

RISICOMODEL EXPLOSIEVEILIGHEID



RAPPORT

2007

16

RISICOMODEL EXPLOSIEVEILIGHEID
RIOOLGEMALEN EN RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIES

HANDLEIDING

2007

16



COLOFON

UITGAVE STOWA, Utrecht, juni 2007

PROJECTUITVOERING

Lodewijk Meijlink	DHV-water
Eddie Koornneef	DHV-water
Niels Nijman	DHV-water

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Wim Wiessner	Waterschap Brabantse Delta
Edwin Poules	Waterschap Zeeuwse Eilanden
Ronnie Faassen	Waterschap Rivierenland
Jan de Korte	Hoogheemraadschap van Delfland
Ruud Hekman	Waterschap Hollandse Delta
André Voorbij	Waterschap Zuiderzeeland
Joop Baltussen	BACO
Cora Uijterlinde	STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA rapportnummer 2007-16

TEN GELEIDE

In 1996 is de ATEX-richtlijn (Atmosphere Explosible) van kracht geworden. Deze Europese richtlijn gaat over hoe omgegaan moet worden met de beheersing van explosieve omstandigheden. Per 1 juli 2006 moeten (bestaande) installaties, voor zover van toepassing, voldoen aan de ATEX. Dit geldt ook voor rwzi's en aanverwante installaties. In het daartoe gepubliceerde arbeidsomstandigheden besluit is een stappenplan opgenomen dat doorlopen moet worden als er sprake is van explosieve omstandigheden. Die stappen moeten beschreven worden in een explosie veiligheidsdocument (EVD).

Ten behoeve van de waterschappen zijn een aantal praktische hulpmiddelen ontwikkeld:

- een ATEX model (excel) voor het bepalen van risico's op explosies in rioolgemalen en rioolwaterzuiveringsinstallaties (slibgistingsinstallaties zijn buiten beschouwing gelaten)
- een handleiding voor het werken met het model (onderhavig document),
- een uniform EVD dat door alle waterschappen gebruikt en aangepast kan worden, en
- een milieuzorgsysteemlijst voor intern gebruik.

Bij het ontwikkelen van het model is dankbaar gebruik gemaakt van het ATEX-model dat in opdracht van Waterschap Hollandse Delta al ontwikkeld was.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

RISICOMODEL EXPLOSIEVEILIGHEID RIOOLGEMALEN EN RIOOLWATER- ZUIVERINGSINSTALLATIES

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	ACHTERGROND	2
3	DOEL EN FUNCTIONALITEIT	3
4	MODEL BESCHRIJVING	4
4.1	Beschrijving installaties	4
4.2	Risico model	9
	4.2.1 Risico inschatting	9
	4.2.2 Risicobeoordeling	12
4.3	Data en Biogasvorming	15
4.4	Samenvatting	17
4.5	Invulparameters en installatie-aanpassingen	17
5	REFERENTIES	18
	BIJLAGE 1 EXTERNE BRONNEN	
	BIJLAGE 2 GASVORMING	

1

INLEIDING

Dit document is de handleiding die hoort bij het voor STOWA ontwikkelde 'risicomodel Explosieveiligheid Rioolgemalen en Waterzuiveringsinstallaties' voor het bepalen en beoordelen van explosierisico's op waterzuiveringsinstallaties en gemalen.

De handleiding omvat:

- Achtergrond
- Doel en Functionaliteit
- Model beschrijving
- Data
- Referenties

Deze handleiding hoort bij het Risicomodel ExplosieVeiligheid, STOWA, versie 1 (uitgave april 2007).

2

ACHTERGROND

Vanaf 1 juli 2003 moeten alle installaties in overeenstemming zijn met de Europese Richtlijnen voor:

- een veilige en gezonde werkomgeving van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen,
- apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffings gevaar kan heersen.

Deze regelgeving wordt kortweg aangeduid met ATEX 137, respectievelijk ATEX 95.

Vanuit de ATEX 137 is er de verplichting om explosieveiligheidsdocumenten op te stellen, waarbij o.a. de volgende activiteiten moeten worden uitgevoerd:

- Identificatie en beoordeling van explosierisico's;
- Indeling in gevarenczones;
- Aangeven op welke wijze een veilige werkomgeving kan worden gecreëerd indien er sprake is van een onaanvaardbaar risico op een explosie.

Het risicomodel explosieveiligheid kan daarbij toegepast worden met als doel:

- In kaart brengen van alle mogelijke explosierisico's op installaties (rioolgemalen en zuiveringsinstallaties) van een Waterschap of Hoogheemraadschap;
- Op basis van deze risico's beoordelen of al dan niet een gevarenczone indeling dient te worden uitgevoerd.

Het model omvat dus niet het bepalen van de gevarenczone indeling voor de installaties. In het model is wel een indicatieve gevarenczone indeling weergegeven, maar in geval van zonering dient echter altijd de NPR 7910 geraadpleegd te worden.

De resultaten die uit het model volgen dienen in het explosieveiligheidsdocument te worden opgenomen ter ondersteuning van de identificatie en beoordeling van de aanwezige explosierisico's.

3

DOEL EN FUNCTIONALITEIT

Het doel van het risicomodel is om op eenvoudige wijze het risico op een explosie kwantitatief in beeld te brengen en dit risico tegen gegeven acceptatie criteria te beoordelen. Het betreft hier alle installaties in het werkgebied van een Waterschap of Hoogheemraadschap.

De volgende functionele eisen zijn aan het model gesteld:

- het model moet door personeel van Waterschappen of Hoogheemraadschappen kunnen worden ingevuld (met hulp van de handleiding), dat kennis heeft van de specifieke installaties en het aspect explosiegevaar.
- de invoer van het model moet per installatie mogelijk zijn. Een uitgebreide voorbereiding van de gebruiker, anders dan opzoeken van installatie basis gegevens, moet niet nodig zijn.
- de uitvoer van het model moet de volgende zaken omvatten:
 - de oorzaken en de kans op een explosie – gebruik makend van een fouten boom.
 - het te verwachte effect van de explosie – gebruik makend van een gebeurtenissen boom.
 - het risico en de beoordeling ervan – gebruik makend van een risico-matrix of vergelijkbaar.
- de uitgangspunten en data die vastliggen binnen het model zijn terug te vinden in het model (en de handleiding).

In het model is eventuele gasvorming in de aanvoerleiding van de installatie niet meegenomen. Deze gasvorming vindt alleen plaats bij stilstand van het afvalwater in de aanvoerleiding en is sterk afhankelijk van de situatie (lengte/type etc) van deze leiding. Of gasvorming in het riool een explosierisico op de installatie veroorzaakt, dient per situatie bepaald te worden. In bijlage 2 is een rekenvoorbeeld van een aanvoerleiding opgenomen. Hieruit blijkt dat gasvorming in het riool niet snel zal optreden. Ook in de situatie dat er wel gas wordt gevormd, zal dit niet snel tot explosierisico's leiden.

Het model is in de Microsoft Excel 2000 (versie 9.0.4402 SR-1) opgesteld. Excel is zeer toegankelijk en bij uitstek geschikt voor minder complexe modellering. Bescherming en presentatie zijn minder geavanceerd dan bijvoorbeeld Microsoft Access. Echter omdat het model slechts intern wordt gebruikt bij Waterschappen of Hoogheemraadschappen, is het gebruik van Excel als meer dan voldoende geacht.

De tabbladen data en gasvorming van het model zijn beschermd met een wachtwoord. Dit wachtwoord is: STOWA.

4

MODEL BESCHRIJVING

Het model is opgebouwd in MS Excel en bestaat uit zeven worksheets:

- a. Beschrijving
- b. Risicomodel
- c. Data
- d. Gasvorming
- e. Samenvatting
- f. Invulparameters
- g. Installatie aanpassingen

In de volgende paragrafen zijn deze sheets toegelicht.

4.1 BESCHRIJVING INSTALLATIES

In de worksheet “Beschrijving” is het mogelijk de gegevens van de installatie en de installatie onderdelen in te vullen. Deze gegevens zijn de invoer naar het risicomodel in de worksheet “Risicomodel” De volgende aspecten van de beschrijving dienen te worden ingevuld:

Naam en type installatie	De specifieke installatie kan uit een lijst worden gekozen en aangeklikt. Het type – rioolgemeal of rioolwater zuiveringsinstallatie (RWZI) – kan worden aangeklikt.
Omgeving rond installatie (aard)	De omgeving van de geselecteerde installatie kan als landelijk of stedelijk worden gekarakteriseerd. Een landelijk gebied wordt gekenmerkt als dun bevolkt, weinig infrastructuur en bedrijvigheid, en een stedelijk gebied wordt gezien als een dichtbevolkt, goed bereikbaar (weg en spoor) en bedrijvig gebied. Een goede parameter om tussen stedelijk en landelijk is al dan niet binnen of buiten de bebouwde kom. De omgeving rond de installatie heeft invloed op de frequentiebepaling van de externe bronnen en op de inschatting van de trefkans van een explosie op mensen buiten het terrein.
Bedrijfsituatie	De bedrijfsvoering van de geselecteerde installatie is uitgedrukt in termen van bemand of onbemand, hetgeen aangeeft de mate waarin personeel aanwezig is op de installatie. In beginsel is een bemande locatie een locatie waar een laboratorium/kantoor (of vergelijkbaar) aanwezig is waarin zich altijd (gedurende werkuren) mensen bevinden. Indien dit niet het geval is dan is de locatie onbemand. Door aan te geven of er wel of niet een kantoor/laboratorium aanwezig is, wordt een installatie als bemand of onbemand bestempeld. Een dienstgebouw waarin slechts een deel van de dag mensen aanwezig zijn, valt niet in de categorie van kantoor/ laboratorium.
Arbeidsuren	Dit zijn de uren die personeel werken op het terrein en het aantal uren dat mensen werken in een kantoor/laboratorium. Het aantal uren dat mensen aanwezig zijn in katoor/laboratorium kan alleen worden ingevuld als het kantoor/laboratorium aanwezig is. De arbeidsuren zijn nodig om de kans op blootstelling aan de effecten van een explosie te berekenen. Als er bijvoorbeeld 4 mensen 16 uur per week aanwezig zijn op het terrein en 2 mensen gedurende 6 uur per week op kantoor is het aantal in te vullen arbeidsuren op het terrein 64 en het aantal arbeidsuren op kantoor 12

