
Veiligheid in het laboratorium

Dr. H. Kramers-Pals
Ir. I. van 't Leven

Zesde druk

Syntax Media – Utrecht

Woord vooraf

In sommige onderwijsinstellingen wordt veiligheid als een apart vak gegeven, in andere geïntegreerd in de practica. Dit leerboek beoogt het onderwijs in veiligheid te ondersteunen. Omdat veiligheids- en milieu-onderwijs gericht moet zijn op beheersing van het geleerde, is veel aandacht besteed aan een didactisch verantwoorde opzet. Belangrijke elementen zijn hierbij een duidelijke structuur van de aangeboden informatie en mogelijkheden voor actieve verwerking en zelfcontrole aan de hand van opdrachten en vragen.

Het boek is oorspronkelijk geschreven voor het hoger laboratoriumonderwijs, met de verwachting dat het met begeleiding van een docent ook in het middelbaar laboratoriumonderwijs goed zou kunnen functioneren. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn. Ook in een aantal universitaire curricula is het boek ingepast. Het boek blijkt zich in het hoger onderwijs en in de beroepspraktijk goed te lenen tot zelfstandig bestuderen van de stof.

Kenmerkend voor Veiligheid in het laboratorium is dat de veiligheid wordt behandeld in relatie tot vakkundig werken op het practicum, vooruitlopend op de latere beroepspraktijk. Hierbij is de term veiligheid breed opgevat. Er komen vrij veel zaken aan de orde die tot de arbeids- of milieuhygiëne gerekend kunnen worden.

Hoofdstuk 1 tot en met 3 gaan in op algemene veiligheidskennis waarover de studenten moeten beschikken voor ze in het laboratorium gaan werken. In hoofdstuk 4 tot en met 9 wordt de nadruk gelegd op de mogelijke risico's van diverse werkzaamheden met apparatuur en met stoffen. De te nemen veiligheidsmaatregelen worden hieruit afgeleid. Hoofdstuk 4 en 5 sluiten aan op de eerste eigen ervaringen in het laboratorium. Hoofdstuk 6 tot en met 9 zijn zo geschreven dat ze desgewenst in een andere volgorde kunnen worden behandeld, in aansluiting op de activiteiten van de studenten in het laboratorium. Hoofdstuk 10 en 11 gaan in op de manier van ingrijpen als, ondanks de genomen veiligheidsvoorzorgen, toch onverhoopt een calamiteit optreedt.

De overige hoofdstukken hebben betrekking op bepaalde meer specifieke werkzaamheden in laboratoria. Ze zijn bedoeld voor de latere studie jaren, tijdens de stage of aan het begin van de beroepspraktijk. Afgesloten wordt met een hoofdstuk dat ingaat op de meer beleidsmatige en organisatorische kanten van veiligheid.

Veel dank zijn we verschuldigd aan allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit boek. Expliciet willen wij daarbij noemen: Fons van der Meer (oud-docent ROC Midden Nederland), Jan van der Wiel en Henk van der Put (Philips Innovation Services – Environment & Safety), Paul Weijmans (Philips Research), Gert Banis, Bertus Dierink en Pepe Veugelers (Universiteit Twente), Diny van Faassen (Biosafety Consult), Marc Bergkotte (Universiteit Utrecht), Karin Ree (Bèta Wetenschapswinkel Universiteit Groningen), Adri Noort (LUMC) en Wietske de Boer. Gerard Stout maakte op ons verzoek op de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden een aantal foto's van veiligheidsvoorzieningen.

Opmerkingen, suggesties en aanvullingen met betrekking tot dit boek blijven van harte welkom.

