

Inhoud

1	Module 2: Cluster Bulk op- en overslag van vaste gevaarlijke stoffen	3
2	Installatie 1: Laden/lossen	4
2.1	Het verladen van bulk	4
2.2	Het verladen van verpakte vaste stoffen (big bags, zakken en drums)	5
3	Installatie 2: Intern transport	7
3.1	Soorten mechanisch transport	7
3.2	Mogelijke scenario's binnen intern mechanisch transport	7
3.3	Mogelijke scenario's binnen intern hydraulisch transport	9
3.4	Mogelijke scenario's binnen intern pneumatisch transport	9
4	Installatie 3: Opslag	10
4.1	Silo's en bunkers	10
4.2	Verpakte opslag in hallen of loodsen en losgestort	12
5	Installatie 4: Procesinstallaties	14
5.1	Typen installaties	14
5.2	LOC-scenario's bij malen, mengen, drogen	15
5.3	LOC-scenario's bij mechanisch scheiden	17
5.4	LOC-scenario's bij het maken van gewenste productvormen en nabewerkingsprocessen.	17
6	Installatie 4: Verpakken (big bags t/m dozen)	18
7	Installatie 5: Afzuigsystemen	19
7.1	Typen installaties	19
8	Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden	
8.1	Broei	22
8.2	Speciale categorie – metaalbranden	25
8.3	Stofexplosie	25



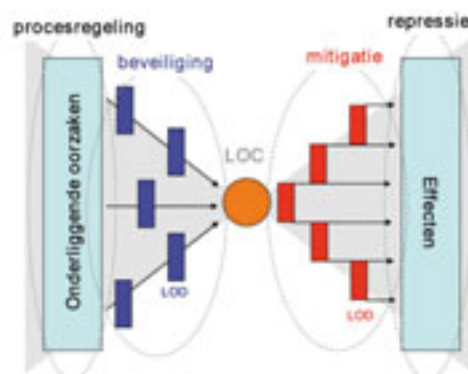
1 Module 2: Cluster Bulk op- en overslag van vaste gevaarlijke stoffen

Deze Module dient gehanteerd te worden naast de 'Algemene Module'.

De Algemene Module bevat algemene informatie over de scenario's waaronder:

- Soorten scenario's;
- Ontstekingsbronnen;
- Beoordeling LOD's;
- Vuistregels en schema's.

Deze Module beschrijft de denkbare scenario's bij bulk op- en overslag van vaste gevaarlijke stoffen. Bij de uitwerking van de verschillende installatieonderdelen wordt een structuur aangehouden die is gebaseerd op het 'vlinderdas' model. Hiermee wordt beoogd de herkenbaarheid en logische opbouw van een scenario met al z'n deelaspecten te benadrukken.



Bij bedrijven met bulk op- en overslag van vaste gevaarlijke stoffen worden deze stoffen in bulkhoeveelheden aangeleverd voor opslag en/of be- of verwerking. Het risico bestaat hier voornamelijk uit het vrijkomen van vaste gevaarlijke stoffen (met name toxisch), broei en stofexplosies. Deze laatste is vooral van belang in relatie met preventieve maatregelen. Ook ongevaarlijke stoffen (diermeel, graan) worden op vergelijkbare wijze opgeslagen en ook hier kunnen broei of stofexplosies voorkomen. Daarom worden deze voor de installaties in de Module eveneens meegenomen. Zeer toxische vaste stoffen worden niet in bulk los gestort, maar in verpakkingen opgeslagen in loodsen die aan de voorwaarden uit de PGS 15 moeten voldoen. Milieugevaarlijke stoffen komen ook als los gestorte stof voor.

Het is mogelijk dat op één inrichting naast de beschreven installaties, andere installaties aanwezig zijn die niet in deze Module voorkomen. In dat geval wordt verwezen naar de overige Modules. De Modules moeten dan in samenhang met elkaar worden gebruikt.

2 Installatie 1: Laden/lossen

Voor het laden en lossen van vaste gevaarlijke stoffen kan het volgende worden gesteld: relevante toxische scenario's kunnen alleen ontstaan als gevolg van verladingen van verpakte vaste gevaarlijke stoffen. Het betreft hier vooral toxische vaste stoffen die op enig moment door een verladingswerktuig (heftruck) van de vrachtwagen naar de opslag of het productieproces worden gebracht.

Voor het verladen van vaste stoffen in bulk spelen broei en stofexplosie een belangrijke rol.

2.1 Het verladen van bulk

2.1.1 Typen bulkverladingssystemen

Bulkverladingssystemen worden uitputtend be- en omschreven in paragraaf 3.4.2 van de BBT 'Op en overslag bulkgoederen' via www.infomil.nl.



Stortpunt bulk (Bron Hoondert)

2.1.2 Scenario's bij bulkverladingssystemen

Mogelijke scenario's bij verlading zijn:

- Vaste stof komt vrij door opwarrelen en komt daarmee in zijn explosieve gebied;
- Vaste stof is tijdens transport gaan broeien en komt tot ontbranding bij de verlading.

Bij het pneumatisch lossen en laden van vaste stoffen kunnen dezelfde scenario's ontstaan als bij intern pneumatisch transport. Daarom wordt hiervoor verwezen naar paragraaf 3.4 'Mogelijke scenario's binnen intern pneumatisch transport'.

Effecten

Indien de verlading binnen een gebouw plaatsvindt, bestaat de mogelijkheid op een stofexplosie. Bij verlading in de buitenlucht is dit een minder waarschijnlijk scenario. Bij broei en/of brand kan de installatie beschadigd raken en kan de brand zich snel verspreiden en overslaan naar naastgelegen installaties en/of gebouwen.

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei en brand voorkomen:

- Het voorkomen van cummulatie van vaste stoffen binnen de verladingsonderdelen (regelmatig schoonmaken);
- Voorkomen dat warmte wordt toevoegd (wrijving, externe bronnen) aan het product bij de verlading;
- Beheersen (soms zelfs conditioneren) van de temperatuur van de vaste stof;
- Overzicht vervoerscondities (vocht stapelhoogte, temperatuur) en controle van de 'lading' en de verpakking op indicatoren voor broei, alvorens te lossen.

Er zijn een aantal maatregelen te nemen die de kans op een stofexplosie verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zonering conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95 o.a. aarding);
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting;
- Het voorkomen van broei;
- Good housekeeping.

Zie verder hoofdstuk 8.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Aan stofexplosies bij verlading is repressief gezien weinig te doen. Voor brand wordt verwezen naar hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

2.2 Het verladen van verpakte vaste stoffen (big bags, zakken en drums)

2.2.1 Typen verladingsystemen

Verpakte vaste stoffen worden door heftrucks of andersoortige hijs- en liftapparatuur uit containers en vrachtwagens gehaald. Incidenteel kan de verlading ook door menskracht verricht worden.

2.2.2 Scenario's bij het verladen van verpakte vaste stoffen

Mogelijke scenario's bij verlading zijn:

- Toxische vaste stof komt vrij door het leksteken van de verpakking;
- Vaste stof komt vrij door opwarrelen en kan daarmee in zijn explosieve gebied komen;
- Vaste stof is tijdens transport gaan broeien en komt tot ontbranding bij de verlading.

Effecten

Indien het incident binnen een gebouw plaatsvindt, zijn de toxische effecten voor de omgeving beperkt. Als het incident buiten plaatsvindt, kan verspreiding van de toxische stof plaatsvinden met effecten naar de omgeving.

Brand en broei in vaste stoffen is moeilijk te bestrijden. Indien de omstandigheden dit toelaten kan de stof uit de verpakking gehaald en geblust worden. Als dit niet het geval is, kan de situatie lang voortduren en moet men zich richten op het voorkomen van uitbreiding van de brand naar de (directe) omgeving.

