# Chromaten op de werkplek

Verdere waarnemingen van de vorming van chroom(VI) door het gebruik van alkali en/of aardalkali metaal houdende isolatiematerialen op chroomhoudende metalen hete delen op een gasmotor

Aanvullende opmerkingen bij de veldstudie – Chromaten op de werkplek

door Lloyd Hopes, Markus Sommer en Florian Sommer

31 januari 2025

Versie 1.1 · november 2026

## Samenvatting

Deze veldwaarneming bij de veldstudie op het voorblad, waarvan de structuur en structuur hier grotendeels behouden is gebleven en alleen noodzakelijke wijzigingen aanbrengt in de afzonderlijke hoofdstukken, rapporteert over verdere observaties en analyses die zijn gedaan tijdens de uitvoering van de veldstudie, evenals de informatie die hier is verzameld over verdere mechanismen van chromaatvorming bij gebruik van alkalisch en/of aardalkalimetaal dat isolatieproducten op hoge temperatuur bevat op een Gasmotor.

**De waarnemingen tonen een significante aanwezigheid van kankerverwekkende en chronisch milieuschadelijke chroom(VI)-verbindingen aan in gebieden van zogenaamde "isolatiecassettes" (Fig. 1), die bestaan uit een chroomhoudende behuizing, die isolatiematten in de sandwichstructuur omvat, en op sommige plaatsen, vooral in buig- en buiggebieden, omvat "zuurstofopen" gebieden (Fig. 2), waarop vezels van de isolatiematten zichtbaar zijn.** Deze gebieden werden zowel **volgens de sneltestprocedure "ST01" als volgens de positief getest op de aanwezigheid van chromaat met de testkitmethode "TK01" (Fig. 3).**

Aangezien de snelle testmethode positieve chroom(VI)-resultaten opleverde, werden de verkregen resultaten geverifieerd met de testkitprocedure om "vals-positieve" testresultaten uit te sluiten.

**Ook hier tonen de waarnemingen de mogelijke overdrachtsrisico's van schadelijke stoffen en de effecten daarvan op het milieu en de gezondheid**.

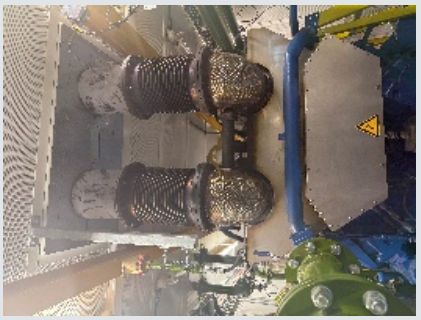


Fig.1 Isolatie cassette



Fig.2 Buigen van gebieden



Fig. 3 Cr6-positief (TK01)

# 1. Inleiding

## 1.1 Inleiding en doel

De omgang met met chromaat verontreinigde isolatie-elementen, textiel of (gedeeltelijk) metalen, vormt een aanzienlijke uitdaging voor de gezondheid en veiligheid op het werk en de bescherming van het milieu.

**Chroom(VI)-verbindingen (chromaten) staan bekend als kankerverwekkende gevaarlijke stoffen** omdat ze in de luchtwegen worden afgezet en door hun hoge oxiderende vermogen **celbeschadiging kunnen veroorzaken**. Zelfs lage concentraties in de lucht worden als schadelijk voor de gezondheid beschouwd, omdat ze het risico op **longkanker en andere toxische effecten op het organisme** aanzienlijk verhogen.

Voor chromaten op de werkplek gelden bijzonder smalle en lage grenswaarden of zogenaamde blootstelling-risicorelaties, zoals het statistische risico op het ontwikkelen van kanker bij regelmatige blootstelling ter hoogte van de tolerantieconcentratie (tolerantierisico 4:1.000); voor chroom(VI)-verbindingen is geen acceptatieconcentratie vastgesteld.

**Er is geen veilige drempel voor chromaten op de werkplek. Elke inademing of blootstelling via de huid vormt mogelijk een risico, wat het grote gevaar van chroom(VI)-verbindingen onderstreept**.

