

Vervanging van 1,1,1-trichloorethaan op grond van milieuoverwegingen kan nadelig zijn voor werknemers

E. Baarda¹, A. 't Mannetje¹, J.-P. Zock¹, H. Kromhout¹

Summary

After prohibition of the use of the ozone depleting solvent 1,1,1-trichloroethane for degreasing in the metal industry in The Netherlands, many industries were obliged to use other chlorinated hydrocarbons. Those solvents, like methylene chloride, trichloroethylene and perchloroethylene have considerably lower exposure limits and can cause more severe health effects in comparison with 1,1,1-trichloroethane. This study focused on quantifying the exposure to methylene chloride in a road sign factory, where recently 1,1,1-trichloroethane had been replaced by methylene chloride for use in their open top vapour degreaser. Also, an inventory of alternative techniques for metal degreasing was made. The exposure to methylene chloride in the road sign factory appeared to be high, especially for the degreaser, whose exposure exceeded the 8h.TWA limit value. Control measures to reduce exposure are necessary, but eventually another degreasing technique should be applied, in which use of chlorinated hydrocarbons is no longer necessary.

Inleiding

Voor veel metaalbewerkende bedrijven is het ontvetten van metaal een onmisbare stap binnen het productieproces. Tijdens het vervormen van metaal worden bewerkingsvloeistoffen gebruikt voor smering en koeling. Om een goede hechting van verf en lak te bewerkstelligen is een vetvrij oppervlak noodzakelijk. Om deze reden werd voor ontvetting van metalen veel gebruik gemaakt van gechlloreerde koolwaterstoffen zoals 1,1,1-trichloorethaan, methyleenchloride, trichloorethyleen en perchloorethyleen. Deze oplosmiddelen kunnen worden gebruikt in koude of warme dompelbaden, in sproeitunnels, of in een dampontvetter waarbij het te reinigen voorwerp in de damp van het oplosmiddel wordt gehangen. Door de hoge vluchtigheid van deze gechlloreerde koolwaterstoffen kunnen zonder juiste beheersmaatregelen hoge concentraties op de werkplek ontstaan, waardoor rekening gehouden moet worden met gezondheidsrisico's. De hierboven genoemde stoffen hebben zoals alle vluchtige organische stoffen effect op het zenuwstelsel. Ze zijn vetoplosbaar en worden daarom in het zenuwweefsel opgeslagen. Bij lage concentraties kan duizeligheid, hoofdpijn en concentratieproblemen optreden. Bij hogere concentraties kunnen zenuwbeschadiging en hersenaandoening voorkomen (Hoerberichts et al., 1991). De meeste oplosmiddelen hebben ook een prikkelende werking op ogen en huid. Naast deze algemene gezondheidseffecten brengen de in de metaalindustrie gebruikte gechlloreerde koolwaterstoffen tevens enkele specifieke gezondheidsrisico's met zich mee. Zo kunnen perchloorethyleen (MAC = 240 mg/m³) en trichloorethyleen (MAC = 190 mg/m³) leveraandoeningen veroorzaken en worden ze door de Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe ingedeeld

Samenvatting

Aantasting van de ozonlaag heeft geleid tot het verbod van het oplosmiddel 1,1,1-trichloorethaan, dat in de metaalindustrie wordt gebruikt als onvettingsmiddel. Methyleenchloride, trichloorethyleen en perchloorethyleen, die als vervangingsmiddelen worden gebruikt, zijn aanzienlijk schadelijker voor de gezondheid en hebben dan ook beduidend lagere grenswaarden. Onderwerp van dit onderzoek is de blootstelling aan methyleenchloride als vervangingsmiddel van 1,1,1-trichloorethaan in een fabriek van verkeersborden. In het bijzonder bij het ontvetten van metaal bleek de blootstelling de 8-uurs tijdgewogen norm te overschrijden. Beheersmaatregelen zijn derhalve noodzakelijk. Uiteindelijk moet worden gezocht naar alternatieve ontvettingsmethoden. Een overzicht daarvan is bijgevoegd.

in de categorie van verdacht carcinogene stoffen (categorie B) (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1993).