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei en brand voorkomen:

- Het voorkomen van cummulatie van vaste stoffen binnen de verladingsonderdelen (regelmatig schoonmaken);
- Voorkomen dat warmte wordt toevoegd (wrijving, externe bronnen) aan het product bij de verlading;
- Beheersen (soms zelfs conditioneren) van de temperatuur van de vaste stof;
- Overzicht vervoerscondities (vocht stapelhoogte, temperatuur) en controle van de 'lading' en de verpakking op indicatoren voor broei, alvorens te lossen.

Er kan een aantal maatregelen genomen worden om de kans op een stofexplosie te verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zoning conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95 o.a. aarding);
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting;
- Het voorkomen van broei.
- Good house keeping.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Aan stofexplosies bij verlading is repressief gezien weinig te doen.

Bij het vrijkomen van toxische stoffen in een gebouw is het zaak het gebouw af te sluiten en luchtverplaatsingen tot een minimum te beperken. De stof dient vervolgens door mensen in beschermende kleding opgeruimd te worden, met een minimale verstoring van de stof. Voor specifieke handelingen wordt verwezen naar de ERICards.

Broei en brand zullen beperkt blijven in omvang. In het ergste geval kan een vrachtwagen geladen met de vaste stoffen verloren gaan. Bij laden en lossen van vaste stoffen is veelal geen vast opgesteld repressief systeem aanwezig. Zie verder hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

3 Installatie 2: Intern transport

Intern transport van vaste stoffen gebeurt in hoofdzaak op drie manieren:

- Mechanisch (mechanisch verplaatsen);
- Hydraulisch (emulsie van vaste stof en transportvloeistof);
- Pneumatisch (middels lucht of inert gas).

Bij intern transport via mechanische systemen zijn voornamelijk broei en stofexplosie aan de orde. Hierbij kan broei leiden tot brand in het transportsysteem (rubberen loopband bijvoorbeeld). Bij hydraulisch transport kunnen lekkages ontstaan van de emulsie. Bij pneumatisch transport is voornamelijk de stofexplosie het maatgevende scenario.

3.1 Soorten mechanisch transport

Intern mechanisch transport van vaste stoffen kan via de volgende technieken:

- Grabs, Batch proces, Section 3.4.2.2;
- Discharge hoppers, Batch proces, Section 3.4.2.3;
- Tubs, Batch proces, Section 3.4.2.4;
- Suction air conveyors, Continu proces, Section 3.4.2.5;
- Mobile loading devices, Batch proces, Section 3.4.2.6;
- Wagon and truck emptying, Batch proces, Section 3.4.2.7;
- Dump pits, Batch proces, Section 3.4.2.8;
- Fill pipes, Continu proces, Section 3.4.2.9;
- Fill tubes, Continu proces, Section 3.4.2.10;
- Cascade tubes, Continu proces, Section 3.4.2.11;
- Chutes, Continu proces, Section 3.4.2.12;
- Thrower belts, Continu proces, Section 3.4.2.13;
- Belt conveyors, Continu proces, Section 3.4.2.14;
- Bucket elevators, Continu proces, Section 3.4.2.15;
- Trough chain conveyors, Continu proces, Section 3.4.2.16.1;
- Scraper conveyors, Continu proces, Section 3.4.2.16.2;
- Screw conveyors, Continu proces, Section 3.4.2.17;
- Pressure air conveyors, Continu proces, Section 3.4.2.18;
- Feeders, Section 3.4.2.19.

De technieken zijn verder beschreven in de aangegeven paragrafen van de BBT 'Op- en overslag bulkgoederen' via www.infomil.nl.

3.2 Mogelijke scenario's binnen intern mechanisch transport

De volgende scenario's zijn relevant voor intern mechanisch transport:

- Opwarming binnen draaiende delen van het transportsysteem kan broei veroorzaken en/of brand;
- Ontstaan van stofwolken door luchtstromen langs het transportsysteem (slecht ontworpen/afgestelde ventilatie) met een stofexplosie tot gevolg.

Effecten

Stofexplosie

Stofexplosies worden nader omschreven in hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'. Indien er geen of onvoldoende drukontlasting plaatsvindt, kan een explosie leiden tot grote schade aan de omgeving (installaties/gebouwen) en slachtoffers veroorzaken.

Brand

Broei en brand binnen mechanische transportsystemen kunnen leiden tot het verloren gaan van het transportsysteem. De effecten voor de omgeving zijn bij een enkelvoudig incident klein. De brand kan uitbreiden naar omliggende installaties/opslag en/of het gebouw.

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei en brand voorkomen:

- Het voorkomen van cummulatie van vaste stoffen binnen de verladingsonderdelen (regelmatig schoonmaken);
- Voorkomen dat warmte wordt toegevoegd (wrijving, externe bronnen) aan het product bij de verlading;
- Beheersen (soms zelfs conditioneren) van de temperatuur van de vaste stof;
- Overzicht vervoerscondities (vocht stapelhoogte, temperatuur) en controle van de 'lading' en de verpakking op indicatoren voor broei, alvorens te lossen;
- Zuurstof intrede voorkomen of minimaliseren;
- Inertiseren (inertiseren met stikstof heeft als voordeel dat het begin van het broeiproces onderdrukt kan worden, doordat aerobe micro-organismen de inertisering met stikstof niet overleven).

Er zijn een aantal maatregelen te nemen die de kans op een stofexplosie verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zoning conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95);
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Handhaven van lage stofconcentraties;
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting;
- Inertiseren door stoftoevoegingen;
- Inertiseren door gastoevoegingen;
- Het voorkomen van broei.

Detecteren

Broei en brand binnen mechanische transportsystemen kunnen op de volgende manieren gedetecteerd worden:

- Thermische detectie via vaste sensoren of het blussysteem (indien aanwezig);
- CO-gasdetectie;
- Rookdetectie.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Voor het beheersen van stofexplosies wordt verwezen naar hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

Bij de bestrijding van broei en brand kan gebruikgemaakt worden van vast opgestelde repressieve systemen of mobiele bestrijding. Zie verder hoofdstuk 8.

Vast opgestelde repressieve systemen kunnen in of nabij de mechanische transportsystemen zijn geplaatst en dienen te voldoen aan een geschikte norm zoals de NFPA 13, 15 of NEN-EN 12845. Voor de uitvoering van vast opgestelde repressieve systemen wordt tevens verwezen naar de FM Global datasheets.

3.3 Mogelijke scenario's binnen intern hydraulisch transport

Voor mogelijke scenario's met hydraulisch transport wordt verwezen naar Module 4, hoofdstuk 6 installatie 5: leidingwerk.

3.4 Mogelijke scenario's binnen intern pneumatisch transport

De volgende scenario's zijn relevant voor pneumatisch transport en veroorzaken een stofwolk:

- Lekkage aan verbindingen met stofwolk tot gevolg;
- Falen van ondersteuning door trillingen waardoor transportleiding faalt en er een stofwolk ontstaat;
- Falen leiding door te hoge of te lage druk waardoor een stofwolk ontstaat:
 - dit kan door verstopping in de transportleiding;
 - door falen over-/onderdrukbeveiliging;
 - overdruk door verstopping filters;
 - door verstopping van retourssystemen;
 - door het falen van instrumenten (drukregeling/drukvalregeling).
- Falen losleiding of transportleiding door erosie met stofwolk tot gevolg;
- Falen flexibele verbindingen met stofwolk tot gevolg;
- Overvullen van doseerbunker met stofwolk tot gevolg;
- Falen van filterinstallaties;
- Lekkage van stopbuspakking van bijvoorbeeld doseerschroeven.

De hierboven genoemde scenario's kunnen leiden tot een stofexplosie of toxische effecten. Voor wat betreft de laatste kan gemeld worden dat het pneumatisch transporteren van toxische vaste stoffen weinig voorkomt.

De volgende scenario's kunnen leiden tot explosies binnen de leiding zelf:

- Falen doseerschroeven waardoor het systeem in het explosiegebied (veel lucht, weinig vaste stof) terecht komt;
- Falen inertgassystemen waardoor het systeem in het explosiegebied terecht komt;
- Falen van divertervalve (half open of niet omgeschakeld) waardoor het systeem in het explosiegebied (veel lucht, weinig vaste stof) terecht komt.