Aangezien zeswaardige chroomverbindingen ook worden geclassificeerd als **chronisch schadelijk voor het milieu met gevolgen op lange termijn**, rijst ook de kwestie van verwijdering als gevaarlijk afval in overeenstemming met de regelgeving **en met inachtneming van etikettering**.

Materialen waarvan is bewezen dat ze chroom(VI) bevatten, mogen niet **met het gewone industriële afval worden weggegooid**, maar zijn onderworpen aan **afzonderlijke verwijderingsvoorschriften** in overeenstemming met de verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV), de verordening inzake afvalstoffengids (AVV) en TRGS 910.

Als onderdeel van de veldstudie werden observaties en daaruit voortvloeiende tests uitgevoerd die chromaten detecteren, zelfs op plaatsen waarvan zelfs de expert niet noodzakelijkerwijs zou verwachten dat ze besmet zijn:

- De al lang bestaande veronderstelling dat het risico van chromaatvorming bestaat overal waar alkalische of aardalkalihoudende metaalhoudende isolatiematerialen in contact komen met hete, chroomhoudende oppervlakken, wordt steeds meer bevestigd. Deze zekerheid helpt ook om **het risico te bepalen als onderdeel van de risicobeoordeling**.
- Aangezien chroom(VI)-verbindingen als huidabsorberend worden beschouwd, bestaat er een zogenaamd "huidrisico" als besmette componenten moeten worden gehanteerd. Deze componenten kunnen ook turbulentie van de chromaathoudende afzettingen veroorzaken wanneer ze worden verplaatst, wat dan ook leidt tot een ademingsrisico dat nog niet is berekend.
- De veldstudie toonde de overschrijdingen van de grenswaarden aan die werden veroorzaakt door de loutere behandeling van een klein aantal verontreinigde isolatie-elementen.

Het doel van deze veldwaarneming is om te wijzen op verborgen en onverwachte gevaren van zeswaardige chroomverbindingen die in contact komen met de huid, maar ook op **de blootstelling van kankerverwekkende en chronisch schadelijke stoffen aan het milieu bij het werken met motoronderdelen** , en toont eens te meer aan dat zowel het personeel dat met dit werk is belast als de personen aan wie ander werk is toevertrouwd, van wie sommigen zich toevallig in de beschreven werkomgeving bevinden, worden blootgesteld aan gevaarlijke gezondheidsrisico's. Normaal gesproken worden de componenten zonder speciale beschermende kleding gedemonteerd, in het werkgebied gedeponeerd om stof te bevorderen en onbeschermd geplaatst. Tocht of kunstmatige ventilatie kan er dan toe leiden dat inhaleerbare chroom(VI)-verbindingen vrijkomen, maar ook worden ingeademd.

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

## 1.2 Reactiemechanisme en chemische basis

[geen verandering ten opzichte van hoofdonderzoek]

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:

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

### 1.2.1 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.

Parallel aan de in de veldstudie beschreven textielisolatie werd en wordt echter ook in de motor- en turbinetechniek gedeeltelijke metaalisolatie toegepast, in die zin dat voornamelijk roestvrijstalen mantels de vorm bepalen en de roestvrijstalen elementen ofwel worden verbonden met het geselecteerde isolatiemateriaal (roestvrijstalen mantel), ofwel een cassettevorm wordt gekozen met een metalen binnenmantel en een metalen buitenmantel.

De cassettes zorgen voor een betrouwbare en stabiele afscherming van warme ruimtes, ook al hebben de metalen mantels door de vorming van koudebruggen vaak een iets hogere buitentemperatuur dan textiel of flexibele isolatiesystemen.

In de veldstudie werd met name gekeken naar het vrijkomen van chromaten bij het hanteren van textiel, scheidbare en dus flexibele isolatie-elementen.

In deze veldwaarneming lag de focus op alkali- of aardalkalimetaal met isolatiematten, die zijn geïntegreerd in metalen mantels (isolatiecassettes).

