

rivm

Rapport 609035002/2009

M.T.M. van Raaij et al.

Een werkwijze voor slachtofferberekeningen voor incidenten met toxische stoffen

Verkenning voor gebruik in de preventieve fase

RIVM-rapport 609035002/2009

Een werkwijze voor slachtofferberekeningen voor incidenten met toxische stoffen

Verkenning voor gebruik in de preventieve fase

M.T.M. van Raaij
N.J.C. van Belle
P.M.J. Bos
A.B. Knol
G.M.H. Laheij
E. Schols
I. de Vries

Contact:
E. Schols
Inspectie-, Milieu- en Gezondheidsadviesing
emile.schols@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Adviesraad Gevaarlijke Stoffen, in het kader van het Onderzoek letselmaatstaven (RIVM-project 609035)

© RIVM 2009

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'.

Rapport in het kort

Een werkwijze voor slachtofferberekeningen voor incidenten met toxische stoffen

Verkenning voor gebruik in de preventieve fase

Bestuurders en lokale hulpverleners hebben er behoefte aan om van tevoren het aantal gewonden in te schatten als gevolg van mogelijke incidenten met chemische stoffen, evenals de aard van de verwondingen. Deze informatie is, naast gegevens over het mogelijke aantal dodelijke slachtoffers, nodig om ruimtelijke orderingsplannen en aanvragen voor vergunningsplichtige activiteiten te kunnen beoordelen. Het RIVM doet een voorstel voor een werkwijze hiervoor.

Er bestaan al methoden om het aantal dodelijke slachtoffers te berekenen, maar nog niet om het aantal gewonden in te schatten. Het RIVM geeft met dit voorstel een schets van een systeem dat verder in protocollen, gegevens en criteria uitgewerkt en beschikbaar moet komen.

De voorgestelde werkwijze omvat drie fasen. In de eerste fase kunnen bestuurders en hulpverleners zelf de activiteit definiëren, evenals het mogelijke incident en de blootstelling aan stoffen als gevolg daarvan. In de tweede fase kunnen hulpverleningsdiensten – ook zelf – het aantal mensen berekenen dat niet in staat is zichzelf te redden en het aantal van hen dat hulpverlening nodig heeft. De inschatting van het aantal gewonden is in deze fase gebaseerd op de zogeheten rampeninterventiewaarden. Daaruit kan blijken dat het aantal gewonden te hoog is ten opzichte van de geschatte benodigde capaciteit van de hulpverlening. De keus is dan de activiteit aan te passen (dat wil zeggen, niet of onder voorwaarden toestaan) of een nadere analyse te laten uitvoeren. Voor die analyse wordt deskundige expertise ingezet (derde fase). Aan de hand van de blootstelling aan een stof wordt dan een nauwkeurigere inschatting van het aantal slachtoffers berekend.

Trefwoorden:

interventiewaarden, AEGL, triage, DALY, chemische ramp, incident, preparatie, slachtofferberekening, hulpverlening, zelfredzaamheid, preventie, vluchtvermogen, schuld uur

Abstract

A proposed system for forecasting the victims of chemical accidents and their injuries

Exploration for a methodology in the preparation phase

There is a need for local authorities and emergency response services to estimate in advance both the number of people that may be injured due to accidents with chemical substances and the nature of the related injuries. This information, as well as the number of possible casualties, is necessary for authorities to be able to assess both spatial planning and applications related to activities requiring (local) government permits. The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has drawn up a proposal for such an operating system.

Methods already exist for calculating the number of casualties of chemical accidents, but not for the number of people suffering injuries. The proposal of the RIVM for calculating the number of injured is a rough draft only; as such, it still requires further refining in terms of developing procedures, obtaining data and establishing criteria.

The proposed system consists of three phases. In the first phase, local authorities and emergency response services define the activities and scenarios – for example, those associated with a possible incident involving the exposure of people to chemicals and the consequences thereof. In the second phase, emergency response services calculate the number of individuals that may be injured, and which of these may need medical help, as well as the kind of injuries that may occur. The estimates arrived at independently by the emergency response services in the second phase are supported by established data and procedures and by effect-concentrations based on de AEGL (Acute Exposure Guideline Level) data. One possible result of these calculations is that the number of injured exceeds the capacity of both the emergency response services and local hospitals. In this case, the choice to be made by the (local) authorities is either to modify the activity (not allow it or allow it only under specific regulatory control) or to carry out an in-depth assessment of the activity by bringing in experts (third phase). These experts will provide a more precise estimate of number of the injured and types of injuries based on their experience, exposure levels and detailed toxicological data.

Key words:

emergency response values, AEGL, triage, DALY, chemical accident, preparation, victim, injured, emergency response services, shelter ability, self rescue ability

Inhoud

Samenvatting	9
Lijst van afkortingen	11
1 Aanleiding tot het onderzoek	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Vraagstelling	14
1.3 Aanpak van het project	15
2 Uitwerking van de opdracht en scenario's	17
2.1 Bestaande systemen op hoofdlijnen en wens tot verdere ontwikkeling	17
2.2 Uitgangsscenario voor casussen	19
3 Rampeninterventiewaarden	23
3.1 Achtergrond	23
3.2 Relevante toxicologische eindpunten	24
3.3 Kwantificering van toxicologische eindpunten	25
3.4 Casussen	26
3.4.1 Introductie en aanpak	26
3.4.2 Uitwerking van de casus Ammoniak	27
3.4.3 Uitwerking van de casus Chloor	32
3.4.4 Conclusies uit de casussen	36
3.5 Toepasbaarheid van het Rampeninterventiewaardensysteem	38
4 Inschatting hulpverlening door middel van triage	39
4.1 Achtergrond	39
4.2 Gegevens in de TIK-database	40
4.3 Interpretatie van gegevens	40
4.4 Casussen	41
4.4.1 Uitwerking van de casus Ammoniak	41
4.4.2 Uitwerking van de casus Chloor	43
4.5 Conclusies uit de casussen	45
4.6 Toepasbaarheid van triagesystematiek	45
5 DALY-systematiek	47
5.1 Introductie	47
5.2 Casus Enschede	47
5.2.1 Methoden	47
5.2.2 Resultaten	49
5.2.3 Discussie met betrekking tot de casus Enschede	50
5.3 Toepasbaarheid van DALY-systematiek	51
5.4 Conclusies, aanbevelingen en opmerkingen	51
6 Effecten van schuilen	53
6.1 Inleiding	53
6.2 Opzet protocol 'Schuilen, Ontruimen of Evacueren'	53
6.3 Koppeling van protocol aan letselmaatstaven	53
6.4 Belangrijke aspecten van schuilgedrag	54
6.5 Schuilen in relatie tot letselmaatstaven	54
6.6 Informatiebehoefte voor aanpassing systematiek	55

6.7	Uitwerking voor casussen ammoniak en chloor	55
6.7.1	Algemene uitgangspunten	55
6.7.2	Effecten van schuilen op blootstelling	56
6.8	Conclusie	56
7	Voorstel voor een systeem	57
7.1	Evaluatie van de verschillende systemen	57
7.2	Scenariokeuze	58
7.3	Getrapte benadering	58
7.4	Nadere punten ter uitwerking in een procedure	60
7.5	Criteria voor getrapte benadering	62
8	Conclusies en aanbevelingen	65
	Literatuur	67
	Appendix 1 Geïntegreerde gezondheidsmaten	69

Samenvatting

De Adviesraad Gevaarlijke Stoffen heeft het RIVM gevraagd een verkenning uit te voeren naar de mogelijkheden om voor incidenten met chemische stoffen in de preventieve fase het aantal gewonden (dus het aantal slachtoffers met niet-letaal letsel) en het aantal individuen dat in hun zelfredzaamheid gehinderd wordt, te kunnen inschatten. Het bevoegd gezag kan dan beter – bij ruimtelijke planvorming en vergunningverlening – de risico's van activiteiten in hun beheersgebied afwegen tegen de hulpverleningsmogelijkheden en mogelijkheden tot beperkingen ter plaatse. De methodiek is dan een aanvulling op de huidige systemen waarmee (alleen) het aantal dodelijke slachtoffers wordt berekend.

Verkend is of bestaande systemen zoals rampeninterventiewaarden, triage en DALY's hiervoor bruikbaar zijn, al dan niet met aanpassingen in de methodiek. Rampeninterventiewaarden geven hulpverleners snel inzicht in of de optredende concentraties van stoffen tot effecten zullen leiden. Triage is het beoordelen door medisch deskundigen van de hulpbehoefte bij slachtoffers ('onmiddellijke hulp', 'hulp nodig, maar niet acuut levensbedreigend', 'hulp nodig op niveau van huisarts of EHBO). DALY's (een afkorting voor Disability Adjusted Life Years) worden gebruikt om het gezondheidsverlies te berekenen voor een aandoening of ziekte.

Het inschatten van het aantal slachtoffers is een complexe zaak. Het is onder andere afhankelijk van de aard van de stoffen, de grootte van de blootstelling, de mogelijkheden tot vluchten en de snelheid van de hulpverleningscapaciteit. Het aantal slachtoffers is afhankelijk van de mate waarin mensen nog kunnen vluchten. Mensen kunnen vluchten als ze kunnen waarnemen (vooral: zien), denken en handelen. Chemische stoffen kunnen hierop aangrijpen waarbij de ene stof het waarnemen kan beïnvloeden (oogirriterende stoffen) en een andere kan aangrijpen op het handelen (zenuwstoffen). Een methodiek moet rekening houden met deze stofspecifieke effecten.

Voor twee casussen met verschillende stoffen (ammoniak en chloor) is het aantal gewonden met de verschillende systemen ingeschat. Dit bleek mogelijk aan de hand van de rampeninterventiewaarden en triage. Voor de rampeninterventiewaarden zijn wel de Amerikaanse interventiewaarden gebruikt (AEGl's) omdat die ook voor kortdurende blootstelling beschikbaar zijn. De DALY-systematiek is minder geschikt voor preventief gebruik per case op lokaal niveau. De systematiek zou wel kunnen bijdragen aan inzicht in type rampen en benodigde hulpverlening in de nazorg.

Op basis van de verkenning komt het RIVM tot een voorstel voor een methodiek met drie fasen. In de eerste fase wordt een scenario gedefinieerd, zowel voor het optredende incident, als de daaraan gekoppelde blootstelling van een te beschrijven groep mensen. In de tweede fase wordt het aantal mensen gekwantificeerd dat belemmerd wordt in de zelfredzaamheid en hulpverlening nodig heeft. Wij denken hierbij aan een protocol op basis van de rampeninterventiewaarden. Het protocol moet zodanig worden dat een groot aantal betrokkenen op lokaal niveau zelf hiermee aan de slag kan.

Uitkomst van deze stap is dat men op lokaal niveau kan besluiten of de situatie acceptabel is of niet. De methodiek is dusdanig dat er sprake is van een lichte overschatting van het aantal slachtoffers. Bij de uitkomst 'niet acceptabel' hebben de lokale autoriteiten de mogelijkheid maatregelen rond de activiteit te nemen (activiteit inperken, niet toestaan, maatregelen voorschrijven) of een nadere analyse te doen in fase drie.

In fase drie schatten deskundigen het aantal slachtoffers in gebaseerd op triage. Op basis van deze uitkomst kunnen bestuurders besluiten of de situatie acceptabel is.

Het RIVM denkt dat een dergelijk systeem haalbaar is. Concrete uitwerking is nodig in de vorm van protocollen, interventiewaarden voor kortere blootstellingstijden, informatie over stoffeigenschappen en beslissingscriteria.

Lijst van afkortingen

AEGL	Acute Exposure Guideline Level. AEGL's zijn rampeninterventiewaarden. Deze richtwaarden zijn vastgesteld voor kortdurende blootstelling aan stoffen via de lucht.
AGS	Adviesraad Gevaarlijke Stoffen of Adviseur Gevaarlijke Stoffen van de brandweer
AGW	Alarmeringsgrenswaarde. De concentratie van een stof waarboven irreversibele of andere ernstige gezondheidsschade kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling van één uur
Bevi	Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen
BZK	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
COHb	Carboxyhemoglobine. Binding van CO aan hemoglobine (Hb) in bloed, waardoor carboxyhemoglobine ontstaat (COHb)
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CPR	Commissie voor Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen
CZS	Centraal zenuwstelsel
DALY	Disability Adjusted Life Years. Een maat om de omvang van de ziektelast (sterfte en ziekte) uit te drukken, waarin ziekte wordt gewogen naar de duur en de ernst van een aandoening
GAGS	Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijke Stoffen
GHOR	Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen
HIA	Health Impact Assessment (gezondheidseffectschatting)
LBW	Levensbedreigende waarde. De concentratie van een stof waarboven mogelijk sterfte of een levensbedreigende aandoening door toxische effecten kan optreden binnen enkele dagen na een blootstelling van één uur
NVIC	Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum, RIVM
QRA	Quantitative Risk Assessment (kwantitatieve risicoanalyse)
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
T1, T2, T3	Klassen gebruikt bij triage van slachtoffers bij chemische rampen. T1-slachtoffers vergen onmiddellijk medische hulp, T2-slachtoffers kunnen enige uren wachten maar moeten continu gemonitord worden op ademhaling, circulatie en acute problemen (dit kan door iemand met beperkte medische kennis gebeuren), T3-slachtoffers kunnen wachten omdat ze geen acute problemen hebben.
TIK-databank	Toxicologische Informatie en Kennisbank van het NVIC

1 Aanleiding tot het onderzoek

1.1 Achtergrond

Bij de voorbereiding op incidenten met gevaarlijke stoffen heeft het bevoegd gezag de zorg om de soort en mate van hulpverleningsorganisatie en -capaciteit af te stemmen op de mogelijke gevolgen van incidenten. Scenario's betreffende mogelijke incidenten geven inzicht in de mogelijke aard en omvang van de gevolgen.

In de huidige praktijk worden voor de ruimtelijke ordening nabij locaties met gevaarlijke stoffen instrumenten gebruikt zoals de kwantitatieve risicoanalyse (Quantitative Risk Assessment, QRA). Als rekeneenheid voor schade als gevolg van een brand, explosie of het vrijkomen van chemische stoffen wordt dodelijk letsel gebruikt, zowel voor het plaatsgebonden risico als het groepsrisico (PR en GR). Dit wordt wel de probabilistische benadering genoemd.

Hulpverleningsdiensten baseren de voorbereiding op mogelijke scenario's. De kans dat een scenario optreedt, is geen onderdeel van de beschouwing (in een QRA wordt wel rekening gehouden met de kans). Voor hulpverleners biedt de QRA onvoldoende inzicht in het verloop van een scenario in de tijd en voor de specifieke lokale situatie. Eén van de aspecten is dat ook een inschatting van de omvang van het optreden van niet-dodelijk letsel van belang is. Deze uitwerking van een scenario wordt wel de deterministische benadering genoemd.

Lokale bestuurders zien zich in de preventieve fase geconfronteerd met deskundige adviezen vanuit beide benaderingen, die soms strijdig zijn. Op dit moment bestaat er geen geharmoniseerd systeem om beide soorten adviezen te integreren of te stroomlijnen. Vooral de verantwoordingsplicht groepsrisico uit het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen versterkt de behoefte om de deterministische benadering uit de rampenbestrijding en de probabilistische benadering uit de ruimtelijke ontwikkelings- en milieupraktijk methodologisch en organisatorisch meer op elkaar te laten aansluiten. De overheid heeft de Adviesraad Gevaarlijke Stoffen (AGS) hierover advies gevraagd.

De Adviesraad Gevaarlijke Stoffen is ingesteld als opvolger van de Commissie voor Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen (CPR) met de wettelijke taak om gevraagd en ongevraagd advies te geven aan de regering en het parlement over het treffen van technische en technisch-organisatorische maatregelen ter voorkoming van ongevallen.

In opdracht van de Adviesraad Gevaarlijke Stoffen heeft het RIVM een oriënterende studie uitgevoerd naar de mogelijkheden van het kunnen inschatten van niet-letaal letsel, met het oog op het aan de Adviesraad Gevaarlijke Stoffen gevraagde advies.

Dit project is een verkennende studie naar de mogelijkheden tot een systeem om de aard van het (niet-dodelijk) letsel door toxische effecten bij incidenten met gevaarlijke stoffen in te schatten. Een inschatting van het volledige spectrum van gezondheidseffecten na incidenten met gevaarlijke stoffen is complex. Uit ervaring weten we dat naast toxiciteit ook psychische effecten en de gevolgen van brand en ontploffing een rol kunnen spelen. De gevolgen van brand en ontploffing worden in dit verkennende project niet meegenomen, psychische effecten komen deels aan bod bij de uitwerking van DALY's.

1.2 Vraagstelling

De Adviesraad Gevaarlijke Stoffen heeft het RIVM opdracht gegeven een verkenning uit te voeren naar de mogelijkheden om in de preventieve fase het aantal gewonden (dus het aantal slachtoffers met niet-letaal letsel) en het aantal individuen dat gehinderd wordt in hun zelfredzaamheid te kunnen inschatten. Het zou een groot voordeel zijn als er een methodiek kan worden ontwikkeld op basis van reeds bestaande systemen of gegevens. In de verkenning moeten daarom de bestaande systemen van interventiewaarden, triage en DALY's worden betrokken. Hoewel deze systemen geen van alle voor gebruik in de preventieve fase zijn ontworpen, wordt in dit project beoordeeld of deze systemen gebruikt kunnen worden, al dan niet met aanpassingen in de methodiek.

Speciale aandacht wordt gevraagd voor het aspect van schuilen: op welke wijze kunnen de mogelijkheden tot schuilen onderdeel uitmaken van de bovengenoemde systematiek?

Deze verkenning moet leiden tot een concepteindrapport dat op een workshop met betrokkenen uit het veld besproken wordt. De workshop heeft tot doel zicht te krijgen op de praktische behoeften en wensen aan een methode voor de gewenste inschatting. De resultaten van de workshop worden in de conceptrapportage verwerkt tot een eindrapport van de opdracht. Dit rapport is het bedoelde eindrapport.

De hulpverlening heeft tot doel om zaak-, milieu- en letselschade te beperken. Dit onderzoek beperkt zich tot subletale letselschade. De aandacht gaat met name uit naar letselschade die in beginsel subletaal is, maar door (zelfreddings- en hulpverlenings)omstandigheden in tweede instantie toch tot sterfte kan leiden. Dit wordt ook wel indirecte of secundaire sterfte genoemd en komt overeen met wat in de gezondheidszorg secundaire preventie heet.

Op verzoek van de AGS zijn de volgende algemene letselindicatoren voor zelfredding en hulpverlening beoordeeld:

- Zelfredding: verminderd vluchtvermogen en onvermogen tot vluchten, alsmede de maximale schuilduur.
- Hulpverlening: hospitalisatiebehoefte, acuut dan wel binnen enkele uren.

Op het gebied van zelfredding heeft men de keuze tussen schuilen, ontruimen en/of evacueren.

Hiervoor moeten de uitkomsten van schuilscenario's kunnen worden vergeleken met die van ontruimings- en evacuatiescenario's. Daartoe is inzicht nodig in het vluchtvermogen van de slachtoffers en in de bescherming tegen ernstige gezondheidseffecten bij schuilen.

Het vluchtproces is een dynamisch proces en valt niet goed te modelleren aan de hand van statische eindpunten. Momenteel is het hoogst haalbare echter om de bandbreedte qua vluchtvermogen in beeld te brengen: bij welk blootstellingsniveau begint het vluchtvermogen te verminderen voor gevoelige individuen, en bij welk blootstellingsniveau is er sprake van onvermogen tot vluchten voor de groep als geheel? Nagegaan wordt in hoeverre de interventiewaarden voor gevaarlijke stoffen geschikt zijn om een dergelijke afweging te maken.

Het schuilproces is meer statisch van karakter en kan worden afgemeten aan houdbaarheidscriteria (Engels: *tenability*). Het is vooral de vraag tot op welk blootstellingsniveau de hulpverlening een afwachterende houding kan aannemen, dan wel actief moet ingrijpen tijdens de blootstellingsfase.

Nagegaan wordt in hoeverre de eindpunten waarop de interventiewaarden voor gevaarlijke stoffen zijn gebaseerd, geschikt zijn om een dergelijke afweging te maken.

De hoofddoelstelling van de hulpverlening is het redden van mensenlevens. Het succes van de hulpverlening op dit gebied wordt uiteindelijk afgemeten aan de uitkomst van de geneeskundige hulpverlening in vergelijking met het totaal aantal letselslachtoffers met levensbedreigend letsel. De uitkomst van de geneeskundige hulpverlening is uiteraard afhankelijk van de prestaties die brandweer (toegankelijk maken, bron- en effectbestrijding) en politie (wegen afzetten) tevoren hebben kunnen leveren. De hele hulpverleningsketen kan dus op deze manier worden doorgemeten.

1.3 Aanpak van het project

Dit project is vanuit het RIVM als volgt opgezet. Onderkend werd dat het een traject betrof met een verkenning op een gebied waarin de ervaringen van de betrokken deelnemers uiteen liepen. Er is daarom besloten tot een interactief proces waarin de opdrachtgever en alle projectleden direct betrokken werden bij de uitwerking van de definitiefase, de bespreking van de deelresultaten en de eindresultaten.

Deskundigen van het RIVM op het gebied van interventiewaarden en triage hebben voor twee casussen (een incident met ammoniak en één met chloor) bekeken welke resultaten in de preventieve fase met deze systemen mogelijk waren. Voor de DALY-methode is de vuurwerkramp in Enschede gebruikt als voorbeeld om deze maat te illustreren.

Deze deelresultaten zijn geëvalueerd waaruit een beeld voor een mogelijk bruikbaar systeem voor hulpverleningsdiensten ontstond. In dit rapport is in hoofdstuk 2 een inhoudelijke uitwerking gegeven aan de probleemstelling en zijn de gebruikte scenario's beschreven. In hoofdstuk 3, 4 en 5 zijn de deelsystemen uitgewerkt. In hoofdstuk 6 wordt een beschouwing gegeven over schuilen door blootgestelden.