Procesregeling en preventieve LOD's

Er kan een aantal maatregelen genomen worden die de kans op een stofexplosie verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zonering conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95);
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Beheersen van de explosiegebieden (LEL, UEL);
- Voorkomen van stofafzetting;
- Inertiseren.

Zie verder hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

4 Installatie 3: Opslag

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de LOC-scenario's. Dit betreft zowel de reële als typerende, generieke en specifieke scenario's voor opslag van vaste stoffen:

Directe oorzaken	Type Loss Of Containment	
	Instantaan	Spill
Corrosie (verpakking)	G (T/E)	G (T/E)
Impact (silo's en Verpakking)	G (T/E)	G (T/E)
Operatorfout	G (T/E/B)	G (T/E)
Temperatuur	S (T/E/B)	-
Wijziging/onderhoud	G (T/E/B)	G (T/E)

T = toxische wolk / E = explosie / B=brand / G=generiek / S=specifiek

Voor losgestorte bulk is het lastig om te spreken van LOC-scenario's. Het incident wordt vooral geïnitieerd door broei/brand en/of een hoge temperatuur. Bij gesloten silo's kan tevens sprake zijn van een explosie. Bij opslagloodsen zijn LOC's wel relevant omdat hier de stoffen veelal in verpakkingen zijn opgeslagen.

De opslag is te verdelen in grofweg drie opslagsoorten:

- Opslag in gesloten systemen (silo's en bunkers), Section 3.3.3;
- Verpakte opslag (in hallen of loodsen), Section 3.3.4 en 3.3.2;
- Losgestort (in hallen/loodsen of buiten), Section 3.3.1.

De technieken voor opslag zijn verder beschreven in de aangegeven paragrafen van de BBT 'Op en overslag bulkgoederen' via www.infomil.nl.

4.1 Silo's en bunkers

Er zijn generiek gezien 2 soorten insluitsystemen voor vaste stoffen (indien deze niet los zijn gestort). Namelijk de silo (van staal of beton) en de bunker (meestal van beton).



Toren silo (Bron wikipedia)



Bunker (Bron wikipedia)

4.1.1 Scenario's bij silo's/bunkers

De volgende scenario's zijn aldus typerend voor opslagsilo's:

- Broei in de lading die kan doorontwikkelen tot brand;
- Stofexplosie.

Voor silo's zijn vooral brand door broei en stofexplosie de gevaarsaspecten.

Toxische stoffen worden normaliter niet in silo's opgeslagen.

Stofexplosies kunnen ontstaan door het opwarrelen van de opgeslagen stof in combinatie met een juiste lucht-/productverhouding (verschilt per product) en de aanwezigheid van een ontstekingsbron. Indien er geen of onvoldoende drukontlasting plaatsvindt, kan een explosie leiden tot grote schade aan de omgeving (installaties/gebouwen) en slachtoffers.

Broei binnen silo's kan ontstaan door een combinatie van biologische broei (door bijvoorbeeld hoog vochtgehalte in de opgeslagen stof) die boven een bepaalde temperatuur overgaat in een chemische reactie die we kennen als brand. Bij stoffen die geen koolstof bevatten wordt ook gesproken van chemische broei. Denk hierbij aan stoffen als Calciumhypochloriet dat voordat het wordt verpakt, onvoldoende wordt geconditioneerd. Hierdoor kan een zichzelf onderhoudende ontleding plaatsvinden. De onderliggende oorzaak is veelal een lange verblijftijd, al dan niet in combinatie met slecht geconditioneerd product/stof. Chemische broei kan ook geïnitieerd worden door externe invloeden. Zo kunnen ijzeren spijkers uit een pallet door de verpakking heen prikken en bij bijvoorbeeld Calciumhypochloriet de chemische ontledingsreactie initiëren.

Broei

Effecten

Broei geeft in eerste instantie opwarming met, bij biomassa's beperkte dampvorming.

Zodra het chemische broeiproces begint, is er sprake van rookgassen, eventueel gevolgd door vuurverschijnselen als de broei overgaat in brand. Vlamhoogtes zijn vaak beperkt tenzij tijdens het openbreken van de opslag de stof verspreidt wordt en intrede van extra zuurstof zorgt voor een goede ontbranding. Dit creëert een extra risico voor de personen die hierbij betrokken zijn.

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei voorkomen:

- Beperken geometrie van de opslag (o.a. opslaghoogtes).
Door hoge druk ontstaat ook warmte die niet weg kan en de broei kan initiëren;
- Voorkomen intrede vocht in opgeslagen product;
- Bevorderen van de homogeniteit van de opslag;
- Beperken van de opslagduur in combinatie met FIFO;
- Beperken van de omgevingstemperatuur van de opslag en de opslag zelf;
- Compact maken en afdekken van de opslag om zuurstofintrede te voorkomen;
- Inertiseren (inertiseren met stikstof heeft als voordeel dat het begin van het broeiproces onderdrukt kan worden, doordat aerobe micro-organismen de inertisering met stikstof niet overleven).

Voor detecteren beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's) zie hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

Stofexplosie

Effecten

Een stofexplosie kan leiden tot grote schade aan de silo en/of bunker en omliggende installaties en gebouwen.

Procesregeling en preventieve LOD's

Er kan een aantal maatregelen genomen worden die de kans op een stofexplosie verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zoning conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95);
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Handhaven van lage stofconcentraties;
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting;
- Inertiseren door stoftoevoegingen;
- Inertiseren door gastoevoegingen;
- Het gebruik van een automatische blusinstallatie;
- Het voorkomen van broei;
- Voorkomen van open vuur en roken;
- Heet werkvergunning.

Stofafzettingen zijn bijzonder gevaarlijk (secundaire explosies). Deze moeten dan ook zoveel mogelijk worden voorkomen. Enkele maatregelen om stofontwikkeling en stofafzettingen te voorkomen, of de gevolgen ervan te beperken, zijn:

- Toepassing van goed gesloten apparatuur;
- Drukontlasting (explosieluik met snelle sluiting om zuurstofintrede te voorkomen);
- Het vermijden van horizontale en ruwe vlakken waarop zich stof vast kan zetten;
- Schoonhouden van machines en ruimtes (good housekeeping);
- Toepassen van systemen voor ventilatie, luchtbehandeling, rook- en warmteafvoer en stofbehandeling;
- Het gebruik van automatische blusinstallaties, die robuust genoeg zijn om de explosie te overleven.

Voor detecteren beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's) zie hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

4.2 Verpakte opslag in hallen of loodsen en losgestort

Vaste gevaarlijke stoffen worden veelal in verpakking opgeslagen in opslaghallen of loodsen (PGS 15). Ook buitenopslag vindt plaats. De verpakking bestaat dan uit kunststof drums of metalen vaten. Om milieutechnische redenen zijn deze opslagen vaak voorzien van een overkapping om inregenen te voorkomen.

Losgestorte stoffen worden of buiten of binnen in opslaghallen of loodsen ondergebracht. Dit laatste om inregenen tegen te gaan of omdat de stof niet in aanraking mag komen met vocht.



Vaste stoffen in verpakking



Losgestorte bulk in loods

4.2.1 Scenario's bij verpakte en losgestorte opslag

De scenario's zijn hier vooral broei. Daarnaast kan door gebrekkige house keeping als gevolg van heet werk, snelle verspreiding van brand plaatsvinden via op richels neergeslagen stof. Die brand kan vervolgens uitbreiden naar de opslag. De oorzaken, effecten en preventieve maatregelen zijn in grote lijnen gelijk aan die van silo's en bunkers. In de bestrijding en eventueel detectie zijn er echter wel verschillen. Tevens zijn de effecten bij verpakte gevaarlijke stoffen veelal kleiner dan bij silo's, bunkers en losgestorte stoffen.

Een nog niet benoemd scenario voor verpakte stoffen is het lek raken van de verpakking door impact of operatorfout (lek prikken door heftruck). Dit scenario is voornamelijk relevant voor toxische vaste stoffen.