Henny Kramers-Pals, Universiteit Twente
Iris van 't Leven, Iris Advies, *I.vantLeven@Iris-Advies.nl*

Enschede/Arnhem, 2019

Inleiding

Veilig werken in het laboratorium is een belangrijk onderdeel van vakkundig werken en is daarvan ook niet los te denken. Enerzijds is onderwijs in veiligheid noodzakelijk om bij practica ongevallen te voorkomen. Anderzijds moet je tijdens je opleiding de principes van veilig werken leren beheersen, zodat je in je toekomstige werksituaties risico's kunt onderkennen en zo mogelijk vermijden. Evenals bij vakkennis is het bij veiligheidskennis van belang dat je deze in allerlei verschillende situaties kunt toepassen. De kennis moet daartoe goed toegankelijk in je geheugen zijn opgeslagen, zodat je er een beroep op kunt doen als je deze nodig hebt. Een deel van de kennis moet zelfs leiden tot 'ruggenmergreflexen': onmiddellijke reactie in noodsituaties.

Om te bereiken dat je de kennis goed beheerst en kunt gebruiken, is het nodig dat deze goed is gestructureerd en aansluit bij je voorkennis. Maar vooral is het van belang dat de kennis in allerlei situaties goed is geoefend. Veel zul je daarbij leren van je eigen ervaring en die van anderen, maar het actief volgen van onderwijs over veiligheid en een actieve bestudering van dit boek zullen daartoe zeker bijdragen.

Het boek bevat veel elementen om een actieve bestudering te bevorderen. Na elk hoofdstuk volgen 'Toets jezelf'-vragen, waarmee je kunt controleren of je de behandelde stof nu ook beheerst. Hoewel de oefening vooral in de werksituatie zal moeten plaatsvinden, zijn soms na een hoofdstuk als extra oefening vragen en opdrachten opgenomen. Het boek is opgezet als een leerboek, niet als een handboek; gedetailleerde veiligheidsgegevens van stoffen zul je er bijvoorbeeld niet in aantreffen. We gaan ervan uit dat je die altijd zult opzoeken, omdat informatiebronnen hiervoor in laboratoria aanwezig horen te zijn. Wel wijst dit boek de weg naar de in de meeste laboratoria aanwezige veiligheidsinformatie en -documentatie. Het gebruik van de Material Safety Data Sheets (MSDS) op internet wordt ondersteund door een verklarende woordenlijst van de Engelse termen daarin.

Inhoud

Woord vooraf	V
---------------------	----------

Inleiding	VII
------------------	------------

1 Voorschriften en voorzieningen	1
---	----------

1.1	Verplichtingen die de Arbowet oplegt aan werkgevers en werknemers	2
1.2	Risico's verminderen en gevolgen beperken	3
1.3	Persoonlijke beschermingsmiddelen; persoonlijke hygiëne	5
1.4	Algemene beschermingsmiddelen en andere veiligheidsvoorzieningen	9
1.5	Werkomstandigheden	10
	Toets jezelf over hoofdstuk 1	11
	Opgavetaken met gebruik van internet	12

2 Voorbereiding van laboratorium-experimenten	13
--	-----------

2.1	Risico-analyse en -beoordeling: weten en wegen	14
2.2	Risico-analyse bij het werken met chemische stoffen	18
2.3	Verwijdering van chemisch afval	22
	Toets jezelf over hoofdstuk 2	23
	Opgavetaken	23

3 Inzameling en afvoer van laboratorium-afval	27
--	-----------

3.1	Emissies van milieuschadelijke stoffen	28
3.2	Analyseren en beoordelen van de milieurisico's	30
3.3	Afvoer van laboratoriumafval	32
3.4	Scheiden van afvalstromen	34
3.5	Inzameling, opslag en transport van laboratorium-afval	37
	Toets jezelf over hoofdstuk 3	39
	Opgavetaken	40

4	Risico's met glazen apparatuur	41
4.1	Voor- en nadelen van glas; vervangingsmogelijkheden	42
4.2	Oorzaken van breuk	43
4.3	Breukrisico bij verschillende glassoorten	45
4.4	Voorkomen van breuk	47
4.4.1	Val of stoot	47
4.4.2	Aanbrengen en losmaken van verbindingen van glas met slangen of rubberstoppen	48
4.4.3	Losmaken van vastzittende slijpstukken	49
4.4.4	Verkeerde opstelling, onjuiste vastklemming	50
4.4.5	Verhitting; snelle temperatuurwisseling	51
4.5	Gevolgen van breuk beperken	51
4.6	Andere risico's bij het werken met glas	53
4.6.1	Brandwonden	53
4.6.2	Lekkage of losraken van verbindingen met glas	53
	Toets jezelf over hoofdstuk 4	54
	Opdrachten	55
5	Risico's bij verhitten	57
5.1	Inleiding	58
5.2	Aardgas als energiebron	58
5.3	Elektriciteit als energiebron	59
5.4	Risico's bij het gebruik van een medium	60
5.5	Vat met inhoud; risico's	61
5.6	Maatregelen om de risico's bij verhitting te verminderen	62
5.6.1	Verhitting met een aardgasbrander	62
5.6.2	Elektrische verhitting	63
5.6.3	Gebruik van een medium	63
5.6.4	Verhitting van een niet-brandbare vloeistof in een reageerbuis	64
5.6.5	Verhitting van een niet-brandbare vloeistof in een bekersglas of conische kolf	64
5.6.6	Voorkomen van kookvertraging en fysische explosie	64
	Toets jezelf over hoofdstuk 5	66
	Opdrachten	67
	Hoe verder in het laboratorium	67
6	Risico's met elektriciteit	69
6.1	Risico's bij elektrische apparatuur	70
6.2	Voorzorgsmaatregelen bij het gebruik van elektriciteit	73
6.3	Ingrijpen bij storingen	75
6.4	Statische elektriciteit	75
	Toets jezelf over hoofdstuk 6	77
	Opdrachten	78
	Hoe verder in het laboratorium	79

7	Risico's bij het werken met hoge en lage druk	81
7.1	Inleiding	82
7.2	De inhoud van gascilinders	83
7.3	Reduceerventiel	84
	7.3.1 Reduceerventiel	84
	7.3.2 Het reduceerventiel en de veiligheid	87
7.4	Aansluitingen achter het reduceertoestel	88
7.5	Vervoer, plaatsing, opslag en keuring van gascilinders	90
7.6	Andere werkzaamheden met hoge drukken	92
7.7	Risico's bij het werken met verminderde druk	93
	Toets jezelf over hoofdstuk 7	94
	Opdrachten	95
	Hoe verder in het laboratorium	96
8	Risico's met voor het lichaam gevaarlijke stoffen	97
8.1	Voor het lichaam gevaarlijke stoffen	98
	8.1.1 Inademen	99
	8.1.2 Inslikken	101
	8.1.3 Contact met de huid	101
	8.1.4 Contact met de ogen	101
	8.1.5 Kans van opname in het lichaam; opgenomen hoeveelheid	102
8.2	Werking	103
8.3	Toelaatbare dosis	104
8.4	Ruiken en meten	109
8.5	Maatregelen om risico's bij het werken met voor het lichaam gevaarlijke stoffen te verminderen	111
	Toets jezelf over hoofdstuk 8	113
	Opdrachten	114
9	Brand- en explosierisico's	117
9.1	Inleiding	118
9.2	Brandbare stoffen	119
9.3	Oxidator	120
9.4	Samenstelling van het mengsel	120
	9.4.1 Explosiegrenzen	120
	9.4.2 Vlampunt	122
9.5	Ontsteking; zelfontbranding	124
9.6	Explosies	127
9.7	Brandbare, oxiderende en explosieve stoffen	128
	9.7.1 Licht ontvlambare stoffen	129
	9.7.2 Oxiderende stoffen	132
	9.7.3 Ontpofbare (explosieve) stoffen	133

9.8	Oorzaken van brand en explosie	134
9.8.1	Brandbare stof niet onder controle	134
9.8.2	Oxidator niet onder controle	135
9.8.3	Ontstekingsbron niet onder controle	136
9.9	Maatregelen om brand en explosie te voorkomen	136
9.9.1	Brandbare stoffen onder controle houden	136
9.9.2	Oxidatoren onder controle houden	137
9.9.3	Ontstekingsbronnen onder controle houden	137
9.10	Maatregelen om de schade te beperken als er toch iets gebeurt	138
	Toets jezelf over hoofdstuk 9	139
	Opdrachten	140

10 Ingrijpen bij brand 143

10.1	Maatregelen bij het constateren van brand	144
10.2	Brandbestrijding; brandklassen	144
10.3	Brandblusmiddelen	146
10.4	Blussen van een brand	148
10.5	De behandeling van slachtoffers	148
10.6	Ontruiming van gebouw	149
	Toets jezelf over hoofdstuk 10	150
	Hoe verder in het laboratorium	151

11 Ingrijpen bij ongelukken 153

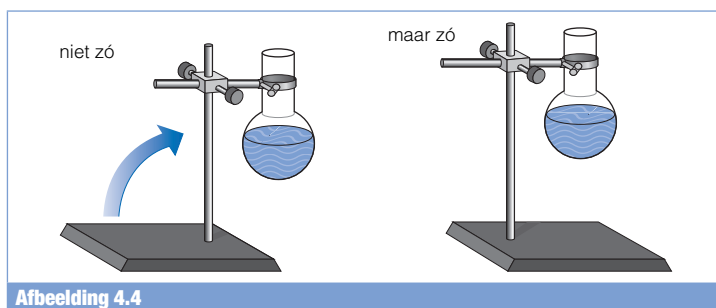
11.1	Taken van de bedrijfshulpverlening	154
11.2	Algemene aspecten van het ingrijpen bij ongelukken	155
11.3	Ingrijpen bij bloedingen	157
11.4	Ingrijpen bij shock	158
11.5	Ingrijpen bij een (dreigende) flauwte of bewusteloosheid	158
11.6	Ingrijpen bij hartstilstand/hartfibrillatie	159
11.7	Ingrijpen bij brandwonden	159
11.8	Ingrijpen bij ongelukken met elektriciteit	160
11.9	Ingrijpen bij ongelukken met voor het lichaam gevaarlijke stoffen	161
11.9.1	Spatten op de huid	162
11.9.2	Spatten in het oog	162
11.9.3	Inademen van gassen	163
11.9.4	Binnenkrijgen van chemicaliën	163
	Toets jezelf over hoofdstuk 11	164
	Opdrachten	165

12	Veilig werken met infectieus materiaal	167
12.1	Besmettingsrisico's	168
12.2	Voornaamste besmettingswegen	170
12.2.1	Besmetting door onvoldoende persoonlijke bescherming en hygiëne	171
12.2.2	Besmetting via apparaten, gebruiksvoorwerpen, kranen, meubilair en vloeren	171
12.2.3	Besmetting bij monstername	171
12.2.4	Besmetting bij werken met pathogeen materiaal	172
12.2.5	Besmetting na afloop van het laboratoriumwerk	173
12.3	Besmettingspreventie	173
12.3.1	Besmettingspreventie door persoonlijke bescherming en hygiëne	173
12.3.2	Voorkomen van besmetting via gebruiksvoorwerpen, kranen, apparaten, meubilair en vloeren	174
12.3.3	Besmettingspreventie bij monstername	175
12.3.4	Besmettingspreventie bij het werken met pathogeen materiaal	175
12.3.5	Besmettingspreventie na afloop van het laboratoriumwerk	176
12.3.6	Gevolgen van een eventuele besmetting beperken	177
12.4	Organisatorische maatregelen	179
	Toets jezelf over hoofdstuk 12	180
	Opdrachten	181
	Hoe verder in het laboratorium	181
13	Milieuverantwoordelijk werken	183
13.1	Energiegebruik	184
13.2	Grondstoffengebruik	185
13.2.1	Watergebruik in laboratoria	186
13.2.2	Laboratoriummaterialen	187
13.3	Nadere beoordeling van emissies van milieuschadelijke stoffen	188
13.3.1	Lozing via het riool	188
13.3.2	Emissies via zuurkast of ventilatiesysteem	189
13.4	Maatregelen om de mogelijke milieuschade te beperken	191
13.4.1	Bestrijding aan de bron	191
13.4.2	Afscherming van de bron	192
13.4.3	Aanpassing van de omgeving: good housekeeping	193
13.4.4	Beperken van de gevolgen van een spill	194
	Toets jezelf over hoofdstuk 13	194
	Opdrachten	195

14	Veilig beleid	197
14.1	Risicomanagement	198
14.2	Werknemersbetrokkenheid bij het arbobeleid	199
14.3	Risico-inventarisatie en -evaluatie	200
14.4	Veiligheidsinspecties	202
14.5	Analyse van ongevallen en incidenten	204
14.5.1	Foutenboomanalyse	205
14.5.2	Visgraatanalyse	205
14.5.3	Analyse van basisrisicofactoren	207
14.6	Veiligheidsoverwegingen bij de bouw en inrichting van laboratoria	208
	Toets jezelf over hoofdstuk 14	211
	Opdrachten	212
	Bijlagen	215
	Bijlage 1: Model voor een veiligheidsreglement van een hbo-cluster chemie & technologie	216
	Bijlage 2: Voorbeeld van een risico-analyse van een experiment	218
	Bijlage 3: Etiketten: pictogrammen	219
	Bijlage 4a: Chemiekaart van azijnzuur	221
	Bijlage 4b: Chemiekaart van azijnzuuranhydride	222
	Bijlage 5: Betekenis van Engelse termen in Material Safety Data Sheets (MSDS)	223
	Bijlage 6: Arbo- en milieuwetgeving, Arbowet	227
	Literatuur	233
	Register	235

Op je werktafel of in de zuurkast kan glaswerk omkiepen, als het niet goed aan de statieven is vastgeklemd. Ongebruikt glaswerk dat op je tafel blijft staan, maakt deze onoverzichtelijk en levert onnodige breukrisico's. Maatregelen ter voorkoming van breuk op je werkplek zijn:

- Klem glaswerk vast dat kans loopt te worden omgestoten, bijvoorbeeld afzuigkolven met toebehoren.
- Klem opstellingen zo vast, dat ze niet kunnen omkiepen (zie afb. 4.4).
- Berg glaswerk meteen na gebruik op.
- Gebruik uitsluitend gaaf glaswerk zonder barsten, krassen of ruwe rand (zie paragraaf 4.2).



Afbeelding 4.4

Omvallen voorkomen.

4.4.2 Aanbrengen en losmaken van verbindingen van glas met slangen of rubberstoppen

Als een slang (bijvoorbeeld een koelerslang) op glas wordt geschoven, gebeurt dat soms zo krachtig, dat het glas breekt. Dat kan ook gebeuren als een glasbuis of een thermometer in een rubberstop wordt aangebracht of eruit wordt getrokken.

Zo maak je veilig een glas-slangverbinding:

- Maak de verbinding tussen glas en slang voordat je deze in een opstelling inbouwt; dus bijvoorbeeld niet de slangen aan de koeler bevestigen als de opstelling al compleet is.
- Gebruik een slang van de juiste afmeting (diameter en lengte).
- Gebruik water of glycerol als smeermiddel wanneer je de slang op de slangtuit van de koeler of op een glasbuis schuift.
- Houd het glas dicht bij het aanzetpunt vast. Bescherm je handen met een doek of leren handschoenen.
- Als een glasbuis scherpe uiteinden heeft, smelt dan de uiteinden in een gasvlam rond.

Zo breng je een glasbuis of thermometer veilig in de opening van een rubberstop:

- Ook hierbij moet je de uiteinden van de glasbuis (indien nodig) rondsmelten.
- Zet de rubberstop op tafel; houd hem niet tegen je handpalm of lichaam.

- c Maak het afgeronde einde van glasbuis of thermometer glijdend met water of glycerol en breng dit onder ronddraaien in de opening van de rubberstop. Houd het glas vast dicht bij de plaats waar je het in de stop brengt. Bescherm ook hierbij je handen met een doek. (Het is ook mogelijk het glas ter bescherming van je hand vast te houden met een speciale rubber handgreep).

Als de glasbuis, thermometer, trechtersteel en dergelijke niet gemakkelijk uit een slang of rubberstop kunnen worden verwijderd, ga dan niet wrikken en trekken, maar snijd de slang of de rubberstop in de lengte door met een mes.

4.4.3 Losmaken van vastzittende slijpstukken

Je zult bij het bouwen van opstellingen, bijvoorbeeld voor een destillatie, vaak glaswerk gebruiken met *normaalslijpstukken* (kern- en hulsslijpstukken). Deze zijn in verschillende maten verkrijgbaar. Alle kernen en hulzen van één bepaalde maat passen in elkaar, zodat goed sluitende verbindingen worden verkregen. De onderdelen zijn vaak voorzien van glazen haakjes of metalen beugels die door metalen veertjes of elastiekjes kunnen worden bijeengehouden. Dan zijn op minder plaatsen klemmen nodig.

Behalve glaswerk met normaalslijpstukken bestaat ook glaswerk met *kogelslijpstukken*. Dit wordt gebruikt bij speciale toepassingen waarbij een zeer flexibele verbinding nodig is; de kogelslijpstukken maken dit mogelijk.

Slijpstukken gaan bij het gebruik wel eens vastzitten; als vastzittende slijpstukken te krachtadig worden losgemaakt, is de kans op breuk groot. Om vastzitten te voorkomen, wordt het kernslijpstuk voor gebruik voorzien van een uiterst dun laagje siliconenvet of van een passende teflonmanchet en dan pas in de huls gebracht.

invetten

Voor het invetten moet het slijpstuk zijn schoongemaakt. Je moet voorkomen dat verontreinigingen aan de slijpstukken komen. Vooral in het slijpstuk terechtgekomen logen en vaste stoffen kunnen vastzitten veroorzaken. Gebruik daarom altijd een trechter bij het vullen van kolven en flessen met slijpstuk. Er bestaan ook vaste-stoftrechters (de zogenoemde poedertrechters).

**schoonmaken
niet verontreinigen**

Soms lukt het slijpstukken, die ondanks de genomen voorzorgen toch zijn gaan vastzitten, los te maken door voorzichtig tikken of door verwarming van het hulsslijpstuk met water, een föhn of een heteluchtpistool. Als dat niet lukt, laat dan het losmaken over aan een deskundige.

losmaken slijpstuk

Microschaalglaswerk is steviger en vraagt minder verbindingstukken, omdat bijvoorbeeld koeling niet nodig is. Behalve veiliger is uitvoering op microschaal ook zuiniger door besparing op chemicaliën, energie en water.

Toets jezelf over hoofdstuk 7

- Vraag 1** Aan welke aanduidingen is de inhoud van een gascilinder te herkennen?
- Vraag 2** Beschrijf de handelingen voor het openen en sluiten van een reduceerventiel. Leg uit wat er mis kan gaan als je de gasfles in een verkeerde volgorde afsluit (hoofdafsluiter te laat en/of afblaaskraan/fijndrukregelaar te vroeg).
- Vraag 3** Schets de opstelling van een overdrukbeveiliging tussen een reduceerventiel en een aansluitend apparaat.
- Vraag 4** Schets de opstelling van een terugslagfles achter het reduceerventiel. Waarvoor dient de terugslagfles?
- Vraag 5** Schets twee opstellingen achter het reactievat voor het absorberen van vergiftige gassen.
- Vraag 6** Welke voorzorgen moeten worden genomen bij het transporteren van gasflessen?
- Vraag 7** Waarom mag op de aansluiting van een reduceerventiel voor een zuurstofcilinder nooit olie of vet worden aangebracht?
- Vraag 8** De hoofdafsluiter van een zuurstofcilinder is niet met handkracht te openen. Wat moet in dit geval worden gedaan?
- Vraag 9** Noem ten minste vijf veiligheidseisen waaraan moet zijn voldaan bij het werken met autoclaven.
- Vraag 10** Welke veiligheidsmaatregelen moeten worden genomen als glazen apparatuur onder vacuüm wordt gezet?
- Vraag 11** Welk glaswerk mag nooit onder vacuüm worden gezet?
- Vraag 12** Welke voorzorg wordt genomen bij het opheffen van de onderdruk in een vacuümdestillatieopstelling?
- Vraag 13** Welke veiligheidsmaatregelen zijn nodig bij filtratie bij verminderde druk?

Opdrachten

Opdracht 1

Beantwoord voor de twee ongevallen in de kaders ('Lekkage uit gascilinders' en 'Implosie door voortijdig afsluiten van kolf') de volgende vragen:

- Welke factoren droegen in dit geval bij tot het ontstaan van het ongeval?
- Welke maatregelen zijn nodig om een dergelijk ongeval te voorkomen en/of als het toch optreedt, de gevolgen te beperken?
- Wie moet een dergelijke maatregel nemen (dit kan per maatregel verschillen: de betrokkene, de laboratoriumleiding)?

Maak bij a desgewenst gebruik van de zes M's.

Denk bij b aan de arbeidshygiënische strategie die is besproken in hoofdstuk 1 (bestrijding bij de bron als eerste).

Lekkage uit gascilinder

Aan een in een zuurkast opgestelde gascilinder met waterstofchloride ontstond een zo grote lekkage, dat de zuurkast het niet meer kon verwerken en ook het laboratorium vol gas raakte.

Iemand van de calamiteitenploeg met een ademluchtmasker slaagde er na enige tijd in de hoofdafsluiter van de cilinder dicht te draaien, waardoor het gevaar geweken was.

Later bleek dat de lekkage het gevolg was van het gebruik van een verkeerde pakkingring tussen reduceerventiel en drukhouder. De gebruikte ring bleek van polymethylmethacrylaat te zijn; dit materiaal is niet bestand tegen waterstofchloride.

Implosie door voortijdig afsluiten van kolf

Een laboratoriummedewerkster probeerde de stop te verwijderen van een 50 ml rondbodemkolf (met daarin 1 ml melkzuur en 3 ml 30% geconcentreerde loog) die ze uit een bad met vloeibare stikstof had gehaald. De kolf implodeerde op heftige wijze in haar handen. Gelukkig ontstond geen persoonlijk letsel, hoewel de kans daarop in dit geval groot was.

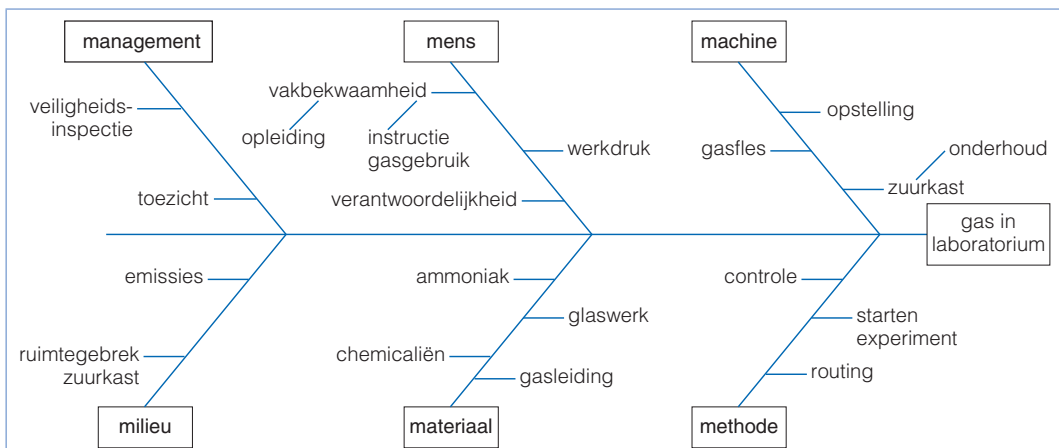
Voordat de kolf in het vloeibare stikstofbad was geplaatst, was de stop er al bij omgevingstemperatuur opgezet. Door het grote temperatuurverschil was onderdruk in de kolf ontstaan.

(MCA Case History 1047)

Bij een visgraatanalyse gaat men als volgt te werk. Een horizontale, naar rechts gerichte pijl wijst naar het probleem. Vervolgens komen aan deze hoofdlijn zijtakken met de hoofdcategorieën van oorzaken, bijvoorbeeld:

- Machines/apparaten
- Materialen/stoffen/middelen
- Mensen
- Methoden
- Milieu/omgeving
- Management

Voor het voorbeeld uit de vorige paragraaf, het mogelijkerechts ontsnappen van ammoniak uit de zuurkast, zou het visgraatdiagram kunnen worden opgesteld dat is weergegeven in afbeelding 14.3.



Afbeelding 14.3

Visgraatdiagram voor de mogelijke ontsnapping van ammoniakgas uit een koelkast.

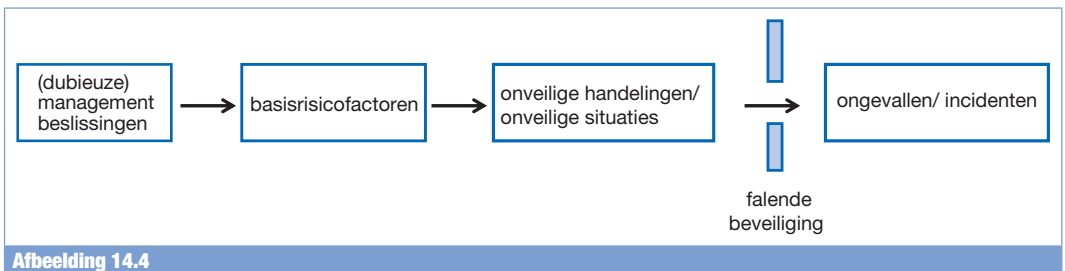
Zoals blijkt uit dit voorbeeld, zijn alle hoofdcategorieën weer opgesplitst in deoorzaken. Deze deoorzaken kunnen bijvoorbeeld naar voren gekomen zijn in een brainstormsessie. Wanneer een bepaalde deoorzaak teruggebracht kan worden tot een andere oorzaak, wordt deze ook weer in de desbetreffende categorie ondergebracht. Zo kan een ‘menselijke fout’ als oorzaak hebben: ‘onvoldoende voorlichting’. Uiteindelijk ontstaat dan het visgraatdiagram.

Wanneer het visgraatdiagram maar weinig ‘graatjes’ bevat, kan het zijn dat het probleem nog te weinig is uitgediept. Bestaat het visgraatdiagram uit veel zijtakken, dan is het misschien verstandiger om bepaalde oorzaken als probleem op zich te bekijken. Dit wordt dan voortgezette visgraatanalyse genoemd.

Een goed uitgevoerde visgraatanalyse geeft een duidelijk overzicht van de mogelijke oorzaken van een probleem. Als alle oorzaken zijn opgespoord, kan naar oplossingen worden gezocht om het probleem op te lossen.

14.5.3 Analyse van basisrisicofactoren

Groeneweg is de grondlegger van een veelgebruikte methode die zich richt op het achterhalen van de achterliggende organisatorische en technische oorzaken van ongevallen, de Tripodmethode (afbeelding 4.4). Ongevallen zijn afhankelijk van een samenloop van omstandigheden. Beveiliging kan falen en er kan sprake zijn van onveilige handelingen en situaties. Deze worden echter uitgelokt door ‘precondities’, die hun oorsprong vinden in risicofactoren die altijd latent aanwezig zijn. Groeneweg onderscheidt elf basisrisicofactoren. De beleidsmakers (= het hoger management) kunnen hun beleid richten op het beheersen van deze basisrisicofactoren.



Afbeelding 14.4

Vereenvoudigde voorstelling van het Tripodmodel van Groeneweg.

De door Groeneweg gedefinieerde basisrisicofactoren zijn in tabel 14.2 aangegeven. Strikt genomen is ‘beschermingsmiddelen’ geen basisrisicofactor. Deze basisrisicofactor dient ervoor de gevolgen te beperken als het dan toch mis gaat en betreft met name noodstopprocedures, calamiteitenregeling en (bedrijfs)hulpverlening. Als de basisrisicofactoren slecht zijn ontwikkeld of beheerst, zullen deze basisrisicofactoren factoren blijken te zijn die de medewerkers vroeg of laat in omstandigheden brengen waarin ze fouten maken en/of slachtoffers worden. Door voor ongevallen en incidenten na te gaan welke basisrisicofactoren spelen en verbetermaatregelen te formuleren, wordt de organisatie inherent veiliger.