De evaluatie van de bevindingen uitmondend in een voorstel voor een systeem is opgenomen in hoofdstuk 7. Het rapport sluit af met conclusies en aanbevelingen.

2 Uitwerking van de opdracht en scenario's

2.1 Bestaande systemen op hoofdlijnen en wens tot verdere ontwikkeling

Ten behoeve van de repressieve fase (dus bij het bestrijden) van een incident zijn er verschillende systemen ontwikkeld om snel de effecten en de gevolgen te kunnen schatten. Voor een eerste fase in de respons zijn zogenaamde rampeninterventiewaarden ontwikkeld waarmee een inschatting van effectgebieden kan worden gemaakt door de hulpdiensten. Het triage-systeem is een hulpmiddel voor medische hulpdiensten ter plaatse om snel te kunnen bepalen welke slachtoffers als eerste medische hulp nodig hebben. Naast deze systemen, die zijn ontwikkeld als hulpmiddel in de repressieve fase, is er ook een methodiek beschikbaar die wordt gebruikt om ongelijksoortige gezondheidseffecten te kunnen vergelijken: de DALY-systematiek. De Adviesraad Gevaarlijke Stoffen heeft ook belangstelling getoond om de aanvullende waarde van deze systematiek te onderzoeken in de preventieve fase met het oog op de omvang van de nazorg.

Al deze systemen bieden wellicht aangrijpingspunten voor toepassing in de preventieve fase om het aantal slachtoffers, het aantal gewonden en het aantal mensen dat gehinderd is in hun zelfredzaamheid in te schatten.

De genoemde systemen hebben waarschijnlijk elk hun eigen mogelijkheden en beperkingen.

Samengevat streeft de AGS naar inzicht in het letselprofiel voor preventief gebruik zoals in Tabel 1 aangegeven. Daarbij is (in aansluiting op *Haddon's matrix*) onderscheid gemaakt in drie fasen, namelijk aangrijpingspunten om een incident te voorkomen (*pre-event*), de effecten, blootstelling en gevolgen te beperken (*event*) en de einduitkomst (*prognose*) te verbeteren.

Tabel 1 Instrumenten in verschillende fasen van een incident

Instrument	Preventie/Event phase	Letselindicatoren
QRA	Primaire preventie: pre-event phase	Directe sterfte
Scenario analyse (SA)	Secundaire preventie: event phase	Indirecte sterfte in zelfreddings- en hulpverleningsfase
HIA	Tertiaire preventie: post-event phase	DALY

De interventiewaarden zijn primair gericht op het afbakenen van gebieden rondom een incident waarin gezondheidseffecten kunnen optreden. De interventiewaarden zijn drempelwaarden tussen de vier zogenaamde D's (detectability, discomfort, disability, death) en worden in Nederland vastgesteld voor een blootstellingsduur van één uur. Het systeem kent drie drempelwaarden die in Nederland bekend staan als voorlichtingsrichtwaarde, alarmeringsgrenswaarde en levensbedreigende waarde. Indien de concentratie boven de voorlichtingsrichtwaarde komt, bestaat de mogelijkheid dat mensen (lichte) hinder ondervinden (bijvoorbeeld oogirritatie). Bij een concentratie boven de alarmeringsgrenswaarde kan er sprake zijn van verminderd vluchtvermogen of toxisch (irreversibel) letsel. Bij een concentratie boven de levensbedreigende waarde kan er sprake zijn van een levensbedreigende situatie. Bij het

vaststellen van deze waarden wordt rekening gehouden met gevoelige groepen¹. Deze systematiek betekent dus dat bij blootstelling ter hoogte van de grenswaarde bij een klein percentage mensen deze ernst van effect optreedt, en dat boven de drempelwaarde zowel het aantal mensen dat effecten ondervindt als ook de ernst van de effecten toenemen. Zie verder hoofdstuk 3.

In de preventieve fase is er bij het lokaal gezag de behoefte om in te schatten hoeveel mensen bij verschillende scenario's voor incidenten tot zelfredding in staat zijn. De systematiek van interventiewaarden biedt mogelijk aansluiting om deze behoefte in beeld te brengen.

Slachtoffers kunnen ontstaan als het vluchtvermogen wordt verminderd wat kan leiden tot een langere blootstelling. Mensen kunnen vluchten als ze kunnen waarnemen (met name: zien), denken (interpreteren en besluiten) en handelen. Als één van deze factoren wordt belemmerd, dan is er een belemmering voor zelfredding. De alarmeringsgrenswaarde is in potentie geschikt om als indicator voor het begin van verminderd vluchtvermogen voor gevoelige groepen te dienen, indien deze waarde op dit eindpunt is gebaseerd.

Triage is bedoeld om op een rampterrein zo spoedig mogelijk de slachtoffers in kaart te brengen die onmiddellijke hulp nodig hebben (veelal om vitale functies te stabiliseren), de meest geëigende verdere medische behandellocatie te bepalen en deze categorie slachtoffers voorrang te geven bij het (ambulance)vervoer. Triage gebeurt in de repressiefase aan de hand van symptomen bij slachtoffers. De triagesystematiek gaat uit van waarneembare gezondheidseffecten en medische kennis van het verdere te verwachten beloop op grond van de blootstelling en de stof(eigenschappen).

De uitdaging in de verkenning naar de bruikbaarheid van triage in de preventieve fase is om de effecten te voorspellen in de zin van zogenaamde T1-, T2- en T3-slachtoffers op basis van gemodelleerde (voorspelde) concentraties. Deze systematiek is mogelijk vooral bruikbaar om de benodigde inzet van de hulpverlening te kunnen bepalen. Zie verder hoofdstuk 4.

In HIA's (Health Impact Assessments) kan gebruikgemaakt worden van geïntegreerde gezondheidsmaten, zoals DALY's, om de staat van volksgezondheid en de ziektelast te beschrijven. Voorspellend gebruik voor preventieve doeleinden van dergelijke maten staat nog in de kinderschoenen, zeker waar het om de acute gevaren van ongevallen en rampen gaat. De systematiek lijkt veelbelovend, omdat het naast sterfte en acute ernstige effecten ook minder ernstige gezondheidseffecten, effecten met een langere duur (chronische effecten) alsmede psychosociale aspecten in rekening kan brengen. Het is echter de vraag in hoeverre de systematiek praktisch toepasbaar kan worden gemaakt voor de voorspelling van de gezondheids- en zorglast na zware ongevallen en rampen.

Deze verkenning is dus gericht op het mogelijk preventief gebruik van bestaande systemen om zelfredding, hulpverlening en nazorg in te schatten. Het aantal slachtoffers en de aard van de aandoeningen worden natuurlijk door vele factoren beïnvloed en in het algemeen is dit afhankelijk van het incidentscenario, het agens (de stof en de stoffeigenschappen), het blootgestelde individu en de omgevingsfactoren. In dit project ligt de focus op de toxische effecten van het agens: een slachtoffer/blootgestelde die weet wat te doen maar door effecten van (giftige) stoffen hierin wordt beperkt. Zaken als vluchtroutes, markering, blokkering en andere zaken zijn geen onderwerp van beschouwing. Ook de gevolgen van brand, explosie (anders dan toxiciteit) en niet-toxische langdurige effecten (zoals psychische effecten) zijn geen onderwerp van deze studie.

Deze verkenning richt zich op de bruikbaarheid van de bestaande, hiervoor beschreven systemen en op waar deze eventueel aanpassing behoeven voor de toepassing in preventieve zin. De bruikbaarheid is onderzocht aan de hand van concrete casussen. De casussen zijn vrij realistisch gekozen, doch bij de

¹ Dit wordt wel geïnterpreteerd als: 1 % respons voor specifieke gezondheidseffecten zonder specifieke gevoelige groepen tot 0,01 % voor moleculair biologische effecten met specifieke gevoelige groepen.

toepassing moet men zich realiseren dat het in de casussen niet gaat om het exact voorspellen van aantallen slachtoffers, maar om een test of de systematiek werkt.

2.2 Uitgangsscenario voor casussen

In de verkenning of bestaande systemen bruikbaar zijn, is een tweetal casussen opgesteld en doorgerekend. Het gaat om een casus waarbij ammoniak vrijkomt en één waarbij chloor vrijkomt. In het algemeen geldt dat in de praktijk mensen zullen worden blootgesteld in een dynamisch patroon. Dat wil zeggen, de wolk is niet constant van concentratie en de mensen zullen zich niet statisch op één locatie bevinden. Op dit moment is het onmogelijk om dergelijke dynamische processen te modelleren. Daarom wordt voor de casussen uitgegaan van enkele statische aannames om inzicht te krijgen in de gehele methodiek.

De scenario's zijn vooral ten aanzien van stoffen en lekgrootten dusdanig gekozen dat de afstand tot de alarmeringsgrenswaarde (AGW) in de orde van enkele honderden meters ligt en de concentraties van interesse ook worden overschreden. De casusbeschrijving komt dan ook niet per definitie overeen met één van de standaardscenario's uit de QRA. Hoe in de praktijk tot een scenariokeuze kan worden gekomen, staat in paragraaf 7.1.

De uitgangspunten voor de twee scenario's worden beschreven in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2 Uitgangspunten voor het 'ammoniak'scenario

Stof	ammoniak (onder druk)
Scenario omschrijving	lek tankauto
Inhoud	16 ton
percentage van inhoud, dat vrijkomt	75 %
Lekgrootte	25 mm
Bronsterkte	7,5 kg/s
Uitstroomduur	1600 s
Stabiliteitsklasse	D
Windsnelheid	5 m/s
Ruwheidslengte	25 cm
Omgevingstemperatuur	10 °C

Tabel 3 Uitgangspunten voor het 'chloor'scenario

Stof	chloor (onder druk)
Scenario omschrijving	lek in tank
Inhoud	50 ton
percentage van inhoud, dat vrijkomt	6 %
Lekgrootte	7 mm
Bronsterkte	0,8 kg/s
Uitstroomduur	3600 s
Stabiliteitsklasse	D
Windsnelheid	5 m/s
Ruwheidslengte	25 cm
Omgevingstemperatuur	10 °C

Beide stoffen hebben een sterke irriterende werking en een geurwaarschuwing. Het kan worden verwacht dat blootgestelde individuen onmiddellijk zullen willen vluchten en dus relatief kort zullen worden blootgesteld (60 seconden), ofschoon niet iedereen hiertoe in staat zal zijn. Anderzijds kan de

situatie zodanig zijn dat vluchtmogelijkheden beperkt zullen zijn en personen gedurende de maximale blootstellingstijd zullen worden blootgesteld. De maximale blootstellingstijd is ongeveer gelijk aan de totale uitstroomtijd, voor ammoniak is deze 1600 seconden (circa 27 minuten) en voor chloor ongeveer 3600 seconden (60 minuten). Beide extremen zijn doorgerekend.

Voor het testen van de methodiek zijn verschillende concentratieniveaus vastgesteld (zie hoofdstuk 3). Voor beide scenario's is het oppervlak bepaald waar deze concentratieniveaus worden overschreden. De berekeningen zijn uitgevoerd met het softwareprogramma Phast (DNV, Phast versie 6.42, 2004).

Omdat een zich verspreidende wolk in de praktijk zal meanderen, zal de gemeten of berekende gemiddelde concentratie afhankelijk zijn van de monsterduur. Bij een korte blootstellingsduur zal de gemiddelde concentratie hoger zijn dan bij een langere blootstellingsduur. In de berekeningen is hiermee rekening gehouden door de monsterduur gelijk te stellen aan de blootstellingsduur. In Tabel 4 wordt de blootstellingsduur gegeven als functie van het tijdstip van ontwikkeling van de wolk.

Tabel 4 Tijdstip van ontwikkeling van de wolk

Tijdstip van ontwikkeling (s)	Blootstellingsduur (s)
60	60
volledig ontwikkelde ammoniakwolk	1600
volledig ontwikkelde chloorwolk	3600

In Tabel 5 en Tabel 6 worden de berekenende oppervlakken gegeven waarbij voor de verschillende ontwikkelingsstadia van de wolk het betreffende concentratieniveau wordt overschreden.

Tabel 5 Oppervlak (m²) van het gebied waar de genoemde concentratie wordt overschreden voor het ammoniakscenario

Concentratie (ppm)	Oppervlak (m ²) na 60 s	Oppervlak (m ²) na volledige ontwikkeling
220	26.750	123.300
500	23.300	51.750
1.000	19.850	24.900
1.600	17.100	17.200
2.700	12.850	11.200
4.000	8.800	7.900
5.000	6.900	6.500
10.000	3.050	3.050
20.000	950	950
50.000	90	90

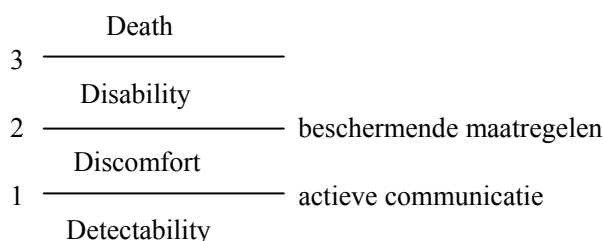
Tabel 6 Oppervlak (m²) van het gebied waar de genoemde concentratie wordt overschreden voor het chloorscenario

Concentratie (ppm)	Oppervlak (m ²) na 60 s	Oppervlak (m ²) na volledige ontwikkeling
0,5	18.600	1.110.000
2,0	16.400	268.000
2,8	15.800	191.000
7,5	14.000	72.450
15	12.500	37.000
20	11.750	27.750
28	11.150	20.150
50	9.400	11.200
100	6.100	5.300
300	2.100	1.450
1000	600	500
5000	50	50

3 Rampeninterventiewaarden

3.1 Achtergrond

Rampeninterventiewaarden zijn ontwikkeld als hulpmiddel voor een snelle inschatting van gezondheidsrisico's bij chemische incidenten. Deze interventiewaarden zijn bedoeld als drempelwaarden die aangeven boven welke concentratie (bij bepaalde blootstellingduur) er een toename van mate van ernst van effecten kan optreden. Bij toename van concentratie en/of blootstellingduur nemen zowel de proportie van het aantal individuen met effecten als de mate van ernst van de effecten toe. Dit continuüm van effecten wordt ook wel aangeduid met vier D's (*detection, discomfort, disability* en *death*). Interventiewaarden zijn in feite de drempelwaarden die aangeven waar de scheiding ligt tussen deze vier D's.



Rampeninterventiewaarden zijn bedoeld om het bevoegd gezag in de repressiefase een snel inzicht te verschaffen welke gebieden rondom een chemische bron een gevaar vormen. Bij het vaststellen van deze waarden wordt rekening gehouden met de gehele bevolking, inclusief potentieel gevoelige groepen, uitgezonderd extreem overgevoelige personen. De interventiewaarden vormen dus de ondergrens van de diverse ernstniveaus.

In Nederland worden deze waarden slechts afgeleid voor een standaard blootstellingsduur van 1 uur; deze aanpak komt overeen met die van de Amerikaanse Emergency Response Planning Guidelines (ERPG). In een ander Amerikaans programma worden de zo genoemde Acute Exposure Guideline Levels (AEGGL-waarden) afgeleid voor tijdsperioden van 10 minuten tot 8 uur (EPA, 2007). Een ander verschil tussen de Nederlandse waarden en de AEGGL-waarden is de mate van detail waarmee de toxicologische informatie wordt beoordeeld. De Nederlandse waarden worden afgeleid op basis van secundaire literatuur en worden op bepaalde wijze afgerond. De AEGGL-waarden worden afgeleid na beoordeling van alle primaire literatuur waarna op kwantitatieve wijze tot vaststelling van de waarden in twee significante cijfers en voor meerdere blootstellingstijden wordt gekomen. Vanwege deze redenen en omdat in Nederland op termijn zal worden overgestapt op de AEGGL-systematiek zijn de AEGGL-waarden beter geschikt voor het onderhavige doel. In dit hoofdstuk worden dan ook de AEGGL-waarden als uitgangspunt voor de evaluatie genomen.

Er worden in totaal drie niveaus afgeleid die worden toegelicht in Tabel 7.

Tabel 7 Relatie tussen de verschillende interventiewaarden

	Nederland	AEGL	ERPG	Kenmerken Nederlandse systeem
Drempel tussen <i>detection</i> en <i>discomfort</i>	Voorlichtings-richtwaarde (VRW)	AEGL-1	ERPG-1	Gericht op: geur lichte hinder effecten altijd snel reversibel geen verminderd vluchtvermogen
Drempel tussen <i>discomfort</i> en <i>disability</i>	Alarmerings-grenswaarde (AGW)	AEGL-2	ERPG-2	Matig tot ernstige irritatie Verminderd vluchtvermogen Ernstige of slecht reversibele toxische effecten
Drempel tussen <i>disability</i> en <i>death</i>	Levens-bedreigende waarde (LBW)	AEGL-3	ERPG-3	Directe sterfte Levensbedreigende effecten op longen, hart of centraal zenuwstelsel

3.2 Relevante toxicologische eindpunten

Omdat er in dit project de focus wordt gelegd op mortaliteit en ernstig toxisch letsel en zelfredzaamheid, zijn eigenlijk alleen de AEGL-2- en -3-waarden van belang. Voor deze niveaus zijn er verschillende toxicologische eindpunten relevant voor zelfredzaamheid.

Zoals gezegd gaat het erom te kunnen denken, zien en handelen. Aan de orde zijn daarom effecten op het gezichtsvermogen en op de vitale functies (ABCD: *airways, breathing, circulation, discomfort*). Qua stofgroepen gaat de aandacht uit naar:

- visus: stoffen met irriterende of corrosieve eigenschappen, lacrymatoren, acetylcholinesteraserepressoren en pupilvernauwende stoffen meer in het algemeen.
- A: luchtweg: stoffen met irriterende of corrosieve eigenschappen.
- B/C: hart-longstelsel: met name door onderbreking van het zuurstoftransport en -gebruik ergens in de keten, bijvoorbeeld longoedeem (COCl₂), COHb-vormers (CH₂Cl₂), celademhalingsremmers (HCN), hemolyse (AsH₃), ademhalingsrem (H₂S) cardiotoxiciteit (HF).
- D: algemene CZS-depressie door narcotica en anesthetica (CS₂), alsmede specifieke neurotoxicantia.

Een uitputtende inventarisatie van mogelijke eindpunten valt buiten het bestek van dit project. Enkele vaak voorkomende hieraan gerelateerde eindpunten in de interventiewaardenlijst zijn:

- oogirritatie: verminderd vluchtvermogen/beoordeling situatie;
- luchtwegirritatie: verminderd vluchtvermogen;
- luchtwegschade: verminderd vluchtvermogen/toxisch letsel;
- depressie centraal zenuwstelsel: verminderd vluchtvermogen/verminderd vermogen tot beoordelen van de situatie/ toxisch letsel. Ernstige depressie van het centrale zenuwstelsel kan leiden tot levensbedreigende effecten indien ademhaling of hartfunctie worden beïnvloed.

Eindpunten zoals reproductie- en ontwikkelingstoxiciteit en carcinogeniteit worden tot nu toe wel meegenomen voor de afleiding van interventiewaarden maar zijn voor het doel waar nu naar wordt gekeken niet direct van belang. Wel is het altijd van belang om te weten of een stof reproductietoxisch en/of carcinogeen is omdat dit de risicoperceptie in grote mate kan beïnvloeden.

3.3 Kwantificering van toxicologische eindpunten

Omdat er in dit project ook behoefte is om te kwantificeren welk deel van de blootgestelde populatie uiteindelijk toxische effecten zal vertonen, is het van belang dat de effecten kwantificeerbaar zijn en dat er iets bekend is over de variatie in de respons tussen diverse individuen in de populatie. In onderstaande paragrafen is heel kort aangegeven wat bekend is over kwantificering en variatie binnen de populatie.

Oogirritatie

Oogirritatie is bij milde vorm veelal bepaald door de concentratie van de stof (minder door tijdsduur) en kan zeer snel optreden. Bij hogere blootstelling en ernstige vorm van irritatie speelt de factor tijdsduur wel degelijk een rol. Oogirritatie is ten dele te kwantificeren. In de meeste bronnen van informatie wordt een bepaalde subjectieve maat (licht, matig, ernstig) voor oogirritatie gegeven. Er bestaat niet veel verschil tussen individuen in hun respons op oogirriterende stoffen. Meestal is de variatie niet meer dan een factor 3.

Luchtwegirritatie

Voor luchtwegirritatie geldt in grote lijnen hetzelfde als voor oogirritatie. De mate waarin luchtwegirritatie optreedt, hangt mede af van de reactiviteit van de stof. Sterk reactieve en goed wateroplosbare stoffen zullen meestal in de bovenste luchtwegen tot effecten leiden; minder reactieve/oplosbare stoffen kunnen vaker dieper in de luchtwegen doordringen. Bij mensen worden naast duidelijk waarneembare objectieve effecten van luchtwegirritatie ook vaak subjectieve klachten (licht, matig, ernstig) gerapporteerd. In dierstudies is deze vorm van klachten niet te meten, maar men kan door histopathologische observaties wel weer een andere objectieve maat gebruiken. Een werkgroep van de AEGL-commissie heeft een studie gemaakt van de variatie in respons tussen 'normale' proefpersonen en astmatici (niet gepubliceerd). De variatie tussen individuen in de populatie (inclusief astmatici) bedraagt meestal niet meer dan een factor 2 tot 5.

Effecten op het centraal zenuwstelsel (CZS)

CZS-effecten kunnen een breed scala aan effecten bevatten. Sommige stoffen kunnen heel specifiek tot neurotoxische schade leiden volgens specifieke werkingsmechanismen. Een groot aantal stoffen zoals oplosmiddelen veroorzaakt echter een meer non-specifieke CZS-depressie. De effecten bij een vermindering van de algemene CZS-activiteit variëren van 'licht in het hoofd' tot diepe coma. Stoffen die een non-specifieke CZS-depressie veroorzaken zorgen door hoofdpijn, versuffing, duizeligheid en verminderde motoriek voor een vermindering van het vluchtvermogen.

