



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Twee methoden om blootstelling op de
werkplek te toetsen aan een grenswaarde:
BOHS-NVvA (2011) en de NEN-EN-689
(2019)**

Een vergelijking voor het gebruik in veilige werkwijzen

RIVM-briefrapport 2020-0098
W. ter Burg



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Twee methoden om blootstelling op de
werkplek te toetsen aan een grenswaarde:
BOHS-NVvA (2011) en de NEN-EN-689
(2019)**

Een vergelijking voor het gebruik in veilige werkwijzen

RIVM-briefrapport 2020-0098
W. ter Burg

Colofon

© RIVM 2020

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2020-0098

W ter Burg (auteur), RIVM

Contact:

Wouter ter Burg

M&V\Veiligheid Stoffen en Producten

Wouter.ter.burg@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie SZW in het kader van additionele kennisvraag chroom-6 en ZZS beleid.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Twee methoden om blootstelling op de werkplek te toetsen aan een grenswaarde: BOHS-NVvA (2011) en de NEN-EN-689 (2019)

Een vergelijking voor het gebruik in veilige werkwijzen

Bedrijven die met chemische stoffen werken kunnen een veilige werkwijze opstellen. Deze werkwijze beschrijft nauwkeurig hoe werknemers op hun werkplek bij een bedrijf veilig kunnen werken. Als een bedrijf meerdere locaties heeft, geldt de werkwijze voor alle locaties.

De Inspectie SZW vraagt bedrijven wel om aan te tonen dat de blootstelling aan de chemische stof voldoende onder controle is. Hiervoor wordt in Nederland sinds 2011 de BOHS-NVvA-methode gebruikt. Sinds 2018/2019 is ook de Europese NEN-EN-689-methode van kracht, nadat deze enkele jaren geleden was ingetrokken. Het RIVM heeft in opdracht van de Inspectie SZW gekeken hoe deze methoden zich tot elkaar verhouden.

De methoden blijken op grotendeels dezelfde manier voor te schrijven hoe de blootstelling moet worden gemeten en geanalyseerd. Beide methoden zijn geschikt als ondersteuning van een veilige werkwijze. Wel heeft de BOHS-NVvA-methode de voorkeur boven NEN-EN-689. Dat komt omdat deze methode meer minimale eisen stelt aan de metingen: meer en vaker meten.

Een hoger aantal metingen geeft met meer zekerheid aan dat de blootstelling voldoende onder controle is. Ook kan de BOHS-NVvA eenvoudiger voor meerdere locaties worden gebruikt. Deze kan namelijk aantonen of verschillende locaties van bedrijven op dezelfde manier werken of niet.

Kernwoorden: veiligheid, werken, chemische stoffen, meten, grenswaarden

Synopsis

Two methods for assessing exposure levels in the workplace against an occupational exposure limit: BOHS-NVvA (2011) and NEN-EN-689 (2019)

A comparison for use in safe work practices

Companies that work with chemical substances can develop a safe work practice. This work practice describes precisely how workers at the company can work safely at their workplace. If a company has more than one site, the work practice may apply to all sites.

However, the SZW (Ministry of Social Affairs and Employment) Inspectorate does ask companies to show that the chemical substance is properly managed. The BOHS-NVvA method has been used for that purpose in the Netherlands since 2011. The European NEN-EN-689 method has come into force since 2018/2019, after the previous version from 1995 being withdrawn already a long time ago. At the request of the SZW Inspectorate, RIVM carried out a comparison of both these methods.

It turns out that both methods specify how the exposure should be assessed in much the same way. Both methods are suitable for providing support for a safe work practice. However, the BOHS-NVvA method is to be preferred in comparison to the NEN-EN-689, as the former stipulates stricter minimum requirements for the measurements: measuring more and more frequently.

A large number of measurements provides greater certainty that the exposure is indeed being properly managed below the occupational exposure limit. The BOHS-NVvA is also easier applied to analyse exposure at multiple locations. It can statistically show whether different company sites work in the same way or not.

Keywords: safety, working, chemical substances, measuring, limit values

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Opbouw van de twee methoden: BOHS-NVvA en NEN-EN-689 — 13

2.1 Voorwaarden — 13

2.2 Beslisschema's van beide methodes — 14

2.2.1 Screening — 15

2.2.2 Validatie van Similar Exposure Groups — 15

2.2.3 Toetsing aan grenswaarde (compliance toetsen) — 16

2.2.4 Periodieke of routine reassessment — 18

3 Conclusies en aanbevelingen — 21

4 Referenties — 25

5 Bijlage: Beslisbomen — 27

6 Bijlage: Vergelijkingstabel tussen BOHS-NVvA-2011 en NEN-EN-689-2019 — 29

Samenvatting

Een veilige werkwijze beschrijft nauwkeurig de situatie hoe veilig gewerkt kan worden op werkplekken bij een bedrijf of meerdere bedrijven en locaties. Bedrijven of brancheorganisaties stellen een veilige werkwijze op. Indien zij de veilige werkwijze op willen laten nemen in hun Arbocatalogus dan wordt de veilige werkwijze door de Inspectie SZW getoetst. Aangenomen wordt dat wanneer werknemers hun taken en activiteiten uitvoeren conform de veilige werkwijze, zij voldoende beschermd zijn tegen de gevaren die werken met chemische stoffen met zich meebrengt. TNO heeft in 2017 een toetsingskader beschreven waarin elementen staan die gecontroleerd moeten worden bij het opstellen of toetsen van een veilige werkwijze. Een van die elementen is een toetsing van de blootstelling aan een stof aan de grenswaarde voor die stof, waarmee wordt aangetoond dat de blootstelling voldoende wordt beheerst. Om aan te tonen dat de grenswaarde niet wordt overschreden, bestaan er op dit moment twee methoden in Nederland, de BOHS-NVvA methode en de NEN-EN-689. In het toetsingskader wordt verwezen naar de BOHS-NVvA uit 2011. In 2019 is de nieuwe NEN-EN-689 uitgekomen. De oude NEN-EN-689 stamde uit 1995 en was al langere tijd teruggetrokken. De Inspectie SZW heeft het RIVM verzocht een evaluatie te doen van de twee methoden, namelijk de BOHS-NVvA en NEN-EN-689 in de context van toepassing onder het toetsingskader veilige werkwijze.

Uit de evaluatie blijkt dat beide methoden overeenkomsten kennen wat betreft de randvoorwaarden voor het doen van werkplekanalyses en het uitvoeren van de metingen zelf. Beide methoden benoemen het vaststellen van similar exposure groups (SEG) als een cruciaal onderdeel van de methode. De vereiste statistische zekerheid dat de blootstelling beneden de grenswaarde blijft, is voor beide methoden ook gelijk. Beide methoden schrijven voor om waar nodig meer metingen uit te voeren of een her-analyse van de werkplek te doen wanneer er afwijkende of opvallende meetresultaten verkregen worden.