Een nog niet benoemd scenario voor losgestorte stoffen is brand in het gebouw waar de stoffen zijn opgeslagen.

Effecten

Er zijn stoffen (zoals metalen) die bij losse buitenopslag door een oxidatieproces kunnen gaan opwarmen en broeien. De effecten zijn echter vrijwel gelijk aan wat beschreven is in paragraaf 4.1 'Verpakte opslag in hallen of loodsen en losgestort'.

Het vrijkomen van toxische vaste stoffen veroorzaakt een voor die stof specifieke LBW, AGW en VRW-contour. Omdat toxische vaste stoffen altijd in loodsen of opslaghallen opgeslagen worden, zullen de effecten voornamelijk lokaal zijn.

Detectie

Detectie is in grote lijnen gelijk aan die uit paragraaf 4.1 'Verpakte opslag in hallen of loodsen en losgestort'. Voor buitenopslag is branddetectie niet aan de orde tenzij een vlamdetector of warmtebeeldcamera wordt gebruikt (komt nagenoeg niet voor). Temperatuurdetectie wordt hier voornamelijk gedaan met lansen.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Bij losgestorte opslagen kan met behulp van een shovel de hotspot verwijderd worden. Het hete materiaal kan dan op een veilige locatie aan de lucht afkoelen, of eventueel geblust worden. Ditzelfde geldt ook voor verpakte gevaarlijke stoffen die zijn gaan broeien. Zie verder hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

5 Installatie 4: Procesinstallaties

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de mogelijke LOC-scenario's voor de bewerking van vaste stoffen:

Directe oorzaken	Type Loss Of Containment	
	Instantaan	Spill
Corrosie	T/E	T/E
Impact	T/E	T/E
Operatorfout	T/E	T/E
Temperatuur	T/E/B	T/E/B
Wijziging/onderhoud	T/E/B	T/E/B

T = toxische wolk / E = explosie / B=brand

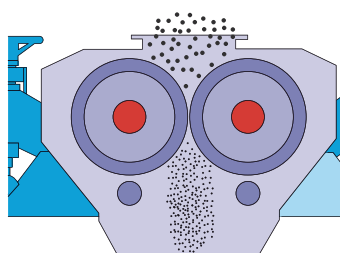
Bij het bewerken van vaste stoffen kunnen deze stoffen vrijkomen. Door het opwarrelen van de stoffen tijdens de bewerking is er gevaar voor een explosie of een toxische wolk. Het opwarmen van bewegende delen kan broei veroorzaken, gevolgd door brand.

5.1 Typen installaties

De typen procesinstallaties voor vaste gevaarlijke stoffen die binnen deze Module behandeld worden, zijn:

- Maalinstallaties;
- Menginstallaties;
- Drooginstallaties;
- Scheidingsinstallaties;
- Nabewerkingsinstallaties;
- Pelletiseerinstallaties .

Voor maal-, meng- en droogprocessen bestaan verschillende soorten machines. Hieronder zijn enkele getoond.



Maalmachines



Mengmachines



Trommel droogmachines (Bron IP handling)

Scheidingsinstallaties worden gebruikt om verschillende deeltjes en grote of verschillende stoffen van elkaar te scheiden. De meest gebruikte scheidingsinstallaties zijn zeefinstallaties. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van cyclonen en stoffenscheiders via luchtstromen. Om broei in de opslag door vervuiling met metalen te voorkomen, worden ook magnetische scheidingsinstallaties gebruikt.



Zeefmachine (Aleha)



Cyclone scheider (Aleha)



Luchtscheider (Sweco)

Verder worden vaste stoffen zoals poeders veelal gepelletiseerd via pelletiseerapparaten. In pelletvorm zijn de stoffen veelal makkelijker te bewerken, op te slaan en te vervoeren.

5.2 LOC-scenario's bij malen, mengen, drogen

De volgende scenario's kunnen plaatsvinden bij malen, mengen en drogen:

- Broei in de stof (lokale ophopingen) met brand of een explosie tot gevolg;
- Mengen waarbij warmte vrijkomt;
- Oververhitting bij het drogen met brand of stofexplosie tot gevolg;
- Oververhitting bij het malen met brand of stofexplosie tot gevolg.

Effecten

Stofexplosie

Stofexplosies worden nader omschreven in hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'. Indien er geen of onvoldoende drukontlasting plaatsvindt, kan een explosie leiden tot grote schade aan de omgeving (installaties/gebouwen) en slachtoffers.

Brand

Broei en brand binnen mechanische transportsystemen kunnen leiden tot het verloren gaan van bewerkingsinstallatie. De effecten voor de omgeving zijn bij een enkelvoudig incident klein. Echter, de brand kan uitbreiden naar omliggende installaties/opslag en/of het gebouw.

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei en brand voorkomen:

- Voorkomen van ophoping van vaste stoffen binnen de installaties (regelmatig schoonmaken);
- Beperken van de omgevingstemperatuur binnen en buiten de installaties;
- Beperken van de temperatuur van de vaste stof zelf;
- Zuurstof-/luchtintrede voorkomen of minimaliseren;
- Verbod op open vuur en roken.

Er kan een aantal maatregelen genomen worden die de kans op een stofexplosie verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zoning conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95);
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Handhaven van lage stofconcentraties;
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting;
- Inertiseren door stoftoevoegingen;
- Inertiseren door gastoevoegingen;
- Het voorkomen van broei.

Detecteren

Broei en brand binnen bewerkingsinstallaties kunnen op de volgende manieren gedetecteerd worden:

- Bij brand - thermische detectie via vaste sensoren of het blussysteem (indien aanwezig);
- CO-gasdetectie voor broei;
- Rookdetectie voor broei en brand;
- Temperatuurbewaking met sondes in de oplag of door handmatige meting. Het verloop van de temperatuur in de tijd is een indicatie voor de ontwikkeling van de broei.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Bij broei moet de partij opgeslagen stof uit elkaar gehaald worden, zodat deze kan afkoelen.

Voor het beheersen van stofexplosies wordt verwezen naar hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

Bij de bestrijding van broei en brand kan gebruikgemaakt worden van vast opgestelde repressieve systemen of mobiele bestrijding. Zie verder hoofdstuk 8.

Vast opgestelde repressieve systemen kunnen in of nabij de bewerkingsystemen zijn geplaatst en dienen te voldoen aan een geschikte norm zoals de NFPA 13, 15 of NEN-EN 12845. Voor informatie over en de uitvoering van vast opgestelde repressieve systemen wordt tevens verwezen naar de FM Global datasheets.

5.3 LOC-scenario's bij mechanisch scheiden

Bij mechanisch scheiden kunnen dezelfde scenario's voor komen, zoals benoemd in paragraaf 5.2 'LOC-scenario's bij malen, mengen, drogen'. Zie verder paragraaf 5.2 voor de effecten, preventie en het beperken, beheersen en bestrijden.

5.4 LOC-scenario's bij het maken van gewenste productvormen en nabewerkingsprocessen.

Bij nabewerkingsprocessen kunnen dezelfde scenario's voor komen, zoals benoemd in paragraaf 5.2. Zie verder paragraaf 5.2 voor de effecten, preventie en het beperken, beheersen en bestrijden.

6 Installatie 4: Verpakken (big bags t/m dozen)

Het verpakken van vaste stoffen gebeurt via afvulininstallaties.
Deze installaties en bijbehorende scenario's zijn in Module 7 beschreven.



Big bag-vullijn (Bron Govatec)



Zakkenvullijn (Bron Govatec)

7 Installatie 5: Afzuigsystemen

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de mogelijke LOC-scenario's bij afzuigsystemen.

Directe oorzaken	Type Loss Of Containment	
	Instantaan	Spill
Corrosie	T/E	T/E
Impact	T/E	T/E
Operatorfout	T/E	T/E
Temperatuur	T/E/B	T/E/B
Wijziging/onderhoud	T/E/B	T/E/B

T = toxische wolk / E = explosie / B=brand

Bij het afzuigen van vaste stoffen kunnen deze stoffen ongewenst vrijkomen door één van de bovengenoemde directe oorzaken. Door een lekkage in het afzuigproces kunnen de stoffen vrijkomen met gevaar voor een explosie of een toxische wolk. Ophopingen in de verzamelpunten van afzuigsystemen kunnen leiden tot broei (door het opwarmen van bewegende delen) gevolgd door brand.

7.1 Typen installaties

Afzuigsystemen binnen de verwerking van vaste stoffen bestaan uit de volgende onderdelen:

- Afzuigsystemen (kanalen en ventilatoren);
- Stofafvang (filterkasten, wassers).

Voor stofafvang bestaan verschillende filtertechnieken. De meest gebruikte is stofafvang via filtermateriaal. Ook komen elektrostatische filtertechnieken voor.



Stofffilterkasten (Bron SULT Staub- und Lufttechnik)



Stoffilterkast (Bron Herding filtertechniek)

7.1.1 Scenario's bij afzuiging op stortpunten in de installatie

De volgende scenario's kunnen zich voordoen bij stortpunten:

- Stofexplosie (ontsteking door statische elektriciteit);
- Broei (in de aangevoerde stoffen of in ophopingen).

Bij stortpunten kunnen stofwolken ontstaan die kunnen leiden tot stofexplosies. Tevens is het mogelijk dat aangevoerde stoffen broeien en ter hoogte van het stortpunt een brand veroorzaken. Door het storten komt er voldoende lucht bij de stof met mogelijk heftige vuurverschijnselen tot gevolg. Deze kunnen vervolgens in de afzuigsystemen terecht komen. Dit kan leiden tot een stofexplosie.

Effecten

Stofexplosie

Stofexplosies worden nader omschreven in hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'. Indien er geen of onvoldoende drukontlasting plaatsvindt, kan een explosie leiden tot grote schade aan de omgeving (installaties/gebouwen) en slachtoffers veroorzaken.

Brand

Broei en brand binnen afzuigsystemen kunnen zich doorontwikkelen tot stofexplosies. Ook kunnen ze leiden tot secundaire branden verderop in de afzuigsystemen. De effecten voor de omgeving zijn bij een enkelvoudig incident klein. Echter, de brand kan uitbreiden naar omliggende installaties/opslag en/of het gebouw.

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei en brand voorkomen:

- Het voorkomen van ophoping van vaste stoffen binnen de installaties (regelmatig schoonmaken);
- Beperken van de omgevingstemperatuur binnen en buiten de installaties;
- Beperken van de temperatuur van de vaste stof zelf;
- Verbod op open vuur en roken.

Er kan een aantal maatregelen genomen worden die de kans op een stofexplosie verkleinen (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zonering conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95);
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Handhaven van lage stofconcentraties;
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting;
- Het voorkomen van broei.

Zie verder hoofdstuk 8 'Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden'.

Detecteren

Stofafzuigsystemen zijn normaliter niet voorzien van branddetectiesystemen.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Voor het beheersen van stofexplosies wordt verwezen naar hoofdstuk 8.

Bij de bestrijding van broei en brand kan gebruik gemaakt worden van vast opgestelde repressieve systemen of mobiele bestrijding. Zie verder hoofdstuk 8.

7.1.2 Scenario's bij stoffilterkasten

Binnen stoffilterkasten kunnen zich de volgende scenario's voordoen:

- Drukprobleem bij verstopping;
- Broei;
- Stofexplosie (door statische elektriciteit tijdens onderhoud).

De effecten en de preventieve LOD's zijn gelijk aan paragraaf 7.1.1 'Scenario's bij afzuiging op stortpunten in de installatie'.

Voor het beheersen van stofexplosies wordt verwezen naar hoofdstuk 8.

Bij de bestrijding van broei en brand kan gebruik gemaakt worden van vast opgestelde repressieve systemen of mobiele bestrijding. Zie verder hoofdstuk 8.

8 Het beperken, beheersen en bestrijden van stofexplosies, broei en branden

8.1 Broei

Wat betreft de eigenschappen van het materiaal, spelen de volgende factoren een voorname rol bij broei:

- Vochtgehalte (verdamping en condensatie van vocht);
- Stabiliteit van de stof (met name voor chemische stoffen)
- Temperatuur;
- Reactiviteit (voor met name zuurstof);
- Specifiek oppervlak (maalfijnheid);
- Deeltjesgrootteverdeling;
- Homogeniteit van het materiaal;
- Aanwezigheid van micro-organismen, met name voor natuurlijke stoffen.

Broei bij bijvoorbeeld biomassa's treedt niet op, zolang deze maar droog genoeg worden opgeslagen. Voor het optimaal verlopen van de microbiologische activiteit is namelijk vocht nodig. Inertisering met stikstof verkleint de kans op het ontstaan van broei omdat aerobe micro-organismen weinig activiteiten vertonen in een stikstofatmosfeer.

Effecten

Broei geeft in eerste instantie opwarming met, bij biomassa's beperkte, waterdampvorming. Zodra het chemische broeiproces begint, is er sprake van vorming van rookgassen, eventueel gevolgd door vuurverschijnselen als er brand ontstaat. Vlamhoogtes zijn vaak beperkt, tenzij tijdens het openbreken van de opslag de stof verspreid wordt en extra zuurstof zorgt voor een goede ontbranding. Dit creëert een extra risico voor de personen die hierbij betrokken zijn.



Metaalbroei (bron agsrijnmond.punt.nl)

Procesregeling en preventieve LOD's

De volgende maatregelen kunnen het ontstaan van broei voorkomen:

- Beperken geometrie van de opslag (o.a. opslaghoogtes);
- Bevorderen van de homogeniteit van de opslag;
- Temperatuur monitoren;
- Beperken van de opslagduur en FIFO;
- Beperken van de omgevingstemperatuur van de opslag en de opslag zelf;
- Compact maken en afdekken van de opslag om zuurstofintrede te voorkomen;
- Inertiseren (inertiseren met stikstof heeft als voordeel dat het begin van het broeiproces onderdrukt kan worden, doordat aerobe micro-organismen bij inertisering met stikstof vrijwel geen activiteiten vertonen).

De geometriebepanking is afhankelijk van het soort opgeslagen stof. Hieronder is als advies een aantal opslaghoogtes genoemd voor biomassa en steenkool.

Stof	Opslaghoogte (meter)
Grove steenkool	3-4
Grove steenkool (compact en monitoring)	20-30
Houtsnippers (zonder vervuiling zoals schors)	17 (12 meter bij compacte opslag)
residu hout/schors	7
Zaagsel	6 (4 meter bij compacte opslag)

Detecteren

Broei kan op de volgende manieren gedetecteerd worden:

- Thermische detectie door vaste sensoren, mobiele lansen (bunkers), draadloze sensoren met positiebepaling. Hierbij is vooral het verloop van de temperatuur in de tijd een belangrijke parameter;
- CO-gasdetectie;
- Rookdetectie.

Bij lansen is het nadeel dat deze maar een beperkte insteekdiepte hebben. Verder wordt dit handmatig gedaan, waardoor het mogelijk is om hot spots te missen.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Bij de bestrijding van broei moet voor opslagsituaties onderscheid worden gemaakt tussen open en gesloten opslag. Bij de open opslag is de broei, wanneer deze in een vroeg stadium wordt gedetecteerd, een minder groot probleem (zie verder paragraaf 4.2 'Verpakte opslag in hallen of loodsen en losgestort'). Bij open opslagen kan met behulp van een shovel de hotspot verwijderd worden. Het hete materiaal kan dan aan de lucht afkoelen, of eventueel geblust worden. Bij een gesloten opslag (silo) is dit complexer. Niet alleen is de detectie/locatie een groter probleem, het bestrijden ook. Smeulbranden in silo's zijn steeds weer anders, vanwege afwijkende constructiekenmerken en de inhoud van de silo's.

Smeulbranden in de andere installaties zijn in beginsel klein van omvang en kunnen eventueel met mobiele middelen bestreden worden.

Er zijn diverse blusmiddelen beschikbaar voor het bestrijden van broei in opslagsituaties, allen met een ander karakter en effect. Naast het afdekken met zeil of geïmpregneerd papier en/of verwijderen, kan ook gekozen worden voor het gebruik van een blusmiddel. Hieronder volgt een overzicht:

- Blussen met water;
- Volschuimen (met licht schuim);
- Afdekken met een mengsel van zand en zout, waarna er water overheen gespoten kan worden;
- Inertiseren.

Middelen voor beginnende (broei) of secundaire branden zijn:

- Bluswaternet met hydranten;
- Mobiele blusmiddelen zoals schuimblussers en brandslanghaspels.

Met mobiele blussers zoals poederblussers en CO₂-blussers dient bij blussing voorkomen te worden dat de broeiende delen door de (lucht)verplaatsing verspreid worden.

Blussen met water

Blussen met water in een kolenopslag wordt afgeraden in de opslag zelf. Dit in verband met explosiegevaar en mogelijk versnelde oxidatie van de kool. Daarnaast wordt door het uitspoelen van de fijnere kooldelen naderhand de permeabiliteit van de opslag juist groter en de opslag dus broeigevoeliger.

Ook voor het blussen in een biomassaopslag wordt aanbevolen geen water toe te passen. Net als bij kolen kunnen er dan lokaal vergassingsreacties optreden. Het water dient dan (verrassenderwijs) als zuurstofleverancier voor het ontstaan van explosieve gasmengsels van CO en H₂.

Daarnaast kan toename van het vochtgehalte leiden tot een toename van de broeigevoeligheid van het materiaal.

Volschuimen

In sommige gevallen kan broei bestreden worden, door het blussen met een schuimvormend middel (licht schuim). Dit is het geval wanneer de broei nog in een vroeg stadium verkeert. Een bijkomend voordeel van volschuimen van een silo is dat het schuim voorkomt dat er een gevaarlijke situatie ontstaat waarbij de silo door de smeulbrand 'volloopt' met brandbare verbrandingsgassen. Dit zou uiteindelijk zelfs tot een (stof)explosie kunnen leiden. Maar er zijn echter ook nadelen te bespeuren. Namelijk het onderkende gevaar dat de waterinhoud van schuim leidt tot zwelling van de silo-inhoud. Daarom kan een schuiminzet slechts korte tijd worden volgehouden.

Inertiseren

Voor het bestrijden van broei in opslagsilo's is inertisering met gasvormige N₂ of CO₂ niet effectief. De broei kan enigszins worden gecontroleerd, maar definitieve blussing zal niet worden bereikt. De in de silo-inhoud aanwezige zuurstof is voldoende om de smeulbrand praktisch gesproken onbeperkt te onderhouden. Bestrijding door afkoeling is wel effectief. Door het injecteren van vloeibare N₂ of CO₂ kan een koelend effect gerealiseerd worden. Dit is echter een kostbare maatregel die alleen in extreme situaties toegepast wordt. Het continu inertiseren van de ruimte is dus weinig effectief tegen broei. Gebruik van droog ijs (CO₂) wordt ook wel toegepast als blusmiddel. Het heeft vooral zin bij gesloten systemen, of als de CO₂ in het centrum van een opslag kan worden ingebracht (anders verwaait de CO₂ te gemakkelijk en heeft het geen effect).

Een probleem dat kan optreden bij het inertiseren is het explosiegevaar. Aangezien de verbrandingsproducten en opgewarmde gassen omhoog gaan, is het het beste om het inerte gas aan de onderkant te injecteren. Het inerte gas zal dan aangezogen worden, waardoor het de plaats van zuurstof zal innemen. Het gevaar bestaat hierbij dat de aanwezige CO of ander brandbaar gas (afhankelijk van het opgeslagen materiaal) op het smeulende gedeelte tot ontploffing komt. Om dit tegen te gaan, moet er daarom ook geleidelijk aan - aan de bovenkant - inert gas geïnjecteerd worden.

De uiteindelijke bestrijdingsmethode zal echter altijd neerkomen op het leeghalen van de opslag of de installatie. Daarbij moet aandacht besteedt worden aan het gevaar dat door wervelingen de smeulbrand zich explosief uitbreidt of een stofexplosie veroorzaakt.



Leeghalen en blussen broeibrand (bron agsrijnmond.punt.nl)

Een niet te onderschatten probleem bij het blussen met schuim of water is dat wanneer de zuurstoftoevoer wordt beperkt, het gehalte aan CO verder zal toenemen als gevolg van de onvollledige verbranding. Dit heeft een toxische atmosfeer tot gevolg.

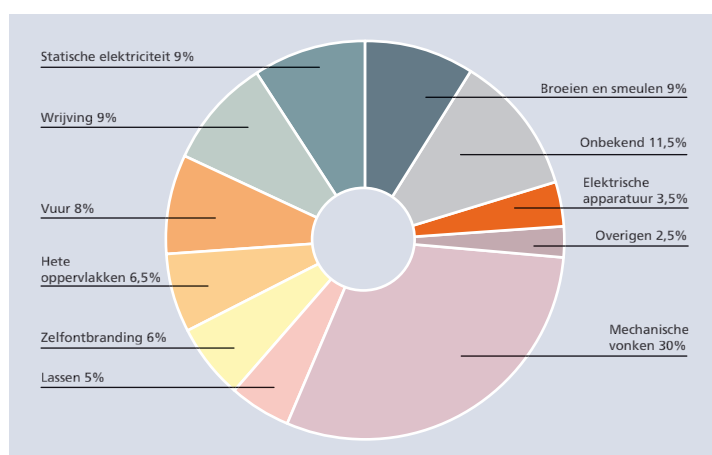
8.2 Speciale categorie – metaalbranden

Sommige lichte metalen en schroot van deze metalen kunnen in contact met vocht brandbare en giftige gassen ontwikkelen zoals NH_3 , H_2 , fosfine en arsine. Incidentscenario's willen voorkomen dat deze metalen in contact komen en dat gassen ingesloten worden.

Indien het om kleine hoeveelheden van de ze metalen gaat, kan een forse overmaat water gebruikt worden om de situatie te stabiliseren. Gaat het om grotere hoeveelheden, dan moet per geval, in overleg met de Officier van Dienst en de Adviseur Gevaarlijke stoffen, een beheersings-/bestrijdingstrategie worden opgesteld.

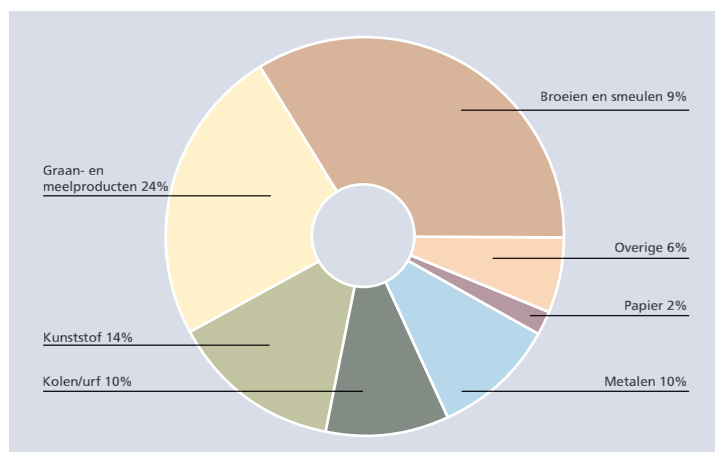
8.3 Stofexplosie

Een stofexplosie is een explosieve verbranding van stof, met zuurstof uit de lucht. Wanneer stof en lucht in een bepaalde verhouding aanwezig zijn en er een ontstekingsbron aanwezig is, bijvoorbeeld in de vorm van een statische ontlading, kan een explosie plaatsvinden.



Verdeling van ontstekingsbronnen bij stofexplosies (bron: EM, Stahl)

Stofexplosies kunnen voor komen in alle hiervoor beschreven installaties. Eigenlijk zijn alle niet-geoxideerde stoffen brandbaar.



Verdeling van stofsoorten bij stofexplosies (bron: EM, Stahl)

Effecten

Een stofexplosie lijkt op een gasexplosie, maar is vaak veel krachtiger. Dit heeft in het bijzonder te maken met het optreden van secundaire stofexplosies. De primaire, veelal wat lichtere stofexplosie, wervelt ander stof op tot een nieuwe, explosieve stofwolk. Het gevolg is een kettingreactie, waarbij de secundaire stofexplosies meestal veel groter zijn dan de primaire stofexplosie. De secundaire stofexplosies kunnen zo met hoge snelheid door een heel gebouw razen. We zien de desastreuze gevolgen hiervan vaak bij bedrijven waar overal stof ligt.

Factoren van invloed op het ontstaan van de explosie c.q. brand:

- Aard van de stof. Organische en anorganische stoffen;
- Grootte van de stofdeeltjes. Meest gevaarlijk zijn deeltjes met een grootte tussen 10 en 100 µm;
- Vochtigheid van deeltjes. Om een explosie te voorkomen, is een vochtgehalte in de stofdeeltjes van 50 à 60% noodzakelijk;
- Concentratie stof in lucht. Tussen onderste en bovenste explosiegrens;
- Zuurstofconcentratie. Er moet tenminste 10 volumeprocent zuurstof in de lucht aanwezig zijn;
- Ontstekingsenergie. De minimum ontstekingsenergie is die hoeveelheid energie waarmee nog juist een explosief stof-/luchtmengsel kan worden ontstoken;
- Ontstekingstemperatuur. Het ontstekingsgevaar van een stof-luchtmengsel aan een heet oppervlak. Circa 200 – 400 °C;
- Zelfontstekingstemperatuur. De laagste temperatuur waarbij een hoeveelheid opgeslagen stof tengevolge van een exotherme reactie (broei) tot ontsteking komt;
- Glimtemperatuur. De laagste temperatuur van een verwarmd vrijliggend oppervlak waarop een 5 mm dikke laag stof tot ontsteking komt. Brandbare verontreiniging (bijvoorbeeld olie) kan de glimtemperatuur van een laag stof sterk verlagen.



Stofexplosie in silo (bron Professor Rolf K. Eckhoff)

Procesregeling en preventieve LOD's

Er kan een aantal maatregelen genomen worden die de kans op een stofexplosie verkleint (bron NIFV):

- Voorkomen van mechanische vonken en statische elektriciteit (zonering conform ATEX 137 en gebruik van apparatuur conform ATEX 95);
- Voorkomen van hete oppervlaktes. Bij hete oppervlaktes dient de oppervlaktetemperatuur van objecten 75°C lager te zijn dan de glimtemperatuur, of op 2/3 van de minimale ontstekings temperatuur van de stofwolk. De laagste is maatgevend;
- Temperatuurbeveiliging of toerentalbewaking op machines;
- Afzuigapparatuur en stofcontainer dienen, waar nodig, explosie veilig te worden uitgevoerd;
- Explosie veilige machines (ook na onderhoud!);
- Aarding;
- Handhaven van lage stofconcentraties;
- Voorkomen van stofontwikkeling en -afzetting via good housekeeping (vastgelegd en structureel);
- Inertiseren door stoftoevoegingen;
- Inertiseren door gastoevoegingen;
- Het gebruik van een automatische blusinstallatie;
- Het voorkomen van broei en/of broeidetectie (CO-detectie);
- Vonkdetectie (middels IR sensoren, ter illustratie zie Firefly, www.gidts-feldman.nl/index-nl.htm);
- Voorkomen van stofafzetting. Stoflaagdikte < 0,1 mm over grote oppervlakten (NFPA 61B);
- Voorkomen stofwolken;
- Opvang buiten de werkruimte van de installaties;
- Organisatorische maatregelen, zoals heet werk vergunningen en een rookverbod.

Mechanische vonken kunnen voorkomen worden door het bulkgoed bij aankomst met behulp van zeven, magneten en metaaldetectoren te controleren en ongewenste voorwerpen te verwijderen. Statische elektriciteit tijdens transport van bulkgoederen kan voorkomen worden door het gebruik van geleidende materialen.

Het voorkomen van stofexplosies betekent ook het voorkomen van het ontstaan van explosieve mengsels. In principe kan dit voorkomen worden door zowel met een hoge als met een zeer lage stofconcentratie te werken. In de praktijk moet echter bij hoge stofconcentratie rekening worden gehouden met uitzakken van de stofwolk, zodat het handhaven van lage stofconcentraties meer in aanmerking komt. Dit is vergelijkbaar met de situatie voor explosieve gassen.

Stofafzettingen zijn bijzonder gevaarlijk (secundaire explosies). Deze moeten dan ook zoveel mogelijk worden voorkomen. Enkele maatregelen om stofontwikkeling en stofafzettingen te voorkomen zijn:

- Toepassing van goed gesloten apparatuur;
- Drukontlasting (explosieluik met snelle sluiting om zuurstofintrede te voorkomen. Explosieluik komt niet in de werkruimte uit);
- Het vermijden van horizontale en ruwe vlakken waarop zich stof vast kan zetten;
- Schoonhouden van machines en ruimtes;
- Toepassen van systemen voor ventilatie, luchtbehandeling, rook- en warmteafvoer en stofbehandeling;
- Het gebruik van automatische blusinstallaties.

Door aan brandbare stoffen niet-brandbare toe te voegen (inertiseren), kan voorkomen worden dat ze met lucht exploderen. Omdat de gehalten aan inerte stof hiervoor vaak hoog moeten zijn, is dit slechts in bepaalde gevallen praktisch uitvoerbaar. Zo is bijvoorbeeld vastgesteld dat een kleine toevoeging van krijt (een inerte stof) juist een verlaging van de glimtemperatuur tot gevolg kan hebben en daardoor een stofwolk juist gevaarlijker maakt.

Inertiseren door toevoeging van een onbrandbare stof gebeurt bijvoorbeeld in de mijnbouw. Een toevoeging van 60% onbrandbaar steenstof maakt het brandbare kolenstof niet meer explosief.

Explosieve stof-/luchtmengsels kunnen ook voorkomen worden door het verdunnen van de lucht met inerte gassen (stikstof (N_2) of kooldioxide (CO_2)). De grenszuurstofgehalten (en dus de benodigde hoeveelheid inert gas) zijn echter sterk stof- en gasafhankelijk. Ze kunnen liggen tussen 6% en 15% zuurstof. Zuurstofconcentratiemeting is bij inertiseren door middel van gas dan ook noodzakelijk. In werkruimten is deze methode uiteraard niet toepasbaar. Bovendien is het een zeer kostbare methode. Bij werkruimten is voornamelijk lokale afzuiging.

Detectie

Tekenen van broei zijn warmte, ontwijkende rook, damp, geur, kooldioxide (CO_2) en koolmonoxide (CO). Zie hiervoor paragraaf 4.1.1.1. Een combinatie van optische, thermische en continue CO_2 -detectie biedt de beste kans op het tijdig signaleren van broei.

Beperken, beheersen, bestrijden (repressieve LOD's)

Automatische blusinstallaties zijn vooral bedoeld om brand en explosies te voorkomen door tijdig een druk- of temperatuur te signaleren en gloeiende delen of vonken af te blussen.

Explosieluiken

Explosieluiken en gebouwen ontworpen op een beheerste explosie (drukontlasting conform ATEX 137), beperken schade door drukgolven. Explosieluiken hebben het nadeel dat de ontlasting vaak met vuurverschijnselen gepaard gaat. Deze vuurverschijnselen kunnen met vlamdovers beheerst worden.



Ontlating met vuurverschijnselen



Effect vlamdoover

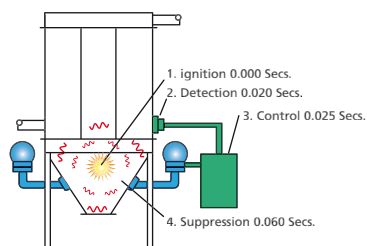


Vlamdoovers op een bucket elevator

Explosieonderdrukking

De verschillende installaties kunnen uitgevoerd zijn met explosieonderdrukkingssystemen. Deze vallen onder de ARBO-wet- en regelgeving. Deze systemen kennen een zeer nauwkeurig ontwerpstramien, waarbij een verkeerde dimensionering leidt tot een niet-werkend systeem.

Stofexplosies kunnen worden bestreden door deze in een vroeg stadium van hun ontstaan te detecteren via drukdetectie. Middels deze drukdetectie worden ventielen van de blusmiddelfles geopend, waarna onder hoge druk (20 tot 60 bar) het blusmedium in de ruimte wordt geïnjecteerd.



Schema explosieonderdrukking met tijdsfad



Voorbeelden explosieonderdrukkingssystemen (Bron ATEX-international)

De NFPA 654, 'Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions, from the Manufacturing, Processing and Handling of Combustible Particulate Solids' bevat ontwerprichtlijnen omtrent het voorkomen van stofexplosies.

Explosievast of explosiebestendig ontwerp

De installatie of het gebouw is zo gebouwd, dat deze de te verwachten explosiedruk kan weerstaan (explosievast) of de explosie beheerst kan laten verlopen (explosiebestendig).

Inblokken

Voorzieningen zoals afsluitkleppen en terugslagkleppen die ervoor moeten zorgen dat een stofexplosie zich in het systeem niet kan uitbreiden naar een volgende explosiegevaarlijke proceseenheid.

Mobiele blusmiddelen

Om een eerste slag te slaan, kunnen mobiele blusmiddelen beschikbaar worden gesteld.

Wetgeving

Het explosieveiligheidsdocument

Het explosieveiligheidsdocument voor een nieuwe installatie bestaat minimaal uit een gevarezone-indeling met een bijbehorende afleiding, een inventarisatie van alle mogelijke ontstekingsbronnen en de genomen technische en organisatorische maatregelen ter bescherming van de werknemer. Voor een bestaande installatie wordt het document nog aangevuld met een toetsing van alle ontstekingsbronnen aan de ATEX 95-richtlijn.

Gevarezone-indeling

Onderdeel van het explosieveiligheidsdocument is het uitvoeren van een gevarezone-indeling. In een gevarezone-indeling worden gevaarlijke ruimten op grond van frequentie en duur van het optreden van een ontplofbare atmosfeer in zones onderverdeeld. De specificatie van de ATEX 95-apparatuur en beveiligingssystemen wordt bepaald door de gevarezone-indeling. Ook de omvang van de te nemen maatregelen wordt op deze indeling gebaseerd.

Zoneclassificatie is gebaseerd op een aantal stappen:

- Stap 1. Rekening houden met:
 - a. Is de stof brandbaar of niet: labtesten
 - b. Inzicht in kenmerken van procesmateriaal
 - c. Bedrijfs- en onderhoudsprocedures van installatie, inclusief good housekeeping
- Stap 2. Identificeren van de materiaalkenmerken, zoals de grootte van stofdeeltjes, vochtgehalte, stofwolk en minimum ontbrandingstemperatuur van een stoflaag en het elektrische weerstandsvermogen;
- Stap 3. Identificeren van de plaats waar stofbeheersing of emissiebronnen aanwezig kunnen zijn;
- Stap 4. Bepalen van de kans op vrijkomen van stof uit de bronnen en dus de kans op explosieve stof-/luchtmengsels.

Een relevante norm in dit kader is de NPR7910-2.

Bij de zone-indeling voor stof is onderscheid gemaakt in drie verschillende zones [NPR 7910-2]:

Zone 20: Veelvuldige explosieve atmosfeer (>1.000 uur/jaar). Locaties binnen de installatie: hoppers, silo's cyclonen, filters, mengapparaten, molens, drogers, zakuitrustingen;

Zone 21: Stofwolk af en toe in de lucht bij normale werking (10 – 1.000 uur/jaar). Ruimten buiten de installatie en in de directe omgeving van toegangsdeuren wanneer interne explosieve stof-/luchtmengsels aanwezig zijn. Ruimten buiten de installatie in nabijheid van vul- en lospunten, transportbanden, monsternamepunten, waar geen maatregelen zijn getroffen om de vorming van explosieve stof-/luchtmengsels te voorkomen. Ruimten buiten de installatie waar stof zich ophoopt en waar de kans op verplaatsing van de stoflaag vanwege de proceshandelingen waarschijnlijk is, zodat explosieve stof-/luchtmengsels worden gevormd.

Zone 22: Stofwolk niet in de lucht bij normale werking of slechts van korte duur (<10 uur/jaar). Openingen van zakfilteruitlaten waar, in geval van storing, stof uitblaast. Opslag van zakken die brandbaar of explosief stof bevatten. De zakken kunnen tijdens de verwerking worden beschadigd, met stoflekkage als gevolg. Ruimten waar beheersbare stoflagen zijn gevormd, waarbij de kans groot is dat ze explosieve stof-/luchtmengsels kunnen veroorzaken. Alleen als de stoflaag wordt verwijderd door een schoonmaakbeurt voordat gevaarlijke stof-luchtmengsels kunnen worden gevormd, zal de ruimte als niet-geclassificeerd worden aangewezen.

Apparatuur en markering

De ATEX 95 Europese Richtlijn (94/9/EG) bevat informatie over apparaten en beveiligingsystemen die gebruikt worden op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen.

Er wordt onderscheid gemaakt in twee groepen

Groep I: (in ondergrondse delen van) Mijnen;

Groep II: Andere plaatsen.

Binnen elke groep wordt weer een aantal categorieën onderscheiden:

Groep I

M1: Met een zeer hoog beschermingsniveau;

M2: Met een hoog beschermingsniveau.

Groep II

Categorie 1: Zeer hoog beschermingsniveau;

Categorie 2: Met een hoog beschermingsniveau;

Categorie 3: Met een normaal beschermingsniveau.

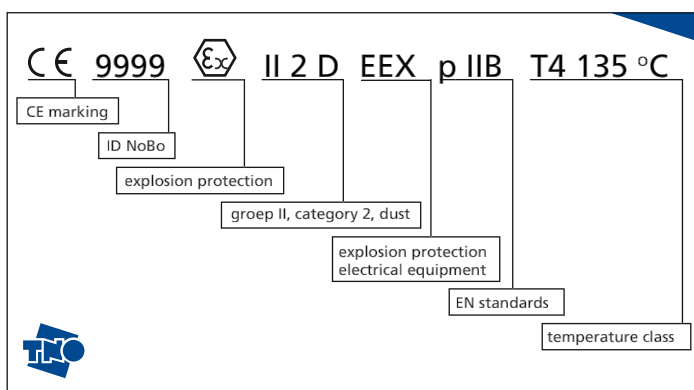
Met de toevoeging G (gas) of D (stof).

Nu kan er een link gelegd worden tussen de ATEX 137 en de ATEX 95. De ATEX 137 bepaalt welke apparatuur volgens een categorie uit de ATEX 95 in de verschillende zones moet worden gebruikt:

Zone 20: categorie 1D

Zone 21: categorie 1D of 2D

Zone 22: categorie 1D, 2D of 3D



Voorbeeld van CE-markering

Aanvulling:

Artikel 7 van de Europese Richtlijn 1999/92/EG (ATEX 137) verlangt dat de werkgever de plaatsen waar ontplofbare atmosferen kunnen voor komen, indeelt in zones. De Nederlandse norm NEN-EN-IEC 60079-10 geeft de principes voor het vaststellen van de plaats en klasse van deze gebieden. De uitvoering hiervan is geregeld in de praktijkrichtlijn NPR 7910 deel 1: Gasexplosies en deel 2: Stofexplosies.