Chromaten op de werkplek

Blootstelling aan stof dat vrijkomt bij het hanteren van gebruikte isolatiematerialen

Metingen en analyses bij de omgang met vervuilde thermische isolatie – chromaten op de werkplek

door Lloyd Hopes, Markus Sommer en Florian Sommer

5 februari 2025

Versie 1.1 · november 2026

Samenvatting

Deze veldwaarneming **breidt de bevindingen** van de **veldstudie** en de **veldwaarneming FB01 uit** met **specifieke onderzoeken naar blootstelling aan chroom(VI)** door stofontwikkeling **tijdens** de **normale omgang met gebruikte isolatiematerialen**. De uitgevoerde metingen simuleren **realistische werkomstandigheden** die **typisch zijn voor onderhouds- en demontagewerkzaamheden aan motoren en turbines**.

De resultaten tonen een aanzienlijke chroom(VI)-verontreiniging van de omgevingslucht door de loutere manipulatie van verontreinigde isolatie-elementen.

Bij een gemeten concentratie van ca. 1,0 µg/m³ wordt de tolerantieconcentratie volgens TRGS 910 (1,0 µg/m³) bereikt of overschreden.

Deze bevindingen onderstrepen de noodzaak van uitgebreide beschermingsmaatregelen, zelfs voor schijnbaar niet-kritieke activiteiten zoals tussentijdse opslag (Fig. 2) of het sorteren van gebruikte isolatiematerialen op de werkplek. Isolatie-elementen zoals weergegeven in Fig. 3 zijn meestal bedoeld voor verder gebruik, ook omdat de vervuiling niet of slechts onvoldoende bekend is en alleen wordt aangegeven door een sneltestprocedure.

In de loop van deze onderzoeken was het ook mogelijk om de vezelvlucht met verontreinigd stof enigszins zichtbaar te maken (Fig.1)



Fig.1 Vezel vlucht



Fig.2 Opbergen

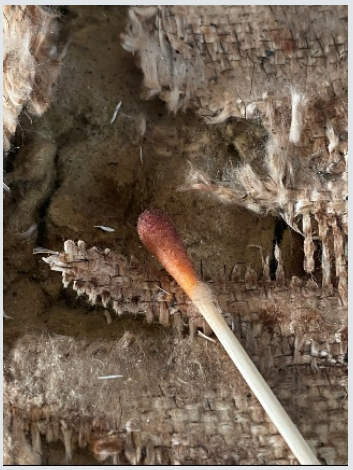


Fig. 3 Hergebruik

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De vorige studies (veldstudie en veldwaarneming FB01) hebben het fundamentele probleem van chromaatvorming gedocumenteerd door het gebruik van hogetemperatuurisolatie die (aard)alkalimetalen bevat op hete delen die chroom bevatten. Een aspect dat tot nu toe weinig aandacht heeft gekregen, is het potentiële gevaar van het hanteren van reeds verontreinigde isolatiematerialen nadat ze zijn gedemonteerd.

1.2 Doelstelling

Deze veldwaarneming onderzoekt specifiek de blootstelling aan chroom(VI)-verbindingen tijdens typische manipulaties van gebruikte isolatie-elementen, zoals deze routinematig worden uitgevoerd in het kader van onderhouds- en servicewerkzaamheden. Van bijzonder belang is de kwantificering van de achtergrondverontreiniging die wordt veroorzaakt door wervelend vezelstof dat mogelijk met chromaten is verontreinigd.

Het doel van deze veldwaarneming is om op basis van de veldstudie en veldwaarneming FB01 te wijzen op verborgen en onverwachte gevaren van zeswaardige chroomverbindingen die in contact komen met de huid, maar ook op **de blootstelling aan kankerverwekkende en chronisch schadelijke stoffen tijdens het werken met isolerende onderdelen** , en toont eens te meer aan dat zowel het met dit werk belaste personeel als de personen aan wie andere werkzaamheden zijn toevertrouwd, Sommigen van hen bevinden zich toevallig in de beschreven werkomgeving en worden blootgesteld aan gevaarlijke gezondheidsrisico's.

Normaal gesproken zouden de onderdelen die na demontage dicht bij de motor worden gestapeld, zonder speciale beschermende kleding worden behandeld en na demontage worden voorgesorteerd en zo in het werkgebied worden gedeponeerd om stof te bevorderen, en zouden ze ook worden geplaatst als een potentieel gezondheidsrisico of als een potentieel milieurisico. Deze praktijk wordt al tientallen jaren beoefend, zonder dat iemand zich bewust is van het dubbele risico voor mens en milieu.

Natuurlijke tocht of kunstmatige ventilatie kan er dan ook toe leiden dat inhaleerbare chroom(VI) verbindingen vrijkomen en worden ingeademd.

Er moet ook worden opgemerkt dat de servicemonteurs die dergelijke werkzaamheden uitvoeren, geen isolatoren zijn en de verwerking van de isolatie-elementen eerder uitvoeren als een noodzakelijke, niet-bindende activiteit.

Servicetechnici voor motoren van warmtekrachtkoppelingscentrales of noodstroomgeneratoren, zoals ze ook te vinden zijn in openbare gebouwen zoals ziekenhuizen en andere faciliteiten, zijn eerder monteurs, elektriciens, maar geenszins personeel dat belast is met isolatietechnologie.

Op basis van deze bevindingen **moet nu een pakket maatregelen worden ontwikkeld** dat **mens en milieu beschermt in overeenstemming met de bestaande arbeidsveiligheidsvoorschriften** en een **betrouwbare en betrouwbare aanbeveling voor actie creëert om het gevaar van CMR-stoffen correct te beoordelen**.

1.3 Reactiemechanisme en chemische basis van chroom(VI)-verbindingen

[geen verandering t.o.v. hoofdonderzoek (1.2)]

Het gebruik van thermische isolatie met (aard)alkalische metalen in het hoge temperatuurbereik (tot 650°C) kan leiden tot de vorming van chroom(VI)-verbindingen. Het proces vindt plaats in verschillende fasen:

- Zelfs bij een normale luchtvochtigheid reageren de calciumoxiden in de isolatiematerialen met water tot calciumhydroxide: $CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$
- Het resulterende calciumhydroxide vormt een alkalische oplossing als een sterke base, die de passieve laag van het roestvrij staal chemisch aantast.

  Dit resulteert in:

- Lokale beschadiging van de beschermlaag
- Vorming van spanningsscheuren
- Putcorrosie, zij het op kleine schaalDeze aantasting van de legering maakt onder andere chroom(III)oxide (Cr_2O_3) vrij uit de passieve laag.
- Onder de heersende omstandigheden (verhoogde temperatuur, zuurstoftoevoer) wordt het vrijgekomen chroom(III) dan geoxideerd tot chroom(VI).

De beschreven processen worden verder geïntensiveerd door verschillende factoren, zoals slijtage, veroudering of slijtage van de isolatiematerialen, omdat hierdoor voortdurend nieuwe reactieve oppervlakken ontstaan.

De algehele reactie op de vorming van calciumchromaat kan als volgt worden samengevat:

$2\ Cr_2O_3 + 4\ CaO + 3\ O_2 = 4\ CaCrO_4$

1.3.1 Probleem

Lange tijd werd het probleem van chroom(VI)-vorming, veroorzaakt door met name calciumhoudende isolatiematerialen, onderschat of bewust gebagatelliseerd door de industrie.