3.4 Casussen

3.4.1 Introductie en aanpak

De uitgangsscenario's voor de uitwerking van de ammoniak- en de chloorcasus zijn beschreven in paragraaf 2.2. Voor beide casussen worden twee blootstellingstijden geëvalueerd. Beide stoffen hebben een sterk irriterende werking en een geurwaarschuwing. Het kan worden verwacht dat blootgestelde individuen onmiddellijk zullen willen vluchten en dus relatief kort zullen worden blootgesteld (60 seconden), ofschoon niet iedereen hiertoe in staat zal zijn. Anderzijds kan de situatie zodanig zijn dat vluchtmogelijkheden beperkt zullen zijn en personen gedurende de maximale blootstellingstijd zullen worden blootgesteld. De maximale blootstellingstijd is gelijk aan de totale uitstroomblijftijd, voor ammoniak is deze 1600 seconden (circa 27 minuten) en voor chloor ongeveer 3600 seconden (60 minuten). Ter illustratie en ter verkenning worden beide extreme situaties doorgerekend.

De effectevaluatie wordt gebaseerd op de AEGL-waarden voor beide stoffen. Er is voor gekozen om de blootstellingstijd van 60 seconden te evalueren op basis van de 10 minuten AEGL-2- en -3-waarden. Voor de maximale blootstellingstijden wordt voor ammoniak gebruik gemaakt van de 30 minuten AEGL-2- en -3-waarden en voor chloor van de 60 minuten AEGL-2- en -3-waarden. Het gebruik van AEGL-waarden in het onderhavige project heeft als voordeel dat de onderliggende AEGL-documentatie (de Technical Support Documents, TSD) gebruikt kan worden om een beter inzicht te krijgen in de snelheid waarmee effecten op kunnen treden. Tevens geeft deze documentatie aan of binnen de concentratierange tussen AEGL-2 en AEGL-3 nog effecten op kunnen treden anders dan die waarop de AEGL-2-waarde is gebaseerd en waarmee rekening gehouden moet worden.

Voor zowel ammoniak als chloor zijn probitrelaties afgeleid. Omdat met deze probitrelaties de variabiliteit in gevoeligheid beter kan worden geschat dan met behulp van standaardnamen is de sterfte binnen een contour berekend als het gemiddelde van de met een probitrelatie berekende sterfte van de onder- en bovenconcentratiegrenzen van een contour.

Voor de inschatting van de omvang van de blootgestelde populatie is gebruikgemaakt van gegevens van het CBS. Als uitgangspunt is gekozen voor de situatie dat het accident in de nabijheid van een woonkern plaatsvindt. Gekozen is voor het gemiddelde aantal inwoners voor woonkernen van 50.000 tot 200.000 inwoners van ongeveer 4000 per km² (40 inwoners per ha). Ook voor de schatting van het aantal blootgestelde personen naar leeftijd is gekozen voor de leeftijdsverdeling zoals gegeven door het CBS voor deze woonkernen (Tabel 8). De leeftijdsverdeling is bruikbaar voor stoffen waarbij gevoeligheid voor de toxicologische effecten afhankelijk is van de leeftijd en belangrijk in situaties waarbij zelfredzaamheid kan worden gekoppeld aan leeftijd. Hoewel deze onderwerpen buiten het kader van het onderhavige project vallen, is ter illustratie de leeftijdsverdeling wel opgenomen in de berekeningen.

Tabel 8 Leeftijdverdeling van de blootgestelde populatie

Leeftijdscategorie (jaar)	Fractie van de populatie (%)
0-14	18,5
15-24	13
25-39	24
40-64	31,5
> 65	13

3.4.2 Uitwerking van de casus Ammoniak

De effectevaluatie wordt gebaseerd op de AEGL-waarden voor ammoniak. De blootstellingstijd van 60 seconden wordt geëvalueerd op basis van de 10 minuten AEGL-2- en -3-waarden van respectievelijk 220 en 2700 ppm. Voor de maximale blootsteldingsduur van 1600 seconden worden de 30 minuten AEGL-2-en -3 waarden van 220 en 1600 ppm gebruikt.

Onder de gegeven omstandigheden bereikt de gaswolk zijn maximale omvang (op basis van een minimale concentratie gelijk aan de AEGL-1-waarde van 30 ppm) na ongeveer 7 minuten en blijft circa 20 minuten stabiel van samenstelling om vervolgens af te nemen. De gaswolk strekt zich maximaal uit over ongeveer 89 ha; over 12,3 ha wordt de AEGL-2-waarde overschreden waarvan over 1,7 ha de AEGL-3-waarde van 1600 ppm wordt overschreden. De maximale blootstellingstijd (op een vast punt) is ongeveer gelijk aan de uitstroomtijd, en bedraagt circa 1600 seconden.

Het aantal personen blootgesteld aan concentraties boven de AEGL-2- en AEGL-3-waarden is geschat op basis van de contouren voor de respectieve AEGL-waarden. Vanwege de grote afstand tussen de AEGL-2- en AEGL-3-waarden (factor 7 à 12) en om een meer gedetailleerde effectevaluatie mogelijk te maken zijn meerdere contouren bepaald met concentratiestappen van circa 2 à 3. Uit het oogpunt van overzichtelijkheid zijn bij de presentatie van de resultaten contouren samengevoegd. Tabel 9 geeft een overzicht van het geschatte aantal blootgestelde personen in deze casus. Bij een blootstellingstijd van 1600 seconden zijn minder mensen blootgesteld aan concentraties tussen de AEGL-2- en AEGL-3-waarde dan bij een blootstellingstijd van 60 seconden. Dit is vooral een gevolg van het feit dat de 30 minuten AEGL-3-waarde (1600 ppm) lager is dan de 10 minuten AEGL-3-waarde (2700 ppm). Het totale aantal blootgestelde personen boven de AEGL-2-concentratie is in beide scenario's gelijk, namelijk 493 personen.

Tabel 9 Aantal blootgestelde personen naar leeftijd

9A: bij 60 seconden blootstelling

	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (220-2700)	Totaal AEGL-3 (> 2700)
	220-500	500- 1000	1000- 2700	2700-10.000	> 10.000		
Opp (ha)	7,2	2,7	1,4	0,8	0,3	11,2	1,1
Leeftijd							
0-14	53	20	10	6	2	83	8
15-24	37	14	7	4	2	58	6
25-39	69	26	13	8	3	108	11
40-64	90	34	17	10	4	141	14
> 65	37	14	7	4	2	58	6
	286	107	55	33	12	448	45

9B: bij 1600 seconden blootstelling

	Contourklassen (concentraties in ppm)						Totaal AEGL-2 (220-1600)	Totaal AEGL-3 (> 1600)
	220-500	500- 1000	1000- 1600	1600- 5000	5000-10.000	> 10.000		
Opp (ha)	7,2	2,7	0,8	1,1	0,3	0,3	10,6	1,7
Leeftijd								
0-14	53	20	6	8	3	2	79	13
15-24	37	14	4	6	2	2	55	9
25-39	69	26	7	10	3	3	102	17
40-64	90	34	10	13	4	4	134	22
>65	37	14	4	6	2	2	55	9
	286	107	31	43	14	12	424	69

Effectbeschrijving

Niet-letale effecten

Ammoniak is een contactirritant waardoor aangenomen kan worden dat de inter-individuele variabiliteit in gevoeligheid gering zal zijn. Ammoniak is irriterend voor de ogen, keel en luchtwegen. Irritatie treedt snel na aanvang van de blootstelling op en neemt toe in ernst bij toenemende concentratie. Dierexperimenten geven aan dat ammoniak in hogere concentraties leidt tot ademhalingsmoeilijkheden die uiteindelijk tot sterfte kunnen leiden. Er treden geen andere significante nadelige effecten op.

De AEGL-2-waarde is gebaseerd op experimenten waarbij vrijwilligers werden blootgesteld aan ammoniakconcentraties oplopend tot 140 ppm gedurende maximaal 2 uur. 4 van de 8 blootgestelde vrijwilligers verlaten de blootstellingskamer tussen 30 en 60 minuten vanwege ondraaglijke irritatie; de overige 4 vrijwilligers verlaten de kamer binnen 2 uur.

Blootstellingen gedurende enkele minuten boven de AEGL-2-waarde worden als ondraaglijk beschouwd. Effecten treden snel na aanvang van de blootstelling op en nemen in relatief geringe mate toe met de blootstellingsduur. Concentraties boven 1000 ppm zullen direct tot hoesten leiden.

Sterfte

De sterfte is berekend met de voor Nederland geldende probitrelatie:

$$Pr = -15,6 + \ln(C^2 * t),$$

waarbij C in mg/m³ en t in minuten.

Hierbij is aangenomen dat deze relatie ook een redelijke schatting geeft voor een 60 seconden blootstelling. De resultaten van de sterfteberekeningen zijn weergegeven in Tabel 10.

Risicobeoordeling

60 seconden blootstelling

De AEGL-2-waarde van 220 ppm is bedoeld voor een blootstellingsduur van 10 minuten. Bij overschrijding van AEGL-2-waarden kunnen effecten optreden die irreversibel zijn of de zelfredzaamheid ernstig kunnen belemmeren. Bij concentraties hoger dan de AEGL-2-waarden zullen klachten van oogirritatie en irritatie van de luchtwegen in toenemende mate optreden. Hoewel irritatie snel na aanvang van de blootstelling zal optreden, kan redelijkerwijs worden aangenomen dat een geringe overschrijding van deze concentratie gedurende maximaal 1 minuut niet direct tot ernstige klachten zal leiden die de zelfredzaamheid zullen belemmeren omdat de AEGL-2-waarde voor een blootstellingstijd van 10 minuten geldt.

Tabel 10 Berekende sterfte per leeftijdscategorie naar blootstellingsduur

10A: 60 seconden blootstelling

Leeftijd	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (220-2700)	Totaal AEGL-3 (> 2700)
	220-500	500- 2700	2700- 5000	5000-10.000	> 10.000		
0-14	0	0	0	0,2	0,9	0	1
15-24	0	0	0	0,1	0,7	0	1
25-39	0	0	0	0,2	1,2	0	1
40-64	0	0	0	0,3	1,6	0	2
> 65	0	0	0	0,1	0,7	0	1
	0	0	0	1	5	0	6

10B: 1600 seconden blootstelling

Leeftijd	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (220-1600)	Totaal AEGL-3 (> 1600)
	220-500	500- 1600	1600- 5000	5000-10.000	>10.000		
0-14	0	0,2	2,0	2,0	2,0	0	6
15-24	0	0,1	1,4	1,4	1,4	0	4
25-39	0	0,2	2,6	2,6	2,6	0	8
40-64	0	0,3	3,5	3,5	3,5	0	10
>65	0	0,1	1,4	1,4	1,4	0	4
	0	1	11	11	11	1	33

Ernstige irritatieklachten zullen bij kortdurende blootstellingen van 60 seconden boven 220 ppm snel optreden. In het onderliggende AEGL-document voor ammoniak wordt beschreven dat irritatieklachten

snel na aanvang van de blootstelling zullen optreden. De ernst van de irritatie bij een maximale blootstelling van 1 minuut zal minder ernstig zijn dan bij een blootstelling van 10 minuten waarvoor de AEGL-2-waarde van 220 ppm is afgeleid. Daarom wordt aangenomen dat bij een blootstelling van 1 minuut vanaf 220 ppm wel irritatie-effecten zullen gaan optreden, maar deze niet direct de zelfredzaamheid zullen belemmeren. Op basis van de gegevens in het AEGL-stofdocument wordt geschat dat vanaf een concentratie van circa 1000 ppm gedurende 1 minuut de zelfredzaamheid zal worden belemmerd.

De inter-individuele variabiliteit in gevoeligheid is bij dit soort van effecten gering. Pragmatisch wordt bij de risicobeoordeling in het kader van interventiewaarden uitgegaan van een factor 2 à 3. Toegepast in de onderhavige context betekent dit dat irritatie van ogen en luchtwegen zal beginnen bij overschrijding van de AEGL-2-waarde van 220 ppm (begin van verminderd vluchtvermogen voor gevoelige groepen) en verwacht wordt dat bij een concentratie van 2 à 3 maal de AEGL-2-waarde (ongeveer 500 ppm) alle blootgestelde personen deze klachten zullen ervaren (verminderd vluchtvermogen voor de gehele blootgestelde populatie). Samenvattend is de verwachting dat er geen irritatieklachten optreden bij een 60 seconden blootstelling aan 220 ppm maar dat iedereen klachten kan ervaren bij 500 ppm. Uitgaande van een glijdende schaal van toenemende respons van 220 tot 500 ppm betekent dit dat binnen de contourgrenzen van 220-500 ppm gemiddeld ongeveer 50 % van de personen irritatieklachten zal ervaren zonder dat dit de zelfredzaamheid ernstig zal belemmeren. De uitkomsten in Tabel 11 geven aan dat het om ongeveer 140 personen (50 % van 286 blootgestelde personen) zal gaan.

In de contourklasse '500-1000 ppm' zullen alle 107 blootgestelde personen in toenemende mate irritatie van ogen en luchtwegen ervaren. Bij blootstelling aan concentraties boven de 1000 ppm zal naar verwachting de zelfredzaamheid worden belemmerd. Indien ook hier wordt uitgegaan van een variabiliteit in gevoeligheid tussen personen van circa een factor 2 à 3 wordt geschat dat bij 2700 ppm (de 10 minuten AEGL-3-waarde) alle blootgestelde personen belemmerd zullen zijn in hun vluchtvermogen (onvermogen tot vluchten voor de gehele groep). Op basis hiervan wordt geschat dat circa 50 % van de personen in de contourklasse van '1000-2700 ppm' ernstig belemmerd zal zijn in hun zelfredzaamheid. Op basis van de berekeningen in Tabel 11 gaat het om ongeveer 28 personen (50 % van de 55 blootgestelde personen).

De te verwachten sterfte is berekend op basis van de gegeven probitrelatie. Sterfte is gedurende de eerste minuut te verwachten bij concentraties boven ongeveer 10.000 ppm. Bij een blootstelling van 1 min is de verwachte sterfte bij concentraties boven de 10.000 ppm 42 % (5/12).

Deze benadering betekent dus wel dat niet-letale letsels en letale letsels separaat worden beoordeeld. Indien de AEGL-3-waarde dicht bij de AEGL-2-waarde ligt, is sterfte uiteraard belangrijker dan de niet-letale letsels.

Tabel 11 geeft een samenvatting van de evaluatie.

Tabel 11 Samenvatting van de risicobeoordeling bij een maximale blootstellingstijd van 60 seconden.

Contourklasse	Aantal blootgestelde personen	Aantal personen met irritatie van ogen en luchtwegen		Aantal personen belemmerd in zelfredzaamheid		Verwachte sterfte	
		%	aantal	%	aantal	%	aantal
220-500 ppm	286	50	143	0	0	0	0
500-1000 ppm	107	100	107	0	0	0	0
1000-2700 ppm	55	100	55	50	28	0	0
2700-10.000 ppm	33	100	33	100	33	3	1*
> 10.000 ppm	12	100	12	100	12	42	5
<i>Totaal</i>	<i>493</i>	<i>71</i>	<i>350</i>	<i>15</i>	<i>73</i>	<i>1</i>	<i>6</i>

* Sterfte binnen deze contourklasse wordt verwacht dicht bij de bovengrens van 10.000 ppm.

1600 seconden blootstelling

Blootstelling gedurende 30 minuten aan concentraties boven 110 ppm wordt als ondraaglijk ervaren. De effecten zullen als gevolg van de langere blootstellingsduur bij lagere concentraties optreden dan bij een blootstelling van 60 seconden. De 30 minuten AEGL-2-waarde is 220 ppm, boven deze waarde zullen blootgestelde personen vanwege de ernst van de oog- en keelirritatie ernstig belemmerd worden in zelfredzaamheid. Uitgaande van een interindividuele variabiliteit van een factor 2 à 3 in gevoeligheid betekent dit dat de zelfredzaamheid zal worden belemmerd in de meest gevoelige personen bij overschrijding van de AEGL-2-waarde van 220 ppm en dat bij een concentratie van 2 à 3 maal de AEGL-2 (ongeveer 500 ppm) alle blootgestelde personen belemmerd zullen zijn in zelfredzaamheid. Dit betekent dat gemiddeld ongeveer 50 % van de personen binnen de contourgrenzen van 220-500 ppm belemmerd zal zijn in zelfredzaamheid. De uitkomsten in Tabel 12 geven aan dat het om ongeveer 140 personen (50 % van 286 blootgestelde personen) zal gaan.

De te verwachten sterfte is berekend op basis van de gegeven probitrelatie; sterfte kan bij een blootstellingsduur van 1600 seconden optreden vanaf circa 1300 ppm.

Tabel 12 geeft een samenvatting van de evaluatie.

Tabel 12 Samenvatting van de risicobeoordeling bij een maximale blootstellingstijd van 1600 seconden

Contourklasse	Aantal blootgestelde personen	Aantal personen met irritatie van ogen en luchtwegen		Aantal personen belemmerd in zelfredzaamheid		Verwachte (sub)acute sterfte	
		%	aantal	%	aantal	%	aantal
220-500 ppm	286	100	286	50	143	0	0
500-1000 ppm	107	100	107	100	107	0	0
1000-1600 ppm	31	100	31	100	31	3	1*
1600-5000 ppm	43	100	43	100	43	25	11
5000-10.000 ppm	14	100	14	100	14	79	11
>10.000 ppm	12	100	12	100	12	92	11
<i>Totaal</i>	<i>493</i>	<i>100</i>	<i>493</i>	<i>71</i>	<i>350</i>	<i>7</i>	<i>34</i>

* Sterfte wordt verwacht dicht bij de bovengrens van 1600 ppm voor deze contourklasse.

3.4.3 Uitwerking van de casus Chloor

De effectevaluatie wordt gebaseerd op de AEGL-waarden voor chloor. De blootstellingstijden van 60 seconden worden geëvalueerd op basis van de 10 minuten AEGL-2- en -3-waarden van respectievelijk 2,8 en 50 ppm. Voor de maximale blootstellingsduur van 60 minuten worden de 60 minuten AEGL-2- en -3-waarden van 2,0 en 20 ppm gebruikt.

Onder de gegeven omstandigheden bereikt de gaswolk zijn maximale omvang (op basis van een minimale concentratie gelijk aan de AEGL-1-waarde van 0,5 ppm) na ongeveer 10 minuten. De gaswolk strekt zich maximaal uit over ongeveer 114 ha; over een oppervlakte van 26,9 ha wordt de 1-uurs AEGL-2-waarde van 2,0 ppm overschreden waarvan over 2,8 ha de 1-uurs AEGL-3-waarde van 20 ppm wordt overschreden. De maximale blootstellingstijd is ongeveer gelijk aan de uitstroomtijd, en bedraagt circa 60 minuten.

Het aantal personen blootgesteld aan concentraties boven de respectieve AEGL-2- en AEGL-3-waarden is geschat op basis van de contouren voor de respectieve AEGL-waarden. Vanwege de grote afstand tussen de AEGL-2-en AEGL-3-waarden (factor 10 à 18) en om een meer gedetailleerde effectevaluatie mogelijk te maken, zijn meerdere contouren bepaald met concentratiestappen van circa 2 à 3. Uit het oogpunt van overzichtelijkheid zijn bij de presentatie van de resultaten contouren samengevoegd.

Tabel 13 geeft een overzicht van het geschatte aantal blootgestelde personen in deze casus.

Effectbeschrijving

Niet-letale effecten

Chloor is een contactirritant waardoor aangenomen kan worden dat de inter-individuele variabiliteit in gevoeligheid gering zal zijn. Chloor is een sterk irriterende en corrosieve stof en werkt bij inademing direct in op het luchtwegepitheel. Chloor kan ook oogirritatie veroorzaken. Uit dierexperimenten blijkt dat chloor bij hoge concentraties kan doordringen tot de diepere luchtwegen. De effecten bij chloorblootstelling kunnen variëren van sensorische irritatie en bronchoconstrictie tot uiteindelijk sterfte als gevolg van longoedeem. Bij lage chloorconcentraties komen de effecten voornamelijk voor in de bovenste luchtwegen. Vanwege de directe inwerking kan worden gesteld dat de inter-individuele variabiliteit in gevoeligheid gering zal zijn. De effecten van chloor zijn eerder gerelateerd aan de blootstellingsconcentratie dan aan de blootstellingsduur.

Tabel 13 Aantal blootgestelde personen naar leeftijd

13A: bij 60 seconden blootstelling

	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (2,8-50)	Totaal AEGL-3 (> 50)
	2,8-7,5	7,5-28	28-50	50-100	>100		
Leeftijd							
0-14	88	38	7	4	4	133	8
15-24	62	27	5	3	3	93	6
25-39	115	49	9	5	6	173	11
40-64	150	65	11	7	7	226	14
> 65	62	27	5	3	3	93	6
	477	206	37	22	23	718	45

13B: 60 minuten blootstelling

	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (2,0-20)	Totaal AEGL-3 (> 20)
	2,0-7,5	7,5-20	20-50	50-100	>100		
Leeftijd							
0-14	146	32	12	4	4	178	21
15-24	102	23	8	3	3	124	14
25-39	190	42	16	5	6	232	27
40-64	249	55	21	7	7	304	35
> 65	102	23	9	3	3	125	15
	789	175	66	22	23	963	112

De AEGL-2-waarde voor chloor is gebaseerd op experimenten waarbij vrijwilligers uit een gevoelige subpopulatie werden blootgesteld aan chloorconcentraties tot 1 ppm gedurende 4 uur. Deze blootstelling gaf geen aanleiding tot effecten op longfunctieparameters in gevoelige personen.

Sterfte

De sterfte is berekend met de voor Nederland geldende probitrelatie:

$$Pr = -6,35 + 0,5 \ln(C^{2,75} * t),$$

waarbij C in mg/m³ en t in minuten.