Er zijn echter ook belangrijke verschillen, vooral op het punt van minimale vereisten aan de bewijsvoering. Het aantal minimale metingen per SEG is zes volgens de NEN-EN-689, terwijl BOHS-NVvA negen metingen vereist. De statistische analysemethodiek om de SEG te valideren is verschillend, waarbij de voorgeschreven ANOVA test in de BOHS-NVvA methode meer handvatten biedt om naast de tussen-werker variatie ook de binnen-werker variatie te beoordelen. Verder stelt de BOHS-NVvA methode hogere minimale eisen aan herhalingen van de metingen.

In theorie kunnen beide methoden tot dezelfde blootstellings-beoordeling leiden. In de praktijk is het aannemelijk dat bedrijven niet meer metingen uitvoeren dan formeel in het kader van compliance testen aan de grenswaarde wordt vereist. Aangezien de metingen moeten leiden tot voldoende bescherming van de werknemers in Nederland, is het nodig om veilige minimale eisen te stellen aan het aantal metingen en om de variatie in meetresultaten over verschillende locaties mee te nemen. In dat licht heeft de BOHS-NVvA de voorkeur boven de NEN-EN-689.

1 Inleiding

Een veilige werkwijze beschrijft nauwkeurig de situatie hoe veilig gewerkt kan worden op werkplekken bij een bedrijf of meerdere bedrijven en locaties. Bedrijven of brancheorganisaties stellen een veilige werkwijze op. Indien zij de veilige werkwijze op willen laten nemen in hun Arbocatalogus dan wordt de veilige werkwijze door de Inspectie SZW getoetst. Veilige werkwijzen worden opgesteld met de gedachte dat wanneer werknemers hun taken en activiteiten uitvoeren, zoals dat beschreven staat in de werkwijze, dat zij voldoende beschermd zijn tegen de gevaren die werken met chemische stoffen met zich mee brengt (als voorbeeld chroom-6:

<https://www.inspectieszw.nl/onderwerpen/chroom-6/veilige-werkwijze>, geraadpleegd op 31-3-2020). Voor werkgevers is het voordeel van de veilige werkwijze dat wanneer zij voldoen aan de eisen voor een veilige werkwijze ze automatisch ook aan hun informatieplicht voldoen richting werknemers maar ook richting de inspectie. Om tot een veilige werkwijze te komen is het van belang dat aangetoond wordt dat de blootstelling als gevolg van de taken en activiteiten niet leidt tot onveilige situaties en dus onder de grenswaarde¹ blijft. TNO heeft in 2017 een toetsingskader opgesteld waarin de elementen beschreven staan die gedocumenteerd en gecontroleerd moeten worden door bedrijven en de Inspectie SZW bij het vaststellen van een veilige werkwijze. Dit zijn, in het kort, de beschrijving van de veilige werkwijze met aandacht voor werkplek analyses van bedrijven die binnen de veilige werkwijze vallen, controle op aangeleverde informatie, toetsing overeenstemming grenswaarde op groepsniveau (compliance), variatie-analyses en waarschijnlijkheidsanalyses. Omdat veilige werkwijzen vaak voor een branche worden opgesteld, is het denkbaar dat de veilige werkwijze voor meerdere bedrijven en/of locaties moeten gelden. In haar toetsingskader heeft TNO aangegeven dat de blootstelling van de werknemers en de interpretatie ervan ten opzichte van een grenswaarde, feitelijk de laatste drie elementen die hierboven genoemd worden (overeenstemming met grenswaarde, variatie, waarschijnlijkheid), kan worden uitgevoerd door de methode van de BOHS-NVvA (2011) te hanteren. Deze methode is geschreven door verenigingen van arbeidshygiënisten vanuit het Verenigd Koninkrijk (BOHS) en Nederland (NVvA), met als doel om een hoog kwalitatieve toetsing te doen van de blootstelling aan de geldende grenswaarde op de werkplek. Het is geschreven in de tijd waar de NEN-EN-689 uit 1995, de standaard voor het testen van compliance met de grenswaarde, al enige tijd was ingetrokken en een nieuwe norm op zich liet wachten. Daarbij geldt ook dat de oude NEN-EN-689 (1995) niet als zeer beschermend bekend stond vanwege de lage eisen aan de hoeveelheid blootstellingsmetingen. In 2018 werd na lange tijd de nieuwe NEN-EN-689 uitgebracht, die snel werd opgevolgd door de huidige geldende NEN-EN-689 uit 2019. Dit is een Europees geharmoniseerde norm, die echter op dit moment niet wettelijk is vastgelegd in de Nederlandse

¹ In het huidige rapport wordt steeds de term grenswaarde gebruikt, waar ook een OEL, DNEL of andere toxicologische referentiewaarde voor op de werkplek gelezen kan worden.

wetgeving. In de praktijk betekent het wel dat metingen dienen te voldoen aan deze of minimaal gelijkwaardige normen.

De Inspectie SZW heeft het RIVM verzocht een evaluatie te doen van de twee methoden om compliance aan grenswaarden te testen, namelijk de BOHS-NVvA en NEN-EN-689. De evaluatie beschrijft hoe beide methoden zijn opgebouwd. Elementen die aan bod komen zijn toetsing overeenstemming grenswaarde op groepsniveau, variatie-analyse en waarschijnlijkheidsanalyse. De evaluatie beschrijft nadrukkelijk niet *hoe* metingen uitgevoerd moeten worden. Beide methoden verwijzen daarvoor naar de EN482 over 'workplace atmospheres'. Ook worden nadrukkelijk andere invalshoeken die een rol kunnen spelen in meetstrategieën van de blootstelling niet meegenomen, denk hierbij aan de financiële aspecten of een hogere last voor werknemers die 'bemeten' worden. Uiteindelijk zal worden beschreven welke methode de voorkeur geniet met oog op het toetsingskader van veilige werkwijze.

2 Opbouw van de twee methoden: BOHS-NVvA en NEN-EN-689

Het doel van beide methoden is door middel van een goede strategie, de blootstelling op de werkplek (de inhalatieblootstelling aan chemische stoffen) in kaart te brengen, zodat getoetst kan worden of deze beneden de grenswaarden blijven (compliance). Beide methoden stellen een aantal voorwaarden om tot een goede uitvoering van de strategie te komen. Aangezien deze voorwaarden niet verschillen worden ze hieronder tezamen besproken.