Decennialang heeft de isolatie-industrie materialen gebruikt die oorspronkelijk zijn ontwikkeld als asbestvervangers, zonder aanvankelijk hun potentieel te erkennen om chromaten te vormen, met name calciumchromaat.

In de jaren 1970 en 1980 was de vorming van chromaten als gevolg van de aanwezigheid van (aard)alkalimetaalhoudende verbindingen in contact met hogetemperatuurcontact met chroomhoudende hete delen niet de focus van bedrijven en ontwikkelaars.

Gelige afzettingen die optraden tijdens de de-installatie van isolatie werden ten onrechte geclassificeerd als onschadelijke zwavelformaties.

[...] – zie hoofdonderzoek

De omvang van de servicewerkzaamheden die uit de veldstudie voortvloeien, zou onvermijdelijk leiden tot de noodzaak om een deel van de beschreven isolatie-elementen op te slaan, aangezien de elementen normaal gesproken bedoeld zijn voor hergebruik.

Deze omvang van het werk werd gesimuleerd door verschillende isolatie-elementen apart op te slaan die niet meer voor verschillende toepassingen konden worden gebruikt en vanwege structurele wijzigingen ter plaatse of die in principe moesten worden vervangen.

Het is vrij gebruikelijk dat gebruikte isolatie-elementen op bouwplaatsen of in stationaire machinehuizen worden opgeslagen, mits ze nog redelijk intact zijn, om ze opnieuw te gebruiken voor tijdelijke constructies als tijdelijke thermische isolatie.

Ook in dit werk is het eerder de servicemonteur voor het onderhoud van de motor dan de isolator, hoewel moet worden opgemerkt dat zelfs opgeleide isolatoren met jarenlange professionele ervaring zich niet bewust zijn van de gevaren die kunnen voortvloeien uit isolatiematerialen die alkali en/of aardalkalimetalen bevatten als ze

gedurende langere tijd in contact zijn geweest met hete delen die chroom bevatten.

De volgende afbeeldingen laten meer dan duidelijk zien hoe onzorgvuldig met isolatiemateriaal wordt omgegaan, want bijna niemand kent het potentiële gevaar van de vorming van chroom(VI)-verbindingen:



Fig.4 Cr6 gevaar



Fig.5 Cr6 gevaar



Fig.6 Cr6 gevaar

Fig.4: Modern testbanksysteem van de TU BerlinFig.5: Isolatieresten van gedemonteerde ketelsFig.6: Oude motor-isolatie (vervuild) in een kas voor kamerplanten

1.4 Gezondheids- en milieurisico's [uit veldstudie]

1.4.1 Gezondheidsrisico's en klinische beelden

Chroom(VI)-verbindingen zijn geclassificeerd als kankerverwekkende gevaarlijke stoffen.

De lichaamseigen reductie van chroom(VI) naar chroom(III) produceert **reactieve tussenproducten die DNA-dubbelstrengsbreuken kunnen veroorzaken, wat het hoge kankerverwekkende potentieel van deze verbindingen verklaart**.

Specifieke vormen van kanker zijn onder meer:

- **Bronchiaal carcinoom (longkanker)**
- **Sinuskanker**
- **Larynxkanker (larynxcarcinoom)**
- In geval van hoge blootstelling, tevens:

  Maagkanker veroorzaakt door ingeslikte chroomhoudende neusafscheidingen

Naast de kankerverwekkende effecten kunnen **de volgende acute en chronische ziekten** optreden:

- **Aandoeningen van de luchtwegen:**
- **Chronische bronchitis**
- **Ontsteking van het neusslijmvlies**
- **Perforatie van het neustussenschot ("chroomgat")**
- **Bronchiale astma**
- **Huid:**

- **"Chroomeczeem" (toxisch of allergisch contacteczeem)**
- **Chroomzweren**
- **Sensibilisatie bij levenslange chroomallergie**
- **Systemische effecten:**
- **Nierschade**
- **Leverschade**
- **Schade aan het hematopoëtische systeem**

Zelfs lage concentraties in de lucht worden als schadelijk voor de gezondheid beschouwd en kunnen deze ziekten veroorzaken. Het risico neemt toe met de duur en intensiteit van de blootstelling.

1.4.2 Absorptie door de huid en dermale risico's

Chroom(VI)-verbindingen worden geclassificeerd als huidresorptief. Ze kunnen de huidbarrière binnendringen en via de huid in het lichaam worden opgenomen. **Daarom moet elk huidcontact met chroom(VI)-verbindingen strikt worden vermeden**. Dit vereist passende persoonlijke beschermingsmiddelen, met name geschikte beschermende handschoenen en beschermende kleding.

1.4.3 Gevaar voor het milieu

Chroom(VI)-verbindingen worden geclassificeerd als gevaarlijk voor water met schadelijke gevolgen op lange termijn voor aquatische ecosystemen. Ze kunnen **via het grondwater in de voedselketen** terechtkomen en **zich ophopen in organismen**. De **hoge mobiliteit van chromaten** in de bodem leidt tot een grootschalige verspreiding, die **blijvende schade kan toebrengen** aan flora en fauna.**Bijzonder problematisch is de lange persistentie in het milieu, wat kan leiden tot een permanente belasting van ecosystemen.**

1.5 Regelgevend kader [uit veldstudie]

1.5.1 Duitsland (TRGS 910)

Beoordelingsmaatstaf: 1 µg/m³ (tolerantieconcentratie volgens TRGS 910, gebruikt door TRGS 561) | Acceptatieconcentratie: voor chroom(VI)-verbindingen niet vastgesteld
Onder de beoordelingsmaatstaf:

- Verplichting om een gedetailleerd concept van maatregelen uit te voeren
- Regelmatige blootstellingsmetingen
- Documentatie van alle beschermingsmaatregelen
- Gezondheidsmonitoring van werknemers
- Training en instructie
- Opstellen van speciale gebruiksaanwijzingen
- Minimaliseringsvereiste volgens de stand van de techniek
- Verplichting om de vervangingsopties regelmatig te herzien

TRGS 561
Sinds 4 mei 2026 geldt de Duitse TRGS 561 „Werkzaamheden met kankerverwekkende metalen en hun verbindingen" in een nieuwe versie. Paragraaf 3.3.4 beschrijft de vorming van chroom(VI)-verbindingen aan chroomgelegeerde hete onderdelen, paragraaf 5.9.3 noemt alkali-/aardalkalimetaaloxiden uit isolatiematerialen of

montagepasta's als beïnvloedende factor.

Volgens paragraaf 5.9.3 lid 5 moeten beschermingsmaatregelen volgens de paragrafen 4.1 en 4.2 en aanvullende maatregelen worden getroffen **wanneer een belasting met chroom(VI) aanwezig is of niet kan worden uitgesloten**; daartoe behoren persoonlijke beschermingsmiddelen, stofarm werken en de substitutietoets. Een voorafgaande meting is daarvoor geen voorwaarde. Paragraaf 3.3.4 vereist bovendien bijzondere beschermingsmaatregelen bij huidcontact met chroom(VI)-verbindingen.