Hierbij is aangenomen dat deze relatie ook een redelijke schatting geeft voor een blootstelling gedurende 60 seconden. De resultaten van de sterfteberekeningen zijn weergegeven in Tabel 14. Sterfte is gedurende de eerste minuut te verwachten bij concentraties boven de 1000 ppm. Bij een blootstelling van 1 minuut is de verwachte sterfte boven 1000 ppm 100 % (2/2); bij de maximale blootstellingsduur van 60 minuten is de te verwachten sterfte binnen de 300 ppm-contour circa 71 % (5/7); sterfte is dan te verwachten bij concentraties boven 50 ppm.

Tabel 14 Berekende sterfte per leeftijdscategorie naar blootstellingsduur

14A: bij 60 seconden blootstelling

	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (2,0-50)	Totaal AEGL-3 (> 50)
	2,0-28	28-50	50-300	300-1000	>1000		
Leeftijd							
0-14	0	0	0	0,2	0,4	0	1
15-24	0	0	0	0,1	0,3	0	0
25-39	0	0	0	0,2	0,5	0	1
40-64	0	0	0	0,3	0,6	0	1
> 65	0	0	0	0,1	0,3	0	0
	0	0	0	1	2	0	3

14B: bij 60 minuten blootstelling

	Contourklassen (concentraties in ppm)					Totaal AEGL-2 (2,0-20)	Totaal AEGL-3 (> 20)
	2,0-20	20-100	100-300	300-1000	>1000		
Leeftijd							
0-14	0	0,2	0,9	0,6	0,4	0	2,0
15-24	0	0,1	0,7	0,4	0,3	0	1,4
25-39	0	0,2	1,2	0,7	0,5	0	2,6
40-64	0	0,3	1,6	0,9	0,6	0	3,5
> 65	0	0,1	0,7	0,4	0,3	0	1,4
	0	1	5	3	2	0	11

Risicobeoordeling

60 seconden blootstelling

Bij overschrijding van AEGL-2-waarden kunnen effecten optreden die irreversibel zijn of de zelfredzaamheid ernstig kunnen belemmeren. Bij concentraties hoger dan de AEGL-2-waarden zullen klachten van irritatie van de luchtwegen in toenemende mate optreden.

Irritatieklachten zullen bij kortdurende blootstellingen van 60 seconden boven 2,8 ppm snel optreden. De inter-individuele variabiliteit in gevoeligheid is bij dit soort van effecten gering, pragmatisch wordt binnen de risicobeoordeling gekozen voor een factor 2 à 3. Irritatie van de luchtwegen zal beginnen bij overschrijding van de AEGL-2-waarde van 2,8 ppm en verwacht wordt dat bij een concentratie van 2 à 3 maal de AEGL-2-waarde (ongeveer 7,5 ppm) alle blootgestelde personen deze klachten zullen ervaren. Irritatie zal snel na aanvang van de blootstelling optreden. Desondanks kan redelijkerwijs worden aangenomen dat een geringe overschrijding van deze concentratie gedurende maximaal 1 minuut niet direct tot ernstige klachten zal leiden die leiden tot een beperkte zelfredzaamheid; de AEGL-2-waarde van 2,8 ppm is immers bedoeld voor een blootstellingsduur van 10 minuten. Geschat wordt dat vanaf 7,5 ppm de ernst van de irritatie zodanig is dat de zelfredzaamheid bij de meest gevoelige personen zal worden belemmerd, terwijl dit bij ongeveer 15 ppm voor de gehele blootgestelde populatie zal gelden.

Samenvattend is de verwachting dat er geen ernstige irritatieklachten (die de zelfredzaamheid belemmeren) optreden bij 60 seconden blootstelling aan 7,5 ppm, maar dat iedereen klachten kan

ervaren bij 15 ppm. Uitgaande van een glijdende schaal van toenemende respons van 7,5 tot 15 ppm wordt geschat dat circa 50 % van de personen blootgesteld aan 7,5-15 ppm zodanig ernstige irritatieklachten zullen ervaren dat dit de zelfredzaamheid ernstig zal belemmeren. Op basis van de berekeningen in Tabel 15 gaat het om ongeveer 70 personen.

De te verwachten sterfte is berekend op basis van de gegeven probitrelatie. Sterfte kan optreden vanaf circa 300 ppm. Tabel 15 geeft een samenvatting van de evaluatie.

Tabel 15 Samenvatting van de risicobeoordeling bij een maximale blootstellingstijd van 60 seconden

Contourklasse	Aantal blootgestelde personen	Aantal personen met irritatie van ogen en luchtwegen		Aantal personen belemmerd in zelfredzaamheid		Verwachte (sub)acute sterfte	
		%	aantal	%	aantal	%	aantal
2,8-7,5 ppm	477	50	239	0	0	0	0
7,5-15 ppm	139	100	139	50	70	0	0
15-28 ppm	66	100	66	100	66	0	0
28-50 ppm	36	100	36	100	36	0	0
50-100 ppm	23	100	23	100	23	0	0
> 100 ppm	23	100	23	100	23	13	3*
<i>Totaal</i>	<i>764</i>	<i>69</i>	<i>526</i>	<i>29</i>	<i>218</i>	<i>0,4</i>	<i>3</i>

* Sterfte wordt pas verwacht bij concentraties boven 300 ppm.

60 minuten blootstelling

De 60 minuten AEGL-2-waarde voor chloor is 2,0 ppm. Verwacht wordt dat alle blootgestelde personen boven deze concentratie irritatie van de luchtwegen en/of een verminderde longfunctie zullen ervaren die de zelfredzaamheid zal belemmeren. Vanaf 2,0 ppm zullen de meest gevoelige personen ernstig belemmerd zijn in hun zelfredzaamheid terwijl dit, op basis van een inter-individuele variabiliteit in gevoeligheid van een factor 2 à 3, bij 7,5 ppm voor alle blootgestelde personen zal gelden. Op basis hiervan wordt geschat dat circa 50 % van de personen blootgesteld aan 2,0-7,5 ppm ernstige luchtwegklachten zullen ervaren waardoor de zelfredzaamheid ernstig zal worden belemmerd. Op basis van de berekeningen in Tabel 15 gaat het om ongeveer 395 personen.

De te verwachte sterfte is berekend op basis van de gegeven probitrelatie; sterfte bij een blootstellingsduur van 60 minuten kan optreden vanaf circa 50 ppm.

Tabel 16 geeft een samenvatting van de evaluatie.

Tabel 16 Samenvatting van de risicobeoordeling bij een maximale blootstellingstijd van 3600 seconden

Contourklasse	Aantal blootgestelde personen	Aantal personen met irritatie van ogen en luchtwegen		Aantal personen belemmerd in zelfredzaamheid		Verwachte sterfte	
		%	aantal	%	aantal	%	aantal
2,0-7,5 ppm	789	100	789	50	395	0	0
7,5-20 ppm	175	100	175	100	175	0	0
20-100 ppm	89	100	89	100	89	1	1*
100-300 ppm	16	100	16	100	16	31	5
> 300 ppm	7	100	7	100	7	71	5
<i>Totaal</i>	<i>1076</i>	<i>100</i>	<i>1076</i>	<i>70</i>	<i>682</i>	<i>1</i>	<i>11</i>

* Sterfte wordt verwacht bij concentraties boven de 50 ppm.

3.4.4 Conclusies uit de casussen

In dit hoofdstuk is het vermogen tot zelfredding (vluchtvermogen) in geval van een chemisch incident geëvalueerd op basis van AEGL-waarden. Er is gekozen om uit te gaan van AEGL-waarden in plaats van de huidige Nederlandse Rampeninterventiewaarden vanwege een aantal redenen. De AEGL-waarden worden afgeleid na beoordeling van alle primaire literatuur, waarna op kwantitatieve wijze tot vaststelling van de waarden in twee significante cijfers en voor meerdere blootstellingstijden wordt gekomen. Vanwege deze redenen en omdat in Nederland vanaf 2008 zal worden overgestapt op de AEGL-systematiek zijn de AEGL-waarden beter geschikt voor het onderhavige doel.

Het vermogen tot zelfredding is gedetailleerd uitgewerkt voor twee casussen, ammoniak en chloor. Het uitgangspunt voor deze evaluatie is de AEGL-2-waarde (vergelijkbaar met de AGW). Wel moet hierbij worden bedacht dat de AEGL-2-waarde en de AGW niet alleen gericht kunnen zijn op verminderd vluchtvermogen (zelfredzaamheid), maar ook op het vóórkomen van irreversibele effecten. In het laatste geval is de AGW of AEGL-2 niet geschikt als startpunt voor evaluatie van de zelfredzaamheid.

Een belangrijke vraag die binnen de context van dit onderzoek niet kan worden beantwoord is of de verwachte sterfte in de samenvattende Tabellen 11, 12, 15 en 16 additioneel is ten opzichte van het aantal dat belemmerd is in zelfredzaamheid, of dat de sterfte juist onder deze personen zal plaatsvinden. Dit hangt van een aantal factoren af, bijvoorbeeld of er eenzelfde werkingsmechanisme ten grondslag ligt aan de AEGL-2-eindpunten en aan sterfte en/of dat dezelfde personen extra gevoelig zijn voor het AEGL-2-eindpunt en sterfte. Dit aspect dient in een vervolgonderzoek nader te worden beschouwd.

Het werken met vaste effectafstanden is niet toepasbaar gebleken omdat de vorm van de gaswolk afhankelijk is van de gekozen klimatologische condities en lokale omstandigheden en meestal asymmetrische van vorm zal zijn. Én omdat de verhouding tussen AEGL-2- en -3-waarde sterk variabel is. Daarom is gekozen te werken met concentratiecontouren en de bijbehorende grondoppervlakten om een inschatting te maken van het absolute aantal te verwachten slachtoffers. Voor een inschatting van de incidentie in percentages is deze indeling niet noodzakelijk.

Puntsgewijs is de gevolgde procedure in de beide casussen als volgt geweest:

- Voor de evaluatie van zelfredzaamheid is de AEGL-2-waarde het startpunt; deze wordt beschouwd als ‘veilige’ concentratie waarbij de zelfredzaamheid niet belemmerd is. Boven deze concentratie zullen de meest gevoelige personen in enige mate belemmerd worden in zelfredzaamheid. Zowel het aantal individuen dat belemmerd wordt als de mate van ernst hiervan nemen toe boven deze waarde.
- Afhankelijk van de aard van het effect wordt deze waarde vermenigvuldigd met een standaardfactor 3 of 10 (voor de inter-individuele variabiliteit (zie hierna)) om de concentratie te schatten waarbij alle blootgestelde personen belemmerd zullen worden in zelfredzaamheid. (De toepassing van een factor 3 of 10 hangt af van de aard van het effect en het werkingsmechanisme. Hiervoor kunnen verdere richtlijnen worden opgesteld).
- In deze casussen is geschat dat binnen de contourgrenzen van de AEGL-2-waarde en 3 (of 10) maal de AEGL-2-waarde 50 % van de bevolking zodanig belemmerd zal worden in zelfredzaamheid dat een vorm van hulp nodig is. Boven de concentratie van 3 (of 10) maal de AEGL-2-waarde zullen alle blootgestelde personen belemmerd zijn in zelfredding.

De systematiek op basis van AEGL's is redelijk grofmazig. De AEGL-2-waarde kan zowel gebaseerd zijn op humane gegevens als op dierexperimentele gegevens. Uitgangspunt is dat de AEGL bedoeld is om ook de gevoelige personen tegen de voor AEGL gedefinieerde effecten te beschermen. Veelal ontbreken de gegevens om een goed inzicht te krijgen in de variabiliteit in gevoeligheid tussen individuen. Van geval tot geval wordt bekeken welke extrapolatiefactor moet worden gebruikt om voor deze verschillen in gevoeligheid te verdisconteren. Bij het vaststellen van AEGL-waarden varieert deze factor van 1 tot 10. Een factor 1 wordt gebruikt als gegevens verkregen bij de gevoelige subpopulatie als startpunt kunnen worden gebruikt. Zijn deze gegevens niet voorhanden dan wordt in het algemeen een factor 3 toegepast wanneer het om effecten op de luchtwegen van direct werkende stoffen gaat. Vanwege de aard en het werkingsmechanisme (acute primaire irritatie) zullen de verschillen tussen individuen dan relatief gering zijn. Als het gaat om toxische effecten waarvoor de stof eerst opgenomen moet zijn in de systemische circulatie wordt veelal een factor 10 voor de inter-individuele verschillen toegepast. De keuze van de uiteindelijke factor wordt getoetst aan de hand van de voorhanden zijnde gegevens. Geven de gegevens daartoe aanleiding dan zal worden afgeweken van deze standaardprocedure. Aangezien zowel ammoniak als chloor direct inwerken op de luchtwegen is in beide casussen uitgegaan van een factor 3 om te verdisconteren voor de inter-individuele verschillen in gevoeligheid. Uitgaande van deze systematiek geeft vermenigvuldiging van de AEGL-2-waarde met deze factor de concentratie waarboven wordt verwacht dat alle blootgestelde personen belemmerd zullen worden in zelfredding. Wel wordt hierbij opgemerkt dat wanneer de blootstelling veel korter is dan die waarvoor de AEGL-2-waarde is afgeleid, de beoordeling een (te) hoog aantal belemmerden kan opleveren ten opzichte van de werkelijke blootstelling. In de beide casussen is bij evaluatie van de 60 seconden blootstellingen op basis van een 10 minuten AEGL-2-waarde een extra aanpassing gemaakt (zie voor details hier voor). In beide casussen is geschat dat bij overschrijding van de 10 minuten AEGL-2-waarde gedurende 60 seconden weliswaar direct irritatieklachten kunnen optreden, maar dat deze (nog) niet tot belemmering van de zelfredzaamheid zullen leiden. Pas bij een hogere concentratie worden de klachten dermate ernstig dat belemmering van de zelfredzaamheid een rol gaat spelen. In het geval van de ammoniakcasus gaf het stofdocument aanwijzingen dat dit bij ongeveer 1000 ppm het geval zou zijn. In de chloorcasus gaf het stofdocument hiervoor geen richting en is als default verondersteld dat dit een rol gaat spelen bij een concentratie die circa een factor 3 boven de 10 minuten AEGL-2-waarde ligt. Voor de toepassing van een dergelijke systematiek in de praktijk op lokaal niveau zou hiervoor een defaultaanpassing nodig zijn (zie hoofdstuk 7).

Voor de uitgewerkte casussen is de geschetste systematiek toepasbaar. In hoeverre dit een realistische inschatting geeft, kan alleen via gezondheidsonderzoek na een ramp worden geschat. Chloor en ammoniak zijn stoffen met een vergelijkbare toxiciteit wat betreft de aard van de effecten (luchtwegen).

Het verdient aanbeveling de gehanteerde systematiek verder uit te werken voor andere typen van effecten. Hierbij verdienen de volgende punten aandacht:

- De systematiek kan verder worden uitgewerkt op het niveau van AEGL-2-eindpunten. De klasse-indeling kan worden gedaan op de aard en ernst van het effect waarop de AEGL-2-waarde is gebaseerd. Dit zal mede de keuze van de factor 3 of 10 voor inter-individuele variabiliteit bepalen. Ook dient onderscheid te worden gemaakt in AEGL-2-waarden die gebaseerd zijn op irreversibele effecten en op effecten die de zelfredzaamheid belemmeren.
- Op basis van het onderliggende stofdocument kan worden beschouwd of andere (irreversibele) effecten op kunnen treden binnen de AEGL-2-contour en voordat sterfte optreedt. Dit zal waarschijnlijk stofspecifiek moeten worden beschouwd.
- Is het aantal te verwachten sterfgevallen additioneel aan het aantal personen met belemmerde zelfredzaamheid of juist een onderdeel van deze groep?
- Verdere uitwerking van de ernst van te verwachten effecten gerelateerd aan zelfredzaamheid, bijvoorbeeld:
 - Zijn andere ernstige effecten te verwachten tussen AEGL-2- en -3-contour?
 - Leidt het effect op zichzelf tot irreversibele gezondheidsschade of sterfte?
 - Toxisch eindpunt: verminderd vluchtvermogen of irreversibele effecten of hulpbehoefte?
- Is 3 maal de AEGL-2-waarde of 10 maal de AEGL-2-waarde (concentratiebereik waarbinnen de incidentie voor belemmerde zelfredding van 0 naar 100 % gaat) groter dan AEGL-3? En veel belangrijker: wat doe je dan?

Het uiteindelijke doel is stoffen te kunnen indelen in een beperkt aantal klassen op basis waarvan in het geval van een incident snel de contouren waarbinnen de zelfredzaamheid zal worden belemmerd kunnen worden bepaald. Op basis hiervan kan de incidentie van het aantal personen met belemmerd vluchtvermogen worden geschat.

3.5 Toepasbaarheid van het Rampeninterventiewaardensysteem

Hieronder worden enkele voor- en nadelen van het gebruik van interventiewaarden weergegeven ten behoeve van een systematiek die bruikbaar is voor het lokaal niveau.

Voordelen

- Rampeninterventiewaarden zijn publiekelijk beschikbaar.
- Eindpunten waarop de waarden zijn gebaseerd worden in de Nederlandse en AEGL-publicaties gegeven.
- Een handleiding hoe deze waarden in een simpel systeem op lokaal niveau gebruikt kunnen worden is te ontwikkelen.

Nadelen

- De 'Dosis-responsrelatie' is niet altijd duidelijk – daardoor is er onzekerheid over een uitspraak over de toename in respons en ernst van het effect in relatie tot de concentratie.
- De berekeningen op basis van interventiewaarden of AEGL-waarden leveren een grofmazig systeem.
- Meerdere effecten kunnen een rol spelen tussen het niveau van AEGL-2-en AEGL-3-waarden. Als dit het geval is, is de situatie veel complexer.
- De AEGL's geven drempels aan waarboven de mate van ernst van de effecten alsmede het aantal individuen met effecten toenemen. Er is dus nog een extra slag nodig om te komen tot schattingen van het aantal mensen dat hulp nodig heeft.
- Hoewel het systeem simpel kan zijn, blijft de materie complex: te snelle conclusies op basis van eerste berekeningen liggen op de loer en kunnen grote consequenties hebben.

4 Inschatting hulpverlening door middel van triage

4.1 Achtergrond

Om bij ongevallen en calamiteiten met slachtoffers de medische hulpbehoefte te bepalen, wordt op het rampterrein en bij de medische behandelposten (waaronder ziekenhuizen), triage toegepast. Dit is van belang bij een groot aantal slachtoffers en bij die calamiteiten waarbij de (specifieke) medische hulpbehoefte in eerste instantie groter is dan de mogelijke behandelcapaciteit. Triage is het proces waarbij de slachtoffers op grond van de waargenomen ernst en de medische kennis ten aanzien van het verdere beloop van hun letsel/ziektebeeld, in verschillende hulpbehoeftecategorieën worden ingedeeld. Op het rampterrein heeft dit de functie van het zo spoedig mogelijk in kaart brengen van die slachtoffers die onmiddellijke hulp nodig hebben (veelal om vitale functies te stabiliseren), de meest geëigende verdere medische behandellocatie te bepalen en deze categorie slachtoffers voorrang te geven bij eventuele behandeling ter plaatse en het (ambulance)vervoer.

De algemeen gebruikelijke indeling in de verschillende categorieën slachtoffers is de volgende:

- T1 Noodzaak tot onmiddellijke medische hulp en verdere behandeling voor personen die in een levensbedreigende situatie verkeren. Blijft deze hulp uit dan is het risico op overlijden op korte termijn groot.
- T2 Noodzaak tot medische behandeling (in ziekenhuis), maar geen acute levensbedreigende situatie. Wel zal behandeling binnen zes uur moeten kunnen plaatsvinden teneinde verdere complicaties te voorkomen of te beperken in ernst.
- T3 Noodzaak tot medische behandeling, maar deze hulp kan door huisarts of EHBO'er worden geboden.
- Sterfte Bij zeer grote rampen kan er een categorie slachtoffers zijn (de meest ernstige T1-slachtoffers), die gegeven de omstandigheden (ernst van het letsel versus medische behandelcapaciteit), geen kansen hebben tot overleving. Dit behelst ook die slachtoffers die vrijwel direct overlijden tijdens het incident. Bij dergelijk grote rampen worden juist diegenen met de beste overlevingskansen het eerste geholpen (als eerste de behandelbare T1-slachtoffers, dan T2, dan T3).

Om triage adequaat te kunnen uitvoeren is een goede medische kennis onontbeerlijk. Naast het correct kunnen beoordelen van de actuele ernst van het ziektebeeld/trauma/vergiftiging en de onmiddellijke behandelingsbehoefte, is het essentieel een goed beeld te hebben van het beloop van deze aandoeningen in de tijd. Zo snel als mogelijk, gegeven de omstandigheden, wordt triage dan ook uitgevoerd door de hierin meest ervaren medicus.

Per definitie is triage een proces dat in werking treedt als het ongeval of de ramp al heeft plaatsgevonden. Het is echter zeer goed voorstelbaar dat het principe van triage – feitelijk het sorteren van slachtoffers in categorieën van ernst – toegepast wordt bij het preventief in kaart brengen van de mogelijke hulp- en hospitalisatiebehoefte mocht zich ooit een ramp voordoen.

In deze exercitie wordt dat gedaan op basis van een specifiek scenario van een ramp met blootstelling van personen aan ammoniak en chloor, waarbij de aanname geldt dat er uitsluitend toxische letsels zijn en geen mechanische traumata.

Gevraagd is een dergelijke hulp- en hospitalisatie-inventarisatie te maken op grond van de klinisch toxicologische gegevens, die aanwezig zijn bij het Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC).