Zuiveringsgebied	Het zuiveringsgebied geeft het gebied aan dat is aangesloten op de geselecteerde installatie. Dit gebied is uitgedrukt als een percentage van het beheersgebied waar de geselecteerde installatie onder valt en wordt berekend door de capaciteit (RWA-debiet) van de installatie terecht kan komen. De kans op een externe bron (incidentele lozing) tijdens transport van gevaarlijke stoffen is gegeven voor het beheersgebied en dient te worden berekend voor elke installatie door deze kans te vermenigvuldigen met het zuiveringsgebied (percentage). De berekening van de kans op een externe bron is beschreven in detail in bijlage 1.
Beheersgebied	Uitgangspunt voor het model is dat het beheersgebied gelijk is aan het werkgebied van een waterschap of een hoogheemraadschap. De lijst waaruit een installatie wordt geselecteerd omvat alle installaties binnen het beheersgebied. Het beheersgebied is opgenomen om de bepaling van de (gebiedsgemiddelde) kans op een externe bron (incidentele lozing) tijdens transport van gevaarlijke stoffen van/naar tankstations en bedrijven eenvoudig te houden zonder veel vooronderzoek. Het blijft echter mogelijk dat het beheersgebied gelijk is aan het zuiveringsgebied.
Omgeving zuiveringsgebied (aard)	Het zuiveringsgebied dient of als stedelijk (binnen de bebouwde kom) of als landelijk (buiten de bebouwde kom) te worden gekarakteriseerd. Dit bepaalt het aantal tankstations en bedrijven in het zuiveringsgebied en dus de kans op een externe bron (incidentele lozing) tijdens transport van gevaarlijke stoffen van/naar tankstations en bedrijven in het zuiveringsgebied.
Aantal Tankstations en Bedrijven in beheersgebied	Er is een onderscheid gemaakt tussen tankstations en (relevante)bedrijven in landelijk gebied (buiten bebouwde kom) en stedelijk gebied (binnen bebouwde kom). Bij de geselecteerde omgeving zuiveringsgebied hoort dus een andere kans op een externe bron (incidentele lozing) tijdens transport van gevaarlijke stoffen van/naar tankstations en bedrijven in het beheersgebied. In bijlage 1 zijn uitgangswaarden gegeven voor het aantal tankstations en bedrijven in een stedelijk of landelijk gebied. Deze uitgangswaarden zijn gebaseerd op tellingen in een beheersgebied in Nederland. Naast de uitgangswaarden kunnen ook afwijkende waarden voor de aantallen van tankstations en bedrijven in het beheersgebied worden ingevuld. De criteria welke bedrijven dienen te worden meegenomen zijn beschreven in bijlage 1.
Bedrijven aangesloten op de installatie	Om de kans op een externe bron (incidentele lozing) vanaf de aangesloten bedrijfterreinen te bepalen dient het aantal (relevante) bedrijven te worden ingevuld dat is aangesloten op het riool dat is aangesloten op de geselecteerde installatie. De criteria voor het bepalen welke bedrijven relevant zijn gegeven in bijlage 1.

De gegevens uit de keuze menu's zijn gegeven in de worksheet "Data" en kunnen, indien nodig, worden aangepast of aangevuld.

Er is een lijst opgenomen met standaard onderdelen van de water- en sliblijn die op rwzi's kunnen voorkomen, inclusief een rioolgemaal als onderdeel buiten de rwzi.

RIOOLGEMAAL (= EXTERN, BUITEN HEK RWZI)

Opmerkingen:

- een rioolgemaal kan niet worden gekozen in combinatie met andere onderdelen op een rwzi en dient altijd als enige worden geselecteerd;
- een rioolgemaal heeft doorgaans een explosierisico (aanwezigheid van ontstekingsbronnen zoals ventilator, vlotterbal) ondanks het feit dat pompen nat zijn opgesteld of zich in een andere ruimte bevinden;
- in geval van een externe lozing op het riool wordt ervan uitgegaan dat het rioolgemaal dat deze lozing ontvangt een mogelijk explosieve atmosfeer heeft en er dus maatregelen moeten worden genomen. Het is aan het schap om te beoordelen of er wel of geen doorslag plaatsvindt. Als er tijdig wordt ingegrepen (stop rioolgemaal) om doorslag te voorkomen is er bij het onderdeel stroomafwaarts van het rioolgemaal geen explosiegevaar meer van een deze externe bron. Als er wel doorslag plaatsvindt, geeft dit een externe bron bij het volgende gemaal of rwzi. Aangezien er geen koppeling is meegenomen in het model (ieder gemaal of rwzi dient apart beschouwd te worden) dient bij een volgend gemaal of rwzi rekening te worden gehouden met een externe bron.

WATERLIJN

- Influentgemaal
- roostergoedinstallatie
- zandvanger
- voorbezinktank
- tussengemaal
- anaërobe tank
- actiefslibtank
- nabezinktank
- retourslibgemaal

SLIBLIJN

- primairslibindikker (gravitair)
- primairslibbuffer (gravitair)
- secundairslibindikker (gravitair)
- secundairslibbuffer (gravitair)
- na-indikker (gravitair)
- uitgest slibbuffer
- slibsilos
- mechanische indikking (bijv. zeefbandpers)
- mechanische ontwatering (bijv. centrifuge)
- transportsysteem

De volgende onderdelen worden op dezelfde manier doorgerekend:

- Rioolgemaal, influentgemaal, roostergoedinstallatie, zandvanger, tussengemaal.
Deze onderdelen worden allemaal doorgerekend inclusief explosierisico door een eventuele externe bron, op basis van influent als medium.
- Voorbezinktank
Dit onderdeel wordt doorgerekend inclusief explosierisico door een eventuele externe bron, op basis van primair slib als medium.
- Anaërobe tank
Dit onderdeel wordt doorgerekend inclusief explosierisico door een eventuele externe bron, op basis van actiefslib als medium.
- Actief slib tank, nabezinktank, retourslibgemaal, secundair slibindikker, secundair slib buffer. Deze onderdelen worden allemaal doorgerekend zonder dat rekening gehouden wordt met explosierisico door een eventuele externe bron, op basis van actiefslib als medium.
- Primair slibindikker, primair slibbuffer
Deze onderdelen worden doorgerekend zonder dat rekening gehouden wordt met explosierisico door een eventuele externe bron, op basis van primairslib als medium.
- Na-indikker, uitgest slibbuffer, slibsilos.
Deze onderdelen worden doorgerekend zonder dat rekening gehouden wordt met explosierisico door een eventuele externe bron, waarbij het medium zelf in te stellen is. Tevens wordt hier maar naar de kans op een risico van één dag stilstand gekeken (geen aan en afvoer). Bij meerdere dagen stilstand neemt het risico toe door toename aantal en activiteit methanogenen, maar er zijn hierover geen duidelijke gegevens bekend.

- Mechanische indikking, mechanische ontwatering, transportsysteem.
Deze onderdelen worden doorgerekend zonder dat rekening gehouden wordt met explosierisico door een eventuele externe bron, waarbij het medium zelf in te stellen is. Tevens wordt hier maar naar de kans op een risico van één dag gekeken (zie vorige punt).
Daarbij wordt de ruimte waarin het onderdeel opgesteld is als ventilatieruimte gezien.

Indien een onderdeel, dat op de installatie voorkomt maar niet in de lijst is opgenomen, kan een vergelijkbaar onderdeel worden geselecteerd (dat niet aanwezig is op de installatie) en de naam in het werkblad worden gewijzigd.

Als onderdeel van het beschrijven van de installatie kunnen de onderdelen die aanwezig zijn op de specifieke installatie worden aangevinkt. Die onderdelen die niet worden aangevinkt worden in het verdere model niet beschouwd.

Voor de aanwezige (aangevinkte) onderdelen dienen de volgende aspecten te worden ingevuld:

Omgeving (objecten)	Zijn er in de omgeving objecten buiten het terrein (zoals woningen, kantoren, bedrijven, drukke wegen, etc) en zo ja, op welke afstand in meters tot het onderdeel; Zijn er in de omgeving kantoor/laboratorium (waarin op altijd in dagdienst personen aanwezig kunnen zijn) op het terrein en zo ja, op welke afstand in meters tot het onderdeel. Om de afstand aan te geven zijn vijf ranges gedefinieerd waaruit gekozen kan worden: GEEN, <50m, 50-100 m, 100-200 m, >200m . Deze afstand is nodig om het effect van een explosie in termen van ernst te bepalen.
Eigenschappen van onderdeel (ruimte en medium)	<p>Voor de berekening van de gasvorming is het totale volume van de ruimte of de tank nodig, het volume van de gasruimte en de hoogte van de gasruimte. Zie onderstaand figuur ter verduidelijking van deze ruimtes:</p> <p>Tevens is van belang voor de bepaling van de gasvorming welk medium zich in de tank bevindt, welke drogestofconcentratie het medium heeft en wat de (medium-) temperatuur in de tank/ruimte is. Deze parameters dienen hier ingevuld te worden.</p> <p>Voor het medium kan gekozen worden uit INFLUENT, PRIMAIR SLIB, SECUNDAIR SLIB, ACTIEF SLIB en UITGEGIST SLIB. Voor slibbuffers kan worden gekozen uit samenstellingen van primair slib (PS), secundair slib (SS), en uitgestigt slib (US), in bepaalde verhoudingen (PS: SS=1:1/1:2/1:3/2:1/3:1 en US:PS=1:1/1:2/1:3/2:1/3:1). Dit is voornamelijk van toepassing op uitgestigt slibbuffers die, vanwege capaciteitsproblemen, ook primair slib ontvangen.</p> <p>De concentratie van het aanwezige slib wordt onder drogestof (DS) concentratie ingevuld.</p> <p>Voor de temperatuur kan gekozen worden uit een vaste temperatuur of voor een jaargemiddelde temperatuur. Sommige procesonderdelen functioneren namelijk wellicht bij een vaste proces temperatuur, terwijl andere procesonderdelen afhankelijk zijn van de temperatuur van het influent, die door het jaar heen varieert (zie paragraaf 4.4 voor de kansverdeling van de jaargemiddelde temperatuur).</p> <p>Bij de sliblijn is ook van belang wat het toevoerdebiet van het procesonderdeel is zodat rekening gehouden kan worden met eventuele verversing.</p> <p>Voor onderdelen van mechanische indikking en ontwatering staat de apparatuur (bijv. zeefbandpers, centrifuge) in een gebouw. De afmetingen van het gebouw dienen ingevuld te worden. Naast de bepaling van de mate van gasvorming zijn deze gegevens ook nodig voor de bepaling van het ventilatievoud, en het effect van de explosie.</p>
Ontstekingsbron	<p>Is er in en rond dit onderdeel apparatuur geïnstalleerd dat als ontstekingsbron kan optreden? Keuze tussen WEL en NIET. De kans op ontsteking door een ontstekingsbron is gebaseerd op de ontsteking door elektrische apparatuur. Indien er geen elektrische apparatuur nabij het installatie onderdeel (binnen 10 meter) dient NIET te worden gekozen. Er wordt dan wel rekening gehouden met eventuele aanwezigheid van een persoon als ontstekingsbron.</p> <p>In het model wordt in principe geen rekening gehouden met Ex-apparatuur. Aan het einde van het model wordt echter wel opnieuw het explosierisico berekend waarbij verschillende maatregelen ter verkleining van het explosierisico worden meegenomen. Één van deze opties is “verbetering Ex-apparatuur”.</p>

Methaangasdetectie	Is er voor dit onderdeel methaangas detectie met actie ter beperking van bron of voorkoming van ontsteking (bijv. uitstakelen elektrische stroomtoevoer) geïnstalleerd? Keuze tussen NIET, ENKEL en DUBBEL . Het verschil tussen ENKEL en DUBBEL betreft of bij uitval van een gasdetector een andere gasdetector aanwezig is in dezelfde ruimte. Het betreffen dus dezelfde meters die elkaars reserve zijn. In feite wordt er onderscheid gemaakt tussen de betrouwbaarheid van de gas detectie en dus ook de faalkans. Er is gekozen om het effect van redundantie in het model op te nemen. In algemenere zin kan de betrouwbaarheid ook worden uitgedrukt in de SIL (Safety Integrity Level) klasse (SIL 1 is onbetrouwbaarder dan SIL 2, enz.). Deze klasse geeft geen detail over de uitvoering (enkel, dubbel) en is dus een bredere parameter.
Ventilatie	Is dit onderdeel (luchtruimte in gebouw/tank) geventileerd? Keuze tussen NIET, WEL, OPEN en GEBORGD de ventilatie. NIET, WEL en GEBORGD betreft mechanische ventilatie; het verschil tussen WEL en GEBORGD is de lagere faalkans voor GEBORGD ventilatie; indien deze niet aanwezig is in de ruimte maar de ruimte wel natuurlijk is geventileerd (bijv. open ruimten, of ruimte met ventilatie roosters) dan OPEN invullen. Om het actuele ventilatievoud van de (gas)ruimte te bepalen dient het ventilatie debiet (m ³ /uur) te worden ingevuld. Het ventilatiedebiet kan alleen worden ingevuld als er ventilatie-apparatuur is geïnstalleerd. Het actuele ventilatievoud wordt vergeleken met het benodigde ventilatievoud (definitie gegeven hieronder) om te bepalen of de aanwezige ventilatie voldoende is. Bij een zelfademend filter is er geen mechanische ventilatie, zodat de ruimte onder het filter nog steeds explosief kan zijn en als zodanig moet worden meegenomen in de berekening.

De ingevulde gegevens worden direct doorgevoerd naar de worksheet “Risicomodel”.

Verder wordt een aantal berekeningen uitgevoerd ter bepaling van maximaal toegestane lekbronnen en minimum benodigde ventilatievouden op basis van de berekeningsmethoden gegeven in de NPR-7910. Deze berekeningen worden uitgevoerd om te kunnen bepalen of de ventilatievoud voldoende is om een explosief mengsel te voorkomen. Alleen als de ventilatievoud als voldoende is beoordeeld, zal de ventilatie in de worksheet “Risicomodel” als aanwezig worden meegenomen. De volgende parameters zijn berekend:

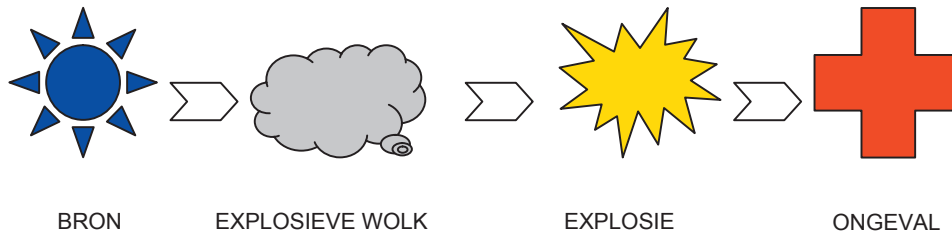
Maximale lekbron grootte	De maximale hoeveelheid gas dat vrijkomt in de ruimte van het betreffende installatieonderdeel uitgedrukt in g/s. De brongrootte bepaald de eventuele zonerings
Benodigd ventilatievoud	Het benodigde ventilatievoud (aantal luchtwisselingen per uur) van de ruimte dat nodig is om de gegeven Maximale lekbron grootte te verdunnen zodat de concentratie van het gas in de ruimte lager is dan 10% van de onderste explosie limiet (10% LEL = Lower Explosion Limit)
Toegestane lekbron (ventilatie)	De maximale lekbron grootte waarbij de gasconcentratie in de ruimte niet boven de 10% LEL komt, gegeven de aanwezige ventilatievoud (aantal luchtwisselingen per uur) van de ruimte.
Toegestane lekbron (hoog gebouw)	De maximale lekbron grootte waarbij de gas concentratie in de ruimte niet boven de LEL komt, gegeven de ventilatievoud (groter dan 10 luchtwisselingen per uur) door natuurlijke trek in een hoog gebouw (> 8 m).
Explosieve massa	De explosieve massa is de hoeveelheid gas (kg) die aanwezig is in de ruimte bij een gasconcentratie gelijk aan LEL
Minimale volume zone	Berekend uit de eis dat de verhouding tussen benodigd en aanwezig ventilatievoud gelijk is aan de verhouding tussen 5 x volume ruimte en volume zone. Indien het minimale volume zone kleiner is dan 20 liter dan is geen gevaren zonerings nodig.

4.2 RISICO MODEL

Het risicomodel bestaat uit een risico inschatting en een risicobeoordeling.

4.2.1 RISICO INSCHATTING

De risico inschatting is opgebouwd middels een fouten- en een gebeurtenissenbomen. Deze zijn volgens de onderstaande lijn van gebeurtenissen opgebouwd.



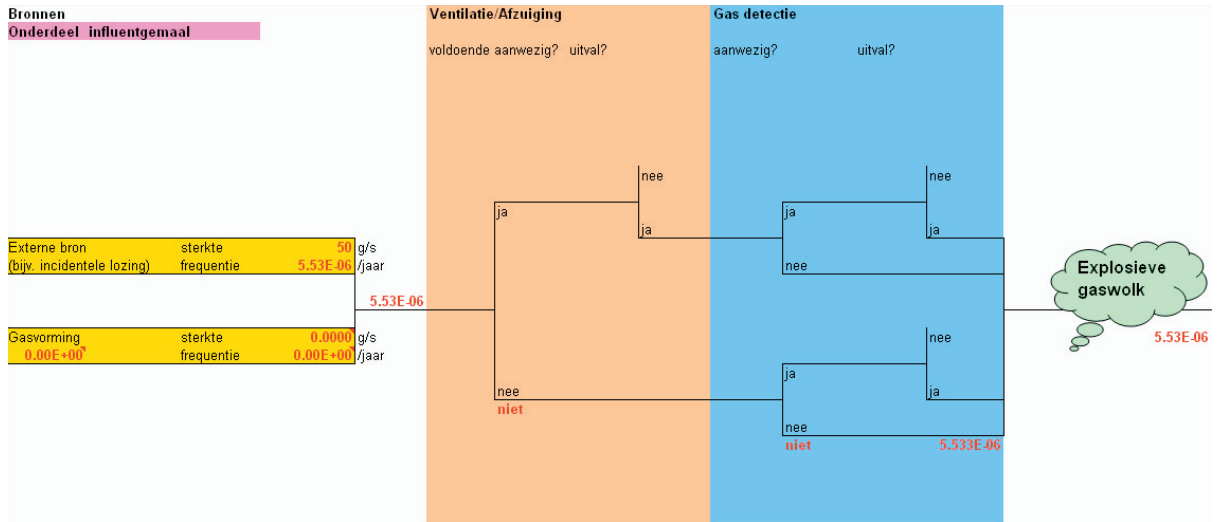
De bronnen zijn die gebeurtenissen die de oorzaak kunnen zijn tot het vrijkomen van een brandbare en explosieve stof in een bepaald onderdeel van de installatie waardoor zich een explosieve wolk kan vormen. Dit model wordt per installatieonderdeel doorgerekend.

Mogelijke bronnen die relevant kunnen zijn voor een zuiveringsinstallatie zijn:

- gas-vorming (methaangas) als gevolg van een biologische activiteit in een onderdeel van de installatie
- externe bronnen waarbij een grote hoeveelheid brandbare stof (bijvoorbeeld benzine) op het riool wordt geloosd en in een onderdeel van de installatie terecht komt
- gaslekkage (bijvoorbeeld biogas) aan gasvoerende apparatuur in een onderdeel van de installatie.
- stofvorming (bijvoorbeeld slibdroging) in een onderdeel van de installatie.

Voor het risicomodel zijn de bronnen “gaslekkage” en “stofvorming” niet beschouwd omdat enerzijds deze bronnen (of beter de apparatuur waar deze bronnen uit voorkomen) evident onder de gevarenonderzichtsplicht vallen (gaslekkage) of anderzijds geen stoffen met explosie potentieel op de installaties voorkomen (normaal gebruikte vaste stoffen hebben geen stof-explosiegevaar). Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de bronnen wordt verwezen naar de bijlagen 1 en 2.

De gemodelleerde boom van “bron” tot “explosieve wolk” ziet er uit als gegeven in de onderstaande afbeelding.:

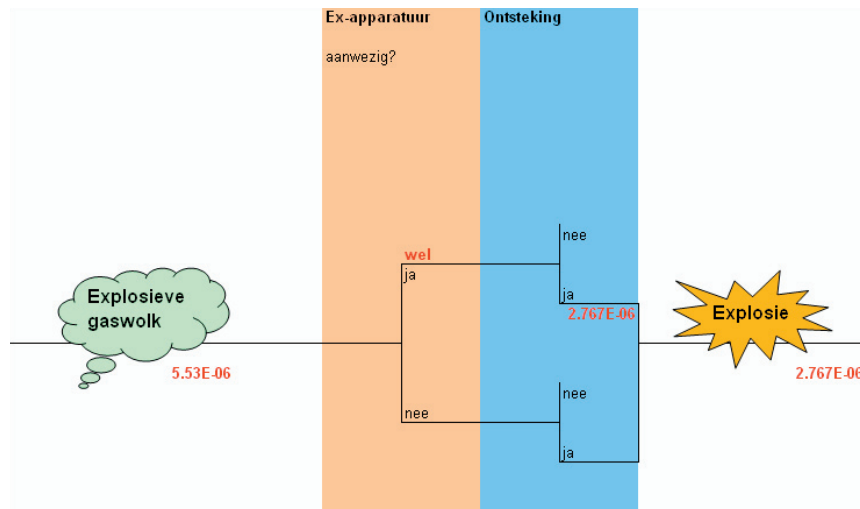


De invoer in dit model komt uit de worksheet “Beschrijving” (aanwezige installatie onderdelen, aanwezigheid Ventilatie, aanwezigheid Gas detectie) en uit de worksheet “Data” (frequenties en grootte bronnen en uitvalgegevens Ventilatie en Gas detectie). Uiteindelijk is een frequentie (per jaar) op een explosieve wolk berekend.

De bronsterkte en frequentie voor een explosief mengsel als gevolg van gasvorming wordt berekend in de worksheet “Gasvorming” door vloeistof volume en het volume van de dampkamer van het gebouw of de tank in te vullen.

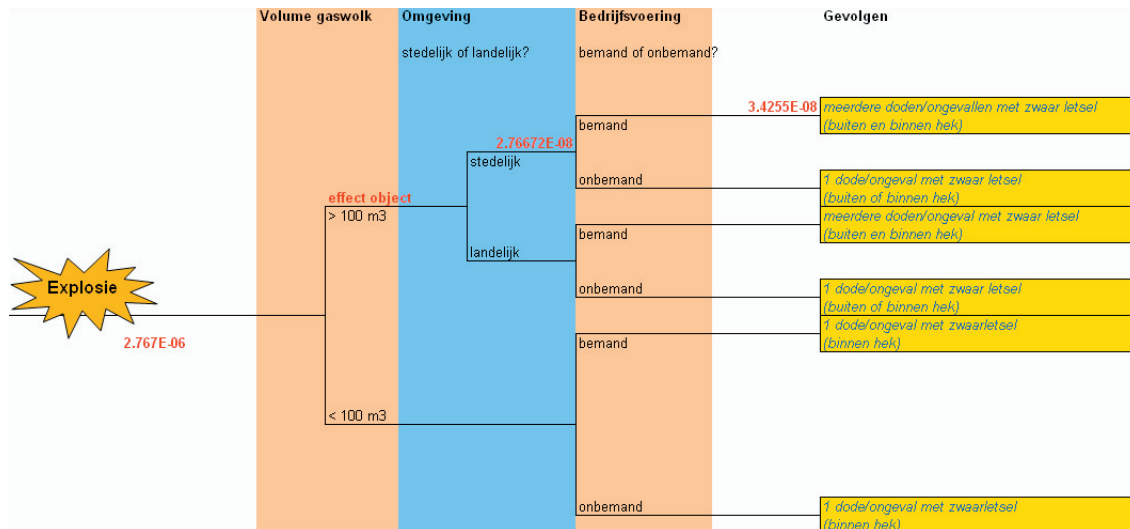
De bronsterkte in een ruimte wordt bepaald door o.a. medium, toevoer debiet, drogestofconcentratie en temperatuur en dagen stilstand van het onderdeel. De frequentie wordt bepaald door de kans op een x aantal dagen stilstand en de kans op temperatuur T van de tankinhoud. De frequentie wordt gecorrigeerd voor de aanwezige ventilatie (of beter de afwezigheid van ventilatie). Alleen bij geen aanwezige ventilatie of uitval van de aanwezige ventilatie is een explosief mengsel door gasvorming mogelijk.

De gemodelleerde boom van “explosieve wolk” tot “explosie” ziet er als volgt uit:



Dit deel van het model omvat in feite de kans op ontsteking die bepaald wordt door het wel of niet aanwezig zijn van apparatuur. De ontstekingskansen worden als invoer uit de worksheet “Data” gehaald. Uiteindelijk is een kans (uitgedrukt in frequentie) op een explosie berekend.

De gemodelleerde boom van explosie tot gevolgen uitgedrukt in gevolgen voor personen is hieronder weergegeven. Dit deel van het model maakt onderscheid in de omvang van de explosie en de aanwezigheid van personen rond en nabij de installatie.



De grootte van de explosie wordt bepaald door de grootte van de explosie wolk welke is beperkt door het volume van het gebouw of de damruimte van een tank. Het uitgangspunt hierbij is dat voor volumes kleiner dan 100 m³ de explosie GEEN dodelijk effect heeft op objecten en personen buiten het hek op een afstand van meer dan 100 m óf dat elke explosie GEEN dodelijk effect heeft op objecten en personen buiten het hek op een afstand van meer dan 200 m. In die gevallen van geen effect op objecten en personen buiten het hek wordt alleen de beperkte aanwezigheid van personeel op het terrein rond de installaties meegenomen. Voor de gevallen waarbij de explosie WEL een dodelijk effect heeft op objecten en personen is de kans op dodelijk effect ingeschat afhankelijk van afstand en volume explosief mengsel. Hiertoe wordt als invoer de afstand van objecten of dienstgebouwen uit het worksheet “Beschrijving” gebruikt. Ook hier wordt de aanwezigheid van personeel op het terrein rond de installaties meegenomen. De kans is de optelling van de kans op effect op personen buiten het hek en de kans op effect op personeel binnen het hek

Door de aanwezigheid van personen op de installatie (bemand of onbemand) en buiten de installaties (stedelijk of landelijk) aan te geven, wordt een indicatie van de ernst van de gevolgen worden bepaald. De ernst wordt mede bepaald door sterkte van de explosie, hetgeen weer bepaald wordt door het volume van het explosief mengsel en de afstand tot objecten of dienstgebouwen. In onderstaande tabellen zijn de aannames gegeven die in het risicomodel zijn gehanteerd ten aanzien van dodelijk letsel en ernst van de gevolgen.

Uiteindelijk is de frequentie (kans) berekend waarbij de ernst van het gevolg voor personen kan optreden. Deze kans en ernst vormen de input voor de risicobeoordeling.

KANS OP DODELIJK EFFECT

(t.b.v. een stedelijke of landelijke omgeving rond de installatie en een bemande of een onbemande locatie)

Gas volume Afstand tot object (bewoning/dienstgebouw)	<100 m ³	100-1000 m ³	>1000 m ³
<50 m	10%	100%	100%
50-100 m	1%	10%	100%
100-200 m	1%	1%	10%
>200 m	1%	1%	1%

Noot: bij een onbemande locatie is voor gas volumes >100m³ EN afstanden kleiner dan 100 m in alle gevallen een kans op dodelijk effect van 10% aangenomen

INSCHATTING ERNST VAN DE GEVOLGEN VAN EEN EXPLOSIE

(t.b.v. een stedelijke of landelijke omgeving rond de installatie en een bemande of een onbemande locatie)

	(gasvolume < 100m ³ EN >100 m afstand tot object) OF (>200 m afstand tot object)	(gasvolume >100 m ³ EN <100 m afstand tot object) OF (<200 m afstand tot object)
Stedelijk EN Bemand	1 dode (binnen hek)	Meerdere doden (1-10) (binnen of buiten hek)
Stedelijk EN Onbemand	1 dode (binnen hek)	1 dode (binnen of buiten hek)
Landelijk EN Bemand	1 dode (binnen hek)	Meerdere doden (1-10) (binnen of buiten hek)
Landelijk EN Onbemand	1 dode (binnen hek)	1 dode (binnen of buiten hek)

4.2.2 RISICOBEOORDELING

Voor de beoordeling van het risico op ongevallen als gevolg van een explosie wordt de combinatie van de kans op het voorkomen van de explosie en de ernst van de gevolgen van een explosie in een risicomatrix beoordeeld. Hiertoe wordt de kans en de ernst in 6 klassen ingedeeld.

ERNST KLASSEN

Klasse	Beschrijving
1	Restricted Work Case (RWC), letsel zonder verzuim
2	Lost Time Incident (LTI), letsel met verzuim
3	Zwaar letsel
4	1 dode
5	1-10 dode, enkele doden
6	> 10 dode, vele doden

KANS KLASSEN

Klasse	Beschrijving	/jaar ²
1	We/Ma = wekelijks/maandelijks ²	100-1
2	1-5/jaar Z = komt 1 tot 5 keer per jaar voor ²	1-0,01
3	<1/jaar Z = komt minder dan 1 keer per jaar voor ²	0,01-0,0001
4	<1/jaar NL = komt minder dan 1 keer per jaar voor in Nederland ¹	0,0001-0,000001
5	niet NL = is niet voorgekomen in Nederland ¹	0,000001-0,00000001
6	niet Wereld = is niet voorgekomen in Wereld ¹	<0,00000001

Noot 1: deze kwalificatie geldt voor het totaal van de (zuiverings)installaties binnen Nederland of Wereld

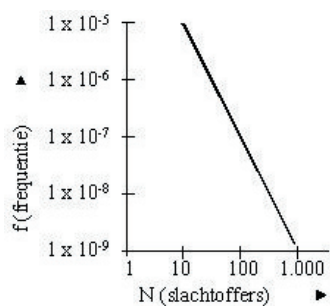
Noot 2: deze kans geldt per installatie(onderdeel)

De combinatie van de Kans en de Ernst is weergegeven in de onderstaande risicomatrix. Het rode gebied geeft aan dat wanneer de combinatie van Ernst en Kans in dit gebied valt, het risico niet acceptabel is. Valt de combinatie met Ernst en Kans in het groene gebied dan is het risico wel acceptabel.

De herkomst van deze risico-acceptatiecriteria is hieronder weergegeven.

In de Nederlandse regelgeving rond externe veiligheid is het geaccepteerd dat het risico op een dodelijk ongeval voor personen rond de inrichting $1 \cdot 10^{-6}$ ($< 0,000001$, Kans klasse 5) per jaar is. Binnen de proces en bouw industrie wordt vaak een hoger risico getolereerd omdat het personeel werkzaam op de locatie geacht wordt de risico's te kennen en tijdig te kunnen reageren. In deze gevallen wordt voor risico acceptatie vaak de range van $1 \cdot 10^{-4}$ tot $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar gehanteerd.

In de dezelfde Nederlandse regelgeving rond externe veiligheid worden oriënterende risico acceptatiecriteria gegeven voor groepsrisico. Deze waarden (de Fn-curve) is hieronder gegeven.



Uit de Fn-curve blijkt dat ongevallen met meerdere doden (lees 10-100 doden) de geaccepteerde frequentie tussen $1 \cdot 10^{-5}$ en $1 \cdot 10^{-8}$ per jaar ligt.

Risicomatrix

		KANS					
		we/ma	1-5/jaar Z	<1/jaar Z	<1/jaar N	niet N	niet W
ERNST		1	2	3	4	5	6
		$10^2 \cdot 10^0$	$10^0 \cdot 10^{-2}$	$10^{-2} \cdot 10^{-4}$	$10^{-4} \cdot 10^{-6}$	$10^{-6} \cdot 10^{-8}$	$<10^{-8}$
1	RWVC						
2	LTI						
3	zwaar letsel						
4	1 dode						
5	>1 dode						
6	>10 doden						

In het risicomodel wordt deze risicomatrix direct gebruikt door de berekende kans, volgend uit de gebeurtenissen bomen in het model, in één van de 6 kans klassen in te delen. De uiteindelijk bepaalde gevolgen, volgend uit de gebeurtenissen bomen in het model, worden in één van de 6 ernst klassen ingedeeld.

In het risicomodel wordt automatisch aangegeven of het risico acceptabel (groen) of niet acceptabel (rood) is. De beoordeling van de risico's tegen het gele gebied is niet meegenomen in het model. Deze beoordeling kan in feite buiten het model op basis van de modelresultaten en als een interpretatie van de risico's apart worden behandeld.

In veel risicomatrices wordt een tussengebied gedefinieerd, waarin risico's onder voorwaarden wordt geaccepteerd. Ofwel als niet aan de voorwaarden wordt voldaan wordt het gele gebied rood en het risico dus onacceptabel. Dit gebied is in het model aangegeven door middel van gearceerde rode vlakken. Als bijvoorbeeld kan worden aangetoond dat een Waterschap of Hoogheemraadschap bepaalde risicobeperkende maatregelen neemt, kan het risico als acceptabel worden beschouwd, zoniet, dan wordt het risico als onacceptabel beschouwd. In de samenvatting van het risicomodel wordt het risico, indien rood, echter altijd als onacceptabel beschouwd.

Daarnaast is een indicatie gegeven welk positief effect bepaalde maatregelen kunnen hebben op het verlagen van het risico. Voor de situaties waarbij geen ventilatie, geen gasdetectie of geen Ex-apparatuur is geïnstalleerd wordt berekend wat het (gereduceerde) risico is indien deze maatregelen (in de volgorde ventilatie, gasdetectie, Ex-apparatuur) wel worden geïnstalleerd.

Voor de toepassing in het risicomodel zal met name het gebied van de Restcategorieën 4 en 5 en de Kans categorieën 4, 5 en 6 worden gebruikt, omdat de ernst van een explosie relatief groot is en de kans relatief laag

In de worksheet "Risicomodel" is een samenvattingstabel gegeven waarin de uitkomsten uit de gebeurtenissen bomen en de risicobeoordeling zijn opgesomd voor de verschillende procesonderdelen. Deze tabel ziet er als volgt uit.

Samenvatting

	BRON FREQ	WOLK FREQ	EXPLOSIE FREQ	ONGEVAL FREQ	ERNST	KANS	RISICO
rioolgemaal	5.53E-06	5.53E-06	2.77E-06	3.43E-08	5	5	
inluentgemaal	5.53E-06	5.53E-06	2.77E-06	3.43E-08	5	5	
zandvanger	5.53E-06	5.53E-06	2.77E-06	3.43E-08	5	5	
actief slib tank	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
nabezinktank	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
retourslibgemaal	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
primairslibdikker	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
primairslibbuffer	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
secundairslibdikker	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
uitgegist slibbuffer	1.64E-03	1.64E-03	8.22E-04	1.02E-05	5	4	
centrifuge	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	
transportsysteem	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0	

4.3 DATA EN BIOGASVORMING

In de worksheet "Data" zijn alle data gegeven die:

- de invoer vormen voor de keuze menu's in de worksheet "Beschrijving"
- nodig zijn voor de risico inschatting in de worksheet "Risicomodel"

Voor de inschatting van de gasvorming is een aparte worksheet "Gasvorming" aangemaakt. In deze worksheet wordt per installatieonderdeel de mogelijke gasvorming en de frequentie ervan berekend. De resultaten worden in de worksheet "Risicomodel" ingevoerd. De berekeningsmethode die is gebruikt is in Bijlage 2 beschreven.

De invoer voor de volgende keuze menu's is opgenomen:

- naam installatie
- type installatie
- type omgeving:
- type bedrijfsvoering
- installatie onderdelen
- soort medium in de tank:
- temperatuur van het medium:
- afstand tot objecten of dienstgebouwen
- ventilatie opties
- gas detectie opties
- ontstekingskans opties:

De volgende tabellen geven de gegevens die gebruikt worden in het risicomodel

Parameter	Invoer	Bron/Opmerking		
Gegevens Ventilatie, Gas detectie, Ex apparatuur				
Ontstekingskans (Ex-apparatuur)	0,05	CPR-18, gemiddelde tussen 0,02 (laag reactief gas zoals methaan en 0,065 (K1 stoffen zoals benzine		
Ontstekingskans (niet Ex-apparatuur)	0,5	Inschatting STOWA BC		
Ontstekingskans (geen elektrische apparatuur)	0,02	Inschatting STOWA BC; gebaseerd op een aanwezigheid van personeel nabij een specifiek installatie onderdeel van		
Uitval Gas detectie - enkel	0,024 (PFD)	SILK handleiding (TNO SCS)		
Uitval Gas detectie - dubbel	0,003 (PFD)	SILK handleiding (TNO SCS), inclusief 10% Common Cause		
Uitval Ventilatie	0,05	Inschatting STOWA BC		
Uitval Geborgde Ventilatie	0,005	Inschatting STOWA BC		
Geen natuurlijke ventilatie	0,1	10% van de tijd windstil		
Slibontwatering				
Uitval spoeling bij uitval	0,0001	Inschatting STOWA BC		
Uitval water op vloerdetectie	0,024	Inschatting STOWA BC		
Uitval ventilatie	0,05	Inschatting STOWA BC		
Stof gegevens				
	LEL-UEL [vol%]	Molgewicht [kg/kmol]		
Methaan	4,4-16	16	Chemiekaarten	
Benzine	0,6-8	115	Chemiekaarten	
Gegevens trefkansen explosie effecten				
Trefkans persoon - landelijk	0,1	Inschatting STOWA BC		
Trefkans persoon - stedelijk	0,5	Inschatting STOWA BC		
Gegevens Externe bronnen				
	Landelijk	Stedelijk	Bedrijven	
Tankauto's	30	100	20	Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Ongevulsfrequentie [jaar/km]	10	10	5	Per afgelegde km, Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Kans >100 kg	0,077	0,021	0,021	Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Rijafstand [km]	10	10	5	Per tankauto, Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Bezoek [/week]	1	2	5	Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Kans riool	0,01	0,05	0,05	Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Plasverdamping (benzine) [g/m²/s]			5	Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Kans op lozing vanuit aangeslotenbedrijfsterrein			0,0001	Inschatting STOWA BC, bijlage 1
Gegevens Gasvorming (voor berekening onder tab "Gasvorming")				
Kans op temperatuur T van tankinhoud bij jaargemiddelde temperatuur	5°C	15%	Berekening beschreven in bijlage 2	
	10°C	25%		
	15°C	40%		
	20°C	14%		
	25°C	5%		
	30°C	1%		
Kans op x dagen stilstand	1 dag	1x / jaar	Berekening beschreven in bijlage 2	
	2 dagen	1x / 2jaar		
	3 dagen	1x / 3jaar		
	4 dagen	1x / 5jaar		
Hoeveelheid	Aannames en invoerparameters beschreven in bijlage 1			Berekening beschreven in bijlage 2

Capaciteit gegevens Rioolgemalen en RWZI's binnen beheersgebied

	Code	Capaciteit
	CLEF	m ³ /u bij RWA
Rioolgemaal		
X	G21	900
Y	G22	4.500
Z	G23	9.000
RWZI		
A	Z11	1.000
B	Z12	5.000
C	Z13	10.000
Totale capaciteit		16.000

De data die in de betreffende sheet zijn ingevoerd zijn als blauw gemarkeerd.

4.4 SAMENVATTING

In de worksheet "Samenvatting" worden invoergegevens uit de worksheet "Beschrijving" en resultaten uit de worksheet "Risicomodel" samengevat in een tabel voor alle installatieonderdelen.

Tevens wordt op basis van de grootte van de lekbronnen en het type bron (continu, primair of secundair) een algemene inschatting van de vereiste gevarenonderdelen gegeven voor elk installatieonderdeel. De zonering beschrijft niet alle specifieke situaties, zoals de zonering voor gas zwaarder voor lucht of de zonering van een open tank. Voor de details voor de zonering van deze situaties wordt verwezen naar de NPR-7910. Deze INDICATIEVE gevarenonderdelen wordt gepresenteerd indien een gevarenonderdelen vanuit het risicomodel nodig is.

4.5 INVULPARAMETERS EN INSTALLATIE-AANPASSINGEN

In de worksheet "Invulparameters" is een tabel opgenomen waarin een korte beschrijving staat van de in te vullen velden onder de worksheet "Beschrijving". Deze tabel kan snel geraadpleegd worden tijdens het invullen van het model. Een uitgebreidere omschrijving van de in te vullen parameters is opgenomen in deze handleiding.

In de worksheet "Installatie-aanpassingen" kunnen wijzigingen in het model ten opzichte van een voorgaande versie worden opgenomen. Deze wijzigingen kunnen noodzakelijk zijn in verband met aanpassingen aan de installatie die wordt doorgerekend in het model. Op deze manier is het voor de gebruiker duidelijk of het model afgestemd is op de meest recente situatie of dat een update nodig is.

5

REFERENTIES

Hoofdrapport

- ATEX 137 richtlijn, 1999/92/EG
- NPR 7910-1
- IPO RBM, AVIV , 1997
- Risicoatlas Wegvervoer Gevaarlijke Stoffen, AVIV, maart 2003
- CPR-14, Gele Boek
- CPR-18, Paarse Boek
- TNO SILK handleiding
- TNO Effects 4.0 software

Bijlage 2

- Canham, et al. Sludge Stabilization, Water Pollution Control Federation, 1985
- Dauer et al, Anaerobtechnik, Handbuch der anaeroben Behandlung von Abwasser und Schlamm, Springer-Verlag Heidelberg, 1993
- Ketunnen et al, The effect of low temperature (5-29 °C) and adaptation on the methanogenic activity of biomass, 1997
- Pavlostathis and Giraldo-Gomez, Kinetics of anaerobic treatment: A critical review, 1991.

Extra info

- Benzine service stations (opgegeven aantal in Nederland 2351)
Overzicht verdeling te bestellen bij BridGIS (www.bridgis.nl)
SBI code voor bestellen van overzicht benzineservicestation is 5050
De kosten voor deze gegevens (adres en coördinaten) zijn € 385,- (prijspeil 2007)

BIJLAGE 1

EXTERNE BRONNEN

Hieronder is een overzicht gegeven van de mogelijke (denkbare) externe bronnen die een explosieve atmosfeer in het rioolsysteem en/of de zuiveringsinstallaties kunnen doen ontstaan. Belangrijke aandachtspunten in de evaluatie van het risico van explosiegevaar zijn de brongrootte en de kans van voorkomen.

Denkbare externe bronnen zijn:

1. Illegale lozing (landelijk gebied)
2. Illegale lozing (stedelijk gebied)
3. Incidentele lozing op industrieterrein (landelijk gebied)
4. Incidentele lozing op industrieterrein (stedelijk gebied)
5. Ongeval wegtransport (rijkswegen)
6. Ongeval wegtransport (landelijk gebied)
7. Ongeval wegtransport (stedelijk gebied)
8. Ongeval spoortransport (landelijk gebied)
9. Ongeval spoortransport (stedelijk gebied)

ILLEGALE LOZING

Een illegale lozing van gevaarlijke (brandbare) stoffen kan bijvoorbeeld zijn: een lozing van afval chemicaliën door malafide bedrijven of criminelen. Zo is het bekend dat de afval chemicaliën bij de productie van bijv. XTC illegaal worden geloosd. In dit geval zal het voornamelijk om oplosmiddelen op alcohol basis gaan die in water oplossen/mengen en dus geen explosiegevaar opleveren.

In het algemeen is het niet waarschijnlijk dat een illegale lozing in een landelijk gebied tot een explosiegevaar in een rioolgemaal of RWZI zal leiden omdat

- a. weinig industriële of criminelen activiteiten plaatsvinden om een voldoende grote lozing (ongeveer meer dan 100 liters [bron: IPORBM waarin 100 liter als minimum wordt gebruikt als significante lekkage voor de bepaling van het extern risico]) te veroorzaken die effect heeft op rioolgemaal en zuiveringsinstallatie in termen van explosiegevaar,
- b. in landelijk gebied het rioolnetwerk minder ver uitstrekt.

Ondanks het feit dat meer industriële of criminele activiteiten plaatsvinden in een stedelijk gebied, is het toch de verwachting dat de lozingen dermate klein zijn dat het onwaarschijnlijk is dat ook in een stedelijk gebied een explosie gevaar zal optreden in een rioolgemaal of RWZI als gevolg van een illegale lozing.

INCIDENTELE LOZING INDUSTRIETERREIN

Bij bedrijven die gevaarlijke (brandbare stoffen) opslaan en/of verwerken is een incidentele lozing mogelijk als gevolg van het vrijkomen van de stof in opslag en/of tijdens verlading/procesvoering en vervolgens via de terreindrainage naar het riool wegstroomt.

De praktijk van dergelijke terreinen, waarvoor een milieuvergunning is afgegeven, is dat er voorzieningen zijn getroffen ter voorkoming van de vrije toestroom van gevaarlijke stoffen naar het oppervlaktewater en de vrije toestroom van deze stoffen naar het riool. Deze voorzieningen zullen voornamelijk een opvangbak met eventueel schotten en een vet/olie afscheider omvatten. De aanwezigheid van de voorzieningen maakt de kans dat een gevaarlijke (brandbare) stof via het riool in een zuiveringsinstallatie terechtkomt zeer klein is. Voor installaties waarvoor een zogenaamde MilieuRisicoAnalyse (MRA) is uitgevoerd, veelal in het kader van de BRZO regelgeving, worden frequenties van 10^{-4} tot 10^{-6} per jaar ingeschat voor het in het riool of oppervlaktewater terechtkomen van gevaarlijke stoffen. Op zich zou dit relevant zijn als incidentele lozing voor het risicomodel, en rekening houdend met o.a. het adequaat handelen van personeel op het terrein en hulpdiensten in geval van dergelijke lozingen zal de kans op een explosief mengsel als gevolg van de lozing in een rwzi of rioolgemaal klein zijn (voor het risicomodel).

Voor elk aangesloten bedrijventerrein wordt aangenomen dat de kans op een significante lozing die in het riool terecht komt 0,0001 per jaar. Deze kans is gebaseerd op milieu risicoanalyses uitgevoerd voor verschillende industrieterreinen. De kans dat het daadwerkelijk op het rioolgemaal of rwzi terecht komt, wordt bepaald door het rioolsysteem op het terrein en het ingrijpen van de hulpdiensten. Er wordt aangenomen dat de kans op lozing hierdoor met een factor 10 afneemt. [Deze getallen zijn een inschatting van STOWA BC].

Hieronder zijn een aantal richtlijnen gegeven voor het selecteren van relevante bedrijven die bij een lozing een explosieve atmosfeer in het rioolgemaal of rwzi kunnen veroorzaken:

- de op het bedrijf aanwezige stoffen moeten
 - vloeistof zijn (bij atmosferische omstandigheden)
 - brandbaar zijn,
 - lichter zijn dan water (een drijfslag vormen)
 - relatief vluchtig zijn (K1, K2 stoffen zoals benzine)
 - in minimaal meerdere kubieke meters kunnen vrijkomen en in het riool kunnen terechtkomen
- het bedrijf heeft een MRA (milieurisico) analyse) uitgevoerd voor stoffen zoals boven aangegeven

Voorbeelden van stoffen die beschouwd moeten worden zijn:

- Benzine of vergelijkbare alifaten
- Aromaten (tolueen, benzeen)
- Ethers, esters en ketonen (ether, dipropylether, ethylacetaat, aceton)

Stoffen die niet hoeven beschouwd zijn:

- Chloroform of andere gehalogineerde koolwaterstoffen (zwaarder dan water)
- Diesel of smeerolie van bijv. van autogarages (niet vluchtig)
- Alcoholen (ethanol, methanol (volledig oplosbaar in water)
- Vloeibaar gemaakte gasen zoals LPG (zijn gasvormig bij atmosferische omstandigheden)

Gegevens over de stoffen (welke en hoeveel) zijn in veel gevallen te vinden in de milieuvergunningen (waaronder ook de lozingsvergunning) van deze bedrijven

ONGEVAL WEGTRANSPORT

Drie typen wegtransport kan men onderscheiden:

- Rijkswegen (auto(snel)wegen)
- Wegen in stedelijk gebied
- Wegen in landelijk gebied

Afwatering van rijkswegen zijn niet aangesloten op het riool en eventuele incidentele lozingen kunnen derhalve niet in het riool en de zuiveringsinstallaties terechtkomen.

Wegen in stedelijk gebied zijn in het algemeen aangesloten op het riool en dus is het aanneemelijk dat een incidentele lozing in dit riool terecht zal komen. Verder zal transport van gevaarlijke (brandbare) stoffen zich hoofdzakelijk in en rond het stedelijk gebied plaatsvinden, in verband met de locatie van leverancier en gebruiker. In het landelijk gebied zal slechts een kleiner gedeelte van de wegen - met name de wegen in en rond dorpen - op een riool zijn aangesloten. In het landelijk gebied zal gebruiker en leverancier minder vertegenwoordigd zijn en dus leiden tot minder transport.

Onderstaand is een inschatting gegeven (indicatief) van de kans en de mogelijkheid dat de geloosde stof in een rioolgemeal en/of een zuiveringsinstallatie terechtkomt.

Om een schatting te geven van de waarschijnlijkheid dat een incidentele lozing op het riool rond wegen kan voorkomen, moet eerst worden aangegeven welke transporten van gevaarlijke (brandbare) stoffen plaatsvinden:

- Transport van autobrandstof (benzine/diesel)
- Transport van chemische stoffen (bulk)

Transport van autobrandstof (benzine/diesel)

Hier volgt een voorbeeld voor de berekening van de kans van een lozing ten gevolge van een ongeval met transport van autobrandstof.

Een inventarisatie van het aantal tankstations in een werkgebied (beheersgebied) van ongeveer 100 bij 100 km van een voorbeeld Waterschap levert als uitgangswaarden ongeveer 130-140 tankstations waarvan ongeveer 30 in landelijk gebied en rond de 100 in stedelijk gebied.

De gemiddelde afstand van de rijksweg tot het tankstation is in landelijk gebied 5-10 km en in stedelijk gebied 2-5 km.

Onder de aanname dat een tankstation in landelijk gebied 1 keer per week en in een stedelijk gebied 2 keer per week wordt bevoorrad, is het aantal km's dat een tankauto met brandstof buiten de rijkswegen rijdt in landelijk gebied geschat op 31.200 en in stedelijk gebied op 104.000.

Om de ongevalfrequentie (uitgedrukt in kans op een ongeval per afgelegde km) van een tankauto met brandstof te bepalen zijn gegevens uit het IPORBM gebruikt.

Wegtype	Ongeval frequentie [kans/km]	Kans op uitstroming >100 kg vloeistof (atmosferisch)
Autosnelweg	$8,30 \cdot 10^{-8}$	0,101
Buiten bebouwde kom	$3,60 \cdot 10^{-7}$	0,077
Binnen bebouwde kom	$5,90 \cdot 10^{-7}$	0,021

Dit betekent dat uitstromingsfrequentie per afgelegde km $3,60 \cdot 10^{-7} * 0,077 = 2,8 \cdot 10^{-8}$ is in landelijk gebied (buiten de bebouwde kom) en $5,90 \cdot 10^{-7} * 0,021 = 1,2 \cdot 10^{-8}$ in stedelijk gebied (binnen de bebouwde kom).

De totale uitstromingsfrequentie voor de afgelegde km's van de tankauto's in het beheersgebied is dus $2,8 \cdot 10^{-8} * 31.200 = 8,7 \cdot 10^{-4}$ in landelijk gebied en $1,2 \cdot 10^{-8} * 104.000 = 1,3 \cdot 10^{-3}$ in stedelijk gebied is.

De kans dat een lozing plaats vindt in het bereik van de specifieke RWZI of het specifieke rioolgemaal (ofwel plaatsvindt in het zuiveringsgebied), hangt af van hoever dit bereik zich uitstrekt. Als maat van dit bereik is de capaciteit van de RWZI of het rioolgemaal (in m³/uur) genomen. De voor de specifieke installatie relevante uitstroomfrequentie is de totale uitstroomfrequentie in het beheersgebied van een Waterschap vermenigvuldigd met de fractie in capaciteit van de installatie t.o.v. totale installatie capaciteit in het beheersgebied. De mogelijkheid bestaat om een andere parameter dan het RWA-debiet te kiezen (bijv. i.e.'s). Belangrijk is dan wel dat voor de rwzi's en rioolgemaal eenzelfde parameter aangehouden wordt, zodat het juiste zuiveringsgebied wordt berekend.

Voor het zuiveringsgebied dient te worden aangegeven of dit een stedelijk of landelijk gebied is, om zo voor het zuiveringsgebied van de specifieke rwzi of rioolgemaal de kans op uitstroming als gevolg van transport van en naar tankstations te bepalen.

Niet elke uitgestroomde hoeveelheid zal daadwerkelijk in het riool terechtkomen en effect hebben op de gemalen en de zuiveringsinstallaties. Om dit mee te nemen in de kansbepaling is aangenomen dat in stedelijk gebied in 50% van de gevallen de uitstroming in het riool terecht komt en in een landelijk gebied maar in 10% van de gevallen zal optreden. De kans dat het daadwerkelijk op het rioolgemaal of rwzi terecht komt, wordt mede bepaald het ingrijpen van de hulpdiensten. Er wordt aangenomen dat de kans op lozing hierdoor met een factor 10 afneemt. [Deze getallen zijn een inschatting van STOWA BC].

Transport van chemische stoffen

Hier volgt een voorbeeld voor de berekening van de kans van een lozing ten gevolge van een ongeval met transport van chemische stoffen.

Voor de bedrijven met gevaarlijke stoffen in het werkgebied (beheersgebied) van ongeveer 100 bij 100 km van een voorbeeld Waterschap geldt als uitgangswaarde dat er relevante in het beheersgebied liggen. Er is aangenomen aan de rand van de bebouwingen en dichtbij (5 km) de verbinding met rijkswegen (autosnelwegen).

Om het aantal bedrijven in het beheersgebied vast te stellen zijn de volgende richtlijnen:

- bedrijven met grote hoeveelheden brandbare vloeistoffen (licht ontvlambaar en ontvlambaar). Dit zijn bedrijven met meer dan enkele tientallen kubieke meter opslag. Deze bedrijven zullen doorgaans onder de BRZO (Besluit Risico Zware Ongevallen) regelgeving vallen (PBZO-plichtig of VR-plichtig) of ARIE-plichtig.
- Industrierterreinen met meerdere bedrijven waar naar verwachting in totaal grote hoeveelheden brandbare stoffen zijn. Het industrierrein wordt dus als één bedrijf geteld.

Op basis van de aanname dat deze bedrijven in totaal ongeveer 5.000 transporten met brandbare stoffen per jaar uitvoeren en dit per transport over 5 km is, kan de kans op ongeval, uitstroming en lozing op riool worden bepaald. De uitstromingsfrequentie per jaar voor alle

tankauto's voor transport van chemische brandbare stoffen is berekend op $5,90 \cdot 10^{-7} * 0,021 * 5.000 * 5 = 3,2 \cdot 10^{-4}$.

Ook hier wordt de uitstroombrequentie gecorrigeerd met de fractie in capaciteit (m^3 /uur) die de specifiek installatie (RWZI of rioolgemaal) beslaat op de totale capaciteit van het beheersgebied van het Waterschap.

Voor het transport van gevaarlijke stoffen van en naar bedrijven is aangenomen dat het evenveel in stedelijk als in landelijk gebied plaatsvindt en dus hoeft voor bedrijven niet te worden aangegeven of het zuiveringsgebied een landelijk of stedelijk gebied is.

De getallen bij bovengenoemde voorbeelden zijn als defaultwaarde ingevoerd in het risicomodel (tabblad Data). Zie hiervoor onderstaande tabel. In het model kunnen de aantallen tankstations en bedrijven in het beheersgebied worden aangepast.

Voor elke gebruiker zal moeten worden nagegaan of deze waarden overeenkomen of in hoeverre ze moeten worden aangepast.

Frequentie extern benzine (INPUT in Risicomodel - Bronnen)					
	tankstations	landelijk	stedelijk	bedrijven	
	ongevalkans	3.60E-07	5.90E-07	5.90E-07	/jaar/km
	kans >100 kg	0.077	0.021	0.021	
	afstand tankauto	20	10	5	km
	bezoek tankstation	1	2	5	/week
	kans lozing werk	8.65E-04	1.29E-03	3.22E-04	/jaar
	effectgebied	6.25%	6.25%	6.25%	
	kans lozing effect	5.41E-05	8.05E-05	2.01E-05	/jaar
	kans in riool	0.01	0.05	0.05	
	externe bron	5.15E-05	5.50E-05		

ONGEVAL SPOORTRANSPORT

Brandbare stoffen worden vervoerd over het spoor.

Een ongeval dat een grote uitstroming én een lozing op het riool kan veroorzaken is niet ondenkbaar maar gezien het feit dat de gebieden rond spoorwegen niet op het riool zijn aangesloten is een dergelijk incident niet waarschijnlijk.

Daarom is een incidentele lozing afkomstig van het spoortransport verder niet beschouwd.

INSCHATTING DAMPVORMING AFKOMSTIG VAN EXTERNE BRONNEN

Om te komen van een brandbare stof in het riool tot een mogelijk explosieve wolk in een installatie onderdeel van een rioolgemaal of een zuiveringsinstallatie zijn de volgende aannames gedaan:

- Een lozing van meer dan 100 kg zal uiteindelijk terechtkomen via het riool in een rioolgemaal of in het influentgemaal van een zuiveringsinstallatie.
- Verpompen van de brandbare stof vanaf een rioolgemaal, via de persleiding, naar het influentgemaal van een zuiveringsinstallatie is mogelijk als de opgehoopte hoeveelheid brandbare stof (drijvend op water) groter is dan het werkvolume boven de zuigleiding. Dit zal naar verwachting rond 1 m³ zijn (effecten van turbulentie zijn niet meegenomen).
- De kans dat meer dan 100 kg brandbare stof in het riool terecht komt is gelijk gesteld aan de kans dat de brandbare stof in het rioolgemaal of het influentgemaal van de zuiveringsinstallatie terecht komt (conservatieve aanname)

- De dampvorming is bepaald door een plas brandbare stof (benzine) drijvend op water te laten verdampen. Dit is bepaald door gebruik te maken van TNO modellering software EFFECT (4.0) dat gebaseerd is op plasverdamping modellen uit het Gele boek (CPR 16).
- De dampvorming van benzine is bepaald op $5 \text{ g/m}^2/\text{s}$. Om de totale verdamping in een installatie onderdeel te bepalen dient dit getal met het water oppervlak in de bak of de tank te worden vermenigvuldigd
- Er is aangenomen dat de benzine zich niet manifesteert als damp in de actiefslibtank, gezien de overmatige beluchting in deze tanks. Dit betekent dat de externe bron niet wordt beschouwd voor de actiefslibtank en de proces onderdelen die ná de actiefslibtank zijn opgesteld (nabezinktanks, slibverwerking e.d.).

BIJLAGE 2

GASVORMING

PROBLEEMSTELLING

Onder sommige omstandigheden kunnen bacteriën methaangas vormen. Omdat dit methaan brandbaar is, is het van belang in te schatten, welke hoeveelheden methaan er gevormd kunnen worden op de zuivering. Tijdens normale bedrijfsvoering levert dit geen problemen op, omdat in de installatie voldoende stroming en beluchting plaatsvindt. Hierdoor kunnen in de procesonderdelen van de rwzi geen omstandigheden ontstaan die leiden tot de vorming van methaangas. De eventuele plaatsen waar het de bedoeling is dat methaan gevormd wordt, zoals in een gistingsinstallatie, zijn daarom buiten dit model gehouden.

Als echter een storing optreedt, waardoor er andere omstandigheden kunnen ontstaan dan tijdens normale bedrijfsvoering, kan op bepaalde plaatsen methaangas gevormd worden. Een voorbeeld hiervan is als een slibhoeveelheid een aantal dagen stilstaat in een tank, omdat er geen aan- of afvoer is.

VOORWAARDEN METHAANVORMING

Voordat er methaan gevormd kan worden moet er aan enkele voorwaarden worden voldaan. Ten eerste moeten er methaanvormende bacteriën aanwezig zijn. Deze zijn strikt anaëroob en kunnen in aanwezigheid van zuurstof niet groeien. Ten tweede moet er substraat (voeding) aanwezig zijn dat via anaërobe processen in methaan kan worden omgezet. Ook de temperatuur is van invloed op de methaanvormingssnelheid (Dauber, 1993).

Voor het bepalen van de gasvorming uit slib/afvalwater onder niet optimale omstandigheden is zeer weinig bekend. Er zijn daarom aannames gedaan om een inschatting te maken voor de hoeveelheid methaan die mogelijk gevormd kan worden. Deze inschatting is onderstaand toegelicht.

Een explosief mengsel van methaan en lucht ontstaat bij een methaanconcentratie van 4.4% tot 16% methaan in lucht. Meestal zijn (afgesloten) ruimten waarin methaan vrij kan komen, voorzien van een ventilatiesysteem om de lucht te verversen. Als echter geen ventilatie plaatsvindt, kan de methaanconcentratie oplopen, zodat er een explosief mengsel kan ontstaan.

In verband met aanvoer van methaan vanuit riolering zal bij de influentput/ontvangstwerk ook methaan kunnen vrijkomen dat al in het rioleringsstelsel is gevormd. Zie hiervoor ook het rekenvoorbeeld aan het einde van deze bijlage.

ONTVANGSTWERK

In het grootste deel van de zuivering is zuurstof aanwezig, dus hier treedt geen methaanvorming op. Bij het ontvangstwerk kunnen zuurstofloze omstandigheden heersen en komt rioolwater binnen met veel makkelijk afbreekbaar materiaal. Tevens kan influent, afhankelijk van het soort aanvoer (vrij verval, persleiding) een aandeel methaanvormende bacteriën bevatten. Naarmate de anaërobe verblijftijd in het riool toeneemt, zal ook dit aandeel groter zijn. Die inschatting kan door de gebruiker geschat/bepaald worden. Als aanname wordt in het model een aandeel van 1% aangehouden. Tevens is het zo dat via de riolering methaan wordt aangevoerd dat in het rioolstelsel is gevormd. Ventilatie van het ontvangstwerk is dan ook van belang om ophoping van aangevoerd methaan te voorkomen.

SLIBBUFFER

Een ander punt in de zuivering waar zuurstofloze omstandigheden kunnen voorkomen is in slibbuffertanks van primair slib en actief slib. Hier zijn wel anaërobe bacteriën aanwezig, maar de beperkende factor voor methaanvorming is de aanwezigheid van makkelijk afbreekbaar substraat. Als het actief slib in de zuivering vergaand (aëroob) gestabiliseerd is, is er geen makkelijk afbreekbaar substraat meer aanwezig.

Tijdens de normale procedure worden slibbuffertanks met actief slib gevuld met slib uit de retourstribleiding na een eventuele indikking (gravitair of mechanisch). Er is daarom aangenomen dat het aandeel methaanvormende bacteriën in het slib laag is (deze bacteriën kunnen niet groeien onder aërobe omstandigheden). Deze methaanvormende bacteriën groeien slechts langzaam, waardoor het zelfs onder ideale groeiomstandigheden enkele dagen duurt voordat deze bacteriën in aantal toenemen. Aangenomen wordt daarom dat in het normale actiefslib slechts 0,1% methanogenen aanwezig zijn. Een extra uitgangspunt is dat er onder normale werkomstandigheden geen langdurige opslag is van het slib in de buffers. Bij primairslib wordt een aandeel van 2% aangenomen. De kans dat hier gasvorming ontstaat, is dus groter.

In het geval van een storing wordt meestal snel actie ondernomen. Echter in het geval calamiteiten tijdens weekend- of feestdagen, kan dit soms wat langer duren. In de berekening kan worden uitgegaan van een duur van de storing van 1-4 dagen, mede afhankelijk van het feit of een installatie bemand, of onbemand is. Bij onbemande installaties is een maximale storingsduur van 4 dagen aangehouden, bij een bemande installatie 2 dagen. De kans op een storing en stilstand van x dagen is gegeven in paragraaf 4.3. De groeisnelheid is ook afhankelijk van de temperatuur. Een tank kan een bepaalde constante proces temperatuur hebben, maar de temperatuur in de tank kan ook afhankelijk zijn van de temperatuur van het influent. De kansverdeling van de watertemperatuur over een jaar is gegeven in paragraaf 4.3

UITGEGIST SLIB

In slibgistinginstallaties wordt de gasvormingseigenschap van methanogenen gebruikt voor de productie van methaangas voor opwekking van energie. In de slibgisting worden dan ook de voor de methanogenen optimale omstandigheden gecreëerd. Het aandeel methanogenen is hier dus relatief hoog. Vergistingsinstallaties produceren methaangas en dienen te allen tijde te worden gezoneerd.

Het uitgegiste slib bevat dus ook een hoge fractie methanogenen (aangenomen aandeel van 10%). Ook is er vaak nog substraat aanwezig, waardoor de kans op gasvorming relatief groot is. De yield is bij uitgegist slib niet relevant, aangezien de productie van methaangas door binnen één dag aangegroeide methanogenen te verwaarlozen valt ten opzichte van het al aanwezige aandeel methanogenen. De gasvorming bij procesonderdelen die uitgegist slib verwerken, wordt hierom alleen berekend op het aandeel reeds aanwezige methanogenen. Ook wordt er aangenomen dat een rwzi met een slibgistinginstallatie altijd bemand is, waardoor stilstand door een storing van het procesonderdeel altijd binnen een dag opgemerkt en verholpen wordt. De maximale gasvorming bedraagt dus de hoeveelheid gas die binnen één dag gevormd wordt.

SLIBONTWATERING

Procesonderdelen ten behoeve van de slibontwatering (zeefbandpers, centrifuge en transportsysteem) zijn tevens opgenomen in het model. Deze onderdelen zijn over het algemeen niet luchtdicht afgesloten en staan meestal in een gebouw, zodat de ruimte in het gebouw als het gasruimte volume beschouwd dient te worden. De hoeveelheid gasvormend slib dat bij

uitval van het procesonderdeel in het apparaat aanwezig is dient te worden bepaald door de gebruiker.

Wanneer slibontwateringsapparatuur in storting valt, vindt over het algemeen automatische spoeling van het apparaat plaats, zodat onder normale omstandigheden geen slib in het apparaat achterblijft. Ook is er meestal een “water op vloer” detectie aanwezig, die aangeeft wanneer slib uit het apparaat spoelt en dus als indicatie voor storting van het apparaat fungeert.

Er bestaat echter een kans dat deze beveiligingen falen. Ook kan de ventilatie van de slibontwatering defect gaan. Deze faalkansen zijn alle drie opgenomen in de bepaling van het risico in het model (zie ook de tabel in paragraaf 4.3).

BEREKENING

In het risicomodel explosieveiligheid is een worksheet opgenomen met de rekenmethode. Hieronder volgt een voorbeeld van een berekening zoals die in het model wordt uitgevoerd. Ook zijn hierbij de randvoorwaarden en de betrouwbaarheid van enkele getallen weergegeven.

Hieronder volgt de tabel met geschatte waarden voor de omzettingssnelheid van methaan uit organische stof. Deze waarden zijn gebaseerd op praktijkgegevens van een slibgistinginstallatie (van WS Zeeuwse Eilanden).

Aannames voor de productie van methaan uit organische stof (obv literatuur)

Soort slib	omzettingssnelheid: g CH ₄ -COD/g anaerobe organische biomassa per dag bij geg. temperatuur (oC)					
	5	10	15	20	25	30
influent	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,15
Actief slib	0,06	0,08	0,11	0,15	0,23	0,30
Primair slib	0,11	0,15	0,23	0,30	0,45	0,60
Uitgegist slib	0,56	0,75	1,13	1,50	2,25	3,00
PS:AS = 1:1	0,08	0,11	0,17	0,23	0,34	0,45
PS:AS = 2:1	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
PS:AS = 3:1	0,07	0,10	0,14	0,19	0,29	0,38
PS:AS = 1:2	0,09	0,13	0,19	0,25	0,38	0,50
PS:AS = 1:3	0,10	0,13	0,20	0,27	0,40	0,53
US:PS = 1:1	0,31	0,41	0,62	0,83	1,24	1,65
US:PS = 2:1	0,39	0,53	0,79	1,05	1,58	2,10
US:PS = 3:1	0,56	0,75	1,13	1,50	2,25	3,00
US:PS = 1:2	0,23	0,30	0,45	0,60	0,90	1,20
US:PS = 1:3	0,18	0,25	0,37	0,49	0,74	0,98

Hieronder volgt de tabel met de geschatte waarden voor de yield. Deze waarde is in de berekening voor procesonderdelen met uitgegist slib niet aanwezig, aangezien deze factor nauwelijks invloed heeft. In uitgegist slibbuffers is namelijk al een groot aandeel methanogenen aanwezig.

Yield: g organische biomassa gevormd/kg CZV verwijderd (bij x°C)							
	5	10	15	20	25	30	jaargem.
influent	0.001	0.002	0.003	0.006	0.009	0.012	0.003
Actief slib	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.002
Primair slib	0.003	0.006	0.012	0.025	0.038	0.050	0.013

Hieronder volgt de tabel met de geschatte percentages voor het aandeel methanogenen in een bepaald medium.

AANDEEL METHANOGENEN

Soort slib	Aandeel
influent	1.0%
Actief slib	0.1%
Primair slib	2.0%
Uitgegist slib	10.0%
PS:AS = 1:1	1.1%
PS:AS = 2:1	0.7%
PS:AS = 3:1	0.6%
PS:AS = 1:2	1.4%
PS:AS = 1:3	1.5%
US:PS = 1:1	5.1%
US:PS = 2:1	6.7%
US:PS = 3:1	7.5%
US:PS = 1:2	3.4%
US:PS = 1:3	2.6%

Twee slibbuffers zijn in de berekening meegenomen. Eén is gevuld met surplusslib (actief slib), en één met uitgegist slib. Verder zijn de uitgangspunten weergegeven in onderstaande tabel.

Factor	Actiefslib buffer	Uitgegist slibbuffer	Eenheid
Temperatuur	15	25	°C
Omzettingssnelheid	0,11 (zie tabel)	2,25 (zie tabel)	g CH ₄ omgezet / g OS _{aanwezig} /dag
Vorming anaërobe biomassa (yield)	0,002 (zie tabel)	-	g OS _{gevormd} / g CZV _{verwijderd}
Slibconcentratie	40	50	kg DS/m ³
Organisch stofgehalte	75	55	% van DS
Aandeel methanogenen	0,1 (zie tabel)	10 (zie tabel)	% van de bacterie populatie
Oplosbaarheid methaan	26	26	ml methaan/L water (bij 20 °C)

De hoeveelheid gevormd methaan bij een buffervolume van 1000 m³ en een vulling van 90% en 4 dagen stilstaand slib is in totaal:

Surplusslibbuffer

$40 \cdot 0,75 \cdot 0,1\% \cdot 0,11 = 0,0033$ kg CH₄-CZV geproduceerd per m³ slib per dag (0,1% methanogenen)

$0,0033 / 4 = 0,000825$ kg CH₄ gevormd per m³ slib per dag

$0,000825 \cdot 22,4 \cdot 1000 / 16 = 1,16$ liter CH₄ gevormd per m³ slib per dag

$1,16 \cdot 900 / 1000 = 1,04$ m³ CH₄ gevormd per dag per 900 m³ in de buffertank

$1,04 \cdot 4 \cdot 1,001 = 4,16$ m³ CH₄ gevormd na 4 dagen

$26 \cdot 1000 \cdot 90\% / 1000 = 23,4$ m³ CH₄ opgelost in 900 m³ water

$4,16 - 23,4 = <0$ m³ CH₄ in headspace tank (10% van 1000 m³)

➔ Er is dus geen kans op een explosief mengsel in de surplusslibbuffertank.

Uitgegist slibbuffer

$50 \cdot 0,55 \cdot 10\% \cdot 2,25 = 6,19$ kg CH₄-CZV geproduceerd per m³ slib per dag (10% methanogenen)

$6,19 / 4 = 1,55$ kg CH₄ gevormd per m³ slib per dag

$1,55 \cdot 22,4 \cdot 1000 / 16 = 2.170$ liter CH₄ gevormd per m³ slib per dag

$2.170 \cdot 900 / 1000 = 1.953$ m³ CH₄ gevormd per dag per 900 m³ in de buffertank na 1 dag

$26 \cdot 1000 \cdot 90\% / 1000 = 23,4$ m³ CH₄ opgelost in 900 m³ water

$1.953 - 23,4 = 1.930$ m³ CH₄ in headspace tank (10% van 1000 m³)

➔ De gasproductie is in dit geval erg hoog. Een goede ventilatie om dit adequaat weg te ventileren is vrijwel onmogelijk uit te voeren.

CONCLUSIE

De hoeveelheid gas die ontstaat in het eerste geval zal niet leiden tot de vorming van een explosief mengsel. In het tweede geval wordt wel een explosief mengsel gevormd en dient gezondeerd te worden en dus een Explosie Veiligheidsdocument te worden opgesteld.

Door de beperkte hoeveelheid gegevens zijn de berekeningen gebaseerd op veel aannames. Een verificatie in de praktijk kan veel gegevens aanleveren om het model beter kloppend te maken. Een dergelijk praktijkonderzoek is echter slib specifiek en zal meermalen moeten worden uitgevoerd.

VOORBEELDBEREKENING GASVORMING IN RIOOL

Het afvalwater van een rwzi wordt met een 5 km lange persleiding aangevoerd. Deze leiding heeft een diameter van 0,5 m. Aan de binnenzijde bevindt zich een laagje biomassa van circa 1,0 mm dik. De totale oppervlakte van deze biomassa laag bedraagt $2 \cdot 3,14 \cdot 5.000 \cdot 0,25 =$ ca 7.850 m². Het totale volume aan biomassa bedraagt dan $7.850 \cdot 0,001 =$ ca 7,85 m³.

Van deze biomassa is maar een deel instaat om de in het afvalwater aanwezige organische stof om te zetten in biogas. Stel de sliblaag heeft een drogestofconcentratie van 4% en een actieve biomassa voor de omzetting naar biogas is 0,5% van de aanwezige biomassa. De maximale stilstandtijd in het riool is geschat op 0,25 dag. Op basis van deze uitgangspunten is dan de gasproductie als volgt te berekenen:

- $40 \cdot 0,5\% \cdot 0,11 = 0,022$ kg CH₄-CZV geproduceerd per m³ slib per dag (0,5% methanogenen)
- $0,022 / 4 = 0,0055$ kg CH₄ gevormd per m³ slib per dag
- $0,0055 \cdot 22,4 \cdot 1000 / 16 = 7,7$ liter CH₄ gevormd per m³ slib per dag
- $7,7 \cdot 7,85 = 60$ m³ CH₄ gevormd per dag per 7,85 m³ slib in het riool
- $60 \cdot 0,25 = 15$ m³ CH₄ gevormd in een kwart dag
- $26 \cdot 982 / 1000 = 25,5$ m³ CH₄ opgelost in 982 m³ water (982 m³ is inhoud van het riool)
- $15 - 25,5 = < 0$ m³ CH₄ gas aanwezig in riool.
- Bij een snelheid van 1,5 m/s in het riool wordt de inhoud van het riool in ruim 55 minuten leeggepompt en dus komt het eventueel aanwezige gas in deze tijd vrij in de influentput op de rwzi of bij een (tussen)gemaal.

Wanneer uitgegaan wordt van een headspace van 10 m³ (gemaal of iets dergelijks, waar het gas kan ontsnappen) en de hierboven gehanteerde uitgangspunten en berekeningen, dan wordt er wel gas gevormd in het riool, maar onvoldoende om als vrij gas direct in de headspace direct tot een explosief mengsel te leiden. Als er niet wordt afgezogen zou er op zich van de in de waterfase opgeloste methaan kunnen vrijkomen in de headspace en daar kunnen ophopen, waardoor er een kans op een explosief mengsel kan ontstaan. Omdat er op zich geen metingen bekend zijn, blijft de hier gepresenteerde berekening een grove indicatie, die nog niet gestaafd kan worden aan praktijkwaarden.