1.5.2 Nederland (Arbobesluit)

Grenswaarde (SZW-lijst van kankerverwekkende stoffen): 0,001 mg/m³ als Cr
Onder de grenswaarde:

- Toewijding om blootstelling verder te minimaliseren
- Toepassing van het ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable)
- Implementatie van een Actieplan Kankerverwekkende Stoff (AKS)
- Regelmatige metingen van de arbeidshygiëne
- Registratie van blootgestelde werknemers
- Medische monitoring

1.5.3 Groot-Brittannië (COSHH)

Grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling (EH40): 0,01 mg/m³ als 8-uursgemiddelde, 0,025 mg/m³ voor procesmatig gevormd chroom(VI)Aanbevelingen vanaf 1 µg/m³:

- Principe van ALARP (zo laag als redelijkerwijs mogelijk) voor CMR-stoffen

1.5.4 Frankrijk (VLEP)

Grenswaarde: 1 µg/m³

Onder de grenswaarde:

- Principe ALARA (zo laag als redelijkerwijs haalbaar)
- Obligation de moyens (verplichting om geld ter beschikking te stellen)
- Documentation des expositions professionnelles
- Surveillance médicale renforcée (SMR)
- Plan de prévention spécifique
- Formation et information des travailleurs
- Évaluation régulière des risques

2. Methodologie



Fig.7 Filterpomp SG 10-2



Fig.8 Cr6 Testkit TK01



Fig.9 Filtermembraan na de test

2.1 Experimentele opstelling en randvoorwaarden

De onderzoeken zijn uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden die typische bouwplaatssituaties simuleren. Gebruikte isolatie-elementen met verschillende gradaties van vervuiling werden behandeld als gebruikelijke onderhoudswerkzaamheden.

2.1.1 Werksituatie:

Kamertemperatuur: 22°C ± 2°C
Relatieve vochtigheid: 45% ± 5%Effectieve werktijd: 1 uurPersoneel: 1 servicemonteur, 1 meettechnicus

2.1.2 Onderzochte materialen

:

Verschillende gebruikte isolatie-elementen van eerdere onderhoudsprojectenVerschillende vervuilingsniveaus (geverifieerd door eerdere snel- en veegtests) (Fig.8)Materiaalvarianten: textielisolatie in de vorm van isolerende matrassen en vezelmatten

2.2 Meetmethode

2.2.1 Metrologische registratie

Bemonsteringsapparaat: SG 10-2 (GSA) (Fig. 7)Debiet: 10 l/min (maximaal)
Meettijd: 60 minutenGeschatte pompefficiëntie: 95-98%Theoretisch totaal volume: 600 literEffectief monstervolume (bij 95% efficiëntie): 570 liter

2.2.2 Positionering van de meettechniek

Pompkop boven het materiaalmagazijn geplaatstHoogte: ca. 1,5 m boven het maaiveldPositie: centraal boven het verwerkingsgebiedAfstand tot actieve behandelingszones: ca. 0,5 m

2.3 Workflow

De simulatie omvatte typische afhandelingsscenario's:

Sorteren van gedemonteerde elementen | Stapelen op materiaalsoort en grootteNormale handmatige bewegingen

en voorraadoverdrachten | Geen gerichte stofbevorderende activiteiten

Deze activiteiten komen overeen met de gebruikelijke omgang met gedemonteerde isolatiedelen op bouwplaatsen en vertegenwoordigen dus realistische blootstellingsscenario's.

2.4 Meetinstrumenten en analysemethoden

2.4.1 Bemonsteringsapparaat SG 10-2 (GSA)

Het bemonsteringsapparaat SG 10-2 is speciaal ontwikkeld voor het meten van gevaarlijke stoffen en is ontworpen voor het persoonlijk en stationair bemonsteren van gevaarlijke stoffen tot 12 l/min volgens EN 481.

Technische specificaties:
Volumestroombereik: 1-12 l/min
Vooraf ingesteld debiet voor Cr(VI): 10 l/min
IFA-gelicentieerde bemonsteringskoppen
Meting van inhaleerbaar stof (E-stof, totaal stof)

Kwaliteitsborging:

Regelmatig onderhoud volgens DGUV-informatie 213-505Gevalideerde kalibratie volgens EN ISO/IEC 17025 Gedocumenteerde functietest voor elk gebruikContinue volumestroommeting tijdens de bemonstering

2.4.2 Sneltestprocedure SEEF ST01

De SEEF ST01-sneltestprocedure wordt gebruikt voor de kwalitatieve detectie ter plaatse van chroom(VI)-verbindingen.
Werkingsprincipe:
Colorimetrische detectie met 1,5-difenylcarbazide (DPC)Kleurreactie: violet tot roze met aanwezigheid van Cr(VI)Kleurintensiteit evenredig met Cr(VI)-concentratieVisuele of colorimetrische evaluatie mogelijk

Kenmerken:
"Echt positief" hitpercentage: >99% | Percentage "vals-negatieven": <50%Detectielimiet: ongeveer 0,1 µg Cr(VI) | Onmiddellijke resultaten ter plaatseSpeciale ontwikkeling voor met chromaat verontreinigde thermische isolatie

2.4.3 Mobiel chroom(VI) laboratorium SEEF TK01

De TK01 maakt geavanceerde on-site analyse van Cr(VI)-verbindingen mogelijk met laboratoriumachtige precisie.
Analyseprincipe:
Gepatenteerde methode voor Cr (VI)-bepalingMinimalisering van interferentie door zink en aluminiumVoorkomen van Cr (VI)-reductie tijdens analyseColorimetrische evaluatie na gedefinieerde reactietijd

Technische gegevens:
Analysetijd: 45 minutenGelijktijdige analyse van maximaal 6 monstersTemperatuurgecontroleerde monstervoorbereidingMeetbereik: 0,1-100 µg Cr(VI)Reproduceerbaarheid: ±5%

2.4.4 Analytische methoden in het laboratorium

De uiteindelijke kwantificering wordt uitgevoerd door middel van geaccrediteerde laboratoriumanalyses.

- Filterextractie volgens een gestandaardiseerd procédéBereiding in 10 ml analytische oplossingControle van de pH-waarde en aanpassing van de matrixRekening houden met blancowaarden

Analysemethode:

UV/VIS-spectrofotometrie bij 540 nmKalibratie volgens gecertificeerde normenKwaliteitsborging door ringtest-sMeetonzekerheid: ±10%

3. Resultaten

3.1 Meetresultaten

3.1.1 Filterbezetting en luchtconcentratie

- Gemeten hoeveelheid chroom(VI) in het filter: 0,6 µg
- Effectief monstervolume (bij 95% pompefficiëntie): 0,57 m³
- **Berekende luchtconcentratie: 1,05 µg/m³**

De berekening wordt gemaakt volgens de formule:

c [µg/m³] = m [µg] / V [m³]
c = 0,6 µg / 0,57 m³
c = 1,05 µg/m³

3.1.2 Beoordeling in het kader van grenswaarden

- **Tolerantie concentratie (TRGS 910): 1,0 µg/m³**
- **Acceptatieconcentratie (TRGS 910): voor chroom(VI)-verbindingen niet vastgesteld**
- **Gemeten concentratie: 1,05 µg/m³ (minimumwaarde, standaardmethode)**

De vastgestelde concentratie is dus:

- **boven de tolerantieconcentratie (!) en**
- **als minimumwaarde te beschouwen; volgens SEEF B.V. over standaardmethoden bij calciumhoudende isolatie-materialen kan de werkelijke waarde aanzienlijk hoger liggen**

Het luchtmonster werd door GSA Schadstoffanalyse mbH volgens een standaardmethode geanalyseerd. De terug-vinding van deze methode bij calciumhoudend isolatiestof is niet bepaald. Voor standaardmethoden bij calcium-houdende isolatiematerialen geeft SEEF B.V. onderschattingen aan van 20 tot 30 procent in milde gevallen tot meer dan 90 procent; de door SEEF B.V. voor deze matrix ontwikkelde methode bereikt volgens dezelfde bron een terugvinding van meer dan 80 procent. De gemeten luchtconcentraties moeten daarom als minimumwaarden wor-den opgevat. De stofmonsters van de totaalstofanalyse werden in het laboratorium van SEEF B.V. geanalyseerd. (Bron: SEEF B.V., kennisbank, seefbv.com, geraadpleegd november 2026)

3.2 Factoren die van invloed zijn op de meetresultaten

3.2.1 Specifieke factoren op de werkplek

- Beperkte luchtverplaatsing in het meetbereik
- Geen extra geforceerde ventilatie
- Normale hanteringsintensiteit zonder speciale stofhoudende activiteiten

3.2.2 Mogelijke toename van de blootstelling door:

- Tocht met open deuren/ramen
- Intensievere materiaalbewegingen/langere verwerkingstijd
- Parallelle werkzaamheden van meerdere medewerkers

3.4 Beoordeling van de overdrachtsrisico's

3.4.1 Directe werkomgeving

De directe werkomgeving is het belangrijkste blootstellingsgebied waar de hoogste concentraties chroom(VI) optreden in de vorm van achtergrondblootstellingen door mechanische verwerking en manipulatie van de isolerende elementen.

De vrijgave vindt zowel plaats **door directe werkprocessen** als **door secundaire werveling**, waarbij **met name de behandeling van de componenten kritieke momenten vertegenwoordigen**.

De vervuiling van gereedschappen, arbeidsmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen leidt tot een voortdurende uitbreiding van het besmette gebied.

Primaire stofafgifte:

- Behandeling van de isolatiecassettes
- Reinigingswerkzaamheden op verontreinigde oppervlakken

Secundaire stofwerveling:

- Verplaatsingen van onderhoudspersoneel
- Lucht stroomt door ventilatie
- Trillingen veroorzaakt door draaiende eenheden
- Trillingen tijdens het gebruik van het gereedschap

Besmetting verspreid via arbeidsmiddelen:

- Gereedschappen en meetinstrumenten
- Reinigingsapparatuur en -materialen
- Mobiele hulpmiddelen (ladders, bordessen)
- Persoonlijke beschermende uitrusting

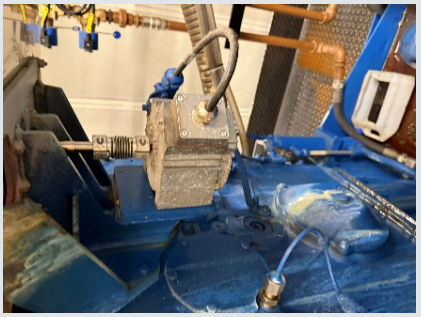

Fig.10 Omgeving met vezelstof


Fig.11 Omgeving met vezelstof


Fig.12 Omgeving met vezelstof

3.4.2 Uitgebreide werkruimte

De verspreiding van chroom(VI)-verontreiniging buiten het directe werkgebied vindt plaats via verschillende overdrachtsmechanismen, waarbij **met name persoonlijke transmissies en technische voortplantingsroutes (afb. 10-12) een centrale rol spelen**.

Ontoereikende afbakening tussen verontreinigde en schone gebieden en ontoereikende ontsmettingsprocessen leiden tot een gestage uitbreiding van verontreinigde zones.

Het risico strekt zich dus ook uit tot personen die niet direct betrokken zijn bij de onderhoudswerkzaamheden.

Persoonlijke ontvoering:

- **Besmette werkkleding**
- **Schoeisel met aanhangend stof**
- **Bewegingspatronen van personeel tussen verschillende werkgebieden**
- **Onvoldoende ontsmetting bij het verlaten van het werkgebied**

Technische transmissiepaden:

- Ventilatiesystemen en luchtstromen
- Transportroutes van gereedschappen en materialen
- Kabel- en draadgeleiding
- Onderhoud toegangen en bussen

Organisatorische factoren:

- Gebrek aan afbakening van zwart-witgebieden
- Ontoereikende reinigingsconcepten
- Gebrek aan toegangsbeperkingen
- Ongemarkeerde contaminatiezones

3.4.3 Gevolgen voor het milieu

De milieueffecten van chroom(VI)-verontreiniging zijn zowel in de directe omgeving te zien door stofafzettingen en oppervlakteverontreiniging als in langdurige aantasting van bodem en grondwater. De hoge persistentie van chroom(VI)-verbindingen in combinatie met hun mobiliteit leidt tot een grootschalige verspreiding en accumulatie in verschillende milieucompartimenten. Een bijzonder probleem is de **professionele verwijdering van verontreinigde materialen** , die **speciale concepten en maatregelen vereist**.

Onmiddellijke milieuverontreiniging:

- **Afzetting van stof op externe oppervlakken**
- Binnenkomst in regenwaterafvoeren
- **Verontreiniging van bodemoppervlakken**
- **Verspreiding via openingen in gebouwen**

Milieueffecten op lange termijn:

- **Ophoping in bodemlagen**
- **Migratie naar grondwater**
- **Opname in de voedselketen**
- **Persistentie van chroom(VI)-verbindingen**

Problemen met verwijdering:

- **Besmette PBM's en schoonmaakmiddelen (Fig. 23)**

- **Verontreinigde isolatieresten door andere vervuilde isolatiedelen (Fig. 27)**
- **Besmette gereedschappen en hulpmiddelen**
- **Verontreinigde verpakkingsmaterialen**
- **Stof van de grond**



Fig.13 Besmette PBM



Fig.14 Isolatie restanten



Fig. 15 Vervuiling van het gereedschap

3.4.4 Bijzondere risicofactoren

De overdracht van chroom(VI)-verbindingen wordt beïnvloed door een verscheidenheid aan externe en interne factoren die **de verspreiding van verontreiniging aanzienlijk kunnen vergroten. Weersinvloeden, aspecten van de arbeidsorganisatie** en **bouwkundige omstandigheden vormen een complex samenspel** dat de **verspreiding van verontreiniging bevordert. De combinatie van deze factoren vereist een holistische kijk en specifieke tegenmaatregelen voor elke werksituatie**.

Weersinvloeden:

- Windturbulentie door open poorten/ramen
- Thermische stromingen door temperatuurverschillen
- Vochteffect op stofdeeltjes
- Weersgerelateerde veranderingen in de luchtstroom

Organisatie van het werk:

- Tijdsdruk tijdens onderhoudswerkzaamheden
- Parallelle activiteiten
- Overdracht van diensten
- Noodsituaties

Structurele voorwaarden:

- Complexe plantgeometrie
- Moeilijk bereikbare plaatsen
- Ontoereikende afdichtingen
- Doorvoeringen en openingen

3.4.5 Metrologische registratie van de overdracht

De **systematische registratie en kwantificering van de overdrachtsprocessen** vereist een **uitgebreid meetprogramma** dat **zowel stationaire als persoonlijke metingen** omvat. De **combinatie van verschillende meetstrategieën** maakt het mogelijk om **kritische verspreidingspaden te identificeren** en de **effectiviteit van beschermende maatregelen te**

evalueren.