4.2 Gegevens in de TIK-database

De bij het NVIC aanwezige klinisch toxicologische gegevens zijn opgenomen in de zogenaamde Toxicologische Informatie- en Kennisbank (TIK) en tevens te raadplegen via de webapplicatie vergiftigingen.informatie. Dit systeem bestaat uit een verbindingendatabase met door wetenschappelijk onderzoekers, medisch specialisten en klinisch toxicologen, samengestelde stofmonografieën en een hieraan gekoppelde productendatabase, waarin de samenstelling van duizenden producten is opgenomen. Voor het opstellen van de stofmonografieën is gebruikgemaakt van de beschikbare internationale literatuur, waarbij het accent sterk ligt op de humane blootstelling. Per chemische verbinding zijn op basis van de beschikbare gegevens dosis-effectrelaties opgesteld, teneinde op basis hiervan de ernst van de vergiftiging te bepalen.

Voor de inname van stoffen via de mond zijn in dit systeem drie grenswaardenniveaus opgesteld die bij overschrijding het onderscheid aangeven tussen respectievelijk nog geen, een lichte, een matig-ernstige en een levensbedreigende vergiftiging.

Voor inhalatoire blootstellingen worden tabellen gepresenteerd, waarin per blootstellingsniveau (meestal in ranges uitgedrukt in mg/m^3 en ppm) en tijdseenheid, de hierbij gerapporteerde klinische effecten beschreven worden. Dit kunnen dus meer dan drie niveaus zijn, waarbij de ernst direct duidelijk is uit de beschreven symptomatologie. Hiervoor is bewust gekozen om per blootstellingsniveau en -duur een zo goed mogelijke indruk van het klinische beeld te geven. Deze dosis-effectrelaties zijn een samenvatting van de internationale klinisch toxicologische literatuur en grotendeels afkomstig uit humane casuïstiek en/of studies. Ten behoeve van deze exercitie zijn aldus de dosis-effectrelaties van ammoniak en chloor, zoals deze door het NVIC gebruikt worden, opgenomen.

4.3 Interpretatie van gegevens

Een algemeen erkend probleem bij vergiftigingen door inhalatie, is het ontbreken van goede gegevens over de hoogte en de duur van de blootstelling, zeker naarmate de blootstelling hoger is. Om deze reden worden binnen de klinische toxicologie ten aanzien van dosis-effectrelaties veelal ranges aangehouden in plaats van exacte waarden.

In de praktijk van de klinische toxicologie is het ontbreken van exacte blootstellingsgegevens niet zo'n probleem, omdat op grond van het actuele klinisch beeld van de patiënt en het te verwachten beloop in de tijd, een adequate triage en behandeling kan plaatsvinden. Het klinisch beeld is hier duidelijk leidend en informatie over de stof waaraan blootstelling heeft plaatsgevonden, ontbreekt vaak nog. Meetgegevens over de duur en hoogte van de blootstelling zijn secundair (en in de praktijk vaak niet voorhanden, zeker niet in de beginfase van een calamiteit).

In geval van het gebruik van triage om in de preventiefase van een ramp een schatting te maken van de ernst van intoxicaties en daarmee van de hulp- en hospitalisatiebehoefte, is een specifiek scenario noodzakelijk. Randvoorwaarde dan is dat de stof waaraan blootstelling heeft plaatsgevonden bekend is en dat er gegevens over dosis-effectrelaties voorhanden zijn.

In een dergelijk scenario wordt geen rekening gehouden met patiënten met bijvoorbeeld COPD of allergisch astmatische aandoeningen, waarbij prikkeling van de luchtwegen door wat voor oorzaak dan ook – in deze exercitie door blootstelling aan ammoniak en chloor –, ongeacht de hoogte van de blootstelling, aanleiding kan geven tot een astmatische reactie. Dat deze categorie patiënten uiteraard ook een medische hulpbehoefte kan hebben, is duidelijk.

4.4 Casussen

4.4.1 Uitwerking van de casus Ammoniak

De dosis-effectrelaties ten aanzien van ammoniak (bron: NVIC) zijn als volgt:

Concentratie (ppm)	Effecten
100	Milde irritatie ogen en neus (uren)
100-300	Bij blootstelling gedurende circa 1 uur: irritatieklachten ogen, neus, keel, luchtwegen
300-500	Bij blootstelling gedurende circa 30 minuten: irritatieklachten ogen, neus, keel, luchtwegen
400-700	Onmiddellijke irritatie van ogen, neus, keel en luchtwegen
1000	Idem plus zwelling conjunctivae en andere slijmvliezen, dyspnoe, cyanose
1700	Idem met laryngospasmen, binnen enkele uren glottisoedeem
2500-4000	Potentieel letaal binnen 30 minuten
5000-10.000	Binnen zeer korte tijd letaal, meestal acute ademstilstand

Indien deze dosis-effectrelaties naast het voor deze exercitie gegeven ammoniakscenario worden gelegd, betekent dit ten aanzien van de hulp- en hospitalisatiebehoefte het volgende.

Het eerste scenario betreft de blootstelling van personen gedurende 60 seconden aan waarden in de volgende contourklassen:

220 – 500 ppm	286 personen
500 – 1.000 ppm	107 personen
1.000 – 2.700 ppm	55 personen
2.700 – 10.000 ppm	33 personen
> 10.000 ppm	12 personen

Sterfte

Het risico op snelle sterfte (binnen minuten) is groot bij blootstellingen boven 5000 ppm. Gegeven het feit dat het altijd tijd kost voor hulpverleners daadwerkelijk ter plekke zijn, zou het worstcasescenario in dit geval betekenen dat de 12 personen met een blootstelling boven 10.000 ppm kunnen komen te overlijden. Daarnaast zullen hier slachtoffers bij kunnen komen die de hoogste blootstellingen hebben in de contourklasse 2700-10.000 ppm (groep van 33 personen in totaal, mogelijk nog 15 sterftegevallen?). Daarmee komt de totale sterfte op circa 27 personen.

Triageklasse T1 (levensbedreigend, snelle stabilisatie ter plekke, waaronder intubatie, en vervoer naar ziekenhuis (intensive care) nodig).

Blootstellingen gedurende 60 seconden in contourklasse 2.700 – 10.000 ppm, dienen als levensbedreigend te worden beschouwd, waarbij dus snelle stabilisatie (waaronder intubatie) en vervoer naar intensive care afdelingen van ziekenhuizen noodzakelijk is. In dit scenario betreft dit een groep van 33 personen. Verwacht mag worden dat een aantal patiënten met de hoogste blootstelling (aantal hier niet gedefinieerd, maar zoals bovenvermeld uitgegaan van 15 personen) snel overlijden en dat hulp voor hen te laat zal zijn.

Redelijkerwijs kan ervan uitgegaan worden dat ook nog een paar personen in de blootstellingsgroep 1000 tot 2700 ppm tot deze categorie zullen behoren, namelijk diegenen met de hoogste blootstelling een ernstiger ziektebeeld ontwikkelen (aanname van 5 personen).

In totaal zouden hiermee dus 23 (18 + 5) personen in klasse T1 worden gerubriceerd.

Triageklasse T2 (medische hulp in ziekenhuis is noodzakelijk, maar het ambulancevervoer kan met enige uren uitgesteld worden).

Blootstelling van personen gedurende 60 seconden aan concentraties van 1000 tot 2700 ppm, zal aanleiding geven tot onmiddellijke irritatie van de slijmvliezen van ogen, neus, keel en luchtwegen. Hoewel de blootstelling kortdurend is, moet toch bij die personen met de hoogste blootstellingen rekening worden gehouden met het ontstaan van ernstige progressie van de vergiftiging in het verloop van de tijd (aannahme zoals bovenvermeld van 5 personen extra die in klasse T1 terecht komen). Bij de overige personen, nog 50 in getal, moet men bedacht zijn op zwelling van de slijmvliezen, waaronder die van de luchtwegen, in de komende uren. Medische controle is daarom noodzakelijk.

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat alle overlevenden met een blootstelling aan concentraties hoger dan 1000 ppm voor nadere behandeling naar het ziekenhuis vervoerd zullen moeten worden. In dit voorbeeld zijn dat dus de 23 patiënten uit categorie T1 plus de 50 personen uit categorie T2, totaal 73 personen.

Triageklasse T3

Personen die gedurende 60 seconden zijn blootgesteld aan concentraties lager dan 1000 ppm, zullen voor het overgrote deel wel (in wat meer of mindere mate) klachten hebben van irritatie van de slijmvliezen van ogen, neus, keel en luchtwegen. Echter, bij het beëindigen van de blootstelling, is de verwachting dat deze klachten snel in ernst verminderen en verdwijnen. Medische zorg in een ziekenhuis zal niet nodig zijn, verwijzing naar de reguliere zorg, bijvoorbeeld een huisarts volstaat vaak. In dit scenario gaat dat dan om in totaal 393 (286 + 107) personen.

Een uitzondering vormen mogelijk diegenen met allergische longaandoeningen. Iedere prikkel kan dan een allergische astmatische reactie uitlokken. Hoewel de meeste van deze klachten ook snel te couperen zullen zijn met de eigen gebruikelijke medicatie van de betreffende patiënt (bijvoorbeeld diens vernevelaar), zou het kunnen dat een enkeling uit deze groep nadere medische hulp nodig heeft.

Het tweede scenario betreft de blootstelling van personen gedurende 1600 seconden (26 minuten) aan waarden in de volgende contourklassen:

220 – 500 ppm	286 personen
500 – 1.000 ppm	107 personen
1.000 – 1.600 ppm	31 personen
1.600 – 5.000 ppm	43 personen
5.000 – 10.000 ppm	14 personen
> 10.000 ppm	12 personen

Sterfte

Het risico op sterfte is groot bij alle personen die een blootstelling gedurende 26 minuten hebben aan concentraties boven de 2500 ppm. Volgens het bovenstaande scenario geldt dit risico dan zeker voor diegenen die in de twee hoogste contourklassen vallen, in totaal dus 26 personen.

Van de 43 personen met blootstelling gedurende 26 minuten aan concentraties tussen 1600 en 5000 ppm, valt eveneens te verwachten dat bij diegenen met de hogere blootstellingen (vanaf 2500 ppm), hulp te laat kan komen en zij ter plekke kunnen overlijden. Indien dit aantal op 50 % in deze groep wordt geschat, dan komen hier ongeveer 22 personen bij. De totale onmiddellijke sterfte zou dan neerkomen op 48 personen.

Triageklasse T1

Voor de overlevenden in de blootstellingsgroep 1600-5000 ppm, nu volgens bovenstaande gesteld op 21 personen, is snelle intubatie noodzakelijk vanwege het risico op glottis- en larynxoedeem. Zij dienen met spoed naar een intensive care faciliteit te worden vervoerd. Te verwachten valt dat hier personen bijkomen uit de groep met de blootstellingscontourklasse 1000-1600 ppm, stel 15 personen. Het totale aantal personen in deze categorie komt dan op 36 personen.

Triageklasse T2

Van de 31 personen met een blootstelling van 26 minuten in contourklasse 1000-1600 ppm zijn volgens bovenstaande 15 patiënten ingedeeld in categorie T1. Van de overige 16 personen kan verwacht worden dat zij in verloop van uren toenemende zwelling van de slijmvliezen ontwikkelen met kortademigheid en bemoeilijkte ademhaling. Verdere medische behandeling is hier geïndiceerd, maar bij diegenen met aanvankelijk geringere klachten kan het ambulancevervoer worden uitgesteld. Te verwachten valt dat in deze T2-klasse nog een aantal personen komen uit de categorie met de blootstellingen van 500-1000 ppm, namelijk diegenen met de hoogste blootstellingen. Als dit nog een derde van de mensen uit deze groep zou zijn (36 personen van de 107), komt het totaal aantal personen in klasse T2 op 52 (16 + 36).

Triageklasse T3

Voor de 286 personen met de laagste blootstelling (220-550 ppm) worden in het algemeen geen ernstige letsels verwacht. Hoewel zij zeker irritatieklachten van ogen, neus, keel en luchtwegen zullen krijgen, zullen deze klachten bij het overgrote deel van deze personen, snel verminderen na het beëindigen van de blootstelling. Verwacht wordt dat indien zij al medische hulp nodig hebben, dit vooral ter plekke of door de huisarts gegeven zal kunnen worden. Voor diegenen met een astmatische constitutie geldt hetzelfde als vermeld bij het eerste scenario.

4.4.2 Uitwerking van de casus Chloor

De dosis-effectrelaties ten aanzien van chloor (bron: NVIC) zijn als volgt:

Concentratie (ppm)	Effecten
> 0,2	Milde irritatie ogen, neus en keel kan optreden
1	Irritatie van ogen, neus, keel, luchtwegen met prikkelhoest
1-3	Idem, wel verdraagbaar gedurende circa 1 uur
3-15	Heviger irritatie van slijmvliezen: brandende ogen, blepharospasmen, rode ogen, tranen. Prikkelhoest, vaak hoofdpijn
30	Onmiddellijk hoesten, pijn op de borst, dyspnoe
40-60	Toxische pneumonitis, longoedeem
450	Binnen circa 30 minuten letaal
1000	Binnen zeer korte tijd letaal (minuten)

Het eerste scenario betreft de blootstelling van personen gedurende 60 seconden aan waarden in de volgende contourklassen:

2,8 – 7,5 ppm	477 personen
7,5 – 28 ppm	206 personen
28 – 50 ppm	37 personen
50 – 100 ppm	22 personen
> 100 ppm	23 personen

Sterfte

Het risico op snelle sterfte (binnen minuten) is groot bij blootstellingen boven 1000 ppm. In dit gegeven scenario zou het kunnen dat personen in de hoogste blootstellingscontourklasse, die boven 100 ppm, dus een dergelijke blootstelling hebben. In het worstcasescenario hebben zij allen een blootstelling > 1000 ppm, waarmee snel overlijden dus bij 23 personen voor zou kunnen komen. Redelijker is aan te nemen dat dit niet het geval zal zijn en dat snel overlijden feitelijk helemaal niet, dan wel bij een paar personen het geval kan zijn, namelijk zij die direct naast de bron vertoeften.

Triageklasse T1 (levensbedreigend, snelle stabilisatie ter plekke, waaronder intubatie, en vervoer naar ziekenhuis (intensive care) nodig).

Blootstellingen gedurende 60 seconden aan waarden boven 30-40 ppm geven direct aanleiding tot hevige irritatieklachten van de slijmvliezen van ogen, neus, keel en luchtwegen, gepaard gaande met prikkelhoest en kortademigheid. Gezien het risico op het ontwikkelen van een pneumonitis en longoedeem is observatie dan wel behandeling in een ziekenhuis gewenst.

Uitgaande van een worstcasescenario zouden allen met de hoogste blootstelling in klasse T1 kunnen komen (23 personen), plus circa 50 % uit de blootstellingsklasse 50-100 ppm, dus in totaal 34 personen.

Triageklasse T2 (medische hulp in ziekenhuis is noodzakelijk, maar het ambulancevervoer kan met enige uren uitgesteld worden).

Volgens bovenstaande zouden dan 48 patiënten zich in deze categorie bevinden. Het is redelijk te veronderstellen dat hier nog een aantal patiënten bijkomt met de hoogste blootstelling uit de contourklasse 7,5-28 ppm. Indien dit aantal op 20 % wordt gesteld, komen er dus nog ongeveer 40 personen bij, totaal 88 patiënten.

Triageklasse T3

Vrijwel alle overige personen zullen (in meer of mindere mate) klachten hebben van irritatie van de slijmvliezen van ogen, neus, keel en luchtwegen. Echter, bij het beëindigen van deze korte blootstelling van 60 seconden, is de verwachting dat deze klachten snel in ernst verminderen en verdwijnen. Verdere medische hulp in een ziekenhuis of bij een huisarts zal veelal niet nodig zijn.

Een uitzondering vormen mogelijk diegenen met allergische longaandoeningen. Iedere prikkel kan dan een allergische astmatische reactie uitlokken. Hoewel de meeste van deze klachten ook snel te couperen zullen zijn met de eigen gebruikelijke medicatie van de betreffende patiënt (bijvoorbeeld diens vernevelaar), zou het kunnen dat een enkeling uit deze groep nadere medische hulp nodig heeft.

Het tweede scenario betreft de blootstelling van personen gedurende 3600 seconden (1 uur) aan waarden in de volgende contourklassen:

2,0 – 7,5 ppm	789 personen
7,5 – 20 ppm	175 personen
20 – 50 ppm	66 personen
50 – 100 ppm	22 personen
> 100 ppm	23 personen

Sterfte

Blootstelling gedurende een uur aan concentraties boven 30/40 ppm kan beschouwd worden als levensbedreigend gezien het zich ontwikkelen van glottis- en larynxoedeem alsmede longoedeem. In een worst case scenario zouden dan alle personen met blootstelling in de twee hoogste contourklassen (dus boven 50 ppm) ter plekke al kunnen komen te overlijden, in totaal 45 personen. Mogelijk komen hier nog een paar personen bij met de hoogste blootstelling uit de contourklasse 20-50 ppm, stel 5 personen. Totaal dus 50 personen.

Triageklasse T1 (levensbedreigend, snelle stabilisatie ter plekke, waaronder intubatie, en vervoer naar ziekenhuis (intensive care) nodig).

Volgens bovenstaande zullen de meeste overige personen met blootstellingen tussen de 20-50 ppm ernstige klachten hebben. Nader onderzoek en behandeling in een ziekenhuis zijn gewenst. Dit zou dus neer kunnen komen op 61 personen. Een aantal personen met blootstellingen rond de 20 ppm zal mogelijk iets minder acute klachten hebben. Gesteld dat dit om 10 personen gaat, dan zouden in totaal 51 personen in klasse T1 vallen.

Triageklasse T2 (medische hulp in ziekenhuis is noodzakelijk, maar het ambulancevervoer kan met enige uren uitgesteld worden).

Voor diegenen met blootstellingen rond de 20 ppm lijkt ziekenhuisobservatie raadzaam. Dit betreft dan nog de bovengenoemde 10 personen uit de klasse 20-50 ppm en mogelijk nog eens 50 personen van de 7,5-20 ppm groep. In totaal gaat het hier dan om 60 personen.

Triageklasse T3

Vrijwel alle overige personen zullen (in meer of mindere mate) klachten hebben van irritatie van de slijmvliezen van ogen, neus, keel en luchtwegen. Echter, de verwachting is dat voor de meeste personen ziekenhuisopname niet noodzakelijk is en dat zij door lokale hulpverleners (GGD, huisartsen) behandeld kunnen worden.

Een uitzondering vormen mogelijk diegenen met allergische longaandoeningen. Iedere prikkel kan dan een allergische astmatische reactie uitlokken. Hoewel de meeste van deze klachten ook snel te couperen zullen zijn met de eigen gebruikelijke medicatie van de betreffende patiënt (bijvoorbeeld diens vernevelaar), zou het kunnen dat een enkeling uit deze groep nadere medische hulp nodig heeft.

4.5 Conclusies uit de casussen

Het toepassen van de triagemethodiek zoals uitgevoerd in deze casussen, heeft als duidelijk voordeel dat – gebaseerd op het klinisch beeld van de patiënt – de aard van de hulpbehoefte snel duidelijk is. Duidelijk wordt welke behandeling en zorg vereist is, en waar deze het beste plaats kan vinden, bijvoorbeeld op een intensive care, bij een huisarts, of lokaal door een EHBO'er. Voor de noodzaak tot en mate van opschaling van de medische hulpbehoefte is dit essentieel.

Vanzelfsprekend is het van belang dat de individuele patiënt de meest geëigende behandeling ontvangt. Daarnaast echter is het van belang dat de totale kosten voor de gezondheidszorg 'bewaakt' worden. De methodiek van triage biedt hier goede mogelijkheden toe. Vanuit vergiftigingen centra is men gewend patiënten met chemische letsels te triëren en als zodanig is dit dan ook een natuurlijk proces.

Zoals eerder gesteld dienen de resultaten in het kader van het 'preventief' toepassen van triage met enige omzichtigheid te worden gehanteerd. Het proces is immers uitermate scenarioafhankelijk en zoals ook blijkt uit de uitgewerkte casussen, is het noodzakelijk om af en toe verdere aannames te doen. Een andere aanname leidt direct tot een andere uitkomst. Concluderend is het raadzaam niet te varen op het specifieke getal, maar op de orde van grootte.

4.6 Toepasbaarheid van triagesystematiek

Volgend op het voorgaande worden hieronder worden enkele voor- en nadelen van het gebruik van de triagesystematiek voor preventieve doeleinden geformuleerd.

Voordelen

- Het gebruik van de triagesystematiek voor het preventief inschatten van de hulp- en hospitalisatiebehoefte maakt direct duidelijk welke behandeling en zorg vereist is en welke ziekenhuisbedcapaciteit noodzakelijk is. Toepassing van dit systeem levert een directe vertaling van het incident naar de medische hulpvraag en daarmee naar de mate van benodigde opschaling en de haalbaarheid daarvan met de lokale hulpcapaciteit.
- De gebruikte dosis-effectrelaties zijn grotendeels afkomstig uit humane studies en casuïstiek.
- De triagemethodiek op zich is niet nieuw en is goed bekend in de medische wereld.

Nadelen

- Het nadeel ten aanzien van een brede toepasbaarheid is, dat medische kennis vereist is met goed inzicht in het beloop van het ziektebeeld in de tijd. Voor toepassing bij incidenten met chemische stoffen geldt dat klinisch toxicologische kennis is vereist. De methodiek is niet door iedereen toepasbaar.
- Hoewel de gegevens betreffende dosis-effectrelaties toegankelijk zijn in de internationale literatuur, zijn de gegevens in de NVIC-TIK database alleen beschikbaar voor (medische) professionals.
- Gegevens op basis van casuïstiek hebben soms beperkte betrouwbaarheid ten aanzien van kwantitatieve dosis-responsinformatie
- Voorzichtigheid bij de interpretatie van dosis-effectrelaties is zeker geboden, gezien vaak de onbetrouwbaarheid van blootstellingsgegevens bij ongevallen en rampen met chemische stoffen.

5 DALY-systematiek

5.1 Introductie

Beslissingen met betrekking tot preventie van en hulp na een ramp met toxische stoffen worden gebaseerd op de impact die een ramp heeft op de volksgezondheid. Daarbij kan, naast sterfte, ook gedacht worden aan andere gezondheidseffecten.