Methyleenchloride (MAC = 350 mg/m³) wordt in het lichaam gedeeltelijk omgezet in CO waardoor koolmonoxide vergiftiging kan ontstaan. Van 1,1,1-trichloorethaan (MAC = 1080 mg/m³) zijn weinig specifieke gezondheidsrisico's bekend. Daarom werd dit oplosmiddel veelvuldig toegepast als ontvettings- en oplosmiddel. In Nederland werd in 1991 ruim 4700 ton 1,1,1-trichloorethaan gebruikt. Naar schatting werd 84% van de totale aankoop gebruikt voor het ontvetten van metaal, waarbij dampontvetting de meest gebruikte toepassing was (Bottema-MacGillavry, 1992).

De afgelopen jaren is het gebruik van 1,1,1-trichloorethaan aan banden gelegd, omdat bleek dat deze stof de ozonlaag aantast. Op 1 januari 1993 is het 'Besluit inzake stoffen die de ozonlaag aantasten' in het kader van de Wet Milieugevaarlijke Stoffen in werking getreden. Dit besluit heeft onder andere betrekking op het gebruik van 1,1,1-trichloorethaan en CFK's als ontvettings- en reinigingsmiddel.

Sinds 1 januari 1994 is het gebruik van 1,1,1-trichloorethaan alleen nog toegestaan wanneer voldoende emissiebeperkende maatregelen zijn getroffen. Het is verboden 1,1,1-trichloorethaan te gebruiken in dompelbakken, in open reinigingsapparaten of met poetsdoeken. De bedrijven die niet over de tijd en mogelijkheid beschikten de emissie terug te winnen, waren genoodzaakt over te stappen op een ander oplosmiddel of een andere reinigingstechniek. Op korte termijn is in veel gevallen gekozen voor een andere gechlloreerde koolwaterstof zoals methyleenchloride, trichloorethyleen of perchloorethyleen, die in de bestaande apparatuur wordt gebruikt. Deze stoffen bezitten echter een lagere MAC-waarde en hebben meer specifieke gezondheidsrisico's, waardoor een verslechterring van de arbeidsomstandigheden kan ontstaan. Deze situatie vormde de aanleiding voor een onderzoek naar de blootstelling aan methyleenchloride in een ver-

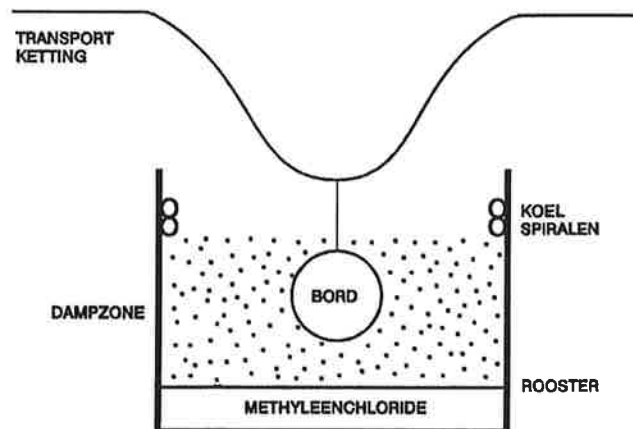
1. Vakgroep Luchtkwaliteit, Landbouwwuniversiteit Wageningen, Bomenweg 2, 6703 HD Wageningen. Correspondentie richten aan: H. Kromhout.

keersbordenfabriek, waar onlangs is overgestapt van 1,1,1-trichloorethaan op methyleenchloride voor gebruik in een dampontvetter. Tevens is literatuuronderzoek verricht naar alternatieven voor het gebruik van gechlloreerde koolwaterstoffen bij het ontvetten van metaal.

Het bedrijf

Het bedrijf waar de metingen zijn verricht is een zelfstandige verkeersbordenfabriek met ongeveer 40 werknemers. Bij de productie van verkeersborden wordt het metaal vervuild door bewerkingsvloeistoffen, machine-olie en vingervet. Omdat op de verkeersborden een garantie van 10 jaar wordt gegeven, moet de hechting van de verf optimaal zijn en is de ontvettingsstap onmisbaar. De borden worden ontvet in een dampontvetter met methyleenchloride ($b = 1,23 \text{ m}$ $l = 2,15 \text{ m}$ $h = 2,10 \text{ m}$) (zie figuur 1).

Figuur 1. De dampontvetter



Onderin het bad wordt methyleenchloride op het kookpunt van $40 \text{ }^\circ\text{C}$ gebracht zodat een zogenaamde dampzone ontstaat. De borden worden aan de transportketting gehangen en automatisch door de damp geleid. De damp condenseert aan het metaal en neemt bij terugvallen in het bad de vervuiling mee.

Het voordeel van deze methode is, dat het metaal altijd in contact komt met schoon oplosmiddel. De enige aanwezige beheersmaatregel in dit geval is koeling van de wanden door koelspiralen waardoor water stroomt. De damp condenseert aan de koelspiralen en het oplosmiddel druppelt weer terug in het bad. Afzuiging is niet aanwezig.

De dampontvetter wordt alleen gedurende de ochtend gebruikt en altijd bediend door dezelfde persoon, de ontvetter. De ontvetter hangt de borden aan de transportketting en haalt ze er na ontvetting weer af, waarbij hij op ongeveer een meter afstand van het bad staat. Grote borden en mandjes met kleinere voorwerpen worden met behulp van een takel in de damp gehangen, waarbij de ontvetter boven het bad moet hangen. Adembescherming in de vorm van een filtermasker dat neus en mond afdekt is aanwezig. Deze wordt echter niet gebruikt, omdat dit masker volgens de ontvetter het ademen bemoeilijkt. De dampontvetter staat in de produktiehal waar tevens andere werkzaamheden worden verricht zoals snijden van aluminium platen, omzetten van de randen, montage en expeditie. Het spuiten en beplakken met folie van de borden vindt plaats in andere afdelingen.

Materiaal en methode

De bepaling van de concentratie methyleenchloride in de lucht is uitgevoerd volgens de NIOSH methode P&CAM (NIOSH, 1977-1981), waarbij gebruik werd gemaakt van adsorptiebuisjes gevuld met actieve kool. Lucht werd door de buisjes gezogen met Dupont en Gil-air pompjes die waren ingesteld op een laag debiet (ongeveer 30 ml/min) om doorslag te voorkomen. Desorptie is uitgevoerd met koolstofdioxide (CS_2) waarna geanalyseerd is met behulp van een gaschromatograaf. Gedurende de ochtend en de middag zijn afzonderlijk metingen verricht omdat de dampontvetter alleen in de ochtend wordt gebruikt. De meetperiode bestond uit 10 meetdagen in maart 1994. In deze periode zijn 50 stationaire metingen verricht op een hoogte van 1,5 meter in de produktiehal en de folie-afdeling om de concentratie op de werkplek op verschillende afstanden van de dampontvetter te bepalen. Hiervan zijn zes metingen verricht op een dag dat de dampontvetter niet gebruikt werd, om de achtergrondconcentratie te bepalen. Tevens zijn 23 persoonlijke metingen verricht op ademniveau bij de werknemers in de hal en de folie-afdeling. De werknemers in de hal (in totaal negen personen waaronder de ontvetter) hebben minimaal twee dagen een pompje gedragen en de werknemers in de folie-afdeling (in totaal vijf personen) één dag.

Resultaten

Tabel 1 toont de resultaten van de persoonlijke metingen. Duidelijk is, dat de concentratie gemeten in de ademzone

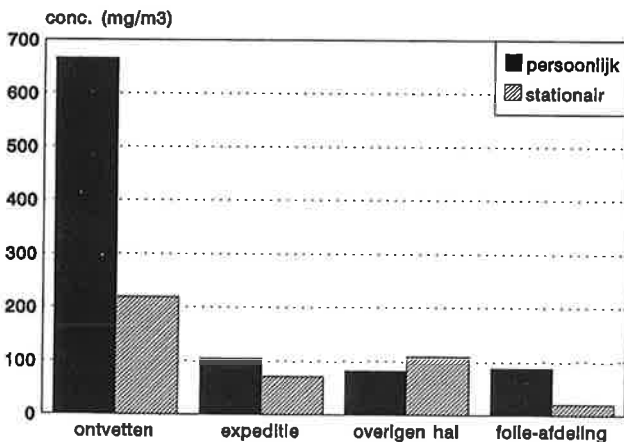
Tabel 1. Overzichtstabel van de persoonlijke metingen totaal en per functiegroep, met aantal waarnemingen (N), aantal personen per groep (K), rekenkundig (AM) en geometrisch (GM) gemiddelde, minimum, maximum, geometrische standaardafwijking (GSD), tussenpersoonsvariatie (GSD_{tus}), binnenpersoonsvariatie (GSD_{bin}) en R_{95} van de tussenpersoonsverdeling ($_{\text{tus}}R_{95}$).

groep	concentratie	N	K	AM	GM	min	max	GSD_{tus}	GSD_{bin}	GSD_{tot}	$_{\text{tus}}R_{95}$
			mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3					
totaal	8-uur-TGG	23	14	89,8	59,9	18,6	512,0	1,5	1,4	2,0	4,9
	ochtend	23	14	163,1	99,2	23,9	1023,9	1,5	1,5	2,3	4,9
	middag	26	14	22,6	15,5	2,2	76,1	1,7	1,5	2,6	8,0
ontvetten	8-uur-TGG	3	1	332,6	308,3	200,2	512,0	-	1,3	1,3	-
	ochtend	3	1	665,3	616,5	400,5	1023,9	-	1,3	1,3	-
overigen	8-uur-TGG	11	6	52,1	46,0	18,6	95,6	1,0	1,5	1,5	1,0
	ochtend	11	6	82,0	69,2	23,9	189,3	1,0	1,7	1,7	1,0
hal	middag	16	6	27,9	22,1	4,6	76,1	1,2	1,5	1,8	2,0
	8-uur-TGG	4	2	68,2	61,6	31,7	113,0	1,3	1,1	1,4	2,8
expeditie	ochtend	4	2	104,5	94,6	53,1	180,1	1,0	1,3	1,3	1,0
	middag	5	2	23,4	17,3	5,3	57,8	2,1	1,4	2,9	18,0
folie-afdeling	8-uur-TGG	5	5	44,6	39,0	20,3	83,4	-	-	1,4	-
	ochtend	5	5	87,1	76,0	39,2	167,0	-	-	1,4	-
	middag	5	5	5,0	4,4	2,2	8,8	-	-	1,4	-

van de ontvetter aanzienlijk hoger is dan die van de andere werknemers. Gedurende de tijd dat hij werkt is een gemiddelde concentratie methyleenchloride gemeten van 665,3 mg/m³. Het 8-uur tijdgewogen gemiddelde kwam een enkele keer boven de MAC-waarde (350 mg/m³) en bedroeg gemiddeld 332,6 mg/m³.

Bij de andere werknemers zijn lagere concentraties gevonden en wordt de MAC-waarde niet overschreden. Wanneer de stationaire metingen worden vergeleken met de persoonlijke metingen (figuur 2) blijkt dat de andere werknemers worden blootgesteld aan de concentratie die heerst op de plek waar wordt gewerkt. Alleen de werkzaamheden van de ontvetter zijn direct gerelateerd aan de bron, waardoor de persoonlijk gemeten concentratie 3 maal hoger is dan de stationaire metingen die maximaal op 1,5 meter van de dampontvetter waren gesitueerd.

Figuur 2. Vergelijking rekenkundige gemiddelden (AM) van persoonlijke en stationaire metingen van de ochtend.



Een 'single cell model' beschrijft de afname van de concentratie methyleenchloride na uitschakelen van de dampontvetter. Deze afname wordt veroorzaakt door de ventilatie in de produktiehal, die wordt uitgedrukt in het ventilatievoud: het aantal malen dat lucht in een ruimte volledig wordt ververs in een uur. Het ventilatievoud kan worden geschat met de volgende formule:

$$C_e = S/Q$$

C_e = evenwichtsconcentratie (mg/m³)

S = bronsterkte (mg/s)

Q = ventilatiestroom (m³/s)

De evenwichtsconcentratie is bepaald door middel van de metingen en de bronsterkte is bepaald met behulp van het verbruik van methyleenchloride door het bad. Met de berekende ventilatiestroom en het volume van de hal is vervolgens een ventilatievoud berekend van 2,8. Met behulp van de volgende formule is de afname aan concentratie bepaald:

$$C_t = C_0 \cdot \exp(-Q \cdot t \cdot V^{-1})$$

C_0 = beginconcentratie op tijd = 0 (mg/m³)

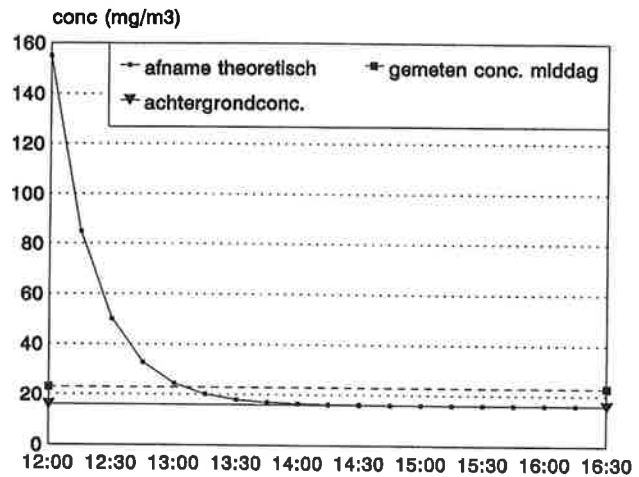
Q = ventilatiestroom (m³/s)

t = tijd

V = volume van de ruimte (m³)

Figuur 3 geeft de theoretische afname van de concentratie methyleenchloride in de produktiehal. Aangenomen is dat de concentratie afneemt tot aan de achtergrondswaarde van 16 mg/m³ gemeten als achtergrondconcentratie. Tevens is de gemeten middag-concentratie van 23 mg/m³

Figuur 3. De theoretische afname van de concentratie methyleenchloride in de tijd.



in de grafiek getekend. Het oppervlak onder de kromme geeft de gemiddelde concentratie over de tijd die volgens het afname-model zou ontstaan. Gemiddeld geeft dit een theoretische concentratie van 27 mg/m³, wat dicht bij de gemeten waarde van 23 mg/m³ ligt. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat het ventilatievoud van 2,8 een goede schatting is voor de werkelijke ventilatie in de hal. Bovendien is te zien, dat twee uur na het sluiten van het bad, alle methyleenchloride is verdwenen, uitgezonderd de resterende achtergrondconcentratie.

Discussie

Uit de metingen is gebleken dat de methyleenchloride zich verspreidt over de hele hal inclusief de folie-afdeling. Iedereen die in deze ruimten werkt, is blootgesteld. Prioriteit voor maatregelen moet echter liggen bij de ontvetter wiens persoonlijke blootstelling boven de MAC-waarde komt. Met de koolstofbuisjes wordt een gemiddelde bepaald van de concentratie gedurende de monstertijd. Daarom kan het niet worden uitgesloten dat de ontvetter wordt blootgesteld aan concentratie-pieken die een stuk hoger zijn dan de gemeten ochtendconcentratie van gemiddeld 665,3 mg/m³. Directe maatregelen zijn in deze situatie gewenst. Gedacht kan worden aan het verder automatiseren van het neerlaten van de borden in de damp. Dit voorkomt het met zijn hoofd boven het bad hangen van de ontvetter. Tevens zou de effectiviteit van de koeling kunnen worden verbeterd en de ontvetter de beschikking worden gegeven over adembescherming die het ademen niet bemoeilijkt, zoals bijvoorbeeld een zogenaamde 'airstream' helm. Op langere termijn moet worden gedacht aan een andere ontvettingsmethode, waarbij geen gechloreerde koolwaterstoffen worden gebruikt. Dit is niet alleen uit arbeidshygiënisch oogpunt noodzakelijk, maar ook gezien de ontwikkelingen in de milieuwetgeving. Het gebruik van de andere gechloreerde koolwaterstoffen zal namelijk in de toekomst ook worden verboden, zodat het voor veel metaalbewerkende bedrijven noodzakelijk wordt te zoeken naar een alternatieve ontvettingsmethode. In bijlage A wordt een overzicht van mogelijke alternatieve reinigingstechnieken gegeven.

Ten slotte

Uit dit onderzoek is gebleken dat het zonder meer toepassen van andere oplosmiddelen in bestaande apparatuur de arbeidsomstandigheden van de werknemers in de verkeersbordenfabriek negatief kan beïnvloeden.

Bij de beleidsvorming rondom stoffen die schadelijk zijn ►

voor de ozonlaag wordt weinig rekening gehouden met de gevolgen die dit kan hebben voor de arbeidsomstandigheden. Het kortsluiten van nieuwe ontwerp richtlijnen op het gebied van het algemene milieu met deskundigen op het gebied van arbeid en gezondheid, moet het mogelijk maken dergelijke onnodig schadelijke situaties op de werkplek in de toekomst te voorkomen.

Naschrift

Vanaf deze plaats willen wij de werknemers van de verkeersbordenfabriek en Dick Zutt van de Arbodienst Grift en Linge hartelijk bedanken voor de medewerking aan dit onderzoek.

Literatuur

- Bottema-MacGillavry, J.N. (1992). Alternatieven voor CFK-113 en 1,1,1-trichloorethaan in metaal- en electronica industrie, C65. Groningen, Chemiewinkel Rijksuniversiteit Groningen en Vereniging Milieudefensie.
- Hater, W. (1992). Water-based Alternatives to the Use of CFC for Cleaning before Painting. Henkel-referate 28.

- Hoeberichts, F., M. Zwaan (1991). Het vervangen van oplosmiddelhoudende reinigings- en ontvettingsmiddelen. Amsterdam, Chemiewinkel-CMVW UvA.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft; MAK- und BAT-Werte-Liste 1993. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 29.
- NIOSH; Manual of analytical methods, second edition. Cincinnati Ohio, National Institute of Occupational Safety and Health, 1977-1981.
- Plasma reinigen: voorbehandeling zonder fluorkoolwaterstoffen. Metaal en kunststof 3 (1991) 16-17.
- Projectenbureau KWS 2000 (1993). Reinigen en ontvetten met gehalogeneerde oplosmiddelen en waterige systemen: een vergelijkende studie, O10. Den Haag, publicatierreeks KWS 2000.
- Sneijders, J.H.M., et al. (1989). Vervanging van halogeen koolwaterstoffen bij het reinigen van metalen. Eindhoven, Nederlandse Philipsbedrijven Concern bureau Milieu en veiligheid. ■

Bijlage A: Alternatieven voor reinigen met gechlloreerde koolwaterstoffen

Uit de literatuur is gebleken dat legio alternatieve reinigingstechnieken beschikbaar zijn voor de vervanging van de gechlloreerde koolwaterstoffen. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van alternatieven met de globale werking en referenties.

Techniek	Werking	Referentie
Halogeenvrije koolwaterstoffen	Gebruik van gechlloreerde koolwaterstoffen veroorzaakt specifieke milieuproblemen. halogeenvrije alternatieven zijn alkanonen, alkoxyalkanen, terpenen en alkanolen. Met dit alternatief nog steeds blootstelling aan oplosmiddelen en deze stoffen zijn zeer brandbaar.	Hoeberichts et al., 1991
Semi-waterige reinigen	Verdund of geconcentreerd mengsel van water, koolwaterstoffen en tensiden. Voordeel is dat wateroplosbare en vetoplosbare verontreinigingen verwijderd kunnen worden.	Hoeberichts et al., 1991
Reinigen op waterbasis	De reiniger op waterbasis is samengesteld uit builders en surfactants. De reinigingskracht van deze techniek is minder vergeleken met de reiniging met gechlloreerde koolwaterstoffen. Met ondersteuning van hulptechnieken kan de reinigende werking worden vergroot.	Hater, 1992 Bottema-MacGillavry, 1992
Droogijstralen/CO ₂ -stralen	Het oppervlak wordt bestraald met CO ₂ -ijskorreltjes. De korreltjes dringen door de laag vervuiling heen en door de sublimatie van de korreltjes wordt de laag vervuiling van het oppervlak verwijderd. De straalmethode heeft geen destructief karakter en kan zeer precies bepaalde lagen verwijderen.	Sneijders et al., 1989 Bottema-macGillavry, 1992
Ijsstralen	De werking van ijsstralen is hetzelfde als bij CO ₂ -stralen alleen worden bij ijsstralen korreltjes van water gebruikt.	Bottema-MacGillavry, 1992
Plasma reinigen	Plasma's zijn sterk geïoniseerde gassen die zeer reactief zijn. Door de reactiviteit van het gas en aanwezigheid van UV-straling ontstaat een droog ets proces: vervuiling wordt bij lage temperatuur weg gebrand. Deze methode is niet geschikt voor het verwijderen van dikke lagen olie of vet.	Plasma reinigen, 1991 Bottema-MacGillavry, 1992
UV-licht/ozon-behandeling	Onder invloed van UV-licht en ozon wordt organische verontreinigingen verbrand tot CO ₂ , H ₂ O en N ₂ . Deeltjes, dikke lagen en anorganische verontreinigingen zijn met deze techniek moeilijk te verwijderen. Nadeel van deze techniek is dat de werknemers blootgesteld kunnen zijn aan schadelijke straling.	Bottema-MacGillabry, 1992
Thermische vacuüm ontvetting	De te reinigen voorwerpen worden in een verhitte vacuüm kamer geplaatst, waar de verontreinigingen verdampen.	Bottema-MacGillavry, 1992
Superkritische stoffen	Bij een bepaalde temperatuur en een bepaalde druk komen vloeistoffen en gassen in een kritische toestand. De stoffen krijgen dan een sterk oplosend en extraherend vermogen, waardoor ze bijzonder geschikt zijn voor het reinigen en ontvetten.	Bottema-MacGillavry, 1992

Het reinigen op waterbasis is een veel gekozen alternatief, omdat reeds veel ervaring is opgedaan met deze techniek. Het soort metaal dat ontvet moet worden is van groot belang bij de keuze van de reiniger op waterbasis (Bottema-MacGillavry, 1992). Daarnaast is de keuze ook afhankelijk van de verontreiniging. Zo wordt bijvoorbeeld voor het ontvetten van metaal vaak een alkalische reiniger gebruikt (Sneijders et al., 1989). Er zijn een aantal punten waarmee bij de keuze van een waterige reiniger rekening moet worden gehouden:

- Waterige reinigers hebben vaak minder reinigingskracht, waardoor het gebruik van een ondersteunende techniek nodig kan zijn, zoals ultrasoon en hydrosoon reinigen, electrolytische reiniging, sproeien, borstelen en dompelen.
- De droogtijd van een waterige reiniger is veel langer dan bij gechloreerde koolwaterstoffen. De droogtijd kan verkort worden door te drogen met hete lucht, perslucht of een centrifuge te gebruiken.
- Na het gebruik van de alkalische reiniger ontstaat een moeilijk te scheiden emulsie van de verwijderde verontreiniging en de reiniger. Recyclen en lozen is niet mogelijk zonder dat de emulsie eerst gescheiden wordt door bijvoorbeeld ultrafiltratie.
- Voor de lozing van een sterk alkalische reiniger moet het eerst geneutraliseerd worden. Bovendien kunnen nitraten en fosfaten eutrofiëring veroorzaken.

- Niet alle metalen zijn bestand tegen een sterk alkalische milieu (aluminium en zink). Om corrosie te voorkomen kunnen inhibitors worden toegevoegd (Hoerberichts et al., 1991).

Ondanks deze nadelen wordt in de praktijk de overstap op het reinigen op waterbasis door veel bedrijven positief beoordeeld (Projectenbureau KWS 2000, 1993).

Naast de overstap op een andere reinigingsmethode is het ook vaak mogelijk om door het proces aan te passen het gebruik van gechloreerde koolwaterstoffen te reduceren of zelfs te vermijden. Door andere oliën en vetten te gebruiken voor het smeren en koelen tijdens de bewerkingen kunnen milder ontvettingsmethoden worden gebruikt in plaats van gechloreerde koolwaterstoffen (Sneijders et al., 1989). Daarnaast is het heel belangrijk om kritisch te blijven kijken naar het gebruik van oliën en vetten. Door het metaal tijdens transport of opslag vacuüm te verpakken kan vervuiling worden voorkomen. Ten slotte kan het dragen van handschoenen vervuiling met vingervet voorkomen. Soms is een reinigungsstap ontstaan uit 'gewoonte', maar als aangetoond kan worden dat de reinigungsstap geen echte verbetering oplevert kan het reinigen worden vermeden (Sneijders et al., 1989). ■