Stationaire metingen:

- Metingen op vaste punten met gedefinieerde intervallen
- Continue bewaking van kritieke gebieden
- Langetermijnmetingen om trends vast te leggen
- Gradiëntmetingen voor voortplantingskarakteristieken

Persoonlijke afmetingen:

- Blootstellingsmetingen bij personeel
- Contaminatiemetingen op PBM's
- Veeg monsters van werkkleding af
- Meting van oppervlakteverontreiniging op lozingspunten

3.4.6 Economische impact

De **overdracht van chroom(VI)-verbindingen brengt** aanzienlijke directe en indirecte kosten **met zich mee**, variërend van **onmiddellijke uitgaven voor beschermende maatregelen** tot **follow-upkosten op lange termijn**.

Een holistische economische visie moet ook rekening houden met mogelijke aansprakelijkheidsrisico's en imago-schade van het bedrijf.

Directe kosten:

- Verhoogde reinigingsinspanning (Fig. 16)
- Aanvullende PBM-vereisten
- Speciale verwijdering (Fig. 18)
- Decontaminatiemaatregelen (Fig. 17)

Indirecte kosten:

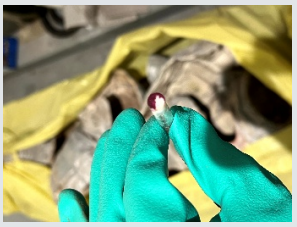
- Monitoring van de gezondheid op het werk
- Documentatie en verificatie
- Opleiding | Kwaliteitsbewaking

Kosten op lange termijn:

- Corrigerende
- Aansprakelijkheid
- Schade aan het imago
- Verzekeringsaspecten


Fig.16 Ontsmetting


Fig.17 Ontsmetting


Fig.18 Afvoer

4. Discussie

4.1 Evaluatie van de meetresultaten [van de veldstudie]

4.1.1.1 Analyse van het totale stof (zie hoofdonderzoek; hier: blootstelling door demontage)

- De chroom(VI)-concentraties in de directe werkomgeving liggen 2,33-6,99 µg/m³, ruim boven alle nationale en internationale grenswaarden
- Zelfs met de meest conservatieve aanname (10% e-stof) wordt de tolerantiewaarde meer dan twee keer overschreden
- De mogelijke zevenvoudige overschrijding in de aanname van 30% (inhaleerbare fractie) is bijzonder kritisch
- De hoge totale belasting van 47 ppm in het stof duidt op intensieve chromaatvorming op de hete deelopper-vlakken en de binnenoppervlakken van de isolatie-elementen
- Het vrijkomen van stof en afzettingen moeten daarom als chroom(VI) verontreinigd worden beschouwd

4.1.1.2 Achtergrondbelichting (zie hoofdonderzoek; hier: passieve blootstelling door demontage)

- De gemeten achtergrondconcentraties (0,526-0,556 µg/m³) zijn minimumwaarden; een overschrijding van de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³ kan niet worden uitgesloten
- Niet-betrokken personen worden ook blootgesteld aan relevante blootstelling
- De verticale verdeling zorgt voor een effectieve verspreiding van het stof door het werkgebied
- Het gevaar strekt zich uit tot het gehele containergebied

4.1.1.3 Gevolgblootstelling (uit dit onderzoek; hier: blootstelling door inademing door hantering/positionering)

- De gemeten chroom(VI)-belasting (1,05 µg/m³) overschrijdt de tolerantiewaarde al als minimumwaarde
- Niet-betrokken personen worden ook blootgesteld aan relevante blootstelling
- De verticale verdeling toont een verspreiding van stof over het hele werkgebied
- Het risico kan zich uitstrekken tot het gehele containergebied
- Risico van overdracht

4.1.3 Beoordeling van overschrijdingen van grenswaarden

- **Systematische overschrijding van alle nationale grenswaarden**
- **Bijzondere relevantie van de EU-brede minimaliseringsverplichting**
- **Onmiddellijke noodzaak van actie voor technische beschermingsmaatregelen**
- **Noodzaak van onmiddellijke organisatorische maatregelen**

4.2 Vergelijking met andere onderzoeken/waarschuwingen

Er zijn (natuur)wetenschappelijke en technische studies over chromaatvorming beschikbaar

Fabrikanten waarschuwen nu voor de vorming van calciumchromaat in combinatie met calciumhoudende hogetemperatuurisolatie

4.2.1 Vergelijkbare blootstellingsscenario's

- **Vergelijkbare belastingspatronen tijdens isolatiewerkzaamheden op hogetemperatuursystemen**
- **Consistente waarnemingen van stofverspreiding**
- **Vergelijkbare overdrachtsproblemen**
- **Bevestiging van de relevantie van het probleem**

4.2.2 Aanvullende bevindingen

- Hoge concentraties in het onderhavige geval
- Sterke spreiding in het werkgebied
- Intensieve chromaatvorming
- Aanzienlijke overschrijdingen van de grenswaarden

4.2.3 Nieuwe bevindingen

- Gedetailleerde registratie van de verticale verdeling
- Kwantificering van de achtergrondblootstelling door filterpomp
- Systematische registratie van de verspreidingsroutes

4.2.4 Historische ontwikkeling van het probleem

De huidige veldwaarneming bevestigt dat **het chromaatprobleem ook zijn oorsprong vindt in de historische ontwikkeling van isolatiematerialen**.

Op het eerste gezicht leken de gebruikte materialen geschikt voor thermische isolatie, aangezien bij het bekijken van de gegevensbladen alleen factoren als temperatuurbestendigheid en thermische geleidbaarheid werden onderzocht.

Isolatievezelproducten reageren echter van nature door te "rafelen"; hierdoor komt de basiskern (glaskern) van de isolatieproducten bloot te liggen, wat vervolgens leidt tot het vrijkomen van de (aard)alkalische metaaloxiden, die verantwoordelijk zijn voor de hoge oxidatie van de chroom(III)-verbindingen tot zeswaardige chroomverbindingen; Figuren 32-34 tonen een wereldwijd probleem met calciumhoudende isolatiematerialen uit verschillende sectoren.


Fig.19 Cr6-positief - minerale wol


Fig.20 Cr6-positieve "Microtherm"


Fig.21 Cr6-positieve "Superwool"

5. Aanbevelingen voor actie [in aanvulling op de veldstudie]

Het actiegebied schetst de voorgeschreven maatregelen die moeten worden toegepast als contact met zogenaamde "CMR-stoffen" (kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen) door werknemers niet kan worden uitgesloten en wordt voornamelijk geïmplementeerd in nationale regelgeving door EU-richtlijn 2004/37/EG.

De volgende punten zijn afgeleid van de Duitse verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV) en verschillende technische regels voor gevaarlijke stoffen (TRGS).

De lijst toont duidelijk de immense invloed die de aanwezigheid van zeswaardige chroomverbindingen zal hebben op eerdere werkprocessen.

Als de bevindingen van deze veldwaarneming worden begrepen, staat de hele energieproducerende industrie voor een ware paradigmaverschuiving.

Opgemerkt moet worden dat alle maatregelen alleen rekening houden met de beheersing van de verontreiniging die reeds heeft plaatsgevonden om het aantoonbaar bestaande risico voor mens en milieu te beheersen en verdere schade te voorkomen.

Op lange termijn moet de zogenaamde "minimaliseringseis" worden toegepast, d.w.z. **dat gevaarlijke stoffen moeten worden vervangen door stoffen die minder gevaarlijk zijn of in het beste geval helemaal niet gevaarlijk** zijn (vervanging (5.2.1)).

Aangezien chromaten niet aanwezig zijn vóór de inbedrijfstelling van de thermisch geïsoleerde systemen, maar alleen tijdens en na de inbedrijfstelling, ligt de prioriteit op de lange termijn bij het vervangen van de bron van chromaatvorming, d.w.z. de calciumhoudende isolatie. Calciumvrije isolatiesystemen zijn al beschikbaar en hebben betere eigenschappen dan de huidige stand van de techniek.

Een andere benadering zou het gebruik van hete onderdelen zijn die geen chroom bevatten, maar een dergelijke verandering zou alleen in nieuwe gebouwen kunnen worden aangebracht als onderdeel van verdere ontwikkelingen in de motortechnologie.

Vanuit het perspectief van vandaag is de enige optie voor de duizenden en duizenden installaties die al in bedrijf zijn, het verwijderen van de huidige isolatiematerialen, een grondige reiniging van de installatie (ontsmetting) en de daaropvolgende toepassing van genoemde (aard)alkalische metaaloxidevrije isolatie.

Ook al zijn deze nieuwe isolatiesystemen voor het eerst iets duurder in aanschaf en brengt de ontsmetting en afvoer van de oude thermische isolatie ook op korte termijn extra kosten met zich mee, deze kosten - zelfs als ze niet gepland zijn - waarschijnlijk nog steeds goedkoper dan het permanent blijven exploiteren van de getroffen systemen na de hieronder genoemde maatregelen.

In dit opzicht zal de geschiedenis zich herhalen, zoals die al bekend is uit de tijd van asbestverwijdering.

Voor het volledige pakket aan maatregelen, de planning, uitvoering en monitoring ervan, is het aan te raden om toezicht te houden door deskundige veiligheidsfunctionarissen die ook de nodige contacten hebben met externe bedrijven die nodig zijn voor de uitvoering van de maatregelen.

5.1 Technische maatregelen

- **Gesloten containers voor gedemonteerde isolatie**
- **Afzuigapparatuur voor materiaalbehandeling**

- Stofbesparende werkprocessen
- Aparte opslagruimtes

5.2 Organisatorische maatregelen

- Toegangsbeperkingen voor opslagruimten
- Documentatie van materiaalbewegingen
- Opleiding van het personeel
- Regelmatige blootstellingsmetingen

5.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen

- Adembescherming minimaal FFP3
- Beschermende pakken categorie III
- Handschoenen volgens EN 374
- Oog- en gelaatsbescherming

6. Conclusies [aanvulling op de veldstudie]

De huidige veldwaarneming toont duidelijk aan dat het gevaar van chroom(VI)-verbindingen niet beperkt is tot actieve ontmantelingswerkzaamheden. Zelfs de normale omgang met verontreinigde isolatiematerialen leidt tot blootstellingen in het tolerantieconcentratiebereik. Dit vereist een fundamentele herevaluatie van de maatregelen voor gezondheid en veiligheid op het werk voor alle activiteiten met gebruikte isolatiematerialen.

Bijzonder opmerkelijk:

- Overschrijding van de tolerantieconcentratie, zelfs bij normaal gebruik
- Het risico voor niet-direct betrokkenen
- De noodzaak van gesloten systemen
- De behoefte aan substitutieoplossingen

6.1 Blootstellingsrisico's

De gemeten waarden, bepaald uit een mix van verschillende isolatiematerialen en -systemen, bewijzen een systematische en significante overschrijding van de toepasselijke grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling:

- **De gemeten chroom(VI)-concentraties van 2,33-6,99 µg/m³ in het directe werkgebied overschrijden vele nationale grenswaarden meermaals**
- **Zelfs bij de achtergrondbelasting (0,526-0,556 µg/m³, minimumwaarden) kan een overschrijding van de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³ niet worden uitgesloten**
- **Het gevaar treft niet alleen direct blootgestelde werknemers, maar ook mensen in de uitgebreide werkomgeving**
- **De verticale verdeling van de belasting toont een effectieve verspreiding van het verontreinigde stof over het gehele werkgebied**

6.2 Systemische problemen

De veldwaarneming brengt fundamentele zwakke punten in de eerdere praktijk aan het licht:

- **De historische ontwikkeling van isolatiematerialen heeft geleid tot een inherent probleem**
- **De combinatie van calciumhoudende isolatiematerialen met chroomhoudende componenten creëert ideale omstandigheden voor chromaatvorming**
- **Mechanische belasting en veroudering verhogen de vorming en daaropvolgende afgifte van chromaten**
- **De bestaande beschermingsconcepten zijn ontoereikend voor de geïdentificeerde gevaren**

6.3 Risico's van overdracht

De veldwaarneming laat meerdere manieren van overdracht zien:

- **Primaire stofvrijlating door directe werkzaamheden aan de isolatie**
- **Secundaire contaminatie door oproeren en verspreiden**
- **Overdracht via gereedschappen, arbeidsmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen**
- **Verspreiding via ventilatiesystemen en structurele openingen**

6.4 Economische implicaties

De noodzakelijke maatregelen hebben een aanzienlijke economische impact:

- **Directe investeringen in beschermingsmiddelen en technische faciliteiten**
- **Meer personeel en meer tijd nodig voor onderhoudswerkzaamheden**
- **Bijkomende kosten voor monitoring en documentatie**
- **Langetermijnuitgaven voor vervanging en preventie**

6.5 Paradigmaverschuiving nodig

De resultaten illustreren de noodzaak van een fundamentele heroverweging:

- **Eerdere praktijken zijn niet meer actueel en juridisch twijfelachtig**
- **Onmiddellijke technische en organisatorische maatregelen zijn essentieel**
- **Er is geen alternatief voor langdurige vervanging van chromaatvormende materialen**
- **Er moeten holistische preventiestrategieën worden ontwikkeld**

7. Aanbevelingen

Op basis van alle onderzoeksresultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan:

7.1 Noodzaak van verder onderzoek

- Langdurige metingen onder verschillende werkomstandigheden
- Onderzoek naar de effecten van uitstel
- Ontwikkeling van verbeterde meetstrategieën
- Evaluatie van beschermende maatregelen
- Optimalisatie van de afhandelingsprocedures
- Verdere ontwikkeling van de meettechniek
- Verbetering van beveiligingsconcepten
- Integratie in bestaande workflows

7.2 Technische innovatie | Strategische oriëntatie

Focus op toekomstbestendige oplossingen:

- **Versnelde ontwikkeling van (aard)alkalische metaalvrije of laag-alkalische metalen isolatiematerialen**
- Optimalisatie van verwerkings- en assemblagetechnieken
- **Integratie van monitoringsystemen in nieuwe installatieconcepten**
- **Verbetering van ontsmettings- en reinigingstechnologieën**

De industrie moet een gecoördineerde aanpak volgen:

- **Ontwikkeling van een gemeenschappelijke strategie om het chromaatprobleem aan te pakken**
- **Opstellen van industrienormen voor niet-chromaatvormende isolatieoplossingen**
- **Oprichting van competentienetwerken voor de uitwisseling van ervaringen**
- **Gecoördineerde initiatieven op het gebied van onderzoek en ontwikkeling**

7.3 Organisatorische herschikking

Aanpassing van de operationele structuren:

- **Implementatie van systematische risicobeoordelingen**
- **Opzetten van beroepsopleidings- en kwalificatieprogramma's**
- **Opzetten van effectieve documentatie- en verificatiesystemen**
- **Ontwikkeling van specifieke nood- en interventieplannen**

7.4 Regelgevende maatregelen

Aanbevelingen voor het regelgevend kader:

- **Aanscherping van monitoring en controle**
- **Standaardisatie van meetmethoden en documentatie**
- **Harmonisatie van internationale grenswaarden en normen**
- **Ontwikkeling van specifieke richtlijnen voor de industrie**

7.5 Preventieve strategieën

Preventiebenaderingen op lange termijn:

- **Systematische vervanging van chromaatvormende materialen (isolatie, afdichtingen, pasta's)**
- **Implementatie van concepten voor preventief onderhoud**
- **Ontwikkeling van verbeterde strategieën voor gezondheid en veiligheid op het werk**
- **Opzetten van continue verbeteringsprocessen**

7.6 Noodzaak van onderzoek

Geïdentificeerde onderzoeksinteresses:

- **Verdere ontwikkeling van meettechnologie en analysemethoden**
- **Onderzoek naar langetermijneffecten en chronische effecten**
- **Optimalisatie van ontsmettings- en reinigingsmethoden**
- **Ontwikkeling van innovatieve beveiligingsconcepten**

7.7 Economische aspecten

Aanbevelingen voor kostenoptimalisatie:

- **Ontwikkeling van kosteneffectieve beschermingsmaatregelen**
- **Optimalisatie van workflows en processen**
- **Gebruik van synergie-effecten tijdens de implementatie**
- **Rekening houden met levenscycluskosten bij investeringen**

Deze aanbevelingen moeten worden opgevat als richtsnoeren voor de toekomstige ontwikkeling van de industrie en moeten als basis dienen voor de ontwikkeling van specifieke actieplannen.

8. Bibliografie (bronnen/referentie)

Zie document "Veiligheid voor mens en milieu" van 06.12.2024

Aanvullend: TRGS 561, versie van 4 mei 2026; SEEF B.V., kennisbank over Cr(VI)-analyse in thermische isolatie, seefbv.com, geraadpleegd november 2026.

9. Test- en meetmethode (analyse van het totale stofgehalte)



9.1 Chroom(VI) uitstrijkje Test ST01



9.2 Cr(VI) testkit TK01



9.3 Cr(VI) Laboratoriumanalyse

9.1 "Chroom(VI) snelle tests"

In alle voorgaande onderzoeken en onderzoeken zijn zogenaamde "snelle tests" gebruikt voor de eerste detectie en identificatie van chroom(VI)-verbindingen.

Bij deze procedure wordt een in DPC gedrenkte testtip die hieronder wordt beschreven, afgeveegd of gedept over een te testen oppervlak om een colorimetrische reactie op te wekken in aanwezigheid van chroom(VI).

De werking van de sneltests, die door verschillende bedrijven worden aangeboden (bijv. product "HexChecks" (Figure Engineering Ltd. USA) of product "TK11" (MATInspired NL)), is gebaseerd op een "colorimetrische methode"; de testprocedure maakt gebruik van een chemische reactie met 1,5-difenylcarbazide (DPC), die in aanwezigheid van chroom(VI) oxideert tot 1,5-difenylcarbazon en een violette tot roze kleuring produceert.

De intensiteit van de kleur is evenredig met de chroom(VI) concentratie en kan visueel of met een colorimeter worden beoordeeld.

De testresultaten zijn vrij betrouwbaar, **vals-positieve resultaten zijn zeer zeldzaam, maar vals-negatieve resultaten wel, omdat het kan gebeuren dat stof en afzettingen, maar ook olieachtige oppervlakken, de reactie tussen chroom(VI) en de DPC tijdens het wattenstaafje kunnen voorkomen**.

Sinds 2023 biedt het Nederlandse bedrijf "SEEF B.V." een speciaal voor chromaat vervuild thermisch isolatiesysteem "Chromaat Speedtest" aan, dat ook is ontworpen volgens de bovengenoemde methoden, maar iets minder gevoelig is voor stofafzettingen, maar deze toch niet volledig kan voorkomen.

Veldtests hebben aangetoond dat de **uitstrijkjes een "echt positieve" treffer hebben van meer dan 99%** en een **"vals-negatieve" ratio van minder dan 50%,** dus is besloten om deze testmethode in de toekomst te behouden.

Het is voordelig om bij de selectie van testmethoden te vermelden dat SEEF een mobiel laboratorium heeft ontwikkeld voor relatief eenvoudige maar diepere Cr6-analyse, dat ook stationair kan worden gebruikt en een relatief snelle laboratoriumachtige test voor materiaalmonsters biedt.

9.2 "Mobiel laboratorium" Cr(VI) testkit TK01 (SEEF B.V.)

De TK01 Chroom-6 testkit maakt een snelle en betrouwbare analyse van chroom-6 ter plaatse mogelijk en is ontwikkeld voor de meting van calciumchromaat in onder andere isolatie, montagepasta's, smeermiddelen en RVS onderdelen.
De analyse vindt plaats binnen 45 minuten en maakt de gelijktijdige analyse van 6 monsters

mogelijk.
Het gepatenteerde proces voorkomt de reductie van chroom-6 tot chroom-3 tijdens het analyseproces en minimaliseert tegelijkertijd de interferentie van zink en aluminium.

Kleinere materiaalmonsters of zogenaamde wipe swabs worden voorbehandeld met bepaalde chemische stoffen en verwarmd in reageerbuisjes, zodat een bijna 100% veilige colorimetrie kan worden uitgevoerd.

In de praktijk kunnen bijvoorbeeld bij verdere tests volgens deze procedure bijvoorbeeld sterk met stof bedekte of anderszins vervuilde gebieden ondanks een negatieve sneltest als positief en dus chromaathoudend worden gedetecteerd.

9.3 Laboratoriumanalyse (veegtest | Materiaal monsters) (SEEF B.V.)

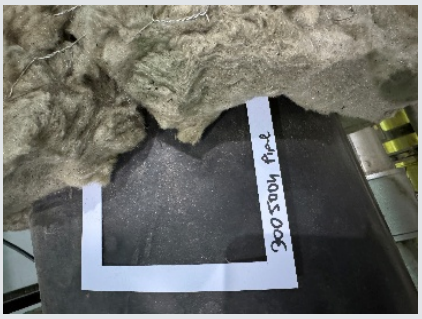
Bij de zogenaamde "veegtest" wordt een ruimtelijk afgebakend gebied van 10 x 10 cm diagonaal en horizontaal met een doek afgeveegd om het oppervlaktestof te absorberen en in het doek te binden.

Als het doek vervolgens niet wordt onderzocht met behulp van de mobiele laboratoriummethode, wordt het naar het laboratorium gestuurd voor analyse van de chroom(VI)-belasting voor het geteste gebied. Een paar dagen later werd de exacte besmetting in ppm | mg/kg schriftelijk; Het veegmonster wordt ook getest op andere zware metalen.

In het geval van materiaalmonsters worden monsters van vezelstof of andere afzettingen naar het laboratorium gestuurd en vervolgens geanalyseerd en geëvalueerd volgens dezelfde procedure als bij de veegtest.



9.3 Test wissen



9.3 Test wissen


9.3 Testanalyse wissen met TK01



9.3 Materiaal monster



9.3 Materiaal monster


9.3 Analyse van materiaalmonsters met TK01

10. Test- en meetmethode (achtergrondbelasting)



10.1 Bemonstering apparaat



10.1 Pompende kop



10.1 Meetprincipe

10.1 "Bemonsteringsapparaat SG 10-2 (GSA)"

Het **SG10-2 bemonsteringsapparaat** incl. oplader voor **de persoonlijke** en **stationaire** bemonstering van gevaarlijke stoffen tot 12 l/min volgens EN 481.

Het **SG10-2 bemonsteringsapparaat** is ontwikkeld voor het meten van gevaarlijke stoffen, vooral wanneer **grote volumestromen** nodig zijn.

De SG10-2 biedt een debiet van 1-12 l/min en maakt zo aanzienlijk kortere meettijden mogelijk.

De verschillende door IFA gelicentieerde bemonsteringskoppen maken het mogelijk om inhaleerbaar stof (**E-stof, totaal stof**) en/of de alveolaire stoffractie (A-stof, fijnstof) te meten.

Voor de bepaling van chroom(VI)-verbindingen in de lucht die we inademen, is een volumedebiet van 10 l/min ingesteld.

De metingen werden uitgevoerd op basislagers van de DGUV (Duitse sociale ongevallenverzekering) in overeenstemming met informatie 213-505 als erkende meetmethode voor het bepalen van de concentratie zeswaardig chroom in de lucht in werkruimtes.

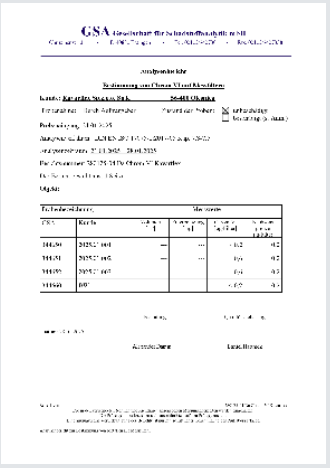
Een paar dagen nadat het in de analyseoplossing opgeloste filter is verzonden, wordt het resultaat gegeven in microgrammen/filters, gevolgd door conversie en evaluatie (totale hoeveelheid lucht, afgeleid van deze microgram/kubieke meter).



10.2 Opgelost filter in oplossing



10.2 Analyse oplossing



10.2 Certificaat van analyse

11. Vooruitzichten en verder onderzoek

11.1 Status van deze veldwaarneming

Deze veldwaarneming bouwt voort op de bevindingen uit de basisreferentiestudie (veldstudie en veldwaarnemingen) over het chroom(VI)-probleem in hogetemperatuurisolatie. Het vormt de wetenschappelijke en methodologische basis voor alle verdere onderzoeken. De observaties uit deze veldwaarneming FB01 verbreden het observatieperspectief. Toekomstige en vroegere metingen en empirische waarden worden gebruikt als aanvullende gegevensverzameling, waarbij de vastgestelde methoden en parameters van het hoofdonderzoek als standaard dienen.

11.2 Representativiteit en overdraagbaarheid

De onderzoeken en locaties van de analyses vormen een uittreksel uit de gemiddelde werkplekken, zoals die in de industrie wereldwijd en tienduizenden keren te vinden zijn. Er moet uitdrukkelijk op worden gewezen dat de MWM-motor die in de veldstudie werd onderzocht, toevallig de eerste generatorset was die werd geanalyseerd met behulp van de modernste meettechnologie. Het is opmerkelijk dat deze motor een relatief kleine hoeveelheid textielisolatie heeft in vergelijking met andere fabrikanten. De onderzochte isolatiecassettes zijn professioneel en van hoge kwaliteit, maar houden geen rekening met de vorming van chromaten. Veel andere motorfabrikanten gebruiken aanzienlijk meer textielisolatietechnologie en aanzienlijk inferieure cassettes, wat mogelijk tot nog hogere belastingen kan leiden.

11.3 Uitgebreide bevindingen

De aanzienlijke chroom(VI)-concentraties die in verwijderbare metalen cassettes worden gedetecteerd, worden geproduceerd volgens het duidelijke thermochemische patroon in gebieden waar calciumhoudende isolatiematerialen met luchttoevoer ("zuurstof-open") zijn geïnstalleerd. Deze waarneming ondersteunt de theoretische beschouwingen over het vormingsmechanisme van chromaten opnieuw op een praktische manier.

11.4 Automobielsector

Eerste vooronderzoeken hebben ook chromaten gedetecteerd in de motorruimte van verschillende automodellen (vooral Mercedes en Audi). Verdere specifieke studies worden momenteel voorbereid voor dit doel. De mogelijke implicaties van deze bevindingen voor de automobielsector zijn het onderwerp van lopende onderzoeken.

11.5 Maatschappelijke relevantie

De omvang van het probleem wordt vooral duidelijk wanneer men de uiteenlopende toepassingsgebieden van de betrokken motoren in aanmerking neemt. Aggregaten van het bestudeerde type zijn onder meer te vinden in:

- Ziekenhuizen (noodgeneratoren)
- Openbare gebouwen
- Liners
- Centrales
- Industriële installaties

Dit onderstreept de noodzaak van verder systematisch onderzoek en preventieve maatregelen.

11.6 Vooruitzichten

De beschikbare bevindingen markeren slechts het begin van een uitgebreide inventarisatie. De geïdentificeerde blootstellingsrisico's en de mogelijke gevolgen ervan voor de veiligheid op het werk en de volksgezondheid vereisen verder gedetailleerd onderzoek. Op basis van de hier ontwikkelde methoden en normen worden verdere toepassingsgebieden en scenario's systematisch geanalyseerd.

De resultaten van deze veldwaarneming suggereren dat een sectoroverschrijdende herbeoordeling van het gebruik van calciumhoudende hogetemperatuurisolatie dringend nodig is. De bescherming van blootgestelde werknemers en de ontwikkeling van veilige alternatieven moeten op de voorgrond staan.

Versiegeschiedenis

Versie	Datum	Wijziging
1.0	februari 2025	Eerste uitgave
1.1	november 2026	Nieuwe opmaak in het ontwerpsysteem van de Chromaatexperts; schrijfwijze chroom(VI) geüniformeerd. Actualisering: beoordeling aan de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³ (TRGS 910, TRGS 561), geen acceptatieconcentratie; luchtmeetwaarden (standaardmethode GSA) als minimumwaarden aangeduid, met gegevens van SEEF B.V. over de terugvinding; Britse grenswaarde gecorrigeerd (EH40: 0,01 mg/m³); Nederlandse grenswaarde volgens het Arbobesluit; TRGS 561 in de versie van 4 mei 2026 opgenomen; kruisverwijzingen omgezet naar veldstudie en veldwaarnemingen; technische regels voor gevaarlijke stoffen.