Er is een scala aan niet-letale effecten die bij een ramp met toxische stoffen kunnen optreden: klinische effecten, zoals verwondingen, ademhalingsproblemen en verbrandingen; maar ook psychische effecten, zoals angst, posttraumatische stressstoornis, en depressie.

Dergelijke effecten verschillen in omvang (aantal mensen), tijdigheid en duur (acuut of chronisch effect) en ernst, en zijn daardoor lastig met elkaar te vergelijken. Dit maakt het moeilijk een eenduidige afweging te maken over de mate van preventieve zorg of nazorg die nodig kan zijn om dergelijke effecten te voorkomen of op te vangen.

Een manier om (rampen met) verschillende effecten met elkaar te kunnen vergelijken is met behulp van een Health Impact Assessment (HIA), waarin verschillende scenario's kunnen worden vergeleken op basis van hun (gekwantificeerde) gezondheidseffecten. Een methode die gebruikt kan worden binnen een dergelijke HIA is de berekening van Disability Adjusted Life Years (DALY's), waarin gezondheidsverlies wordt uitgedrukt in eenheden van tijd: verloren gezonde levensjaren. In een DALY wordt het aantal mensen met een bepaalde aandoening, de duur van die aandoening en de ernst van de aandoening verdisconteerd. Uitgebreidere informatie over geïntegreerde gezondheidsmaten zoals de DALY, inclusief de berekening van DALY's, is te vinden in Bijlage 1.

5.2 Casus Enschede

De scenario's voor ammoniak en chloor, zoals gebruikt in voorgaande hoofdstukken, waren onvoldoende specifiek met betrekking tot type en duur van effecten om hier gebruikt te worden. Als voorbeeld wordt besproken hoe de ziektelast in DALY's voor de vuurwerkramp in Enschede (2000) berekend kan worden en hoe deze resultaten te interpreteren zijn. Deze casus is gekozen om de systematiek te illustreren, maar is geen incident met toxische stoffen. Bij de vuurwerkramp zijn geen toxische stoffen vastgesteld in het milieu of bij de getroffen personen die verband houden met de ramp (Mennen et al, 2001; Projectteam Gezondheidsonderzoek Vuurwerkramp Enschede, 2001). Aangezien deze ramp reeds heeft plaatsgevonden, kan hiermee niet worden geïllustreerd hoe DALY's in de *preventieve* fase kunnen worden ingezet. Over het nut van DALY's bij de planning van maatregelen rondom preventie en nazorg bij rampen met onder andere toxische stoffen volgt na de casus een korte discussie.

5.2.1 Methoden

Er zijn DALY's berekend voor sterfte en voor klinische en psychische gezondheidsschade (voor formules DALY-berekeningen: zie Bijlage 1) zoals opgetreden bij de vuurwerkramp in Enschede in het jaar 2000. Aangezien dit onderzoek tot doel heeft een inschatting te geven van de bruikbaarheid en het nut van DALY's bij de inschatting van de gezondheidimpact van incidenten met toxische stoffen, en *niet* het geven van een precies kwantitatief overzicht van de gezondheidseffecten van de vuurwerkramp, zijn bepaalde gegevens in de berekening inschattingen die niet op feiten berusten. Hoewel, indien gemakkelijk voorhanden, zo veel mogelijk gebruik is gemaakt van valide data, moet dit

onderzoek in geen geval gebruikt worden om uitspraken te doen over de omvang van de gezondheidsschade van de vuurwerkramp.

Omdat voor vele van de benodigde inschattingen een lagere en een hogere waarde mogelijk zijn, zijn de berekeningen uitgevoerd voor een ‘laag’ en een ‘hoog’ scenario. Deze waarden zijn niet minimaal of maximaal, maar geven slecht een mogelijke bandbreedte weer.

Aantallen

Aantallen getroffen en zijn gedestilleerd uit de beschikbare literatuur (Van Walsum et al., 2001, Van der Velden et al., 2006). Klinische en poliklinische getroffen en (Van Walsum et al., 2001) zijn gebaseerd op het aantal behandelde gewonden (in ziekenhuizen, door huisartsen en op vliegveld Twente). De aantallen zijn voor beide scenario's hetzelfde, behalve dat het aantal mensen met permanente schade hoger is ingeschat in het hoge scenario (zie verder Bijlage 1).

Voor de psychische problemen van getroffen en (Van der Velden et al., 2006) zijn de gegevens gebaseerd op een vragenlijstsonderzoek dat is uitgezet onder de getroffen en van de ramp op drie verschillende tijdstippen.

Twee tot drie weken na de ramp was de respons 1083 bij de getroffen bewoners van autochtone afkomst. De geschatte respons was 33 %, waardoor de totale groep geschat kan worden op ongeveer 3300 aangeschreven getroffen en (bewoners van autochtone afkomst). Voor het lage scenario worden alleen de respondenten van het onderzoek meegenomen in het aantal getroffen en. Voor het hoge scenario is aangenomen dat de klachten zoals gevonden bij de respondenten van het vragenlijstsonderzoek ook worden aangetroffen bij hetzelfde deel van de mensen dat niet heeft meegedaan aan het onderzoek. Uit de resultaten van twee artikelen blijkt dat er wel selectieve deelname was, maar dat dit nauwelijks de prevalentie van de klachten heeft beïnvloed (Grievink et al., 2006; Van den Berg et al., 2007). Achttien maanden na de ramp was de respons 861 personen (80 %). Bijna vier jaar na de ramp deden 757 personen mee aan het onderzoek (76 %).

Alle gezondheidseffecten zoals gepubliceerd zijn gebruikt, behalve ‘use of mental health services’ (in verband met mogelijke dubbeltellingen en gebrek aan medische indicatie).

Duur

De duur in DALY-berekeningen wordt voor sterfte berekend als het gemiddeld verlies aan levensjaren (resterende levensverwachting). Voor ziekte heeft de duur betrekking op de periode dat de aandoening de betrokkene treft.

Voor deze casestudy is de duur voor sterfte afgeleid uit de geboortejaren van de getroffen en (De ramp in Enschede, 2000). Op basis hiervan is hun resterende levensverwachting (verloren levensjaren) berekend. Gemiddeld was dit 37,4 jaar.

De duur (tijd dat men ziek is) voor de poliklinische effecten is een ruwe inschatting. Voor de opname in het ziekenhuis is 1 dag gerekend, zowel in het lage als in het hoge scenario. Voor de ‘nasleep’ is een schatting gemaakt, die voor het lage scenario lager ligt dan voor het hoge scenario (zie verder Bijlage 1).

Voor de klinische effecten is de opnametijd gehaald uit de literatuur. Dit is onderverdeeld in opname van minder dan 1 week (2 dagen in laag scenario, 1 week in hoog scenario), 1-2 weken (1 week in laag scenario, 2 weken in hoog scenario) en langer dan 2 weken (2 weken in laag scenario, een half jaar in hoog scenario).

Voor de ‘nasleep’ is in het lage scenario de aanname gemaakt dat 10 % van deze patiënten blijvende fysieke problemen overhoudt. In het hoge scenario is aangenomen dat 75 % van de patiënten blijvende klachten overhoudt aan de ramp.

De duur van deze blijvende effecten is 39 jaar (de resterende levensverwachting op 42-jarige leeftijd, wat de gemiddelde leeftijd van deze groep is).

De duur van de psychische effecten is voor beide scenario's berekend met de momenten van de vragenlijstonderzoeken. Voor het onderzoek 2 tot 3 weken na de ramp is 18 dagen aangehouden. Er zijn geen aannamen gemaakt over het aantal mensen dat na de eerste 4 jaar nog klachten heeft.

Ernst

Voor zover mogelijk zijn weegfactoren gebruikt als gepubliceerd in de Victorian Burden of Disease study (Public Health and Development Division, 1999).

De ernst voor sterfte is 1. Voor de opnametijd in het ziekenhuis (zowel poliklinisch als klinisch) is met een (hoge) weegfactor van 0,9 gerekend (schatting). Voor veel van de poliklinische effecten is geen weegfactor bekend en is een inschatting gemaakt (zie Bijlage 1). De precieze gezondheidsstatus van de klinische patiënten is niet bekend. Voor de groep waarvoor is aangenomen dat zij blijvende fysieke schade houden (zie 'duur') is met een ernstfactor van 0,3 gerekend (inschatting).

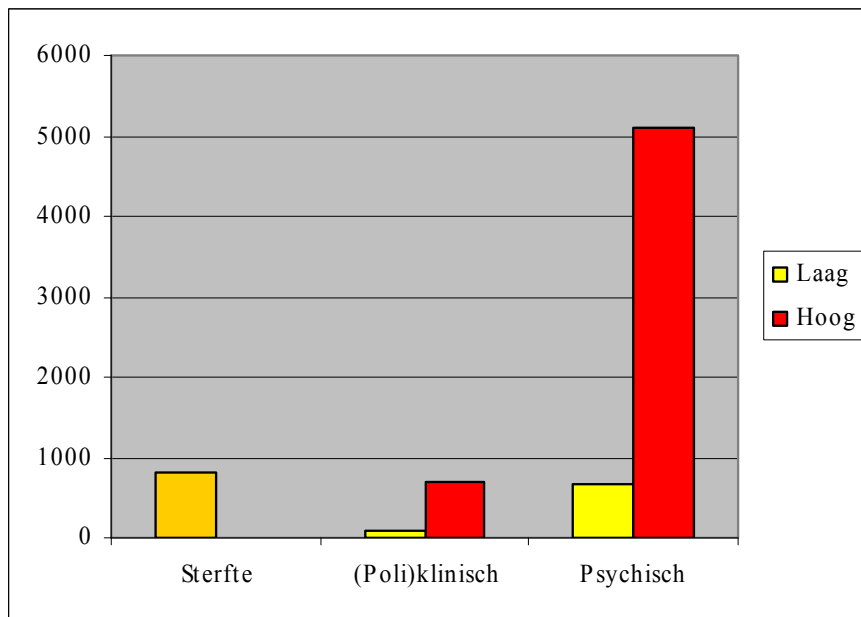
Voor de psychische effecten is gebruikgemaakt van bekende weegfactoren (Victorian Burden of Disease study, online). Indien deze niet beschikbaar waren is een weegfactor voor een ander min of meer vergelijkbaar effect gekozen (zie voor details Bijlage 1). Voor verschillende condities zijn weegfactoren beschikbaar voor verschillende stadia (mild, gemiddeld, ernstig). Hierbij is een aanname gemaakt wat betreft de verdeling van de patiënten over deze stadia, waarbij in het lage scenario meer mensen aan de lagere ernstklassen zijn toebedeeld dan in het hoge scenario (zie Bijlage 1).

5.2.2 Resultaten

In Figuur 1 zijn de DALY's gegeven in het lage en het hoge scenario voor sterfte, (poli)klinische effecten en psychische effecten. Aangezien voor sterfte aantallen, ernst en duur bekend zijn, is er geen onderscheid gemaakt tussen de twee scenario's.

De (poli)klinische effecten bestaan voor het overgrote deel uit klinische opnamen. Het verschil tussen het lage en hoge scenario bij (poli)klinische effecten is voornamelijk toe te schrijven aan de inschatting van het aantal mensen dat blijvende schade overhoudt.

Het verschil tussen het lage en hoge scenario bij psychische effecten wordt voornamelijk veroorzaakt door de grote groep getroffen en die hierbij is meegenomen in de berekeningen voor het hoge scenario.



Figuur 1 Aantal DALY's ten gevolge van verschillende effecten in laag en hoog scenario

5.2.3 Discussie met betrekking tot de casus Enschede

De Enschede casus geeft aan dat de ziektelast, veroorzaakt door psychische effecten bij deze specifieke ramp, mogelijk vele malen groter is dan de ziektelast veroorzaakt door sterfte en (poli)klinische effecten. Vanwege de specifieke karakteristieken van de Enschede ramp is dit resultaat echter niet één op één vertaalbaar naar andere typen rampen. Echter, de verhouding tussen de omvang van psychische 'event-gerelateerde' effecten van een ramp op lange termijn en de fysieke blootstellingsgerelateerde gevolgen op korte termijn is waarschijnlijk vaak soortgelijk bij andere ramptypen. De Gezondheidsraad schat dat 20 % tot 50 % van de getroffen personen van een ramp (gedefinieerd als 'een gebeurtenis die op zodanige wijze de normale sociale interactie verstoort dat gecoördineerde beleidsacties noodzakelijk zijn') daarop de lange termijn gevolgen van ondervinden, zoals angststoornissen, depressies, verslavingen en medisch onverklaarde klachten (Gezondheidsraad, 2006). Het is daarom wellicht zinvol nog meer onderzoek te verrichten naar de incidentie, de ernst en het verloop van psychische klachten na rampen, om daarmee de inschatting van de omvang daarvan te verbeteren.

De resultaten van de Enschede casus zijn omgeven door veel onzekerheden, wat onder andere duidelijk wordt uit het aanzienlijke verschil tussen het minimale en het maximale scenario.

Om DALY's te berekenen voor een complexe ramp als die in Enschede, met veel verschillende soorten gezondheidseffecten waarvan de aard en omvang niet gedetailleerd zijn beschreven, zijn veel aannamen nodig. Voor de precieze typering van de effecten (noodzakelijk voor het inschatten van de ernst) en het verloop van de effecten (noodzakelijk voor het inschatten van de duur) zijn soms zeer matig onderbouwde aannamen gemaakt. Er kan dus gesteld worden dat de uitkomsten van deze casus slechts gebruikt kunnen worden om een globaal beeld te krijgen van de mogelijke verhouding klinische/psychische effecten bij de vuurwerkramp.

Andere zaken die bij deze casus specifiek invloed hebben op de betrouwbaarheid van de resultaten zijn:

- Er is niet gecorrigeerd voor dubbeltellingen (1 persoon met meerdere symptomen). Zeker in het geval van psychische klachten is echter bekend dat getroffen personen vaak gelijktijdig meerdere aandoeningen ondervinden, en dat deze aandoeningen elkaar deels overlappen (kan leiden tot een overschatting van de ziektelast).
- Andere oorzaken van mogelijke onder- of overschatting van de inschatting van de psychische effecten zijn:
 - iedereen telt maar 1 keer mee, omdat is aangenomen dat de mensen die na 18 maanden ergens last van hadden ook bij de groep van na 2 tot 3 weken hoort; hetzelfde voor 4 jaar (kan leiden tot *onderschatting* van de ziektelast).
 - mensen kunnen ook tijdelijk klachtenvrij zijn geweest (kan leiden tot *overschatting* van de ziektelast).
 - mensen kunnen langer dan 4 jaar last hebben van de aandoeningen (kan leiden tot *onderschatting* van de ziektelast).
 - mensen kunnen bijvoorbeeld 3 jaar last gehad hebben, maar de duur van de aandoening wordt in de berekeningen op 18 maanden gebaseerd (kan leiden tot *onderschatting* van de ziektelast).
 - mensen kunnen last hebben van aandoeningen die niet in het vragenlijstonderzoek zijn opgenomen.

Het is op basis van onze studie niet mogelijk in te schatten of bovenstaande punten in totaal tot over- of onderschatting van de ziektelast hebben geleid. Echter, deze casus is bedoeld om de systematiek te illustreren en niet om een uitspraak te doen over de precieze ziektelast van de Enschede ramp.

5.3 Toepasbaarheid van DALY-systematiek

DALY's kunnen gebruikt worden om een kwantitatieve inschatting te geven van gezondheidseffecten die onderling verschillen in omvang, ernst en duur. In de Enschede casus, zoals hierboven uitgewerkt, wordt met behulp van DALY's zichtbaar dat bij een dergelijke ramp psychische effecten mogelijk een veel grotere ziektelast opleveren dan klinisch-toxicologische effecten. Als zodanig kunnen DALY's de beleidsmakers, die vaak meer op klinische effecten (of slechts letale effecten) gefocust zijn, een beeld geven van de bredere gezondheidsimpact die een ramp teweeg kan brengen.

De Enschede ramp is een kenmerkend voorbeeld van een ramp waarbij veel psychische effecten optreden, onder andere vanwege de omvang, zichtbaarheid en heftigheid van de ramp. Het is wellicht nuttig ook voor andere rampscenario's met reeds bekende gezondheidseffecten DALY's te berekenen. Enkele verschillende typen rampen uitgedrukt in DALY's kunnen dan dienen om beleidsmakers een beter afgewogen beeld te geven van de mogelijke orde van grootte van niet-toxische effecten bij rampen.

Echter, in dit project wordt gekeken naar het nut van DALY's voor de planning van specifieke *preventieve* maatregelen. In die vorm, wanneer de gezondheidseffecten nog niet bekend of voldoende in te schatten zijn, lijken DALY's – indien al te berekenen – weinig meerwaarde te bieden in vergelijking met andere in dit document beschreven methoden. Door de vele aannamen en onzekerheden vertroebelt het beeld van daadwerkelijke rampgerelateerde gezondheidseffecten. DALY's zijn een specifieke maat en daarom weinig geschikt voor het doen van uitspraken over te verwachten gezondheidseffecten voor een heel scala aan moeilijk definieerbare scenario's.

5.4 Conclusies, aanbevelingen en opmerkingen

DALY's lijken alleen nuttig om een globaal beeld van de orde van grootte van bepaalde soorten effecten te geven en de onderlinge verhouding van de door ongelijksoortige eindpunten veroorzaakte ziektelast. Als zodanig kunnen zij dienen om beleidsmakers een idee te geven van de mogelijke omvang van bepaalde typen effecten (bijvoorbeeld psychische effecten), zodat deze effecten niet worden veronachtzaamd in de beleidsvorming.

Voor specifieke rampscenario's of gebruik in de planning van preventieve maatregelen vooral op lokaal niveau lijkt de DALY echter weinig meerwaarde te bieden ten opzichte van andere in dit rapport beschreven methoden.

Verder uitwerken van de DALY-systematiek voor dit probleem is minder zinvol omdat:

- er te veel aannames nodig zijn voor een locatiespecifieke uitwerking;
- er wel operationele consequenties kunnen zijn bij vergelijking tussen ramptypen;
- de stuurinformatie voor de nazorg post hoc ook te krijgen is, met name door gebruik te maken van lessen uit het verleden (de nazorg van vorige rampen) en door gezondheidsonderzoek ter plaatse uit te zetten;
- de weging van de nazorgfase in preventieve zin wel van belang is, maar in de regio's in de praktijk vooral op veerkracht berust. Echter, zeker gezien de mogelijk grote omvang van de ziektelast in deze fase, is het management van de nazorg ook gebaat bij aandacht voor dit type gezondheidseffecten.

6 Effecten van schuilen

6.1 Inleiding

In het verleden is uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van binnenshuis schuilen tijdens incidenten waarbij chemicaliën vrijkomen (Ruijten et al., 2003). Dit onderzoek heeft aangetoond dat schuilen een effectieve manier kan zijn om de blootstelling aan chemische stoffen te verlagen. De effectiviteit van schuilen is afhankelijk van verschillende randvoorwaarden, zoals gebouwkarakteristieken, incidenteigenschappen, stofeigenschappen en weersomstandigheden. Omdat de eisen waaraan voldaan moet worden zeer divers zijn, is in opdracht van het ministerie van BZK het Landelijk Protocol ‘Schuilen of ontruimen/evacuëren’ ontwikkeld (BZK, 2006). In dit protocol staat beschreven hoe, wanneer en hoe lang effectief geschuild kan worden. Uitgangspunt hierbij is dat schuilen kan worden overwogen in het gebied waar de concentraties groter zijn dan de alarmeringsgrenswaarde (AGW) en kleiner dan de levensbedreigende waarde (LBW).

6.2 Opzet protocol ‘Schuilen of ontruimen/evacuëren’

In het protocol staat dat de Adviseur Gevaarlijke Stoffen (AGS) van de brandweer en de Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijke Stoffen (GAGS) van de Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen (GHOR) de afweging maken of er geschuild kan worden. Het protocol beschrijft volgens welke stappen deze afweging gemaakt moet worden. Het te volgen stappenplan is in theorie eenvoudig maar bevat verschillende vrijheidsgraden die de zekerheid beperken waarmee effectief kan worden geadviseerd. De kern van het protocol houdt in dat de AGS en de GAGS afwegen of schuilen nodig is, of schuilen voldoende effectief is en of bij onvoldoende effectiviteit het aantal bij ontruimen/evacuëren kleiner is dan bij voortzetten van het schuilen.

6.3 Koppeling van protocol aan letselmaatstaven

In het protocol wordt gebruikgemaakt van de interventiewaarden om in te schatten of schuilen veilig is. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat schuilen overwogen moet worden zodra de alarmeringsgrenswaarde buitenshuis wordt overschreden. Impliciet uitgangspunt is dat de concentratie binnenshuis lager is dan buiten op het moment dat met schuilen wordt begonnen. Op het moment dat de AGW binnenshuis overschreden wordt en het aantal potentiële slachtoffers bij ontruiming lager wordt dan bij schuilen, wordt ontruimd. Vooral in de beoordeling van het aantal slachtoffers dat ontstaat bij ontruimen versus langer schuilen, kan de in dit rapport gepresenteerde methodiek bruikbaar zijn. Dat vraagt een dynamisch model, omdat verlaten van de schuilplek de bewoners in een omgeving brengt waar zelfredzaamheid per definitie is verminderd. Zo’n dynamisch model is op dit moment niet beschikbaar. Daarom zal schuilen alleen gekoppeld kunnen worden aan preventieve berekeningen indien daar op versimpelde wijze vorm aan wordt gegeven.

6.4 Belangrijke aspecten van schuilgedrag

Effectief schuilen kan alleen als er aan verschillende randvoorwaarden voldaan wordt.