In het geval van isolatiecassettes zijn er verschillende soorten integratie van isolatiemateriaal.

Vaak wordt er alleen gekozen voor een metalen buitenmantel en wordt het isolatiemateriaal in matvorm zonder verdere contactbescherming tegen het hete deel verbonden met de binnenmantel en vervolgens rond of op het hete deel gemonteerd.

In het geval van de onderzochte motor werden de isolatiecassettes uitgebreid en doelgericht vervaardigd.

Vanwege het fabricageproces zijn sommige buig- en buiggebieden echter zo vervaardigd dat het isolatiemateriaal op bepaalde punten zichtbaar was, wat op zijn beurt betekent dat het isolatiemateriaal op deze punten als "zuurstofopen" kan worden omschreven.

Deze eigenschap ("zuurstof-open") wordt door de auteurs al lang gezien als een mogelijke trigger voor chromaatvorming, omdat juist op deze punten de thermochemische basis voor de onder 1.2 genoemde chemische vergelijking ligt

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

worden gegeven.

De omvang van de servicewerkzaamheden die uit het hoofdonderzoek voortvloeiden, betekende dat sommige van de beschreven cassettes moesten worden geopend en gedemonteerd.

Deze stap opende de mogelijkheid voor het testpersoneel om de binnenkant van dergelijke cassettes te testen op chroom(VI)-verbindingen, want in aanwezigheid van hete chroomhoudende delen, fysiek verbonden met alkalische en/of aardalkalimetalen, met name calciumhoudende isolatiematerialen, in **combinatie met de hoge systeemtemperaturen en in aanwezigheid van extra zuurstof, kan (calcium)chromaatvorming niet langer worden uitgesloten**!

## 1.3 Gezondheids- en milieurisico's

### 1.3.1 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**.

### 1.3.2 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.

### 1.3.3 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.**

## 1.4 Regelgevend kader

### 1.4.1 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.

### 1.4.2 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

### 1.4.3 Verenigd Koninkrijk (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 ALARP (zo laag als redelijkerwijs mogelijk) voor CMR-stoffen

### 1.4.4 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.4 Positieve uitstrijkjes (ST01)



Fig.5 Testmonster wissen (TK01)



Fig.6 Testresultaat wissen (TK01)

### 2.1 Randvoorwaarden en grondbeginselen van de studie

De metingen en analyses werden uitgevoerd in het kader van cyclische servicewerkzaamheden aan een gasmotor van MWM.

Net als andere motoren van verschillende fabrikanten is de motor voorzien van zogenaamde "isolatiecassettes", die bestaan uit een metalen buitenmantel, een intern isolatiemateriaal en een metalen binnenmantel.

Op sommige buigranden is het isolatiemateriaal zichtbaar ("zuurstof-open").

**De isolatiecassettes werden losgemaakt en vervolgens gedemonteerd**.

**Chroom(VI) sneltesten met behulp van de SEEF Swabtest ST01 toonden een eerste "chroom(VI)-positief" resultaat (Fig.4), vooral op de open punten,** wat een gedetailleerd onderzoek noodzakelijk maakte door middel van het mobiele chroom(VI) laboratorium "SEEF Chroom(VI)-Testkit TK01".

Om de positieve uitstrijkjestest ST01 te verifiëren, werd een zogenaamde "veegtest" uitgevoerd, waarbij open vezelgebieden van de isolatie en delen van de binnenmantel werden afgeveegd met een analysedoek (10 x 10 cm) en werden gebruikt als drager van het monster (Fig. 5).

Na voltooiing van de mobiele laboratoriumanalyse werd de juistheid van de positieve chroom(VI)-detectie (ST01) bevestigd (Fig.6)

Het onderzoek was belangrijk omdat het een type motor is dat wereldwijd in grote aantallen wordt gebruikt en regelmatig wordt onderhouden als onderdeel van revisies.

Aanvullende randvoorwaarden:

**Werksituatie:**

- Kamertemperatuur: 22°C ± 2°C
- Relatieve vochtigheid: 45% ± 5%

**Werkomgeving:**

- 40 voet container
- Geen geforceerde ventilatie, motor was niet in bedrijf
- Elektrische verlichting
- Twee toegangsdeuren (3 × 3 meter)


Fig.7 Isolatiecassette, achter

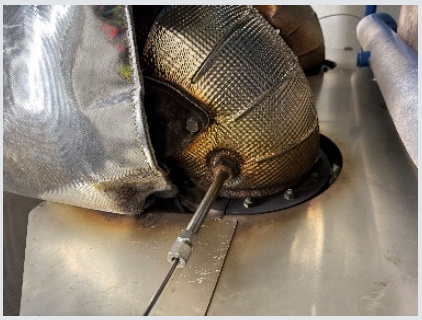

Fig.8 Isolatiecassette, voorzijde


Fig.9 Isolatiecassette, binnen

**Staat van de isolatiecassette:**

- Leeftijd van isolatie: ca. 4500 branduren
- De isolatiecassettes bevonden zich in een normale, onbeschadigde toestand (afb. 7 -9)
- Vrijgekomen isolatiematerialen (zie veldstudie) nestelden zich ook op de cassettes in het hele motorgebied, maar door de zeer nauwkeurige geometrieën kon er geen vezelpenetratie van buiten naar binnen worden gedetecteerd.

## 2.2 Meetmethoden en uitvoering


Fig.10 Behuizing


Fig.11 Stofopvang


Fig.12 Materiaal monster

### 2.2.1 Wistest en analyse

Zie 2.1

De coloristische testprocedure bevestigt de "echt-positieve" uitstrijkjes, dus de aanwezigheid van chromaten wordt als bewezen beschouwd.

Tijdens servicewerkzaamheden moeten delen van de cassettes worden verwijderd en opgeslagen, een directe huid-verontreiniging kan niet worden uitgesloten, evenmin als een inademingsachtergrondconcentratie van e-stof bij het hanteren van de cassettes (demontage, opslag); Er bestaat een risico op overdracht

## 3.4 Beoordeling van de overdrachtsrisico's

### 3.4.1 Directe werkomgeving

**De directe werkomgeving is het belangrijkste blootstellingsgebied waar de hoogste chroom(VI)-concentraties optreden in de vorm van achtergrondblootstellingen als gevolg van mechanische verwerking en manipulatie van de isolatiecassettes**.

**Het loslaten vindt zowel plaats door directe werkprocessen** als **door secundaire werveling**, waarbij **met name de behandeling van de cassettes 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

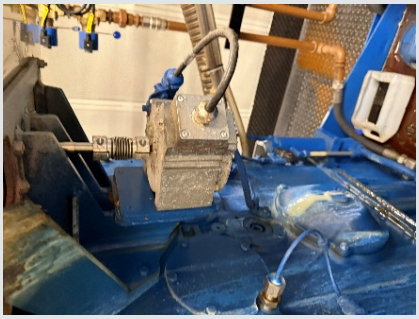


Fig.20 Omgeving met vezelstof



Fig.21 Omgeving met vezelstof



Fig.22 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. 20-22, 23-25) 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.23 Besmette PBM


Fig.27 Restanten van isolatie


Fig.28 Besmet 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
- Aanvullende PBM-vereisten
- Speciale verwijdering
- Decontaminatie maatregelen

**Indirecte kosten**:

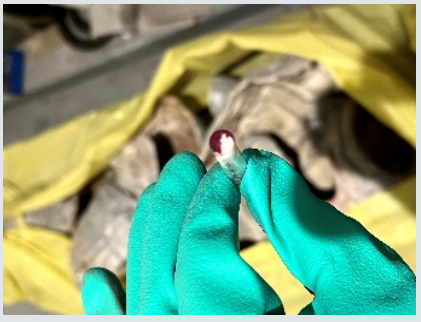
- Monitoring van de gezondheid op het werk
- Documentatie en verificatie
- Opleiding
- Kwaliteitsbewaking

**Kosten op lange termijn**:

- Corrigerende
- Aansprakelijkheid
- Schade aan het imago
- Verzekeringsaspecten


Fig.29 Ontsmetting


Fig.30 Ontsmetting


Fig.31 Afvoer

# 4. Discussie

## 4.1 Evaluatie van de meetresultaten

### 4.1.1 Analyse van het totale stofgehalte (zie hoofdonderzoek; hier: blootstelling aan andere isolatie)

- **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 deeloppervlakken en de binnenoppervlakken van de isolatie-elementen**
- **Het vrijkomen van stof en afzettingen moeten daarom als chroom(VI) verontreinigd worden beschouwd**

### 4.1.2 Achtergrondblootstelling (zie hoofdonderzoek; hier: blootstelling aan andere isolatie)

- **De gemeten achtergrondconcentraties (0,526-0,556 µg/m³) zijn minimumwaarden; een overschrijding van de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³ kan niet worden uitgesloten**

Het luchtmonster werd door GSA Schadstoffanalyse mbH volgens een standaardmethode geanalyseerd. De terugvinding van deze methode bij calciumhoudend isolatiestof is niet bepaald. Voor standaardmethoden bij calciumhoudende 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 worden 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)

- **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**

### 4.1.3 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.32 Cr6-positief - minerale wol


Fig.33 Cr6-positieve "Microtherm"


Fig.34 Cr6-positieve "Superwool"

## 4.3 Methodologische beperkingen

### 4.3.1 Beperkingen in verband met metingen

- Beperkt aantal meetpunten of swabtesten
- Tijdelijke meetperiode

#### 4.3.2 Analytische onzekerheden

- Aannames over de e-stoffractie, maar realistische schatting
- Vereenvoudigde modellering van de spread, maar gebaseerd op jarenlange ervaring
- Invloed van omgevingscondities

#### 4.3.3 Overdraagbaarheid van resultaten

- Specifieke containersituatie
- Bijzondere klimatologische omstandigheden
- Beperkt aantal meetsituaties

### 4.4 Betekenis voor de praktijk

#### 4.4.1 Relevantie voor gezondheid en veiligheid op het werk

- Onmiddellijke noodzaak van actie bij vergelijkbaar werk
- Behoefte aan uitgebreide beschermingsconcepten
- Herziening van bestaande werkinstructies
- Aanpassing van risicobeoordelingen

#### 4.4.2 Technische gevolgen

- Ontwikkeling van verbeterde insluitingssystemen
- Optimalisatie van de afzuigtechnologie
- Aanpassing van werkprocedures
- Ontwikkeling van speciaal gereedschap

#### 4.4.3 Organisatorische impact

- Implementatie van strengere toegangsbeperkingen
- Invoering van uitgebreide documentatieverplichtingen
- Intensivering van de opleiding van medewerkers
- Versterking van het toezicht op de gezondheid op het werk

#### 4.4.4 Economische aspecten

- Hogere kosten voor beschermende maatregelen
- Verlengde werktijden als gevolg van beschermende maatregelen
- Bijkomende documentatiekosten
- Hogere verwijderingskosten

### 4.5 Toekomstige onderzoeksbehoeften

#### 4.5.1 Metrologische aspecten

- Ontwikkeling van verbeterde meetmethoden
- Systemen voor continue monitoring

- Geoptimaliseerde bemonsteringsstrategieën
- Geautomatiseerde meetmethoden

### 4.5.2 Analytische ontwikkeling

- Verbeterde bepaling van E-stof
- Preciezere dispersiemodellen
- Validatie van meetmethoden
- Standaardisatie van analysemethoden

### 4.5.3 Preventiestrategieën

- Alternatieve isolatiematerialen
- Geoptimaliseerde werkprocedures
- Verbeterde beschermingsconcepten
- Innovatieve ontsmettingsmethoden

### 4.5.4 Studies op lange termijn

- Effecten van chronische blootstelling
- Overdracht naar het milieu
- Persistentie van contaminatie
- Kosten

# 5. Aanbevelingen voor actie

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 Onmiddellijke maatregelen

### 5.1.1 Technische maatregelen

**Behuizing en afzuiging**

- Installatie van volledig afgesloten werkruimtes
- Onderdruk behoud met minimaal 20 Pascal
- Meertraps filtersystemen met HEPA H13/H14
- Luchtverversingssnelheid > 10 keer per uur
- Gescheiden toevoer- en afvoerluchtkanalen

**Minimalisatie van stof**

- Gebruik van stofarme ontmantelingsprocessen
- Bevochtiging van de werkruimtes waar mogelijk
- Speciaal gereedschap voor zacht werk
- Stofafzuiging direct op de plaats van oorsprong
- Regelmatige reiniging van het oppervlak

**Inrichting van de werkplek**

- Zwarte en witte gebieden instellen
- Professionele ontsmettingsluizen
- Gescheiden transportroutes voor materialen
- Markering van besmette gebieden
- Speciaal ingerichte reinigingszones

### 5.1.2 Organisatorische maatregelen

**Toegangsbeperkingen**

- Toegang alleen voor getraind personeel
- Documentatie van alle aanwezige personen
- Beperking in de tijd van de werktijd
- Rotatieprincipe voor blootgestelde activiteiten
- Coördinatie van parallel werk

**Werkstromen**

- Gedetailleerde werkinstructies
- Risicobeoordeling voor elke stap van het proces
- Bepaling van noodprocedures
- Regelmatige monitoring van de werkplek
- Documentatie van alle activiteiten

**Hygiënemaatregelen**

- Strikte scheiding van werk- en privékleding
- Regelmatige verandering van beschermende kleding
- Douchegelegenheid na het werk
- Verbod op eten/drinken op de werkplek
- Regelmatige reiniging van de werkgebieden

### 5.1.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen

**Ademhalinggerelateerd**

- Volgelaatsmaskers met blaasondersteuning
- P3-filter voor zwevende deeltjes
- Regelmatig onderhoud en testen
- Individuele aanpassing, lektest voor elk gebruik

**Beschermende kleding**

- Wegwerp beschermende pakken Categorie III Type 5/6
- Chemisch bestendige handschoenen
- Speciale veiligheidsschoenen met overjassen
- Veiligheidsbril met zijbescherming
- Hoofd- en nekbescherming

**Accessoires**

- Communicatie
- Persoonlijke meetapparatuur
- Uitrusting voor noodgevallen
- Schoonmaakmateriaal
- EHBO-doos

## 5.2 Maatregelen op lange termijn

### 5.2.1 Vervanging

**Alternatieve materialen**

- Ontwikkeling van chroomvrije isolatieoplossingen
- Gebruik van Cleansulation producten
- Innovatieve bevestigingssystemen
- Verbeterde coatingtechnologieën
- Mechanisch stabielere constructies

**Wijzigingen in het ontwerp**

- Optimalisatie van isolatiegeometrieën
- Verbeterde toegankelijkheid voor onderhoud
- Modulair ontwerp
- Geïntegreerde monitoringsystemen
- Temperatuur-geoptimaliseerd ontwerp

**Proces aanpassingen**

- Herziening van onderhoudsintervallen

- Preventieve vervanging van bedreigde onderdelen
- Optimalisatie van bedrijfsparameters
- Aanpassing van reinigingsprocedures
- Ontwikkeling van speciaal gereedschap

### 5.2.2 Toezicht

**Metrologische monitoring**

- Continue luchtmetingen
- Regelmatige wistests
- Persoonlijke dosimetrie
- Biomonitoring
- Materiaalanalyses

**Documentatie**

- Digitaal onderhoudsbeheer
- Volledige documentatie over blootstelling
- Registratie van materiële wijzigingen
- Registratie van incidenten, langdurige archivering van alle gegevens

**Kwaliteitsbewaking**

- Regelmatige audits
- Certificering van processen
- Herziening van de beschermende maatregelen
- Validatie van meetmethoden
- Controle van documentatie

### 5.2.3 Kwalificatie

**Basisopleiding**

- Potentieel gevaar van chroom(VI)
- Maatregelen op het gebied van gezondheid en veiligheid op het werk
- Gedrag in noodgevallen
- Documentatieverplichtingen
- Rechtsgrondslag

**Hands-on training**

- Omgang met PBM's
- Decontaminatie proces
- Bemonstering technieken
- Reinigingsmethoden
- Oefeningen voor noodgevallen

**Hoger onderwijs**

- Regelmatige bijscholingen
- Updates over nieuwe regelgeving
- Uitwisseling van ervaringen
- Workshops over beste praktijken
- Gecertificeerde trainingen

### 5.2.4 Preventie

**Gezondheidszorg**

- Regelmatige arbeidsgeneeskundige keuringen
- Programma's voor biomonitoring
- Psychologische ondersteuning
- Ergonomisch ontwerp van de werkplek
- Beheer van gezondheid op het werk

**Milieubescherming**

- Verwijdering concepten
- Minimalisering van emissies
- Weg
- Strategieën voor recycling
- Monitoring van het milieu

**Economie**

- Kostenraming van de maatregelen
- Investering
- Verzekeringsaspecten
- Minimalisering van aansprakelijkheid
- Bescherming van het beeld

# 6. Conclusies

De huidige veldwaarneming over de blootstelling aan chroom(VI) bij het werken met met chromaat verontreinigde isolatiecassettes op gasmotoren en andere energieopwekkende apparatuur leidt tot een aantal fundamentele conclusies:

## 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 de onderzoeksresultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan:

## 7.1 Strategische oriëntatie

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**

## 7.2 Technische innovatie

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**

## 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.)

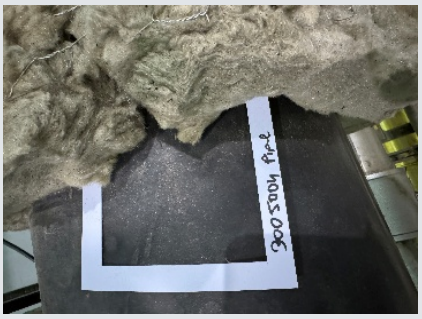
Bij de zogenaamde "veegtest" wordt een ruimtelijk afgebakend gebied van 10 x 10 cm diagonaal en horizontaal met een doek afgeveegd om het oppervlaktestof te absorberen en in het doek te binden.

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.

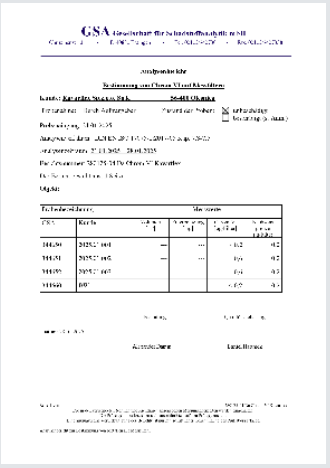
Een paar dagen nadat het in de analyseoplossing opgeloste filter is verzonden, wordt het resultaat gegeven in microgrammen/filters, gevolgd door conversie en evaluatie (totale hoeveelheid lucht, afgeleid van deze microgram/kubieke meter).



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 van de basisreferentiestudie (veldstudie) 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

Er moet uitdrukkelijk op worden gewezen dat de onderzochte MWM-motor de eerste eenheid 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.

## 11.7 Verdere documentatie

Deze veldwaarneming en alle daaropvolgende evaluaties zullen worden uitgevoerd op basis van de veldstudie en verschillen in toelichting op 2.1 (werksituatie en milieu, toestand van de isolatie), 2.2 (meetmethoden en uitvoering) en 2.2.2 (totale stofanalyse), alsmede de meetresultaten; Alle andere informatie kan in dezelfde context worden behandeld en geïnterpreteerd, zij het met kleine variaties.

## Versiegeschiedenis

| Versie | Datum | Wijziging |
|---|---|---|
| 1.0 | januari 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. |