2.1 Voorwaarden

De voorwaarden om de methoden op een goede manier toe te passen zijn het goed in kaart brengen van de blootstellingssituatie op de werkplek en een adequate uitvoering inclusief analyse van de blootstellingsmetingen. Getraind personeel moet een goede beschrijving geven van werkplek, type activiteiten, processen en technieken, omgeving waar de werkzaamheden worden uitgevoerd, veiligheidsvoorschriften, hygiëne, installatie, ventilatie (incl. effectiviteit), periode, frequentie, duur, variatie, gedrag, enz. De BOHS-NVvA noemt hier ook nog specifiek het vooraf 'screenen' van de werkplek met direct-reading apparaten. De NEN-EN-689 geeft echter ook aan dat op basis van stoffeigenschappen en het proces waarin de stof gebruikt wordt aanleiding kan geven dat metingen wellicht niet nodig zijn en volstaan kan worden met een modelmatige inschatting van de blootstelling en het risico. Dit gaat vooraf aan eventuele metingen zoals in het schema staat beschreven van de NEN-EN-689. De beslisboom van de NEN-EN-689 bevat dus de werkplekanalyse voordat het kan komen tot het besluit om te gaan meten. BOHS-NVvA geeft aan dat modelmatige berekeningen met o.a. Stoffenmanager kan bijdragen aan verfijningen van schattingen van blootstellingen op de werkplek, maar gaat verder niet in op vervanging van metingen door modelmatige berekeningen. De beslisboom van BOHS-NVvA start dan ook met het vormen van 'similar exposure groups' (SEG) ten behoeve van blootstellingsmetingen.

De beschrijvingen van de taken, activiteiten en andere elementen van de werkzaamheden van een groep werknemers leidt tot de samenstelling van een SEG. In beide methoden is dit een cruciale voorwaarde voor het goed kunnen toepassen van de methode. Validatie van de SEG is dan ook een belangrijk onderdeel. Echter daarin lijken de methoden te verschillen van elkaar en betreft het voor een deel de wijze waarop de methoden omgaan met de variatie in de groep en individuele verschillen. Daarom zal de validatiestap van een SEG worden uitgediept in onderdeel 2.2.2 van deze rapportage.

Beide methoden noemen EN482 m.b.t. de technische en analytische uitvoering van de metingen. Ook beschrijven zij dat de meetduur zo dicht mogelijk bij de duur van de grenswaarde zou moeten zitten. De BOHS-NVvA verwijst hiertoe naar de oude NEN-EN-689 uit 1995, wat in zekere zin ook weer in de recente NEN-EN-689 is opgenomen. Daar staat dat zo dicht mogelijk bij de (doorgaans 8-uurs; of 15 minuten bij

een verwachte piekblootstelling) grenswaarde periode gemeten moet worden, tenminste 2 uur of zo lang als de blootstelling aanhoudt indien dit korter is dan 2 uur. In Annex D van de NEN-EN-689 wordt ingegaan op blootstellingsprofielen en de gewenste meetduur. Feitelijk verschillen beide methoden hier niet in en zal hier in de vergelijking niet verder op ingegaan worden.

De wijze van omgaan met non-detects, waarnemingen beneden de detectielimiet (<LOQ of <LOD), is in grote mate gelijk. Beide methode schrijven een lineaire regressie voor waarbij wordt aangenomen dat de luchtconcentratie zich lognormaal verdeelt. Op basis van de lognormale verdeling kan een statistische vergelijking worden gemaakt met de grenswaarde.

De BOHS-NVvA beschrijft nog een optie voor het omgaan met non-detects, namelijk er wordt gerekend met een vaste waarde voor de waarnemingen beneden de detectielimiet, zoals waarnemingen vervangen voor de waarde van $\frac{1}{4}$ LOQ, $\frac{1}{2}$ LOQ of door de LOQ. BOHS-NVvA stelt voor om dan de waarnemingen te vervangen door én a) $\frac{1}{4}$ LOQ, én b) LOQ én c) de helft van de waarnemingen met $\frac{1}{4}$ LOQ en de andere met LOQ. Vervolgens wordt de analyse uitgevoerd met deze 'nieuwe' drie datasets. Indien alle drie datasets aangeven dat er compliance is, dan is de uitkomst compliance, maar als er één of meerdere datasets non-compliance geeft, is de uitkomst non-compliant.

2.2 Beslisschema's van beide methodes

Wanneer aan de voorwaarden is voldaan kunnen de schema's of beslisbomen worden doorlopen van de verschillende methoden. Hieruit blijkt dat er verschillen zijn in de uitvoering van de strategie. Aan de hand van de beslisbomen wordt beschreven welke stappen doorlopen moeten worden, afhankelijk van de uitkomst van de metingen. De uitkomst van de metingen worden daarnaast ook gebruikt ter validatie van de SEGs en niet alleen ten behoeve van de toetsing aan de grenswaarde. Daarom wordt voor het gemak de volgorde van beide beslisschema's gebruikt: screeningfase, validatie SEGs, toetsing aan grenswaarde en de periodieke/routine reassessment. Voor de beslisschema's/bomen: zie bijlage 5.

Ervan uitgaande dat de risicokarakterisering aan de start van het beslisschema van de NEN-EN-689 resulteert in de uitkomst dat metingen noodzakelijk zijn (zie ook uitleg onder het kopje Voorwaarden), beginnen de schema's van beide methoden met de formulering van 'similar exposure groups' (SEGs) op basis van de reeds uitgevoerde werkplekanalyses (voor beide methoden gelijk). Na de vorming van SEGs volgt een screening test. De BOHS-NVvA methode maakt dit expliciet in haar beslisschema net als de stappen ter toetsing van group-compliance of individual-compliance (optioneel), terwijl de NEN-EN-689 alleen in de hoofdtekst de screening test beschrijft. In het beslisschema van de NEN-EN-689 wordt alleen de compliance en re-iteraties beschreven als gevolg van non-compliance of periodieke/routine reassessment.

2.2.1 Screening

Bij de screening van compliance met een grenswaarde beschrijven beide methoden de optie van 3 initiële metingen binnen een SEG, maar gaat NEN-EN-689 verder door ook de optie van 4 of 5 initiële metingen te benoemen. Bij beide methoden is het zo dat wanneer alle 3 meetresultaten lager dan $0.1 \times$ 'grenswaarde' zijn, compliance is aangetoond. In dit geval kan de beoordelaar door naar de periodieke reassessment. Indien één van de drie metingen hoger is dan $0.1 \times$ 'grenswaarde', maar wel lager dan de 'grenswaarde' dan zijn meer metingen vereist om compliance aan te tonen. Meerdere meetresultaten zijn ook nodig wanneer een meting $>$ 'grenswaarde' is, echter wordt aangeraden de hoge waarde te verklaren en eventuele maatregelen te nemen om blootstelling te reduceren. Zoals gezegd, geeft NEN-EN-689 ook de mogelijkheid om de screening te voldoen met 4 of 5 metingen waarbij de grens voor compliance op respectievelijk $0.15 \times$ 'grenswaarde' en $0.2 \times$ 'grenswaarde' ligt. Daarbij wordt aangegeven dat de screening alleen kan plaatsvinden wanneer de LOQ voldoende laag is, namelijk lager dan $0.1 \times$ 'grenswaarde'. Wanneer er geen compliance uitspraak mogelijk is op basis van de screening test, dan zijn aanvullende metingen vereist. Hier doet zich een belangrijk verschil tussen beide methoden voor.