Achtereenvolgens zijn dit:

1. snelheid. Effectief schuilen kan alleen plaatsvinden als blootgestelden zo spoedig mogelijk na begin van het incident hun schuilplaats innemen en beveiligen.
2. effectief gebouwbeheer. Alleen als alle adviezen betreffende het beveiligen van de schuilplaats onverkort worden opgevolgd, kan effectief worden geschuild.
3. regelmatige evaluatie schuiladvies. Het is van groot belang dat het schuiladvies continu door de AGS en GAGS wordt geëvalueerd om te voorkomen dat mensen blijven schuilen op een locatie die geen optimale bescherming (meer) biedt.
4. evaluatie van effecten van de stof waaraan wordt blootgesteld. In theorie is het mogelijk dat de effecten van blootstelling aan een stof binnenshuis minder ernstig zijn dan buitenshuis. Met ernst wordt hier niet zozeer bedoeld ernst van de effecten/klachten, als wel het risico dat de effecten/klachten vormen voor de handelingen van de blootgestelde.

Hierbij moet nog worden aangetekend dat schuilen nadelig kan zijn zodra de wolk buiten verwaaid of afneemt. De concentratie zal dan buiten sneller afnemen dan binnen. Dit is vooral van belang bij langer durende blootstelling.

6.5 Schuilen in relatie tot letselmaatstaven

Op een aantal van de bovengenoemde aspecten die de effectiviteit van schuilen mede bepalen, is enige invloed in de preventieve fase mogelijk. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om gebouwkenmerken mee te nemen in de berekening van de risicocontour. Ook is het mogelijk om een – weliswaar simplistische – evaluatie uit te voeren van de te verwachten effecten van schuilen op de totale blootstelling aan een stof.

6.6 Informatiebehoefte voor aanpassing systematiek

Om de systematiek voor schuilen stofsamenstelling te maken is informatie noodzakelijk over de volgende eigenschappen:

- toxiciteitseffecten:
 - irriterende effecten;
 - effecten op het beoordelingsvermogen;
 - effecten op het centrale zenuwstelsel;
- snelheid van optreden van de effecten;
- intensiteit van de effecten;
- risico van de effecten voor anderen.

6.7 Uitwerking voor casussen Ammoniak en Chloor

6.7.1 Algemene uitgangspunten

Bij een ammoniaklekkage zoals beschreven in paragraaf 2.2 zijn verschillende niveaus van blootstelling mogelijk. Een interessant aspect van dit scenario is dat er slechts één type effect is (irritatie). Dit vereenvoudigt het aantal mogelijke blootstellingsniveaus.

Bij het onderscheiden van de verschillende niveaus is onderscheid noodzakelijk tussen personen die bij het begin van het incident al binnen zijn en zij die buiten zijn. Mensen die bij aanvang van het incident al binnen zijn, hoeven weinig actie te ondernemen anders dan de informatie die al via Postbus 51 verspreid is. Mensen die buiten zijn, zijn in verschillende groepen in te delen. De eerste groep vormen de personen met een zodanig hoge blootstelling dat zij geen actie meer kunnen ondernemen. Deze groep verdient met prioriteit aandacht. Voor deze mensen moet worden uitgezocht of een langere blootstelling (aan ammoniak) blijvende gezondheidseffecten of sterfte met zich meebrengt. Als dit het geval is, moet geëvacueerd worden. Bij afwezigheid van blijvende effecten kunnen de blootgestelden eventueel blootgesteld blijven wanneer andere zaken meer aandacht verdienen.

De tweede groep blootgestelden zijn zij die fysiek wel in staat zijn om te vluchten, maar onvoldoende beoordelingsvermogen hebben om een juiste afweging van de te nemen stappen. Een voorbeeld hiervan in bovenstaand scenario is een persoon die nog wel mobiel is maar zo veel irritatiehinder ondervindt dat het zicht hem benomen wordt. Voor deze personen geldt dat schuilen in een pand op enkele tientallen meters afstand van het punt waar de klachten ontstaan zijn, mogelijk is. Schuilplaatsen op grotere afstand zullen niet meer bereikbaar zijn.

De derde en laatste groep wordt gevormd door personen die wel de fysieke mogelijkheden hebben om te schuilen, maar geen schuilplaats hebben. Deze blootgestelden vormen een interessante groep omdat er niet veel informatie is over de daadwerkelijke mogelijkheden die mensen hebben om te schuilen als zij dat willen. Het mag duidelijk zijn dat het vinden van een schuilplaats in een winkelstraat eenvoudiger is dan in een woonwijk. Anderzijds zal het aantal mensen op straat in een woonwijk lager zijn dan in een winkelcentrum. Als zij niet kunnen schuilen, zullen ze wel kunnen vluchten en dit ook doen. De mate waarin zij dit effectief kunnen doen, is afhankelijk van de mogelijkheden, de juistheid van keuzes en de duur in relatie tot de blootstellingsconcentraties.

Zoals hierboven beschreven staat, zijn er zeer veel verschillende situaties waarin blootgestelde personen zich kunnen bevinden. Dit bemoeilijkt de inschatting van hun persoonlijke blootstelling en de effecten die zij hiervan individueel ondervinden. Daardoor is het uitermate complex om in algemene

zin iets over de schuilmogelijkheden van blootgestelde personen te zeggen. Om dit probleem voorlopig te ondervangen wordt een aantal aannamen gedaan:

- Mensen zijn fysiek in staat om te schuilen of niet. Er wordt geen rekening gehouden met de tijd die personen nodig hebben om hun schuilplaats te bereiken en met de blootstelling die deze periode geeft. Er wordt dus ook geen rekening gehouden met de maximale afstand die personen af moeten leggen om hun schuilplaats te bereiken.
- Personen die niet (kunnen) schuilen, ondervinden een blootstelling zoals die beschreven is in de uitgewerkte casussen in hoofdstuk 3.

Personen die schuilen, ondervinden uitsluitend een blootstelling die afhankelijk is van de eigenschappen van hun schuilplaats (zie volgende paragraaf).

6.7.2 Effecten van schuilen op blootstelling

In het verleden is in opdracht van de VROM-Inspectie en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties een onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van binnenshuis schuilen (BZK, 2006). De conclusie van dit onderzoek was dat de blootstelling na één uur binnenshuis maximaal 40 % van de blootstelling buiten bedraagt. In de meeste gevallen ligt de blootstelling lager, rond de 20 %. Hierbij wordt er dan wel rekening mee gehouden dat de schuilende persoon zijn schuilplaats zo effectief mogelijk zoekt. Bij blootstellingen korter dan één uur is de concentratie binnenshuis nog lager. Bij een langere aanwezigheid van de geëmitteerde stof loopt de blootstellingsconcentratie in enkele uren op tot maximaal 90 % van de blootstelling buiten.

6.8 Conclusie

Eerder onderzoek heeft aangetoond dat schuilen een effectieve methode is om de blootstelling bij chemische incidenten te verlagen. Om die reden is er ook een protocol opgesteld waarmee de effectiviteit van schuilen in de repressiefase afgewogen kan worden. Het beschermingsniveau dat schuilen biedt, is sterk afhankelijk van het scenario van het incident en de beschikbaarheid van schuilplaatsen. Gegeven een scenario kan in veel gevallen in de proactie- en preparatiefase wel een inschatting gemaakt worden van de effectiviteit van schuilen. Hoewel het uitermate complex is om de precieze bescherming van schuilgedrag te bepalen, mag aangenomen worden dat bij kortdurende scenario's de blootstelling een factor 3 à 4 keer lager wordt als er voldoende mogelijkheden zijn tot schuilen.

Voorgesteld wordt om als een simplistische benadering een scenario door te rekenen aannemende dat alle blootgestelden zouden kunnen schuilen.

7 Voorstel voor een systeem

7.1 Evaluatie van de verschillende systemen

In deze verkenning naar het preventief kunnen inschatten van de zelfhulp- en hospitalisatiebehoefte van slachtoffers bij rampen met chemische stoffen, zijn de bestaande systemen van interventiewaarden (feitelijk: AEGL's), triage en DALY's onder de loep genomen. De toepasbaarheid van deze systemen is uitgewerkt in een aantal scenario's en voor de conclusies alsmede voor- en nadelen van de verschillende methodieken wordt verwezen naar de hoofdstukken 3 (interventiewaarden), 4 (triage) en 5 (DALY's).

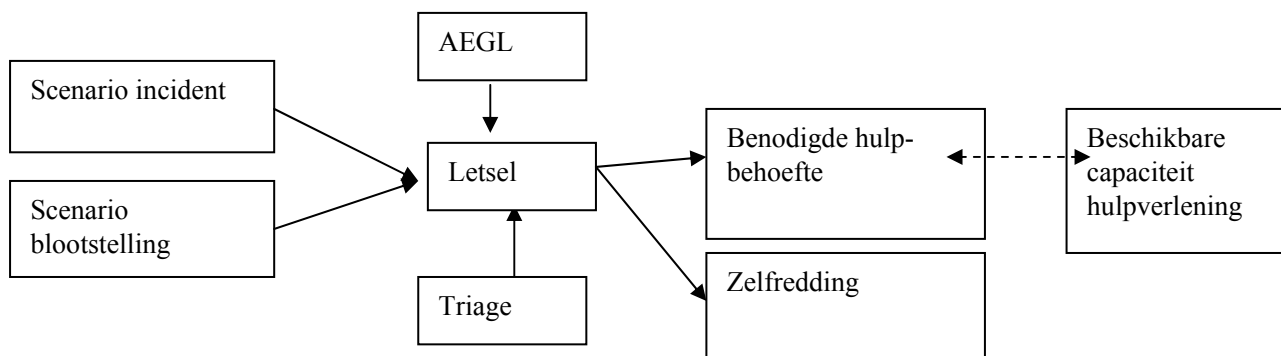
Kort samengevat zijn DALY's vooral belangrijk om beleidsmakers een idee te geven van de mogelijke omvang van bepaalde typen effecten, bijvoorbeeld psychische effecten, zodat deze effecten niet veronachtzaamd worden in de algehele beleidsvorming. Voor gebruik in de hier gevraagde situatie van planning van preventieve maatregelen bij specifieke rampscenario's met chemische stoffen lijken DALY's nog moeilijk toepasbaar te zijn.

Het gebruik van de triagemethodiek heeft als duidelijk voordeel dat – gebaseerd op het klinische beeld van de patiënt – de aard van de hulpbehoefte snel duidelijk is. Duidelijk wordt welke behandeling en zorg vereist is, in welk volume en waar en wanneer deze het beste kan plaatsvinden. Uitgaande van een bekende stof met bekende dosis-effectrelaties en een specifiek scenario, kan deze methodiek gebruikt worden voor preventieve inschattingen van het aantal mensen dat medische hulp nodig heeft. Echter, voor deze inschatting is medische en meer specifiek, klinisch toxicologische kennis, noodzakelijk. Brede toepasbaarheid door niet medisch/klinisch toxicologisch geschoolden is niet goed mogelijk.

Anders ligt dit in het gebruik van de AEGL's. Deze zijn ontwikkeld om in de eerste fase van de respons op calamiteiten met chemische stoffen een inschatting van effectgebieden te maken. De repressieve toepasbaarheid is hier juist gericht op de lokale hulpdiensten, veelal GHOR en brandweer. Dat maakt het een logische stap om nader te bezien hoe de AEGL's hiervoor gebruikt kunnen worden als door lokaal beleid en lokale hulpverleningsdiensten vanuit preventief oogpunt hulp- en hospitalisatiebehoefte moeten worden bepaald. In dit hoofdstuk wordt een dergelijke methodiek uitgewerkt. In een verder onderzoek moet worden uitgewerkt en getoetst of deze methodiek in de praktijk goed bruikbaar is.

In hoofdlijn is in dit project de volgende structuur geanalyseerd. Zowel de AEGL-benadering als de triagesystematiek proberen een inschatting te maken van het aantal mensen met letsels. Hieruit is het aantal mensen af te leiden dat een medische hulpbehoefte heeft en het aantal mensen dat verminderd zelfredzaam is. Het is vervolgens mogelijk de 'benodigde' hulpbehoefte te vergelijken met de 'beschikbare' hulpverlening.

Het aantal slachtoffers of aantal mensen met letsel dat bij een rampscenario wordt geaccepteerd, is uiteraard een bestuurlijke of politieke keuze. De wetenschappelijk onderbouwde benadering om berekeningen uit te voeren naar het aantal slachtoffers en het aantal mensen met letsel is een instrument om tot een kwantitatieve inschatting te komen.



Figuur 2 Inschatting van letsel leidt tot inschatting benodigde hulpbehoefte en mate van zelfredding

7.2 Scenariokeuze

De voorgestelde methodiek is bedoeld voor gebruik in de preventieve fase. Voor een reeks van casussen waarvoor deze methodiek zal worden toegepast, kan een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) onderdeel uitmaken van de beschikbare informatie. Dit betreft situaties en locaties die daartoe verplicht zijn volgens de huidige wetgeving (uitwerking volgens de EU Seveso richtlijn). In de QRA wordt gebruikgemaakt van een gestandaardiseerde methodiek (CPR 18, 1999) en standaardscenario's. Om het aantal door te rekenen scenario's te beperken, zijn deze gegroepeerd in klassen. Deze klassen omvatten zowel de grotere (bijvoorbeeld het instantaan vrijkomen van de inhoud van een tank) als de kleinere incidenten (bijvoorbeeld een gat van 10 mm in de tank). Op deze wijze wordt de gehele range van mogelijk voorkomende incidenten meegenomen in de QRA. Mogelijk zijn deze standaardscenario's ook te gebruiken als uitgangspunt voor toepassing van de hier beschreven methodiek.

7.3 Getrapte benadering

Op basis van de ervaringen die met de diverse systemen in dit project zijn opgedaan (zie ook de voordelen/nadelen van de diverse systemen) wordt voorgesteld om in de praktijk een getrapte benadering te hanteren.

Op lokaal niveau zullen functionarissen van brandweer of GHOR/GGD de analyses van de consequenties van chemische incidenten uitvoeren. Het doel daarvan is zicht te krijgen op de consequenties van het incident voor sterfte, zelfredzaamheid en hulpverlening. Op basis van deze analyse kan het lokaal bestuur besluiten om zijn infrastructuur aan te passen, de omvang en gewenste inzet van hulpdiensten bij te stellen of randvoorwaarden of inperkingen aan de activiteiten te stellen. Het is van belang om te komen tot een geharmoniseerde en tegelijkertijd wetenschappelijk zo veel mogelijk onderbouwde systematiek.

Om zo'n analyse op lokaal niveau mogelijk te maken zijn de volgende factoren van belang:

- De uitgangspunten voor de analyse moeten helder en geharmoniseerd zijn.
- De gegevens/data voor de input van zo'n analyse moeten vrij beschikbaar zijn.
- De gegevens/data voor de input moeten zodanig beschikbaar zijn dat lokale functionarissen hiermee kunnen werken zonder voor de interpretatie direct experts te moeten raadplegen.
- De procedure voor de analyse moet geharmoniseerd en duidelijk zijn zodat identieke scenario's in verschillende regio's tot dezelfde uitkomsten leiden.
- De richtlijnen die er moeten komen, zijn transparant, begrijpelijk voor de doelgroep.

Uitgaande van deze factoren komen we tot het volgende voorstel.

Stap 1

Voor een bepaald chemisch incident worden emissie- en blootstellingsscenario's opgesteld. Hiermee wordt de release en de verspreiding van een stof ten opzichte van de bron berekend. Voorgesteld wordt om zowel een meest 'realistisch' als een 'ernstig' scenario te gebruiken, zodat er een beeld ontstaat van wat waarschijnlijk en in het meest erge geval aan consequenties ontstaat. De keuzes voor deze scenario's zijn geen onderdeel van het huidige project en zullen hier dus ook niet verder besproken worden. De keuze voor het scenario is cruciaal voor de uitkomst van de systematiek, zeker voor preventief gebruik met toetsing aan een normwaarde. Daarom is het van groot belang hier goede richtlijnen voor te ontwikkelen.

Bij het gekozen scenario wordt de feitelijk blootgestelde populatie binnen de contouren van de AEGL-2-en -3-waarden in ogenschouw genomen voor de inschatting van het aantal gewonden en de aard en ernst van de effecten.

Stap 2

Op basis van de AEGL's (of aangepaste Nederlandse interventiewaarden) wordt een berekening uitgevoerd volgens een defaultprocedure. Dit moet voorspellen wat het aantal dodelijk slachtoffers kan zijn, wat het aantal slachtoffers kan zijn dat zich niet tijdig in veiligheid kan brengen en wat het aantal slachtoffers met toxisch letsel kan zijn dat hospitalisatie/hulpbehoefstig is. Verderop in dit hoofdstuk is een eerste aanzet gegeven tot zo'n systeem. Echter, er is verdere analyse van cases nodig om tot een definitief protocol te komen.

Wanneer deze berekening aangeeft dat de uitkomsten binnen een nader op te stellen norm vallen en daarmee acceptabel zijn voor het lokaal bestuur, in ogenschouw nemende de beschikbare hulpdiensten, kan de analyse gestopt worden. Bij iedere aanpassing (vooral bij vermindering) van het lokale hulpvermogen is dan een herevaluatie noodzakelijk.

Wanneer de berekening aangeeft dat gegeven het scenario er 'te veel' slachtoffers zouden vallen of dat met maximale inzet van hulpdiensten de hulpcapaciteit te beperkt zou zijn, is een nadere analyse nodig (stap 3). Natuurlijk kan men ook besluiten inperkingen aan de activiteit voor te schrijven waardoor andere incidentscenario's zullen optreden. Deze kan men dan weer doorrekenen om de effecten te kwantificeren en de hulpverlening wederom te toetsen.

Verderop in dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de criteria die gebruikt kunnen worden voor het besluit om stap 3 uit te voeren.

Stap 3

In de nadere analyse kan stofspecifiek worden gekeken en zo veel mogelijk verfijning worden aangebracht. Dit kan enerzijds door dieper in te gaan op de literatuur die ten grondslag ligt aan de rampeninterventiewaarden. Anderzijds kan dit gebeuren door juist een analyse uit te voeren volgens het gedachtegoed van de 'triage'. In feite doet men op basis van klinisch toxicologische kennis een nadere analyse om de potentiële slachtoffers in te delen in categorieën van prioritaire medische behandeling.

In onderstaande alinea's wordt verder ingegaan op deze stapsgewijze benadering. In de casussen voor ammoniak en chloor in dit rapport is gekozen voor een redelijk gedetailleerde en stofspecifieke benadering. Hierbij is getracht om tot een zo nauwkeurig mogelijke schatting te komen van aantallen mensen die gehinderd zijn in hun zelfredzaamheid of die medische hulp nodig hebben. Voor toepassing op lokaal niveau is zo'n gedetailleerde aanpak niet direct mogelijk en is er een behoefte om tot een simpel systeem te komen dat als eerste benadering kan worden toegepast. Zo'n simpel systeem zou dan de stappen 1 (keuze scenario) en 2 (procedure op basis van interventiewaarden) moeten omvatten.

7.4 Nadere punten ter uitwerking in een procedure

Stap 1 is – zoals boven reeds genoemd – geen onderwerp voor dit rapport en wordt daarom hier niet verder bediscussieerd.

Stap 2, de simpele procedure op basis van interventiewaarden, kent verschillende discussiepunten. Hieronder worden deze punt voor punt behandeld.

AGW en tijdsduur

De meeste blootstellingen bij chemische incidenten duren relatief kort (minder dan 1 uur) omdat het incident slechts een korte blootstelling veroorzaakt of omdat mensen na enige tijd hebben kunnen vluchten. De AGW is echter standaard afgeleid voor een blootstellingduur van 1 uur. AEGL-waarden uit de VS zijn afgeleid voor 10 en 30 minuten perioden, maar die zijn in Nederland niet rechtstreeks beschikbaar, hoewel deze waarden wel via internet te vinden zijn.

Het is daarom nodig om de Nederlandse AGW naar een korter durend tijdstip te extrapoleren. Dit zal in afhankelijkheid van de te beschouwen eindpunten moeten gebeuren en zal dus onderdeel uit moeten maken van de nader te definiëren richtlijn voor het systeem op lokaal niveau. Een andere optie is echter om in het Nederlandse stelsel van rampeninterventiewaarden ook waarden voor de kortere tijdsduren op te nemen. De huidige plannen indiceren opname van waarden voor 10 minuten blootstelling wat nuttig is voor deze methodiek van preventieve risicoschatting. In dat laatste geval kunnen de Nederlandse rampeninterventiewaarden gebruikt worden op precies dezelfde manier als de AEGL's.

Concentraties boven de AGW

Omdat rampeninterventiewaarden drempelwaarden zijn, neemt zowel het aantal individuen met effecten als ook de ernst van het effect toe. Met andere woorden: bij concentraties net boven de AGW zal zeker niet iedereen in die zone last van effecten hebben en zal zeker niet iedereen daar in even sterke mate last van hebben. Slechts een deel van het aantal blootgestelden boven de AGW is niet meer zelfredzaam of heeft medische hulp nodig. Concentraties boven de AGW zeggen alleen dat de zelfredzaamheid gehinderd is. Dit kan verschillen van geringe belemmering (maar nog wel zonder hulp kunnen vluchten ook al is het bijvoorbeeld langzamer dan normaal) tot ernstige belemmering en dus geheel niet meer kunnen vluchten.

Per eindpunt (bijvoorbeeld oog- en luchtwegirritatie en effecten op centraal zenuwstelsel) is dus een extrapolatie nodig om tot een voorspelling te komen van het aandeel blootgestelden dat zodanig gehinderd is in hun zelfredzaamheid dat zij hulp nodig hebben. In de ammoniak- en chloorcasus is daarvoor stofspecifiek een oplossing gebracht gebaseerd op de beschikbare informatie over effectniveaus.

Voorstel is in stap 2 hiervoor een defaultprocedure te ontwerpen die voldoende conservatief is. Hiermee wordt bedoeld dat deze stap het aantal slachtoffers beter licht kan overschatten dan onderschatten. Als voorbeeld is in Tekstbox 1 een werkwijze voor luchtwegirritatie beschreven. In dit kader wordt consequent de AGW als toetsingscriterium genoemd. Zoals in paragraaf 7.3 is beschreven zijn toetswaarden nodig die geschikt zijn voor de tijdsduur van het scenario. Een scenario met een blootstellingsduur van maximaal 5 minuten kan niet rechtstreeks vergeleken worden met de AGW die gelden voor 1 uur. Er is dus behoefte aan een tijdscorrectie of waarden voor korte tijdsperioden. Opname hiervan in de richtlijn voor stap 2 wordt daarom aanbevolen.

Tekstbox 1 Voorbeelduitwerking voor stap 2

Uitgaande van de AGW (in dit voorbeeld gebaseerd op *luchtwegirritatie*) kan aannemelijk worden gemaakt dat het verschil in respons tussen gevoelige individuen (zoals astmatici) en niet-gevoelige individuen voor een reeks van stoffen een factor 2 tot 5 bedraagt. Bij de afleiding van AEGW-waarden wordt voor de variatie tussen individuen in de praktijk een factor 3 gehanteerd. Dit betekent dat bij een blootstelling van 3 maal AGW en meer alle individuen last zullen hebben van luchtwegirritatie. Het vluchtvermogen is dan voor iedereen verminderd. Van de individuen met een blootstelling tussen AGW en 3 maal AGW zal niet iedereen last hebben van luchtwegirritatie of niet in die mate dat de vermindering van het vluchtvermogen ernstige vormen aanneemt. Voor deze groep individuen wordt als benadering aangenomen dat 50 % een substantieel verminderd vluchtvermogen heeft dat ernstig genoeg is om rekening mee te houden in besluitvorming.

Om een inschatting te maken van het aantal mensen dat een zodanige blootstelling heeft dat hun 'zelfredzaamheid' is aangetast wordt het volgende berekend:

A: Aantal mensen gehinderd in vluchtvermogen > 3 maal AGW: 100 %

B: Aantal mensen gehinderd in vluchtvermogen bij blootstelling 1 tot 3 maal AGW: 50 %

Totaal aantal mensen met belemmerd vluchtvermogen = A + B

Uiteraard moet een dergelijke procedure voor gebruik in de praktijk verder uitgewerkt en getoetst worden (zie hoofdstuk 8).

Zelfredzaamheid en medische hulpverlening

Een verdere stap in de procedure is te komen tot een inschatting van het aantal mensen dat daadwerkelijk medische behandeling nodig heeft. Het aantal mensen dat daadwerkelijk een belemmerde zelfredzaamheid heeft, is niet direct gelijk aan het aantal mensen dat medische hulp behoeft. De systematiek waarbij op basis van expertinschatting tot een soort van 'triage-indeling' wordt gekomen, zal de beste schatting opleveren. Echter, er is geen systeem beschikbaar waarmee functionarissen op lokaal niveau tot een schatting hiervan kunnen komen. Bovendien is hier specifieke medische expertise voor nodig. Daarom wordt voorgesteld in stap 2 een procedure op te nemen waarmee het aantal mensen wordt geschat dat medische hulp nodig heeft (als benadering van T2 of ernstiger).

Een voorstel voor een dergelijk systeem is in Kader 2 gegeven. Dit is alleen nog een *illustratie* van een procedure. Een feitelijke uitwerking van de procedure moet in een vervolgtraject verder worden uitgewerkt en getoetst (zie hoofdstuk 8).

Tekstbox 2 Voorbeeld van een procedure om het aantal hulpbehoeftigen te kwantificeren

Mensen die een substantieel verminderd vluchtvermogen ten gevolge van luchtwegirritatie hebben – zoals hiervoor berekend – hoeven niet noodzakelijkerwijs effecten te vertonen die medisch ingrijpen noodzakelijk maakt. In stap 2 kan hiervoor met een simpele benadering een conservatieve schatting worden gemaakt.

Uitgaande van het feit dat bij een blootstelling van meer dan 3 maal AGW iedereen een verminderd vluchtvermogen heeft, wordt geschat dat hiervan tweederde deel medische hulpverlening nodig heeft (T2). Van het aantal mensen dat wordt blootgesteld aan 2 tot 3 maal AGW wordt geschat dat een derde deel medische hulp nodig heeft (T2). Het deel dat wordt blootgesteld aan minder dan 2 maal AGW heeft waarschijnlijk wel een verminderd vluchtvermogen maar niet zodanig dat medisch ingrijpen noodzakelijk is.

C: Aantal T2-slachtoffers bij blootstelling > 3 maal AGW: 66 %

D: Aantal T2-slachtoffers bij blootstelling 2 tot 3 maal AGW: 33 %

Totaal aantal T2 (bij het eindpunt luchtwegirritatie) = C + D

Eenzelfde type benadering zou kunnen worden ontworpen voor T1 en T2 op basis van de levenbedreigende waarde (LBW).

7.5 Criteria voor getrapte benadering

Cruciaal punt in de hiervoor beschreven getrapte benadering is de keuze van stap 2 naar stap 3: wanneer is een nadere analyse noodzakelijk?

In stap 2 wordt op basis van de interventiewaarden een schatting gemaakt van het aantal niet-letale slachtoffers, het aantal mensen met verminderde zelfredzaamheid (gebaseerd op verminderd vluchtvermogen) en het aantal mensen dat medische hulp nodig heeft (een conservatieve schatting voor T2-slachtoffers). Eenzelfde benadering kan worden uitgewerkt voor letale slachtoffers. Als de lokale autoriteiten of hulpverleners de uitkomsten van deze analyse niet acceptabel vinden, dan zou men een nadere analyse moeten maken in stap 3 (of via maatregelen de activiteit of de gevolgen inperken). Grote vraag is wat dan acceptabel is?

We schatten in dat voor situaties waarin deze vraag speelt vaak tevens een QRA beschikbaar is, die is opgesteld vanuit de ‘Seveso-wetgeving’. Uit deze QRA komt een kansberekening die aangeeft wat de kans is op direct letale slachtoffers uitgedrukt in risicocontouren (bijvoorbeeld 10^{-6} -contour). Deze contouren en de daarbij horende maatregelen geven een eerste impressie van de veiligheidssituatie in algemene zin. Als de analyse van direct letale slachtoffers zoals bedoeld in stap 2 een grote afwijking vertoont van de QRA, dan dient een nadere analyse te worden opgesteld.

In de praktijk is echter de schatting van het aantal mensen dat niet meer zelfredzaam is en het aantal mensen dat medische hulp nodig heeft van groot belang. Enerzijds omdat blootstelling aan direct levenbedreigende concentraties niet snel voorkomt (in de meeste gevallen is de analyse van niet-letale letsels dus doorslaggevend); anderzijds omdat er voor inschatting van hospitalisatiebehoefte geen enkele alternatieve methode beschikbaar is. In de praktijk zal dus de afweging of de zelfredzaamheid en het beschikbare hulpvermogen voldoende gewaarborgd zijn het belangrijkste punt van afweging zijn.

Ons voorstel is de volgende criteria te hanteren als richtlijn voor het uitvoeren van een nadere analyse zoals bedoeld in stap 3.

- Is het aantal mensen met verminderde zelfredzaamheid (A + B in de illustratie in box 1) onacceptabel, rekening houdend met de lokale situatie? Houd rekening met (de capaciteit) van vluchtroutes, aard en samenstelling van de bevolking.
- Zijn er op basis van de scenario's mensen met verminderd vluchtvermogen (> AGW) te verwachten die niet tijdig een veilig heenkomen kunnen vinden of vanwege andere redenen niet of moeilijk de locatie kunnen verlaten? Houd hierbij rekening met kinderdagverblijven, scholen, bejaarden- en verzorgingscentra, gevangenissen en dergelijke.
- Is de schatting van het aantal mensen dat hospitalisatie binnen één à enkele uren (C+D in de illustratie in box 2) nodig heeft groter dan het aantal mensen dat door de beschikbare hulpdiensten binnen die tijd kan worden behandeld?
- Zijn er irreversibele effecten te verwachten?
- Is er sprake van een hoge blootstelling aan een stof die carcinogeen en/of reproductietoxisch is?

Als het antwoord op een van deze vragen 'ja' is, voer dan een nadere analyse uit zoals beschreven in stap 3.

8 Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is verkend of het mogelijk is om een methodiek te ontwerpen welke lokale bestuurders en hulpverleningsdiensten kunnen gebruiken om in een preventieve fase incidenten met chemische stoffen te evalueren. In deze verkenning is gekeken naar een methodiek op basis van bestaande systemen (rampeninterventiewaarden, triage en DALY's). Doel van een dergelijke evaluatie is de aantallen van verminderd zelfredzame personen en mensen die binnen één à enkele uren gehospitaliseerd moeten worden, te kunnen inschatten. Oftewel, het gaat om een systeem om het aantal gewonden bij incidenten met chemische stoffen te kunnen inschatten. Dit is dan een aanvulling op de bestaande systemen die het aantal dodelijke slachtoffers kwantificeren. Het verkennend onderzoek leidt tot de volgende conclusies en aanbevelingen.

De gevolgen van blootstelling aan chemische stoffen ten gevolge van incidenten zijn complex en worden beïnvloed door vele factoren. Voor een juiste inschatting in een preventieve fase zou dus ieder scenario *case-by-case* bekeken moeten worden. Dat is in de praktijk echter niet mogelijk.

Het lijkt mogelijk om in de preventieve fase een inschatting te maken van het aantal mensen dat belemmerd is in hun vluchtvermogen en/of medische hulp behoeft op basis van systematiek van rampeninterventiewaarden (of AEGL's) en triage-indeling. Een dergelijke benadering zal nooit meer dan een versimpelde vorm van de werkelijkheid zijn en zal een ordegrootte inschatting opleveren. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de voorgestelde methodiek een statische benadering is terwijl er in de realiteit continu sprake is van een dynamische situatie (de blootstelling varieert, mensen verplaatsen zich en dergelijke).

De DALY-systematiek lijkt niet bruikbaar voor preventief gebruik op lokaal niveau. Echter, de DALY-methode kan wel zinvol zijn om verschillende typen gezondheidseffecten met elkaar te kunnen vergelijken. Hierbij kan gedacht worden aan directe en indirecte toxische effecten van stoffen maar ook van psychische effecten ten gevolge van een 'ramp'. Een analyse van verschillende typen rampen en te verwachten effecten kan zinvolle informatie opleveren voor beleidsmakers.

Gelet op de mogelijkheden van de bestaande systemen en de behoefte / wensen voor een systeem op lokaal niveau wordt voorgesteld om een getrapte benadering te hanteren:

- Stap 1: definitie scenario voor incident en blootstelling;
- Stap 2: protocol voor schatting aantal belemmerden in zelfredzaamheid en aantal gewonden op basis van rampeninterventiewaarden;
- Beslispunt: acceptabel of niet. Zo niet dan of aanpassingen in hulpverlening of activiteit, of betere inschatting volgens stap 3;
- Stap 3: inschatting van hulpbehoefte met triage-indeling.

De uitkomsten van een analyse voor preventieve doeleinden zijn zeer afhankelijk van het gebruikte scenario voor wat betreft het zich voordoende incident en de blootstelling van een groep mensen. Richtlijnen en harmonisatie voor de keuze en berekening van het gewenste scenario zijn daarom onontbeerlijk. Uitwerking hiervan was geen onderdeel van de studie.

Een protocol op basis van rampeninterventiewaarden is alleen bruikbaar als interventiewaarden voor kortdurende tijdsduren beschikbaar zijn. Dat betekent dat de thans in Nederland gehanteerde AGW-waarde (van 1 uur) gecorrigeerd kan worden voor de juiste tijdsduur van het scenario. Deze tijdscorrectie kan onderdeel uitmaken van de richtlijnen die per toxicologisch eindpunt worden

uitgewerkt. Een betere benadering is om de Amerikaanse AEGL-waarden te gebruiken of om in Nederland rampeninterventiewaarden ter beschikking te stellen voor kortdurende perioden. De huidige plannen voor rampeninterventiewaarden voorzien in een dergelijke ontwikkeling.

Het is in principe mogelijk om met standaardberekeningen een grove inschatting te maken van het aantal mensen dat belemmerd is in hun vluchtvermogen en/of medische hulp behoeft. Een voorstel voor een dergelijk protocol is in dit rapport beschreven. Het is op dit moment niet meer dan een denkrichting. De voorgestelde benadering is uitgewerkt voor één toxicologisch eindpunt (inhalatoire irritatie) en maakt gebruik van enkele defaultfactoren.

Het idee is dat deze benadering een conservatieve schatting is, dus het aantal gewonden wordt eerder overschat dan onderschat. Echter, de uitwerking van de casussen geeft aan dat de methode op basis van rampeninterventiewaarden (AEGL-waarden) niet noodzakelijkerwijs leidt tot een conservatievere schatting (meer slachtoffers) dan de methode volgens triage. Dit heeft vooral te maken de uitgangspunten van de analyse. Dit geeft wel aan dat het noodzakelijk is de voorgestelde kwantitatieve benadering verder te onderbouwen. Dit kan gebeuren door het uitwerken van meer casestudy's om de gebruikte factoren kwantitatief te onderbouwen. Een dergelijke vervolganalyse is naar onze mening noodzakelijk voordat de methode voor toepassing in de praktijk kan worden gepropageerd.

De criteria om te besluiten van 'stap 2' door te gaan met 'stap 3' zijn cruciaal in de gehele systematiek en moeten in overleg met 'het veld' geëvalueerd en waar nodig bijgesteld worden.

Een werkprocedure voor ondersteuning van het lokaal bevoegd gezag voor een gedetailleerde analyse zoals in stap 3 is bedoeld, moet ontworpen worden. Inzet van deskundigen hierbij is nodig. Hierbij moet gedacht worden aan de inrichting van een loketfunctie, waarbij aandacht besteed moet worden aan inname- en opleverprocedures, reactietijden die aansluiten bij het traject van vergunningverlening, en ontsluiting van de benodigde informatie. Het RIVM kan vanwege de reeds beschikbare expertise en (loket)structuren hierin voorzien indien gewenst.

Literatuur

Berg, B. van den, P. van der Velden, R. Stellato, L. Grievink, 2007. Selective attrition and bias in a longitudinal health survey among survivors of a disaster. *BMC Med Res Methodol.* 2007; 7: 8.

BZK, 2006. Landelijk Protocol 'Schuilen of ontruimen/evacueren'. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, versie 1.0 juli 2006 (eindconcept).

Commissie Preventie van Rampen (CPR) 18, 1999. Guidelines for quantitative risk assessment. CPR 18^E. Commissie Preventie van Rampen. Deze publicatie zal binnenkort worden vervangen door de 'Handleiding Risicoberekeningen BEVI'.

De ramp in Enschede, 2000. Website <http://www.13mei2000.nl>. Geraadpleegd november 2007.

DNV (Det Norske Veritas), 2004. Process Hazard Analysis Software Tool (PHAST). Versie 6.42. Zie www.dnv.com. Geraadpleegd november 2007.

EPA (Environmental Protection Agency), 2007. The Development of Acute Exposure Guideline Levels (AEG^L's). <http://www.epa.gov/oppt/aegl/>. Geraadpleegd november 2007.

Gezondheidsraad, 2006. Gevolgen van rampen voor de gezondheid op middellange en lange termijn. Den Haag: Gezondheidsraad. Publicatie nr 2006/18.

Grievink L., P.G. van der Velden, C.J. Yzermans, J. Roorda, R.K. Stellato, 2006. The importance of estimating selection bias on prevalence estimates shortly after a disaster. *Ann Epidemiol.* 2006;16:782-788.

Mennen, M.G., J.J.G. Kliest, M. van Bruggen. 2001. Vuurwerkramp Enschede: Metingen van concentraties, verspreiding en depositie van schadelijke stoffen: rapportage van het milieuonderzoek. RIVM-rapport 609022002.

Projectteam Gezondheidsonderzoek Vuurwerkramp Enschede, 2001. Vuurwerkramp Enschede: Stoffen in bloed en urine; rapportage van het gezondheidsonderzoek. RIVM-rapport 630930003.

Public Health and Development Division, 1999. The Victorian Burden of Disease Study: Mortality. ISBN No: 0 7306 5158 4

Ruijten, M., 2003. Bescherming van de bevolking door binnenshuis schuilen bij incidenten met chemicaliën : No.15. Publicatie van ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, in samenwerking met GGD Rotterdam. Te verkrijgen via www.vrom.nl, geraadpleegd november 2007.

VROM, 2005. Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen. Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen 1, via www.vrom.nl, dossier Externe Veiligheid, 2007.

Velden, P.G. van der, L. Grievink, R.J. Kleber, A.N. Drogendijk, A.J. Roskam, F.G. Marcelissen, M. Olf, M.L. Meewisse, B.P. Gersons., 2006. Post-Disaster Mental Health Problems and the Utilization of Mental Health Services: A Four-year Longitudinal Comparative Study. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, Vol. 33, No. 3, May 2006.

Walsum, A.D.P van., S.G.J. Rödel, J.M. Klaase en P.A.M. Vierhout, 2001. De lokale en regionale intramurale traumaopvang bij de Enschedese vuurwerkcramp. Ned. Tijdschr. Geneeskd. 2001, 1 december; 145(48).

Bijlage 1 Geïntegreerde gezondheidsmaten

Veel voorkomende maten om gezondheid in uit te drukken zijn onder andere sterftecijfers, gezonde levensverwachting, attributieve ziektelast en, in bredere zin, monetaire waardering. Al deze maten hebben een bepaald toepassingsgebied en kennen hun eigen sterke en zwakke punten. Enkele van deze maten worden hieronder beschreven.

Sterftecijfers

Sterftecijfers (mortaliteit) zijn vaak beschikbaar uit basisstatistieken. De cijfers kunnen gebruikt worden om vergelijkingen te maken tussen sterfte in verschillende periodes of op verschillende locaties, om bijvoorbeeld trends te analyseren, of het effect van beleidsmaatregelen in te schatten. Sterftecijfers zijn makkelijk te begrijpen en toe te passen. Echter, in deze maat is geen plaats voor effecten op morbiditeit, wat de toepasbaarheid en informatieve waarde beperkt. Op dit moment worden vaak alleen mortaliteitseffecten gebruikt bij het schatten van gezondheidseffecten bij incidenten met gevaarlijke stoffen. Het doel van deze studie is om ook niet-letale effecten een rol te laten spelen.

Morbiditeitscijfers

Cijfers over aantallen mensen met een bepaalde aandoening (morbiditeitscijfers) zijn bruikbaar om de gezondheidsstatus van een populatie in te schatten. Dergelijke cijfers zijn vaak beschikbaar uit ziekenhuis- en huisartsenregistraties. Cijfers voor verschillende ziekten zijn echter lastig met elkaar te vergelijken en een totaaloverzicht of een vergelijking tussen verschillende situaties is daardoor moeilijk te verkrijgen.

Attributieve ziektelast

Geïntegreerde gezondheidsmaten die een inschatting geven van de totale attributieve ziektelast, gewogen naar de ernst van de ziekte, worden steeds vaker gebruikt bij gezondheidseffectschattingen. Voorbeelden van dergelijke maten zijn de QALY en de DALY.

DALY's (Disability Adjusted Life Years) combineren informatie over het aantal mensen met een aandoening en de duur en ernst van die aandoening in één getal. Hierdoor geven DALY's een aanduiding van het aantal gezonde levensjaren dat in een populatie wordt verloren door vroegtijdige sterfte en ziekte. De ziektelast in DALY's in een bepaalde situatie kan zo vergeleken worden met de ziektelast in een andere situatie, waardoor verschillende (beleids)scenario's vergeleken kunnen worden. QALY's (Quality Adjusted Life Years) zijn vergelijkbaar, maar nemen gezondheid in plaats van ziekte als uitgangspunt. QALY's zijn een goede maat om de gezondheidsstatus van een populatie weer te geven. DALY's zijn in het algemeen nuttiger om specifieke ziekten of ziekteoorzaken te analyseren. In dit document wordt de bruikbaarheid van DALY's voor het preventief schatten van gezondheidseffecten bij incidenten met gevaarlijke stoffen onderzocht. De berekening van DALY's wordt hierna verder beschreven.

Zowel DALY's als QALY's zijn een simplificering van een zeer complexe werkelijkheid, waardoor de interpretatie van de uitkomsten een stuk veel omvattender is dan het sec vergelijken van de getallen.

Berekening van DALY's

DALY's omvatten drie belangrijke pijlers van ziektelast: verlies aan levensverwachting door vroegtijdige sterfte, gecombineerd met de levensduur waarin men in verslechterde gezondheid leeft, gestandaardiseerd naar de ernst van de aandoening. Daarnaast kunnen gewichten toegekend worden, waardoor jaren verloren in de toekomst of jaren verloren in bepaalde leeftijdscategorieën verschillend worden meegewogen in de einduitkomst. Het gebruik van dergelijke gewichten kan worden bediscussieerd, wat buiten de reikwijdte van dit document valt.

Als voorbeeld staat hieronder aangegeven hoe de berekening van DALY's veroorzaakt door blootstelling aan een bepaalde stof verloopt:

$$DALY = AZ * D * E$$

$$AZ = AR * P * F$$

$$AR = (RR' - 1) / RR'$$

$$RR' = ((RR - 1) * C) + 1$$

- AZ: Attributieve Ziektebelasting: het aantal mensen met een bepaalde aandoening (of sterfte) ten gevolge van blootstelling aan de stof (bijvoorbeeld 'blootstelling aan ammoniak')
- D: Duur: de duur van de aandoening (of het aantal verloren levensjaren bij sterfte)
- E: Ernst: de reductie in capaciteit ten gevolge van de aandoening. Weegfactoren variëren tussen 0 (complete gezondheid) en 1 (sterfte) en worden veelal vastgesteld door experts (clinici, onderzoekers, et cetera)
- AR: Attributief Risico: het risico om een bepaalde aandoening te krijgen ten gevolge van blootstelling aan de stof
- P: Basisprevalentie of incidentie voor ziekte: sterftecijfers voor sterfte
- F: Fractie van de populatie die is blootgesteld aan de te analyseren stof.
- RR': aangepast Relatief Risico
- RR: Relatief Risico
- C: Concentratie van de stof

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl