forurenede jord. Anden udsættelse.
14977-61-8	Chrom(VI)dichlorid-dioxid	*	0,1	§ 20	Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Anden anvendelse.
					Anden udsættelse.
7738-94-5	Chromsyre	*	0,1	Se Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser	Til 21. september 2017: Se Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser
				Se REACH forordning bilag XIV, nr. 17	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§ 5	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV. Anden udsættelse.
1333-82-0	Chromtrioxid	*	0,1	§ 16, stk.2, § 51	Til 21. september 2017: Chromatering og andre galvaniske processer.
				§ 16, stk.2, § 51	Til 21. september 2017: Fremstilling af katalysatorer.
					Til 21. september 2017: Anvendelse af katalysatorer.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Genindvinding/regenerering af brugte katalysatorer.
				§ 20	Til 21. september 2017: Imprægneringsmidler.

					Til 21. september 2017: Anvendelse af imprægneret træ.
				§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
				Se REACH forordning bilag XIV, nr. 16	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Biocidholdige produkter
			0,1	§§ 47-50	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
					Arbejde i forurenede jord og anden udsættelse.
13530-68-2	Dichromsyre	*	0,1	Se Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser	Til 21. september 2017: Se Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 17	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§ 5	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra afsnit VII om godkendelse i REACH bilag XIV.
					Anden udsættelse.
7789-00-6	Kaliumchromat	*	0,1	§ 16, stk.2, § 51	Til 21. september 2017: Galvaniske processer.
				§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 21	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§§ 47-50	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
					Arbejde i forurenede jord.
					Anden udsættelse.
7778-50-9	Kaliumdichromat	*	0,1	§ 16, stk.2, § 51	Til 21. september 2017: Galvaniske processer.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Udfyldningsmidler.
				§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 19	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§§ 47-50	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
					Arbejde i forurenede jord.
					Anden udsættelse.
7775-11-3	Natriumchromat	*	0,1	§ 20	Til 21. september 2017: Afrensning o.lign.
				§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 22	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§§ 47-50	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
					Anden udsættelse.
10588-01-9	Natriumdichromat	*	0,1	§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 18	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§§ 47-50	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH. Bilag XIV
					Anden udsættelse.
7789-12-0	Natriumdichromat, dihydrat	*	0,1	§ 16, stk.2, § 51	Til 21. september 2017: Galvaniske processer.
				§ 20	Til 21. september 2017: Afrensning o.lign.
				§ 20	Til 21. september 2017: Laboratoriarbejde.
				§§ 47-50	Til 21. september 2017: Anden anvendelse.
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 18	Gælder fra 21. september 2017.
			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§§ 47-50	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
					Arbejde i forurenede jord og anden udsættelse.
	Oligomere af chromsyre og dichromsyre	*	0,1	Se Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser	Til 21. september 2017: Se Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser
			0,1	Se REACH forordning bilag XIV, nr. 17	Gælder fra 21. september 2017.

			0,1	§ 20	Fra 21. september 2017: Videnskabelig forskning og udvikling.
			0,1	§ 5	Fra 21. september 2017: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
7789-06-2	Strontiumchromat	*	0,1	§§ 47-50	Til 22. januar 2019: Rustbeskyttende maling, lim og fugemasse.
				§ 51	Til 22. januar 2019: Produktion og reparation af fly og flydele.
				§ 5	Til 22. januar 2019: Anden anvendelse.
			0,1		Se REACH bilag XIV, nr. 29. Gælder fra 22. januar 2019.
			0,1	§ 20	Fra 22. januar 2019: Videnskabelig forskning og udvikling
			0,1	§§ 5	Fra 22. januar 2019: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
11103-86-9	Zinkchromat	*	0,1	§ 20, § 29, § 21, § 35, stk. 3, § 16, stk. 2, § 51, § 52	Til 22. januar 2019: Fremstilling af zinkchromatholdig maling ud fra zinkchromatpulver.
49663-84-5				§ 16, stk. 2	Til 22. januar 2019: Fremstilling af zinkchromatholdig maling ud fra zinkchromatpasta.
				§ 20	Til 22. januar 2019: Anvendelse i produkter, hvor tilstedeværelsen er nødvendig for at opnå tilstrækkelig vedhæftning på hård aluminium, og til båndlakering, hvis der er risiko for aerosoldannelse. Er der ikke risiko for aerosoldannelse gælder dog kun de øvrige bestemmelser i bekendtgørelsen.
				§ 16, stk. 2, § 51	Til 22. januar 2019: Fremstilling af katalysatorer.
					Til 22. januar 2019: Anvendelse af katalysatorer.
				§§ 47-50	Til 22. januar 2019: Genindvinding/regenerering af brugte katalysatorer.
				§ 51	Til 22. januar 2019: Produktion og reparation af fly og flydele.
				§ 5	Til 22. januar 2019: Anden anvendelse.
			0,1		Se REACH bilag XIV, nr. 30-31. Gælder fra 22. januar 2019.
			0,1	§ 20	Fra 22. januar 2019: Videnskabelig forskning og udvikling
			0,1	§§ 5	Fra 22. januar 2019: Andre undtagelser fra REACH bilag XIV.
					Slibning, opugning og anden udsættelse.

13530-65-9	Zinkchromat	*	0,1	§ 20, § 29, § 21, § 35, stk. 3, § 16, stk. 2, § 51, § 52	Fremstilling af zinkchromatholdig maling ud fra zinkchromatpulver.
15930-94-6				§ 16, stk.2	Fremstilling af zinkchromatholdig maling ud fra zinkchromatpasta.
				§ 20	Anvendelse i produkter, hvor tilstedeværelsen er nødvendig for at opnå tilstrækkelig vedhæftning på hård aluminium, og til båndlakering, hvis der er risiko for aerosoldannelse. Er der ikke risiko for aerosoldannelse gælder dog kun de øvrige bestemmelser i bekendtgørelsen.
				§ 16, stk.2, § 51	Fremstilling af katalysatorer.
					Anvendelse af katalysatorer.
				§§ 47-50	Genindvinding/regenerering af brugte katalysatorer.
				§ 51	Produktion og reparation af fly og flydele.
				§ 5	Anden anvendelse.
					Slibning, opugning og anden udsættelse.
	Chromforbindelser, øvrige hexavalente forbindelser	*	0,1	§ 20	Laboratoriearbejde.
				§§ 47-50	Rustbeskyttende maling, lim og fugemasse.
				§ 16, stk.2, § 51	Galvaniske processer.
				§ 16, stk.2, § 51	Fremstilling af katalysatorer.
					Anvendelse af katalysatorer.
				§§ 47-50	Genindvinding/regenerering af brugte katalysatorer.
				§ 5	Anden anvendelse.
					Slibning, nedrivning og opugning, arbejde i forurennet jord, samt anden udsættelse.
14977-61-8	Chrom(VI)dichloriddioxid, se Chromforbindelser, hexavalente				
14977-61-8	Chrom(VI)oxidchlorid, se Chromforbindelser, hexavalente (Chrom(VI)dichloriddioxid)				
1333-82-0	Chromtrioxid, se Chromforbindelser, hexavalente				
117-10-2	Chrysazin, se Dantron				
218-01-9	Chrysen	*		Se REACH forordning bilag XVII, pkt. 50, d)	blødgøringsolier til fremstilling af dæk og dækdele

			0,1	§ 20	Laboratoriearbejde.
				§§ 47-50	Anden anvendelse.
					Nedrivning, arbejde i forurennet jord (se også bilag 2) og anden udsættelse.
3761-53-3	CI Acid Red 26, se Azofarvestoffer				
6459-94-5	CI Acid Red 114, se Azofarvestoffer				
1694-09-3	CI Acid Violet 49		0,1		
569-61-9	CI Basic Red 9	*	0,1		
548-62-9	CI Basic Violet 3		0,1		
1937-37-7	CI Direct Black 38 (teknisk vare), se Benzidin-baserede azofarvestoffer				
2602-46-2	CI Direct Blue 6 (teknisk vare), se Benzidin-baserede azofarvestoffer				
72-57-1	CI Direct Blue 14 (teknisk vare), se Benzidin-baserede azofarvestoffer				
2429-74-5	CI Direct Blue 15 (teknisk kvalitet), se Benzidin-baserede azofarvestoffer				
16071-86-6	CI Direct Brown 95 (teknisk vare), se Benzidin-baserede azofarvestoffer				
573-58-0	CI Direct Red 28, se Benzidin-baserede azofarvestoffer				
2475-45-8	CI Disperse Blue 1	*	0,1		
85136-74-9	CI Disperse Orange 149, se Azofarvestoffer				
2832-40-8	CI Disperse Yellow 3, se Azofarvestoffer				

68168-89-0	CI Pigment Black 25, se Nikkel, andre forbindelser der kan klassificeres som Carc1, Carc2, kræftfremkaldende kategori 1A eller 1B.				
12656-57-4	CI Pigment Orange 20, se Cadmiumsulfid og Cadmiumsulfoselenid				
1344-38-3	CI Pigment Orange 21, se Chromforbindelser, hexavalente (Blychromater, øvrige)				
12656-85-8	CI Pigment Red 104, se Chromforbindelser, hexavalente (Blychromat)				
58339-34-7	CI Pigment Red 108, se Cadmiumsulfid og Cadmiumsulfoselenid				
598-63-0 1319-46-6	CI Pigment White 1, se Blycarbonat				
13463-67-7 1317-70-0 1317-80-2	CI Pigment White 6, se Titandioxid				
1344-37-2	CI Pigment Yellow 34, se Chromforbindelser, hexavalente (Blychromat)				
68610-24-2	CI Pigment Yellow 157, se Nikkel, andre forbindelser der kan klassificeres som kræftfremkaldende kategori 1A eller 1B.				

## Bilag 2 Krom 6-forbindelser på listen over godkendelsespligtige stoffer under REACH

Anvendelser af krom 6-forbindelser, som er tildelt godkendelse under REACH (autorisation) er vist i nedenstående tabel. Information om anvendelser er baseret på beskrivelserne i godkendelsesansøgningerne på ECHA's hjemmeside på: <https://echa.europa.eu/authorisation-list>

Tabel Bilag C.2 Anvendelser af krom 6-forbindelser, som er tildelt godkendelse under REACH (autorisation)

Kemisk navn [som angivet på ECHAs hjemmeside]	CAS Nr	Anvendelser, som er tildelt godkendelse (autorisation)
Lead chromate	7758-97-6	Fremstilling af pyrotekniske produkter
Lead sulfochromate yellow	1344-37-2	Pigment for en lang række anvendelser så som vejmarkering, og maling og lakker til metaloverflader,
Lead chromate molybdate sulfate red	12656-85-8	Pigment for en lang række anvendelser så som vejmarkering, og maling og lakker til metaloverflader,
Chromium trioxide	1333-82-0	Forskellige typer af overfladebehandling med chrom
Acids generated from chromium trioxide and their oligomers		
- Chromic acid	7738-94-5	Hårdforchromning
- Oligomers of chromic acid and dichromic acid	ingen	ingen
- Dichromic acid	13530-68-2	Hårdforchromning
Sodium dichromate	10588-01-9, 7789-12-0	Adskillelse af kobber og bly ved metalfremstilling Overfladebehandling Farvning af uld Produktion af natrium chlorit Forskellige andre industrielle anvendelser
Potassium dichromate	7778-50-9	Produktion af fotokatoder
Ammonium dichromate	7789-09-5	Fotosensitiv komponent ved produktion af mikrokomponenter Overfladebehandling af metaloverflader (forskellige teknikker) Forskellige anvendelser i elektroniske komponenter til fly
Potassium chromate	7789-00-6	Produktion af fotokatoder
Sodium chromate	7775-11-3	Produktion af fotokatoder Antikorrosivt middel til visse anvendelser
Dichromium tris(chromate)	24613-89-6	Overfladebehandling (forskellige teknikker)
Strontium chromate	7789-06-2	Korrosionsinhibitor i maling, primere, mm.



<b>Kemisk navn [som angivet på ECHAs hjemmeside]</b>	<b>CAS Nr</b>	<b>Anvendelser, som er tildelt godkendelse (autorisation)</b>
Potassium hydroxyoctaoxidizincatedichromate	11103-86-9	Korrosionsinhibitor i maling, primere, mm.
Pentazinc chromate octahydroxide	49663-84-5	Korrosionsinhibitor i maling, primere, mm.

## Bilag 3 Kildestyrke ved forskellige svejsetyper

Ved sammenligning af den samlede emission af partikler fra svejsning, anvender man inden for svejsning den såkaldte "fume generation rate" (FGR). FGR angiver den samlede dannelse af partikler og måles traditionelt som massestrøm (mg/s). Man måler typisk FGR ved – under en given svejsetype og over en given varighed - at opsamle den samlede partikeldannelse på et filter, der vejes før og efter eksponering. FORCE Technology har i 2011 målt FGR på en række svejsetyper, dels som massestrøm, og dels som partikelantal (Fuglsang et al., 2011). Partikelantallet blev målt for at vurdere dannelse af ultrafine partikler. De målte emissioner er vist i tabel B3.1.

Tabel B3.1. Røgdannelsesrater (FGR), målt af FORCE Technology (Fuglsang et al., 2011). Partikelantal er målt med ELPI, og måling af massestrøm er målt gravimetrisk ud fra eksponering af filter.

Note 1: Due to the very low mass emission generated from TIG welding, FGR (mass) for TIG is based on one filter exposure.

Welding type	Number of weldings (N)	FGR by number (FGR-n) Avg ± Stdev #/sec	FGR by mass (FGR-m) Avg ± Stdev mg/sec
MMA of steel	4	1.04E+13 ± 7.46E+12	13.7 ± 1.3
MAG of steel	4	3.41E+12 ± 7.85E+11	3.61 ± 0.06
MIG of stainless steel	4	1.92E+12 ± 6.01E+10	0.58 ± 0.07
TIG of stainless steel	12	2.30E+12 ± 4.04E+11	0.025 (note 1)

Det er tydeligt, at den traditionelle MMA svejsning giver en væsentlig højere partikelemmission i forhold til MAG, MIG og TIG svejsning, især når FGR måles som partikelmasse pr. sekund. Den relativt høje emission af partikelantal fra TIG svejsning i tabel B3.1 kan virke overraskende i lyset af den meget lave emission af partikelmasse ved TIG-svejsning. Det høje partikelantal – og den lave masse - skyldes, at størstedelen af de udsendte partikler fra TIG havde en diameter, der var mindre end 10 nm. Det konkluderes ud fra målinger af FGR, at der emitteres ganske store mængder ultrafine partikler ikke kun ved den traditionelle MMA svejsning, men også fra svejsetyper, der udsender meget lav masse af partikler, såsom TIG.