De BOHS-NVvA methode schrijft tenminste 9 metingen voor in totaal (dus 6 aanvullende metingen), waarbij tenminste 2 metingen per persoon van random geselecteerde werknemers. De NEN-EN-689 vereist in totaal 6 metingen om een compliance test mee te doen (Tabel 1). De totale set aan meetgegevens wordt vervolgens beoordeeld, zoals besproken in paragrafen 2.2.2. en 2.2.3.

Tabel 1: screening en vervolg

BOHS-NVvA	NEN-EN-689 2019
3 metingen	3, 4 of 5 metingen
$< 0.1 \times$ OEL	$< 0.1 \times$ OEL; $< 0.15 \times$ OEL of $< 0.2 \times$ OEL
Minimaal 6 aanvullende metingen, ten minste 2 per persoon	Minimaal aanvullen tot 6 metingen

2.2.2 Validatie van Similar Exposure Groups

De validatie van SEGs is een belangrijke stap in beide methoden. Het bepaalt of een veronderstelde gelijke groep werknemers ook daadwerkelijk 'dezelfde' blootstelling heeft. Hiermee wordt bedoeld dat de blootstelling van een werknemer binnen een SEG niet bewezen verschillend is van de groep. Hiertoe worden de metingen getoetst met statistische tests. Let op: op basis van de screeningsresultaten (3 tot 5 metingen) zijn er doorgaans onvoldoende gegevens om een SEG te kunnen valideren. Het is zelfs zo, afhankelijk van de meetresultaten, dat ook bij de minimale vereisten van het aantal metingen na de screening het nog niet altijd mogelijk is om de SEG te valideren. De validatie hangt af van het aantal metingen en de spreiding in de resultaten. Bij grotere spreiding is de statistische zekerheid dat het om 1 groep gaat moeilijker vast te stellen.

Validatie van de SEG vindt plaats door visuele lineaire regressie en analyse van de gegevens op het geometrisch gemiddelde en standaard deviatie. NEN-EN-689 gebruikt een 'graphical method' zodat visueel zichtbaar wordt of de meetresultaten zich verzamelen rondom een

trendlijn. Door een statistische test, bijv. door NEN-EN-689 genoemde Shapiro and Wilks test, kan getoetst worden of de blootstelling zich daadwerkelijk lognormaal verdeeld. Wanneer een werker buiten deze trendlijn valt of de statistische test toont aan dat de blootstelling van die werker wezenlijk verschillend is, dan kunnen aanvullende metingen meer zekerheid bieden. Of er moet geconcludeerd worden dat deze werknemer(s) als een aparte SEG moeten worden beschouwd. Dit wordt gedaan na de aanbeveling om te controleren of de werknemer(s) daadwerkelijk dezelfde werkzaamheden uitvoerden. De NEN-EN-689 maakt daarbij niet expliciet of voor die werknemer (en eventueel andere vergelijkbare werkers in termen van blootstelling) nieuwe metingen worden vereist; dit is automatisch wel het geval indien de werknemers onder een andere SEG zouden vallen.

De BOHS-NVvA toetst de validiteit van een SEG door middel van een statistische test waarbij de variatie binnen de groep tussen werknemers kan worden getoetst; de ANOVA test. Wanneer de variatie tussen een werknemer en de groep buiten bepaalde marges valt dan moet het individu separaat getoetst worden, via de individuele compliance (zie hieronder bij toetsing aan referentiewaarde). Die variatie tussen de werkers moet dan gelijk zijn aan of meer dan 20% van de totale variatie bedragen. Als die variatie kleiner is dan 20%, dan geldt dat de groep-compliance met de grenswaarde ook zal gelden voor de individuen binnen die groep en is een individuele compliance toets niet meer nodig. Hoewel de BOHS-NVvA methode vooral ingaat op variatie tussen werknemers en binnen een werknemer kijkend naar meerdere metingen over de tijd, kan de ANOVA test ook gebruikt worden voor variatie tussen werknemers over verschillende locaties. Met de ANOVA test kan dat ook expliciet onderzocht worden.

2.2.3

Toetsing aan grenswaarde (compliance toetsen)

Beide methoden toetsen de resultaten aan de grenswaarden; de compliance toets. Aantonen dat je beneden de grenswaarde blijft, brengt een bepaalde (on)zekerheid met zich mee dat een volgende meting hoger of lager kan uitvallen. Oneindig meten is niet mogelijk en dus wordt een bepaalde statistische zekerheid nagestreefd. De zekerheid, of waarschijnlijkheid, dat de blootstelling aan een bepaalde stof binnen de SEG beneden de grenswaarde blijft is in beide methoden vastgesteld op: 95% van de metingen beneden de grenswaarde met een betrouwbaarheidsinterval van 70% om het 95^{ste} percentiel. Hier bestaat geen onderscheid in beide methoden, behalve dan dat de NEN-EN-689 het minimale aantal van 6 metingen accepteert. Echter de zekerheid waarmee compliance moet worden getoond blijft hetzelfde. De analyse is als volgt:

- Zorg dat de metingen dezelfde eenheid en tijdsduur hebben als de grenswaarde
- Bepaal van de meetresultaten het geometrisch gemiddelde en de geometrische standaarddeviatie
- Bereken de U-waarde volgens de vergelijking: $U = [\log(\text{grenswaarde}) - \log(\text{GM})] / \log(\text{GSD})$
- Vergelijk de verkregen U-waarde met de U_t -waarde uit de tabel hieronder. U_t is het criterium waaraan de verkregen U-waarde moet voldoen. De U-waarde beschrijft als het ware wat het minimale verschil moet zijn tussen de gemeten waarden en de grenswaarde. Naarmate het aantal metingen groter wordt en de

zekerheid daardoor stijgt, mag het verschil, de U-waarde, dus afnemen.

- Indien de $U < U_t$ dan is er geen compliance

Tabel 2: beperkende U_t -waarden bij aantal metingen (uit NEN-EN-689).

Aantal blootstellingsmetingen	U_t -waarde
6	2.187
7	2.12
8	2.072
9	2.035
10	2.005
11	1.981
12	1.961
13	1.944
14	1.929
15	1.917
16	1.905
17	1.895
18	1.886
19	1.878
20	1.87
25	1.841
30	1.82

Tabel 2 toont aan dat de beperkende U_t -waarde afneemt naarmate het aantal metingen toeneemt. Dit wordt verklaard doordat het 70% betrouwbaarheidsinterval rondom een puntschatting, in deze het 95^{ste} percentiel, kleiner wordt bij toenemend aantal metingen en dus aangeeft dat de schatting van het 95^{ste} percentiele zekerder wordt (zie figuur 1 en de twee ranges aangegeven rondom het 95^{ste} percentiel, waarbij de grotere range gebaseerd is op een kleiner aantal metingen). Om deze reden is er een voorkeur voor het doen (en dus vereisen) van meer metingen.

2.2.4

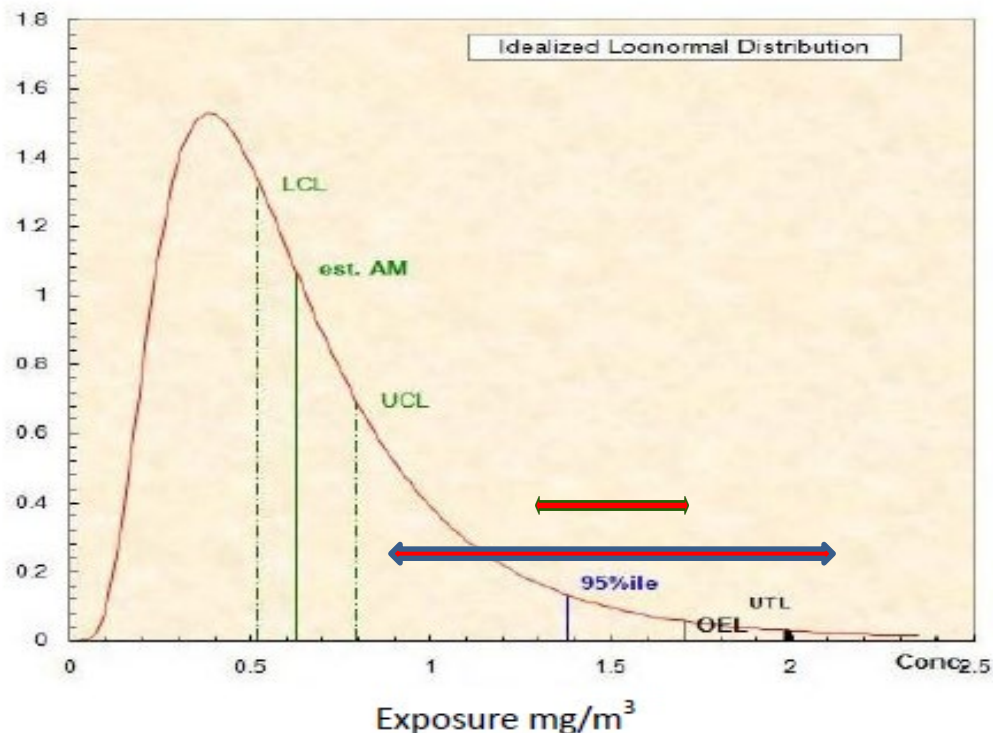
Individuele compliance

De BOHS-NVvA methode biedt nog de mogelijkheid om bij een te groot verschil in tussen-werker variatie, een individuele compliance toets te doen. Volgens de methode wordt individuele compliance aangetoond wanneer het voor minder dan 20% waarschijnlijk is dat voor een individu meer dan 5% van de meetgegevens boven de grenswaarde uitkomt. Dit wordt berekend door:

- 1) Het individuele geometrische gemiddelde te bepalen van de werknemers in de SEG
- 2) Het geometrische gemiddelde te bepalen van de verkregen geometrische gemiddelde onder 1
- 3) De geometrische standaard deviatie te bepalen van de verkregen geometrische gemiddelde onder 1

- 4) Kansberekening uitvoeren dat een werknemer een kleinere kans heeft dan 20% dat meer dan 5% van zijn/haar metingen boven de OEL zit

De onderliggende aanname voor de berekeningen is dat de blootstelling lognormaal is verdeeld. De lezer wordt verwezen naar paragraaf 3.6 en appendix 1 van de BOHS-NVvA methode voor meer detail.



Figuur 1 De figuur (uit BOHS-NVvA, 2011) toont een fictieve gefitte verdeling van de metingen binnen een SEG. Op basis van de metingen is een gemiddelde geschat (hier het rekenkundig gemiddelde AM) met daarbij het betrouwbaarheidsinterval. De blauwe lijn geeft het 95^e percentiel weer van de hele verdeling. De twee rode horizontale pijlen behoren tot het betrouwbaarheidsinterval van 70% rondom dat 95^e percentiel waarbij de bovenste kleinere pijl hoort bij 9 metingen en de onderste grotere pijl bij 6 metingen (groottes zijn fictief). Onderliggende aanname van dit voorbeeld is dat exact dezelfde fit wordt verkregen op basis van 9 of 6 metingen. Bij eenzelfde verkregen gefitte verdeling is het dus mogelijk dat er geen compliance wordt aangetoond met 6 metingen, terwijl dit wel het geval kan zijn bij 9 metingen, omdat het betrouwbaarheidsinterval kleiner is.

2.2.5 *Periodieke (of routine) reassessment*

Afhankelijk van de uitkomst van de compliance test wordt een termijn voorgesteld waarbinnen een reassessment zou moeten plaatsvinden. Met reassessment wordt in feite bedoeld dat er door nieuwe metingen opnieuw wordt aangetoond dat de blootstelling met voldoende zekerheid beneden de grenswaarde blijft. In dit rapport wordt de term periodieke reassessment gehanteerd; met routine reassessment wordt hetzelfde

bedoeld. De BOHS-NVvA methode gebruikt daarvoor het geometrisch gemiddelde en de afstand tot de grenswaarde voor het bepalen van de periode. Hoe dichter het geometrisch gemiddelde bij de grenswaarde zit, hoe korter de periode voor reassessment. De range bedraagt 3 maanden tot 2 jaar.

De NEN-EN-689 maakt onderscheid tussen de screening en compliance testen. Bij de screening gaat de NEN-EN-689 uit van dezelfde uitgangspunten als de BOHS-NVvA methode, maar met een range van 1 tot 3 jaar, voordat een nieuwe meting uitgevoerd zou moeten worden. Indien de compliance test is uitgevoerd op 6 of meer metingen dan wordt een andere methodiek toegepast. De NEN-EN-689 maakt dan gebruik van zowel het geometrisch gemiddelde, standaard deviatie, als de beperkende U-waarde om tot een fractie te komen. Deze fractie wordt afgezet tegen standaard fracties, die gekoppeld zijn aan bepaalde perioden. Hoewel deze aanpak complexer is, maakt het wel gebruik van informatie over de hele verdeling van de blootstelling en niet alleen van het geometrische gemiddelde.

Opgemerkt moet worden dat de periodieke reassessment en de bijbehorende perioden die voortkomen uit de meetresultaten alleen mogen worden toegepast wanneer de blootstellingsomstandigheden ongewijzigd blijven. Indien er tussentijdse wijzigingen zijn, moet de blootstelling opnieuw in kaart worden gebracht.

Tabel 3: afkappunten voor de reassessment periode (BOHS-NVvA screening en compliance; NEN-EN-689 screening en compliance bij minder dan 6 metingen)

BOHS-NVvA		NEN-EN-689		
	Reassessment periode (maanden)			Reassessment periode (maanden)
GM < 0,1 OEL	24	GM < 0,1 OEL	J * < 0,25	36
			0,25 < j < 0,5	30
0,1 OEL < GM < 0,25 OEL	12	0,1 OEL < GM < 0,25 OEL	0,5 < j < 1	24
0,25 OEL < GM < 0,5 OEL	6	0,25 OEL < GM < 0,5 OEL		18
0,5 OEL < GM	3	0,5 OEL < GM		12

$$J = e^{(UT \times \ln(GSD) + \ln(GM) - \ln(OELV))}$$

*

3 Conclusies en aanbevelingen

De BOHS-NVvA uit 2011 en de NEN-EN-689 uit 2019 zijn beide ontwikkeld om te toetsen of de blootstelling op de werkplek onder de grenswaarde blijft. In dit rapport is onderzocht wat de verschillen zijn tussen beide methoden en of de NEN-EN-689 ook geschikt is om toe te kunnen passen in het kader van het ontwikkelen van een veilige werkwijze, die geldt in heel Nederland. Er zijn veel overeenkomsten tussen beide methoden. Ze stellen vrijwel dezelfde voorwaarden aan de werkplek analyse, het meten zelf evenals de mate van zekerheid in de compliance toetsing. Er bestaat ook een aantal verschillen tussen beide methoden, waarbij het overduidelijk is dat de BOHS-NVvA hogere minimale eisen stelt aan het aantal metingen, en dat metingen vaker herhaald moeten worden. Nu is het zo dat beide methoden voorschrijven om waar nodig meer metingen uit te voeren, of een her-analyse van de werkplek te doen wanneer er afwijkende of opvallende meetresultaten verkregen worden. In die zin zouden beiden methodieken tot exact hetzelfde aantal metingen kunnen leiden, indien de situatie daarom vraagt. In de praktijk zal een bedrijf echter niet snel meer metingen doen dan strikt vereist.

Juridisch gezien kan de Inspectie SZW ook niet meer metingen vereisen dan de NEN-EN-689 beschrijft als het puur gaat om het aantonen van compliance met de grenswaarde op een werkplek. Dit komt omdat het om een Europees geharmoniseerde norm gaat. In dit rapport worden de methoden ook beschouwd in het licht van veilige werkwijzen. In het kader van het opstellen van een veilige werkwijze, die van toepassing kan zijn op meerdere werkplekken, is te billijken dat hogere eisen mogen worden gesteld aan onderliggende meetgegevens waaronder ook de herhaling van metingen (periodieke reassessment). Dat wordt hieronder verder beargumenteerd.

De BOHS-NVvA stelt hogere minimale eisen aan de dataset op basis waarvan de compliance toets wordt uitgevoerd. Dit uit zich vooral in het minimale aantal metingen na de screening fase; minimaal 2 metingen per werknemer en naast de groeps-evaluatie is er ook nog de individuele toets aan de grenswaarde. De NEN-EN-689 beschouwt uitschieters na statistische evaluatie als separate SEGs. In die zin vereist de NEN-EN-689 vervolgens dat voor dat individu een aparte analyse wordt uitgevoerd of dat het individu wordt opgenomen in een andere SEG. De BOHS-NVvA gaat hier niet verder op in, maar geeft wel handvatten om te testen of de blootstelling van het individu met voldoende zekerheid beneden de grenswaarde blijft.

Vanwege de hogere minimale eisen van de BOHS-NVvA kunnen de verkregen resultaten met deze methode meer zeggen over de variatie in blootstelling binnen de groep (er zijn simpelweg meer metingen) en over de variatie binnen een werknemer over de tijd (er zijn minimaal twee metingen per werknemer). Hierbij komt ook dat de periodieke reassessment kortere tussenposen kent en in die zin dus ook hogere minimale eisen stelt over het aantal metingen in de tijd. Op basis van de minimale eisen en de grotere zekerheid die daarmee gepaard gaat, en vanuit een puur wetenschappelijk oogpunt, zou deze methode dan ook de voorkeur genieten boven de NEN-EN-689. Waarmee niet gezegd is

dat de NEN-EN-689 niet toereikend zou kunnen zijn binnen het kader van de veilige werkwijze.

Binnen het toetsingskader voor veilige werkwijze van TNO zijn beide methoden bruikbaar. Wanneer het gaat om het vaststellen van een veilige werkwijze op landelijk niveau willen we graag een kanttekening plaatsen. In dat geval zullen de uitgevoerde metingen uitspraken moeten kunnen doen over meerdere werklocaties. Het toetsingskader van TNO beschrijft driegangssituaties voor de veilige werkwijze, nl. 1) op landelijk niveau, meerdere bedrijven, 2) op landelijk niveau, 1 bedrijf en 3) bij 1 bedrijf op 1 locatie. Er kan een grote variatie in blootstelling bestaan tussen de locaties waar gewerkt wordt. Het TNO toetsingskader schrijft voor dat onder situatie 1) en 2) er minimaal drie metingen worden uitgevoerd op drie locaties wat neerkomt op minimaal negen metingen. Dit geeft namelijk nog de mogelijkheid om een zinvolle statistische analyse uit te voeren en kan beschouwd worden als een gewenst minimum.

Feitelijk beperken de methoden zich tot één locatie (en dus uitgangspositie 3), waarvoor ze ook ontwikkeld zijn. Het is wel zo dat locatie een rol speelt in het vaststellen van een SEG, zoals beschreven door de NEN-EN-689. Locatie verschillen kunnen aanleiding geven tot variatie in blootstelling ondanks dat werkzaamheden hetzelfde zijn. Alleen als vastgesteld kan worden dat locatie of het bedrijf geen invloed heeft op de vorming van een SEG kunnen beide methoden ook op de eerste twee uitgangsposities worden toegepast. Validatie van deze aanname kan echter alleen worden vastgesteld nadat de metingen zijn uitgevoerd. Alleen de BOHS-NVvA methode geeft standaard de mogelijkheid de SEGs over meerdere locaties te kunnen valideren vanwege het minimale aantal van negen metingen en door de ANOVA test. Deze methode die de BOHS-NVvA voorschrijft om te bepalen of de variatie tussen werknemers of binnen een werknemer aanleiding kan geven tot een individuele test kan gebruikt worden op de variabele 'locatie'. Hiervoor wordt bepaald of de blootstelling bij alle afzonderlijke locaties ook met voldoende zekerheid beneden de grenswaarde blijft. Dit verklaart ook waarom de BOHS-NVvA methode wordt genoemd in het TNO toetsingskader.

Daarnaast geeft TNO in haar toetsingskader aan dat de screeningstest niet toereikend is wanneer de uitgangspositie meerdere locaties kent (uitgangspositie 1 en 2). Dit is verklaarbaar omdat de zeer beperkte hoeveelheid metingen niet toereikend kunnen zijn om tot een conclusie over compliance te komen voor meerdere locaties. Dit zal zeer waarschijnlijk ook gelden wanneer de minimale eisen van de NEN-EN-689 worden toegepast op een veilige werkwijze voor meerdere bedrijven. De NEN-EN-689 schrijft voor om aanvullende metingen te doen indien dit zich voordoet.

Het wordt aanbevolen om zowel in het toetsingskader als de uit te voeren metingen aandacht te besteden aan de selectie van bedrijven en/of locaties. Daarbij wordt geadviseerd om ad random bedrijven en/of locaties te selecteren, waarbij aanvullend tenminste bedrijven en/of locaties worden opgenomen waar hogere blootstellingen worden verwacht. Het uitvoeren van metingen bij alle bedrijven en/of locaties die gebruik willen maken van de veilige werkwijze zou optimaal zijn, maar dat gaat juist ten koste van de voordelen van het opstellen van

een veilige werkwijze. Een doordachte meetcampagne bij afgestemde en nauwkeurig beschreven werkzaamheden kan bijdragen aan een goed inzicht in de blootstelling van gevaarlijke stoffen tijdens die werkzaamheden. Dit heeft ook betrekking op periodieke metingen die over de tijd moeten aantonen dat men nog steeds voldoet aan de veilige werkwijze. Op termijn kan dat goede arbeidshygiënische kennis opleveren maar ook besparing van de kosten die gemoeid gaan met blootstellingsmetingen.

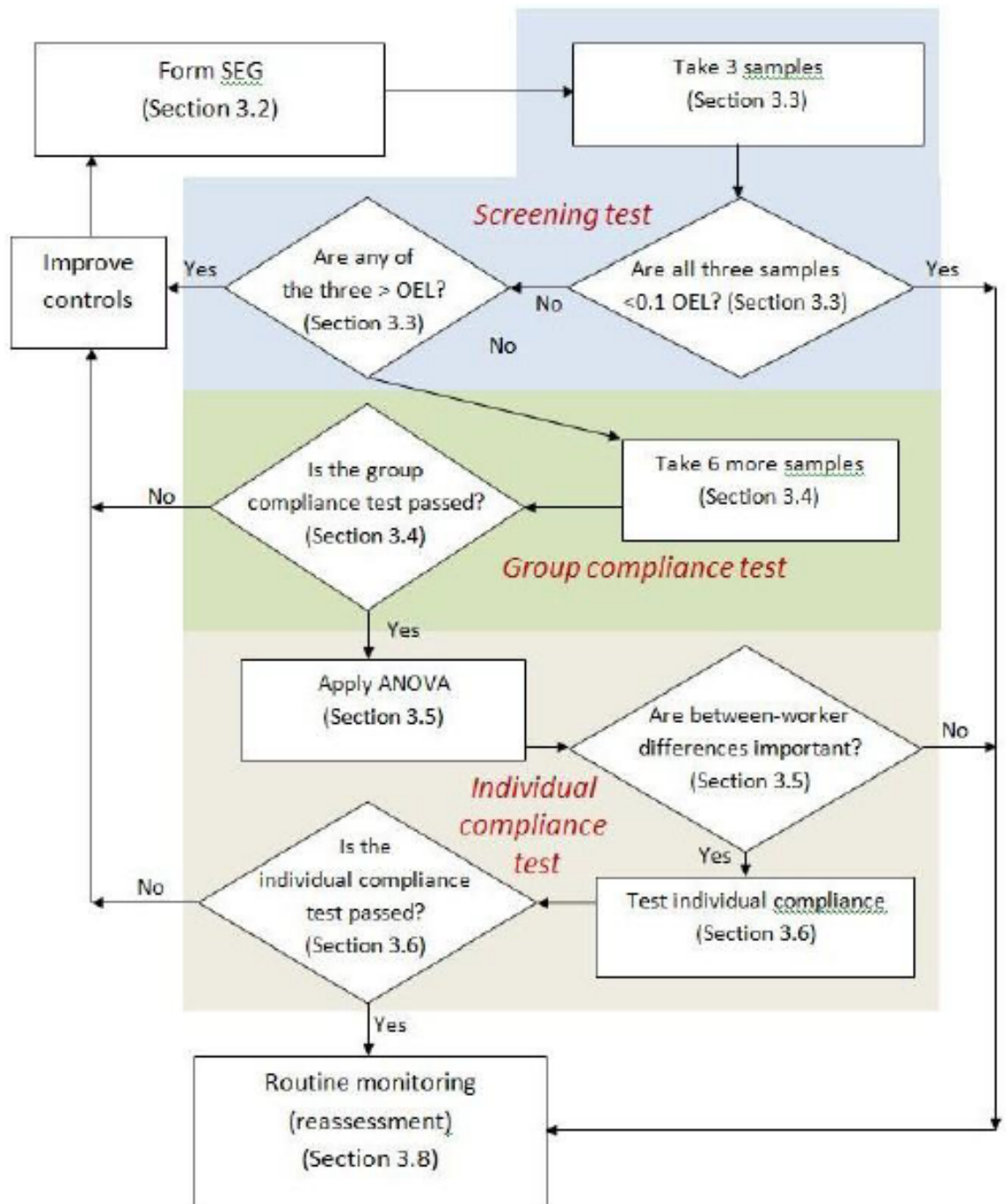
4 Referenties

BOHS-NVvA (2011). Testing Compliance with Occupational Exposure Limits for Airborne Substances

NEN-EN-689 (2019). Blootstelling op de werkplek - Meting van de inhalatieblootstelling aan chemische stoffen - Strategie om te voldoen aan de arbeidshygiënische blootstellingsgrenswaarden. Engelse titel: Workplace exposure - Measurement of exposure by inhalation to chemical agents - Strategy for testing compliance with occupational exposure limit values. April 2019 NEN-EN 689+C1

TNO (2017), Notitie: Valideren van veilige werkwijzen. Verduidelijken en nader specificeren van huidige criteria. E. Kuijpers, J. Schinkel, M. Le Feber, W. Fransman.

5 Bijlage: Beslisbomen



Figuur A1: beslisboom van BOHS-NVVA 2011

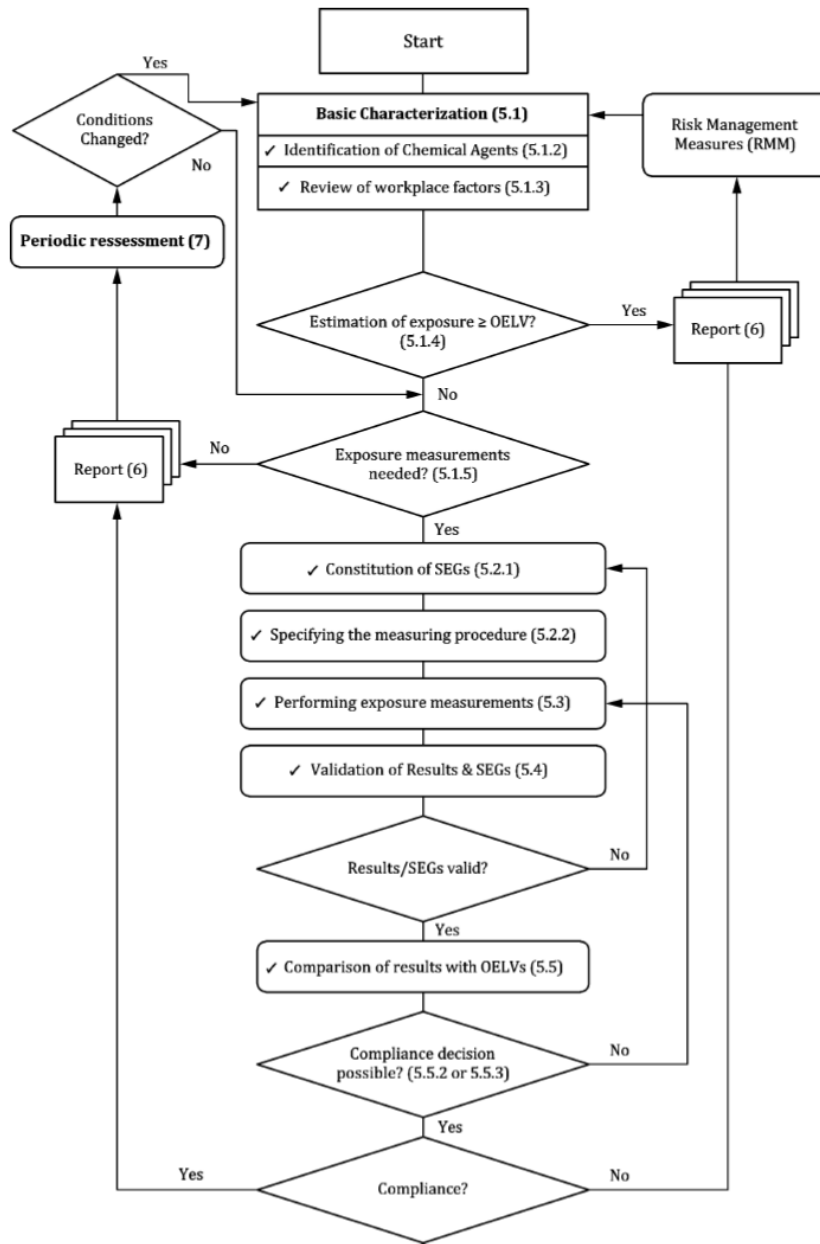



Figure 1 —Schematic overview of the occupational exposure assessment procedures 

Figuur A2: beslisboom NEN-EN-689

6 Bijlage: Vergelijkingstabel tussen BOHS-NVvA-2011 en NEN-EN-689-2019

	BOHS-NVvA 2011	NEN-EN-689 2019
Similar exposure groups opstellen	<p>Een werknemersgroep die dezelfde blootstellingsprofiel hebben vanwege dezelfde werkzaamheden, materiaalgebruik en de wijze van uitvoering. Het is mogelijk dat een persoon in meerdere SEGs terecht komt wanneer er verschillende taken per shift zijn.</p> <p>Validatie is belangrijk dat een SEG daadwerkelijk één groep is (inter-worker test). Hiervoor kan de ANOVA test worden gebruikt</p>	<p>Baan beschrijving, inventarisatie van taken, taakspecifiek profiel van blootstelling, OC en RMMs, duur, frequentie, locatie tijdens shift</p> <p>Specifieke werknemers worden individueel als SEG beschouwd.</p> <p>Validatie is noodzakelijk</p> <p>Zie appendix E: wanneer lineaire regressie afwijkt of niet volgens bepaalde statistische regels toeneemt in zekerheid heb je in feite twee SEGs (dit heeft dan mogelijk consequenties voor het aantal benodigde metingen). Let op dat vanwege de lage aantallen van de metingen het lastig is om statistische zekerheid te verkrijgen.</p>
meetduur	<p>Metingen moeten relevante blootstellingsperioden bevatten. En er moet rekening gehouden met het volume wat anders per 8 uur gesampled kon worden. Ref naar EN689 (1995)</p>	<p>Zo dicht mogelijk bij de OELV periode, tenminste 2uur of zo lang als de blootstelling aanhoudt indien dit korter is dan 2uur.</p>
Screening	<p>Compliance wanneer 3 samples allen $< 0.1 \times$ OEL (LoQ mag bij</p>	<p>Compliance wanneer</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $<0.1 \times$ OEL (3 metingen) 2) $<0.15 \times$ OEL (4)

	BOHS-NVvA 2011	NEN-EN-689 2019
	<p>screening dus niet $>0.1 \times \text{OEL}$).</p> <p>Bij 3 samples waarvan er tenminste 1 boven 0.1 OEL ligt maar allen wel onder de OEL, dan tenminste 6 extra metingen nemen waarbij tenminste 2 per werknemer.</p> <p>Wanneer between-worker variatie $> 0.2 \times$ totale variatie (testen met ANOVA) dan moet een individuele compliance test worden gedaan.</p> <p>Individuele compliance is getoetst als dat $<20\%$ probability dat een individu een kans heeft van $> 5\%$ dat de OEL wordt overschreden. Zie hiervoor appendix 1 voor alle berekeningen.</p>	<p>3) $<0.2 \times \text{OEL}$ (5)</p> <p>Incl. niet mogelijk een uitspraak te doen.</p> <p>Bij één waarde bij OEL is er non-compliance. Bij één waarde boven de afkappgrens van bijv $0.1 \times \text{OEL}$ dan is er geen uitspraak mogelijk en moeten er tenminste 6 zes metingen (in totaal) worden uitgevoerd.</p>
Mate van zekerheid	<p>Rechtstreekse vergelijking met OEL</p> <p>Met 70% zekerheid dat minder dan 5% metingen boven de OEL uitkomt</p>	<p>Rechtstreekse vergelijking met OEL</p> <p>Met 70% zekerheid dat minder dan 5% metingen boven de OEL uitkomt</p>
Reassessment/periodieke toets	<p>Varieert tussen 3 maanden tot 2 jaar</p>	<p>Screening: 12 tot 36 maanden</p> <p>Compliance test: 24 tot 36 maanden.</p>

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag